

Kompetenzerwerb im Umgang mit Fahrerinformations- systemen

Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen

Fahrzeugtechnik Heft F 47

bast

Kompetenzerwerb im Umgang mit Fahrerinformationssystemen

von

Georg Jahn
Astrid Oehme
Diana Rösler
Josef F. Krems

Institut für Psychologie
Technische Universität Chemnitz

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Fahrzeugtechnik Heft F 47

bast

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

A - Allgemeines
B - Brücken- und Ingenieurbau
F - Fahrzeugtechnik
M- Mensch und Sicherheit
S - Straßenbau
V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, daß die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt beim Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bgm.-Smidt-Str. 74-76, D-27568 Bremerhaven, Telefon (04 71) 9 45 44 - 0, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in Kurzform im Informationsdienst **BASt-Info** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos abgegeben; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt 82.175/2000
Kompetenzerwerb im Umgang mit Fahrerassistenz- und Informationssystemen

Projektbetreuung

Christhard Gelau

Herausgeber

Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach
Telefon: (0 22 04) 43 - 0
Telefax: (0 22 04) 43 - 674

Redaktion

Referat Öffentlichkeitsarbeit

Druck und Verlag

Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10, D-27511 Bremerhaven
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0
Telefax: (04 71) 9 45 44 77
Email: vertrieb@nw-verlag.de
Internet: <http://www.nw-verlag.de>

ISSN 0943-9307

ISBN 3-86509-119-9

Bergisch Gladbach, Mai 2004

Kurzfassung – Abstract

Kompetenzerwerb im Umgang mit Fahrerinformationssystemen

Fahrerinformations- und Fahrerassistenzsysteme (FIS/FAS), die während der Fahrt zusätzliche, den Fahrer entlastende Funktionen anbieten, können durch damit verbundene Bedienvorgänge Aufmerksamkeit beanspruchen und in der Folge durch visuelle Ablenkung und mentale Beanspruchung unerwünschte sicherheitsrelevante Veränderungen des Fahrverhaltens hervorrufen. Allerdings stellt die Interaktion mit Fahrerinformationssystemen bei fortschreitender Übung zunehmend geringere Aufmerksamkeitsanforderungen. Dieser Effekt des Kompetenzerwerbs ist bei der Beurteilung der sicherheitskritischen Fahrerbeanspruchung zu beachten.

In einem Fahrversuch wurde die Veränderung von Ablenkungswirkungen als Folge des Kompetenzerwerbs in der Bedienung von Fahrerinformationssystemen untersucht. Als Aufgabe wurde die Zieleingabe in ein Navigationssystem gewählt. Zwei Navigationssysteme mit unterschiedlichen Mensch-Maschine-Schnittstellen wurden dabei eingesetzt. Mit denselben Systemen wurden in weiteren Trainingsstudien Daten zum Kompetenzerwerb für drei Altersgruppen erhoben. Als Methode zur kondensierten Beschreibung der Kompetenzerwerbsverläufe wurde die Schätzung von Potenzfunktionsparametern verwendet.

Aufgrund unterschiedlicher Bedienelemente und abweichend konzipierter Eingabedialoge führten die Systeme wie erwartet zu deutlichen Unterschieden in der Fahrerbeanspruchung. Auch der Lernverlauf von Fahrern mittleren Alters und von älteren Fahrern wich erheblich voneinander ab. Jüngere Fahrer erreichten deutlich kürzere Bearbeitungszeiten mit beiden Systemen. Auswertungen des Blickverhaltens im Fahrversuch ergaben umfangreiche Datensätze zur visuellen Ablenkung in verschiedenen Fahrbedingungen. Der Kompetenzerhalt nach einigen Monaten war außer in der Gruppe älterer Fahrer fast vollständig. Es war kein Transfer zwischen den deutlich verschiedenen Systemen festzustellen. Die Schätzung von Potenzfunktionsparametern hat sich insgesamt als Methode zur Beschreibung des Kompetenzerwerbs bewährt.

In einer weiteren Studie wurde die erste Phase des Kompetenzerwerbs für vier unterschiedliche Navigationssysteme mit der Okklusionsmethode untersucht, die als Bewertungsverfahren der visuellen Beanspruchung durch Fahrerinformationssysteme vorgeschlagen ist. Die Projektstudien leisten damit auch einen Beitrag zur Methodenentwicklung und zur Einschätzung der sicherheitsrelevanten Auswirkungen von Fahrerinformationssystemen.

Skill acquisition in the use of driver information systems

Driver information and driver assistance systems (Fahrerinformations- und Fahrerassistenzsysteme - FIS/FAS) have functions which can be used during journeys to reduce demands made on drivers; operating these systems can, however, claim the driver's attention, causing visual distraction and making mental demands of the driver which can in turn lead to undesired, safety-relevant changes in driver behaviour. However, the amount of attention required to interact with driver information systems decreases with continued practice. Account must be taken of this skill acquisition effect when assessing whether demands placed on the driver endanger safety.

Tests of driver behaviour were carried out to investigate how the degree of distraction changed due to skill acquisition in the operation of driver information systems. Entering the destination into a navigation system was selected as the task for investigation. Two navigation systems with different people-machine interfaces were used. Other training studies used the same systems to record data on skill acquisition in three age groups. The estimation of power function parameters was used as a method for condensed description of the skills-acquisition development process.

As expected, the different operating elements and the differently designed input dialogues of the two systems meant that the demands made on the drivers differed. The learning development process of middle-aged drivers also deviated considerably from that of older drivers. Younger drivers recorded significantly shorter processing times with both systems. Assessment of eye behaviour in the driving-behaviour tests produced extensive data

records on visual distraction in different driving circumstances. Apart from the group of older drivers, almost all the skills gained had been maintained when tested after a period of some months. No transfer was detected between the significantly different systems. Overall, the estimation of power function parameters proved itself as a method to describe skill acquisition.

A further study used the occlusion method to investigate the first phase of skill acquisition for four different navigations systems; it is proposed that this method should be used to evaluate the visual demands made by driver information systems. The project studies therefore also contribute to the development of methodology and to estimating the safety-relevant effects of driver information systems.

Inhalt

1	Einführung	7	7.6	Teilnehmerinnen und Teilnehmer	22
2	Fahrerverhalten	8	7.7	Design	22
2.1	Visuelle Ablenkung	8	7.8	Ablauf des Fahrversuchs	23
2.2	Mentale Beanspruchung	9	7.8.1	Gewöhnung	23
2.3	Biomechanische Störung	10	7.8.2	Der erste Versuchsblock	23
3	Verkehrssicherheitsaspekte	10	7.9	Auswertung der Videoaufzeichnungen	23
3.1	Gestaltung und Funktion	10	7.10	Gesamtdauer der Zieleingabe	24
3.2	Umstände der Nutzung	10	7.11	Blickverhalten	25
3.3	Nutzermerkmale	11	7.12	Subjektive Ratings	28
3.4	Aktuelle Gestaltungsrichtlinien	11	7.13	Zusammenfassung Fahrversuch	30
3.5	Trends	12	8	Training im parkenden Fahrzeug mit Transfer	30
4	Bedienung und Nutzung von Fahrerinformationssystemen während der Fahrt	12	8.1	Methode	30
4.1	Beispiel Navigationssysteme	12	8.2	Bearbeitungszeiten	31
4.2	Anforderungen	13	8.3	Subjektive Beanspruchung	31
5	Kompetenzerwerb	15	8.4	Ergebnisse Systembewertung	32
5.1	Die Aufgabe: Zieleingabe	16	8.5	Zusammenfassung	32
5.2	Verlauf des Kompetenzerwerbs	16	9	Trainingsstudien mit jungen und älteren Fahrern	33
5.2.1	Ungeübte Bedienung	16	9.1	Methode	33
5.2.2	Beschleunigung	16	9.2	Bearbeitungszeiten	34
5.2.3	Strategischer Aufgabenwechsel	16	9.3	Beanspruchungseinschätzungen	35
5.2.4	Fehlerreduktion	17	9.4	Zusammenfassung	36
5.2.5	Interindividuelle Unterschiede	17	10	Vergleich der Trainingsverläufe über die Projektstudien	36
5.2.6	Hohe visuelle Anforderungen	17	10.1	Parameterschätzungen	36
6	Empirische Studien zum Kompetenzerwerb – Übersicht	17	10.1.1	Visuelle Ablenkung und mentale Beanspruchung	37
7	Kompetenzerwerb während der Fahrt	18	10.1.2	Abweichung durch Systemdelays	38
7.1	Auswahl der Navigationssysteme	19	10.1.3	Zweiparametrisch vs. dreiparametrisch	38
7.1.1	Dreh-Druckknopf und Fernbedienung	19	10.2	Voraussetzungen	38
7.1.2	Buchstabenausblendung	19	10.2.1	Einförmige Aufgaben	38
7.1.3	Die ausgewählten Systeme	19	10.2.2	Kontrolle von Alter, Fähigkeit und Vorerfahrung	39
7.2	Aufgabenmaterial	21	10.3	Zusammenfassung	39
7.3	Versuchsfahrzeug	21	11	Kompetenzerhalt	39
7.4	Versuchsstrecke	21	12	Fehlerauswertung	40
7.5	Befragungsinstrumente	22	12.1	Zusammenfassung	42
			13	Zieleingabe unter Okklusion	42
			13.1	Methode und Ablauf	43

13.2	Ergebnisse	43
13.3	Systemdelays	44
13.4	Blindbedienung	44
13.5	Mögliche Modifikationen	44
13.5.1	Fixationen unterbrechen	45
13.5.2	Selbstgesteuerte Okklusion	45
13.5.3	Intervallparameter	45
13.5.4	Anstrengung in der Baseline	45
13.5.5	Zusatzaufgabe im Okklusions- intervall	45
13.5.6	Alter der Stichprobe	46
14	Fazit und Ausblick	46
15	Danksagung	49
16	Literatur	49

1 Einführung

Die Anzahl von Fahrerinformations- und Fahrerassistenzsystemen (FIS/FAS) in Fahrzeugen nahm in den letzten Jahren sprunghaft zu. Aktuelle Prognosen gehen davon aus, dass sich dieser Trend in der nahen Zukunft noch verstärken wird. Einige der neuen Informationstechnologien im Fahrzeug wirken im Verborgenen und werden nur in Ausnahmesituationen aktiv. Sie unterstützen die Quer- und Längsführung (Antiblockiersystem ABS, Antriebs-Schlupf-Regelung ASR u. a.) und sollen Kollisionen verhindern (Kollisionswarn- und Kollisionsvermeidungssysteme). Andere Systeme sind für Fahrer stärker präsent. Sie bieten dem Fahrer Informationen an oder entfalten ihre Wirkung erst, wenn sie durch Bedienvorgänge aktiviert werden. Beispiele sind Systeme, die Fahrer bei der Distanzregelung unterstützen (Adaptive Cruise Control ACC) oder Navigationssysteme, die eine Zielangabe benötigen.

Vor allem für Informations- und Kommunikationssysteme ohne direkten Bezug zur Fahraufgabe sind längere Bedienvorgänge typisch (Telefon, SMS, Reiseinformationen, E-Mail, Internet bzw. WAP). FÄRBER und FÄRBER (1999; 2003) geben einen aktuellen Überblick zu neuen Informationstechnologien im Fahrzeug und zum Stand der technischen Entwicklung.

Es werden in der Regel drei Vorteile genannt, die mit der Einführung von FAS und FIS verbunden sind:

- 1) Höhere Effizienz: Aufgaben, die vom Fahrer zu erledigen sind, sollen mit weniger Aufwand, mit weniger Fehlern, in kürzerer Zeit etc. zu bewältigen sein. Ein Beispiel hierfür ist die Unterstützung der Navigationsaufgabe durch entsprechende Systeme.
- 2) Optimierter Komfort: Funktionen, die bereits vorhanden sind, sollen leichter auszuführen sein. Ein Beispiel hierfür ist die Steuerung von Funktionen durch Sprache im Gegensatz zu manueller Bedienung.
- 3) Zusätzliche Funktionen: Durch FAS/FIS wird das im Fahrzeug verfügbare Spektrum an Funktionen erheblich erweitert. Das derzeit wohl wichtigste Beispiel ist der Online-Zugang zum Internet mit den damit verbundenen Möglichkeiten.

Die Einführung von FAS/FIS stellt allerdings auch neue Fragen an die Verkehrssicherheit: Kommt es

zu einer verstärkten Ablenkung des Fahrers? Wie ändert sich die Fahraufgabe durch Entlastung? Eine wichtige Frage, die im Mittelpunkt des an der TU Chemnitz im Auftrag der BAST durchgeführten Forschungsprojekts steht, ist dabei, wie schnell Fahrer den Umgang mit neuen technischen Systemen erlernen und in welcher Weise sich ihre Fertigkeiten durch Übung verbessern. Dazu gibt es bislang keine systematischen Untersuchungen, insbesondere im Hinblick auf eine Übungsintensität, die über ein kurzfristiges „Probieren“ hinausgeht.

Der Umgang mit Fahrerinformationssystemen muss wie die Bedienung sonstiger technischer Systeme erlernt werden. Je nach Vorwissen und Fähigkeiten fällt dies Nutzern schwerer oder leichter. Innerhalb der Fahrerpopulation streuen diese Voraussetzungen stark, stärker als beispielsweise in der homogeneren Population von Flugzeugpiloten. Vorwissen und Fähigkeiten spielen eine größere Rolle, wenn die erforderlichen Bedienvorgänge komplex sind. Eine geeignete Systemgestaltung kann dabei die Bedienung erleichtern. Auch die Erlernbarkeit eines Systems kann durch die Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle verbessert werden.

Fahrerinformationssysteme, die während der Fahrt genutzt werden, sollen nicht nur einfach bedienbar und schnell erlernbar sein, sie müssen darüber hinaus so gestaltet sein, dass sie den Fahrer nicht in der sicheren Fahrzeugführung beeinträchtigen. Fahrer haben eingeschränkte Kapazitäten, sich neben der Fahraufgabe mit der Bedienung weiterer Systeme zu befassen.

FIS/FAS haben ein großes Potenzial, Fahrer in der Fahraufgabe zu unterstützen und es ihnen zu ermöglichen, die im Fahrzeug verbrachte Zeit produktiver zu nutzen. Doch wenn Systeme ein hohes Maß an Aufmerksamkeit erfordern und trotzdem während der Fahrt bedient werden, können sie visuelle Ablenkung und mentale Beanspruchung verursachen. Schon das Ablesen und die Interpretation von angebotenen Informationen beanspruchen Aufmerksamkeit. Wenn stärker dialogorientierte Systeme nicht nur Informationen anbieten, sondern während der Fahrt Eingaben des Nutzers erlauben bzw. erfordern, können längere Bediensequenzen auftreten, die eventuell ungünstig mit der primären Fahraufgabe interferieren.

Bediensequenzen ungeübter Nutzer sind üblicherweise länger als diejenigen geübter Nutzer. Nicht nur die Dauer einer Bediensequenz, auch die An-

zahl der Bedienfehler reduziert sich mit zunehmender Kompetenz eines Nutzers. Mit wachsender Kompetenz erfordert die Bedienung eines Systems in der Regel zudem weniger Aufmerksamkeit. Da nur Bedienvorgänge mit geringen Aufmerksamkeitsanforderungen während der Fahrt sicher erfolgen können, ist dieser Aspekt des Kompetenzerwerbs im Zusammenhang mit Fahrerinformationssystemen von besonderer Bedeutung. Ein wichtiges Bewertungskriterium von Systemen im Hinblick auf ihre Ablenkungswirkung sollte sein, wie schnell es Nutzern gelingt, ein Kompetenzniveau zu erreichen, bei dem die Ablenkungswirkung „vergleichsweise“ gering und damit eher akzeptabel ist. Einige der Fragen, die sich dabei stellen, sind: Wie schnell wird der Umgang mit einem System erlernt? Welche Kompetenzniveaus sind für durchschnittliche Nutzer zu erwarten? Bleibt einmal erworbene Kompetenz auch bei sporadischer Systemnutzung erhalten? Hilft die Erfahrung mit einem System beim Erlernen eines neuen (positiver Transfer)? Oder stört die frühere Erfahrung (negativer Transfer)?

Für Fahrerinformationssysteme sind zwar ähnliche Kompetenzerwerbsverläufe zu erwarten, wie sie für das Erlernen des Umgangs mit Informationstechnologien allgemein typisch sind. Aber die Bedeutung und die Besonderheit der Bediensituation „während der Fahrt“ bedürfen der Klärung. Es ist zu prüfen, ob der Kompetenzerwerb in der bekannten Weise auch dann erfolgt, wenn die Bedienung unter den besonderen Bedingungen geteilter Aufmerksamkeit erlernt wird.

Um die Systemgestaltung zu optimieren, ist zu untersuchen, welche Bedienelemente und welche Dialoggestaltung für diese Bediensituation zu einem günstigen Lernverlauf führen. Für welche Systeme ist zu erwarten, dass sie von durchschnittlichen Nutzern schon mit geringer Übung während der Fahrt bedient werden können, ohne sicheres Fahren zu beeinträchtigen?

Derzeit liegen nahezu keine Daten zum Kompetenzerwerb im Umgang mit Fahrerinformationssystemen vor. Die hier berichteten Studien haben zum Ziel, erstmals längere Kompetenzerwerbsverläufe im Umgang mit Fahrerinformationssystemen während der Fahrt zu untersuchen und mit den Lernverläufen bei der Bedienung im stehenden Fahrzeug zu vergleichen. Damit wird die Möglichkeit erkundet, vom Lernverlauf im stehenden Fahrzeug, der einfacher zu erfassen ist, auf den zu er-

wartenden Lernverlauf bei der Bedienung während der Fahrt zu schließen.

Weitere Ziele der berichteten Studien sind, die Ablenkungswirkungen durch die Bedienung von Fahrerinformationssystemen beispielhaft zu erfassen, den Kompetenzerwerb für verschiedene Altersgruppen zu untersuchen und Beiträge zur Entwicklung von geeigneten Bewertungsmethoden für Mensch-Maschine-Schnittstellen von Fahrerinformationssystemen zu leisten.

2 Fahrerverhalten

Fahrerinformationssysteme verändern das Fahrerverhalten. Mit der Verbesserung von Effizienz und Komfort und der Bereitstellung zusätzlicher Funktionen (Internet) versprechen sie nicht nur Entlastung, sondern auch Produktivitätssteigerung. Durch die datentechnische Verknüpfung der einzelnen Verkehrsteilnehmer untereinander und mit Verkehrsleitzentralen könnte durch geeignete Telematikanwendungen schon bald das Verkehrsaufkommen gelenkt und effizienter gestaltet werden. Wie bereits erwähnt, sind aber auch unerwünschte Effekte auf das Fahrerverhalten möglich, wenn die Nutzung eines Informationssystems knappe Aufmerksamkeitsressourcen zu stark beansprucht. Die Kompetenz im Umgang mit einem System ist ein wichtiger Faktor für die resultierende Beanspruchung.

In der Darstellung der möglichen Beanspruchungen durch die Nutzung von Fahrerinformationssystemen orientieren wir uns an einer von TIJERINA (2001) vorgeschlagenen Gliederung der unerwünschten Auswirkungen von Fahrerinformationssystemen. Im Folgenden gehen wir auf visuelle Ablenkung (general withdrawal of attention), mentale Beanspruchung (selective withdrawal of attention) und biomechanische Störung (biomechanical interference) ein. Diese Gliederung ist weniger allgemein als beispielsweise die Theorie multipler Ressourcen (WICKENS, 1991), fokussiert dafür aber auf die im Zusammenhang mit Fahrerinformationssystemen relevanten Aufmerksamkeitsaspekte.

2.1 Visuelle Ablenkung

Visuelle Ablenkung ist gegeben, wenn die Nutzung eines Systems Blickabwendungen von der Fahrbahn bzw. der Fahrsituation verursacht. Mentale Beanspruchung kann auch ohne Blickabwendun-

gen bestehen. Visuelle Ablenkung ist daher einfacher zu erfassen und auch für Fahrer selbst offensichtlicher, da sie eher zu Beeinträchtigungen der Fahrleistung führt.

Die sichere Fahrzeugkontrolle, in erster Linie Spurhaltung, aber auch die Abstandsregulation verlangt weitgehend kontinuierliche visuelle Aufmerksamkeit in Fahrtrichtung auf die Straße. Zusatzaufgaben, die Blickabwendungen erfordern, beeinträchtigen die Spurhaltung, und zwar umso mehr, je länger sie dauern (WEIR, CHIANG, & BROOKS, 2003; ZWAHLEN, ADAMS & DeBALD, 1988) und je deutlicher die Abwendung von der Blickrichtung nach vorne ist. SUMMALA, NIEMINEN, & PUNTO (1996) stellten in Fahrversuchen fest, dass mit der Zunahme des Abstandes eines Displays vom Tachometer im Fahrzeuginnenraum eine Zunahme der Ungenauigkeit der Spurhaltung einhergeht, wenn Displays für eine Nebenaufgabe abgelesen werden müssen. Bei Fahranfängern ist dieser Effekt stärker ausgeprägt, da diese das periphere Sehen bei der Bewältigung der Fahraufgabe weitaus weniger nutzen als erfahrene Fahrer (vgl. MOURANT, & ROCKWELL, 1972). Darüber hinaus kommt es bei Fahranfängern durch Tätigkeiten im Fahrzeuginnenraum, wie z. B. das Wechseln einer Musikkassette, häufiger zu Blickabwendungen, die eine Dauer von 3 s überschreiten (WIKMAN, NIEMINEN, & SUMMALA, 1998).

Aufgrund der rasch merklichen Konsequenzen für die Spurhaltung versuchen Fahrer, Blickabwendungen kurz zu halten. Wie Unfallstatistiken zeigen (Überblick in ANDERSON, ABDALLA, POMIETTO, GOLDBERG, & CLEMENT, 2001), sind längere und wiederholte Blickabwendungen unfallträchtig (Sekundenschlaf, Blickzuwendung zu Personen und Objekten außerhalb oder innerhalb des Fahrzeugs).

Fahrerinformationssysteme, die Informationen über visuelle Displays bereitstellen, verursachen Blickabwendungen und sind daher eine Quelle visueller Ablenkung. Das Ausmaß visueller Ablenkung kann gering oder sehr groß sein. Im besten Fall verursacht ein Informationssystem nur einzelne kurze Blickabwendungen, vergleichbar gewöhnlichen Blicken in Seiten- und Rückspiegel oder auf das Tachometer. Schlecht lesbare Displays und lange Bedienvorgänge können aber sehr bedenkliche Grade visueller Ablenkung verursachen.

Nach Untersuchungen von ROCKWELL (1988) führen schlecht lesbare Informationsdarstellungen in Fahrzeugen zu einer Verlängerung der Blickab-

wendung von der Fahrbahn von bis zu 20 %. Sofern eine bestimmte Dauer der Blickabwendung erreicht ist (ca. 1.5 s), wird der Blick auch bei nicht oder unvollständig erfolgter Informationsaufnahme wieder der Fahrbahn zugewandt. Die Aufnahme von Informationen im Fahrzeuginnenraum macht dann aber eine erneute Blickabwendung zu einem späteren Zeitpunkt erforderlich. Den Ergebnissen von ROCKWELL (1988) zufolge führen schwer lesbare Informationsdarstellungen im Fahrzeuginnenraum also nicht nur zu längeren, sondern auch zu häufigeren Blickabwendungen. Unter Sicherheitsaspekten werden Blickabwendungen von mehr als 2 s als nicht mehr tolerierbar bewertet (ZWAHLEN et al., 1988). Eine aktuelle Übersicht zur Auswirkung der Nutzung von Informationssystemen während der Fahrt auf die visuelle Aufmerksamkeit findet sich bei LANSDOWN (2001). Ein vornehmliches Gestaltungsziel bei der Entwicklung von Informationssystemen in Kraftfahrzeugen ist es, Beanspruchungen des visuellen Kanals durch Anzeige- und Bedienelemente im Fahrzeuginnenraum auf ein Minimum zu reduzieren. Entsprechend findet sich im Europäischen Grundsatzkatalog zur Mensch-Maschine-Schnittstelle für On-board-Informationssysteme der folgende Gestaltungsgrundsatz dokumentiert (Europäische Kommission, 2000): „Optische Informationen müssen vom Fahrer mit wenigen kurzen Blicken erfasst werden können, ohne dass das Führen des Fahrzeugs dadurch beeinträchtigt wird.“

2.2 Mentale Beanspruchung

Weniger offensichtlich als visuelle Ablenkung ist die mögliche mentale Beanspruchung durch Fahrerinformationssysteme, die sicheres Fahren auch dann beeinträchtigt, wenn der Blick auf die Straße gerichtet ist. Intensive gedankliche Beschäftigung, Konversation mit Passagieren oder Telefonieren sind mögliche Quellen mentaler Beanspruchung. Mentale Beanspruchung verschlechtert nicht unmittelbar die Fahrzeugkontrolle, wenn der Blick nach vorne gerichtet ist, aber das Verkehrsgeschehen wird weniger bewusst wahrgenommen und verarbeitet (RECARTE, & NUNES, 2000). Das Sehfeld verengt sich und das Blickverhalten wird einfürmiger.

Beeinträchtigungen der Verkehrssicherheit resultieren aus einer verminderten und verzögerten Wahrnehmung von Gefahren (HARBLUK, NOY, & EISENMAN, 2002) und aus Lücken im Verfolgen der

Verkehrsregelung. Auch hinsichtlich der induzierten mentalen Beanspruchung variieren Fahrerinformationssysteme stark.

Gering mental beanspruchend sind Fahrerinformationssysteme, wenn sie wenige Informationen bereitstellen, die zudem einfach und ohne Nachdenken verwendbar sind und den Erwartungen des Nutzers entsprechen. Starke mentale Beanspruchung kann ungewohnte und unverständliche Informationen erzeugen, auch Bedienvorgänge, die komplexe Entscheidungen beinhalten. Die Beeinträchtigungen aufgrund mentaler Beanspruchung durch Telefongespräche während der Fahrt sind inzwischen gut belegt (STRAYER, & JOHNSTON, 2001).

2.3 Biomechanische Störung

Einige Ablenkungsauswirkungen, die in Unfallstatistiken geführt werden, beinhalten auch biomechanische Störungen des Fahrens. Beispielsweise Veränderungen der Körperposition, wenn heruntergefallene Gegenstände gesucht werden, wenn sich der Fahrer Kindern auf der Rückbank zuwendet oder ein Getränk verschüttet hat. Biomechanische Störungen spielen im Zusammenhang mit Fahrerinformationssystemen eine untergeordnete Rolle, sind aber gegebenenfalls mitzubedenken (TIJERINA, 2001).

Beispielsweise hat der Fahrer über längere Zeit nur eine Hand am Lenkrad, wenn ein System mit Fernbedienung verwendet wird. Eine Fernbedienung kann herunterfallen oder Halterungen mobiler Geräte können sich lösen (z. B. ein Saugnapf an der Windschutzscheibe für einen PDA mit Navigationsmodul).

3 Verkehrssicherheitsaspekte

Ablenkung durch neuere Fahrerinformationssysteme, beispielsweise durch Navigationssysteme, taucht erst vereinzelt in Unfallstatistiken auf (GREEN, 2000), allerdings sind mit zunehmender Verbreitung Zuwächse zu erwarten. Die Ablenkung durch die Bedienung von Radio und anderen Audiogeräten (Cassette, CD), die der Ablenkung durch kurze manuelle Bedienvorgänge an Fahrerinformationssystemen mit visuellen Displays vergleichbar ist, wird in jüngeren Statistiken als Hauptursache für einige Prozent der erfassten Unfälle angegeben (ANDERSON et al., 2001).

3.1 Gestaltung und Funktion

Um das „Ablenkungs- und Beanspruchungsprofil“ einer Fahrerinformationssystemfunktion zu bestimmen, ist die Funktion des Systems weniger bedeutsam als die Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle und der Eingabedialoge. Beispielsweise können sich hinsichtlich der visuellen und kognitiven Aufmerksamkeitsanforderungen die Wahl eines gespeicherten Navigationsziels und die Wahl eines gespeicherten Telefonbucheintrags in einem integrierten, ab Werk installierten System ähnlicher sein als die Wahl eines Navigationsziels in einem System mit manuellem Bedienelement und in einem System mit Spracheingabe. Die Funktion eines Fahrerinformations- oder Fahrerassistenzsystems ist für die Abschätzung der unerwünschten sicherheitsrelevanten Wirkungen insofern bedeutsam, als die Funktion des Systems die zu erwartende Häufigkeit der Nutzung mitbestimmt, außerdem die Zusammensetzung der Nutzergruppe und die Umstände der Nutzung.

3.2 Umstände der Nutzung

Die Umstände der Nutzung sind in zweierlei Hinsicht bedeutsam. Zum einen sind die Auswirkungen visueller Ablenkung und mentaler Beanspruchung während der Fahrt von der jeweiligen Verkehrssituation abhängig. Die Fahraufgabe variiert in ihren Aufmerksamkeitsanforderungen sehr stark, vom Fahren in lebhaftem Verkehr in einer fremden Innenstadt bis zum Fahren mit moderater Geschwindigkeit auf einer geraden, freien Autobahn unter guten Sichtverhältnissen. Fahrer sind sich den jeweiligen Anforderungen der Fahraufgabe üblicherweise bewusst und nehmen Zusatzaufgaben wie die Interaktion mit einem Fahrerinformationssystem nur in einem Umfang auf, der ihnen subjektiv sicher erscheint (WIERWILLE, ANTIN, DINGUS, & HULSE, 1988). Voraussetzung dafür ist allerdings, dass sie die Kontrolle über das Timing der Zusatzaufgabe haben.

Die Kontrolle über das Timing der Zusatzaufgabe ist neben variierenden Fahranforderungen der zweite Aspekt der Umstände der Nutzung. Damit Fahrer ihre Beanspruchung kontrollieren können, müssen Interaktionen mit Fahrerinformationssystemen ohne Zeitdruck und ohne Nachteile unterbrechbar sein (Driver focus-telematics-working group, 2002; Europäische Kommission, 2000).

Der Zeitpunkt der Aufnahme der Interaktion muss durch den Fahrer bestimmt werden. Dies ist beispielsweise nicht gegeben, wenn ein Informationssystem eingehende Anrufe oder Nachrichten signalisiert oder Informationen zu festgesetzten Zeitpunkten ausgibt wie beispielsweise Navigationsanweisungen. Zu bedenken ist zudem, dass die Risikobereitschaft eines Fahrers ansteigen kann, so dass er auch zu ungeeigneten Zeitpunkten Informationssysteme abliest und bedient, beispielsweise unter Termindruck.

3.3 Nutzermerkmale

Neben der Gestaltung des Systems und der Umstände der Nutzung sind die Fähigkeiten der Nutzer ein weiteres Bestimmungsstück der sicherheitsrelevanten Auswirkungen von Fahrerinformationssystemen. Dabei sind sowohl die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten eines Nutzers relevant wie auch seine Fahrkompetenz und seine Kompetenz im Umgang mit dem jeweiligen Fahrerinformationssystem.

Die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten hängen eng mit dem Alter zusammen, die Fahrerfahrung ebenfalls. Ältere Fahrer passen im Allgemeinen ihren Fahrstil ihren veränderten Wahrnehmungs- und Aufmerksamkeitskapazitäten sowie ihren veränderten Reaktionsgeschwindigkeiten an (GELAU, METKER, & TRÄNKLE, 1994). Ältere Fahrer sind auch zurückhaltender im Aufnehmen von Zusatzaufgaben.

Ebenso sind Fahranfänger durch die Fahraufgabe so sehr beansprucht, dass sie es vermeiden, Zusatzaufgaben aufzunehmen. Es wird erst ab einer gewissen Fahrkompetenz überhaupt möglich, Zusatzaufgaben wie die Interaktion mit Fahrerinformationssystemen mit der Fahraufgabe zu integrieren (vgl. ALLPORT, ANTONIS, & REYNOLDS, 1972). Wie gut dies gelingt, hängt entscheidend von der Kompetenz in der Zusatzaufgabe ab, denn die Aufmerksamkeitsanforderungen einer Zusatzaufgabe variieren stark mit dem Kompetenzniveau (WICKENS, 1991).

Ein wichtiger Unterschied zwischen Zusatzaufgaben mit Fahrerinformationssystemen und anderen Tätigkeiten, die während der Fahrt ausgeübt werden, ist der zu erwartende Grad der Geübtheit. So mögen zwar die visuelle Ablenkung und die mentale Beanspruchung durch die Zieleingabe und die Zielführung mit einem vertrauten Navigationssystem

der Ablenkung durch die Navigation mit einem Atlas oder einer Karte vergleichbar sein. Die Ablenkung durch ein neues Navigationssystem, dessen Bedienung noch ungeübt ist oder erst erkundet werden muss, kann dagegen sehr viel größer sein.

3.4 Aktuelle Gestaltungsrichtlinien

Die mögliche Komplexität von Fahrerinformationssystemen, ihre wachsende Vielfalt und die deswegen oft geringe Vorerfahrung der Nutzer machen die Erlernbarkeit von Systemen und die zu erwartenden Kompetenzniveaus der Nutzer zu wichtigen Faktoren in der Bewertung von sicherheitsrelevanten Auswirkungen. In den derzeit existierenden Richtlinien, Empfehlungen und Vorschlägen zur Gestaltung und zur Bewertung von Fahrerinformationssystemen wird der Aspekt der Erlernbarkeit selten explizit thematisiert. Jedoch umfassen Richtlinien und Empfehlungen, die auf die Begrenzung der Komplexität von Funktionen zielen, implizit auch Aspekte der Erlernbarkeit. Als Zielsetzung ist beispielsweise im Europäischen Grundsatzkatalog (Europäische Kommission, 2000) formuliert: „Wie kann die Interaktion mit dem System so konzipiert werden, dass der Fahrer unter allen Umständen die Kontrolle über das Fahrzeug behält, sich entspannt fühlt, dem System vertrauen kann und auf unerwartete Ereignisse jederzeit sicher reagieren kann?“

Einschlägige Beispiele der angegebenen Gestaltungsgrundsätze sind: „Das System ist so zu gestalten, dass die Aufmerksamkeit, die der Fahrer den Systemanzeigen oder Bedienelementen widmet, mit den Erfordernissen der Verkehrssituation vereinbar bleibt. ... Systemfunktionen, die vom Fahrer während der Fahrt nicht benutzt werden sollen, dürfen während der Fahrt nicht für einen interaktiven Betrieb zur Verfügung stehen, oder es müssen eindeutige Warnsignale im Fall einer unbeabsichtigten Nutzung abgegeben werden. ... Aus der Produktbeschreibung muss klar hervorgehen, ob die Benutzung des Systems besondere Fertigkeiten erfordert oder ob das Produkt für bestimmte Benutzer ungeeignet ist.“

Eine aktuelle und kommentierte Übersicht verfügbarer Design-Richtlinien und Empfehlungen findet sich in einem Diskussionspapier der Transport Canada (2003). Viele sind gesammelt und online im Volltext verfügbar unter:

<http://www.umich.edu/~driving/guidelines.html>.

3.5 Trends

Wie die Entwicklung und Verbreitung verschiedener Fahrerinformationssysteme verlaufen werden, ist schwer vorherzusehen. Es sind jedoch einige Trends festzustellen, die im Hinblick auf die Themen Ablenkungswirkungen und Erlernbarkeit Beachtung verdienen.

Zunächst ist zu konstatieren, dass die Grenze zwischen Fahrerassistenz- und Fahrerinformationssystemen nicht scharf zu ziehen ist. Fahrerassistenzsysteme, die Informationen anbieten oder programmierbar sind (z. B. ACC), können zu vergleichbaren Ablenkungen führen wie Fahrerinformationssysteme, die nicht die Fahraufgabe unterstützen. Die Programmierung eines Fahrerassistenzsystems ist wie die Bedienung eines Fahrerinformationssystems bei geringer Geübtheit ablenkender.

Ebenfalls unscharf ist die Abgrenzung zwischen Informationssystemen, die für die Verwendung während der Fahrt intendiert sind, von mobiler Informationstechnologie, die im Fahrzeug verwendet wird. Dass werksseitig eingebaute Fahrerinformationssysteme zunehmend hinsichtlich sicherer Bedienbarkeit während der Fahrt ausgelegt und gestaltet werden, ist zu erwarten.

Es ist aber auch zu erwarten, dass mobile Geräte wie PDAs, GPS-Geräte, Notebooks und Smartphones zunehmend während der Fahrt verwendet werden, beispielsweise als Navigationssysteme. Die Mensch-Maschine-Schnittstellen dieser Systeme sind derzeit oft ungeeignet für eine Nutzung während der Fahrt (FÄRBER & FÄRBER, 2003).

Es ist eine Herausforderung der nächsten Jahre absehbar, Fahrer für die Risiken im Gebrauch von Informationssystemen während der Fahrt zu sensibilisieren und Nutzen und Risiken der derzeit verfügbaren und der hinzukommenden Fahrerinformationssysteme auszubalancieren.

4 Bedienung und Nutzung von Fahrerinformationssystemen während der Fahrt

In den hier berichteten Studien wurden Navigationssysteme als ein derzeit verbreiteter Typ von Fahrerinformationssystemen ausgewählt, um Bedienung und Kompetenzerwerb während der Fahrt und im stehenden Fahrzeug zu untersuchen.

4.1 Beispiel Navigationssysteme

Unter der Vielfalt von Fahrerinformationssystemen zeichnen sich Navigationssysteme dadurch aus, dass sie einen unmittelbaren Bezug zur Fahraufgabe aufweisen und in den letzten Jahren zur Standardausstattung in Fahrzeugen der gehobenen Klasse geworden sind. Als Nachrüstsysteme und in mobilen Geräten sind Navigationssysteme und Routenplaner in vielen Varianten verfügbar und werden für einen wachsenden Kreis von Fahrern erschwinglich.

Die meisten dieser Systeme sind während der Fahrt programmierbar. Die Zieleingabe in Navigationssysteme wird oft als Beispiel für einen beanspruchenden Bedienvorgang an einem Fahrerinformationssystem diskutiert. Einige Funktionen von Navigationssystemen lassen sich auch mit wenigen Eingabeschritten nutzen, beispielsweise die Auswahl gespeicherter Ziele, die Anpassung eines angezeigten Kartenausschnitts oder der Wechsel zwischen der Zielführung mit Pfeilsymbolen und einer Kartendarstellung.

Die alphanumerische Zieleingabe in Navigationssysteme stellt dagegen deutlich höhere Anforderungen, die aber vor allem für die jüngeren Informations- und Kommunikationssysteme im Fahrzeug (Reiseinformationen, WAP, SMS, E-Mail) durchaus typisch sind. Für die hier berichteten Studien zum Kompetenzerwerb wurde daher die Zieleingabe in Navigationssysteme als Beispiel für einen vergleichsweise beanspruchenden Systemdialog gewählt.

Die Zieleingabe wird zwar in den Bedienungsanleitungen für Navigationssysteme nur bei stehendem Fahrzeug empfohlen, trotzdem ist davon auszugehen, dass die Zieleingabe nicht selten während der Fahrt erfolgt. Einige Szenarien, die zu einer Zieleingabe während der Fahrt führen können, beschreibt GREEN (1997):

Der Fahrer ist in Eile, kennt die grobe Richtung, in die er losfahren muss, und gibt die genaue Zielinformation erst danach ein. Dies dürfte der häufigste Fall sein.

Der Fahrer muss das Fahrtziel während der Fahrt ändern.

Das Navigationssystem berücksichtigt Stauinformationen nicht und eine Radionachricht lässt die gegenwärtige Route problematisch erscheinen.

Der Fahrer hat ein falsches Ziel eingegeben, möchte das Fahrzeug aber nicht anhalten.

Der Fahrer weiß das genaue Ziel zu Beginn der Fahrt noch nicht, gibt ein Zwischenziel ein, von dem er weiß, dass es in der Nähe des Ziels liegt, und gibt das Ziel später ein.

4.2 Anforderungen

Wird die Zieleingabe während der Fahrt vorgenommen, tritt die Bedienung des Navigationssystems als Aufgabe zur gewöhnlichen Fahraufgabe hinzu und verlangt vom Fahrer eine strategische Aufmerksamkeitssteuerung. Insbesondere für unerfahrene Nutzer, sowohl des Kfz wie auch des Navigationssystems, können sich daraus erhebliche kognitive Anforderungen ergeben. Zu den kognitiven Beanspruchungen durch die Zieleingabe während der Fahrt liegen einige Studien mit verschiedenen Varianten von Mensch-Maschine-Schnittstellen vor, die allerdings den Aspekt des Kompetenzerwerbs kaum thematisieren.

Uns sind zwei Fahrversuche und zwei Simulatorstudien zur Zieleingabe während der Fahrt bekannt, die alle belegen, dass die Zieleingabe, verglichen mit anderen Bedienvorgängen im Fahrzeug, höhere Blickzuwendungshäufigkeiten erfordert und mit vergleichsweise langen mittleren Blickzuwendungszeiten einhergeht. Sie zeigen auch, dass, wie einleitend dargestellt, die Systemgestaltung, die Verkehrssituation und die Nutzerpopulation zu beachten sind, um sicherheitsrelevante Auswirkungen zu beurteilen.

TIJERINA, JOHNSTON, PARMER, WINTER-BOTTOM, & GOODMAN (2000) erhoben mit verschiedenen Navigationssystemen Bearbeitungszeiten, Blickverhalten und Spurverletzungen für Zieleingaben während der Fahrt auf einer Teststrecke. Die Zieleingaben waren während einer konstanten Geschwindigkeit von 45 mph (72,4 km/h) auf gerader Strecke verlangt. Junge Fahrer unter 35 Jahren benötigten je nach manuell bedientem Navigationssystem im Durchschnitt zwischen 60 und 80 s für die Eingabe eines „Point of Interest“, ältere Fahrer über 55 Jahre benötigten 100 bis 160 s. Pro Zieleingabe blickten jüngere Fahrer im Durchschnitt 16-mal auf das Navigationssystem, ältere Fahrer 31-mal.

Die mittlere Dauer der Blickzuwendungen zum System lag je nach System im Durchschnitt zwi-

schen 2.5 und 3.2 s. Die durchschnittliche Anzahl von Spurverletzungen pro 10 Eingaben betrug 2 für jüngere Fahrer, 8 für ältere Fahrer.

Ein Navigationssystem in dieser Studie war über Spracheingabe zu bedienen und führte zu deutlich weniger Blickzuwendungen (im Durchschnitt 5 pro Zieleingabe von durchschnittlich 1 s Dauer). Insbesondere ältere Fahrer profitierten von der Spracheingabefunktion, denn ältere wie jüngere Fahrer konnten mit diesem System jegliche Spurverletzungen vermeiden. Das Fazit der Autoren zu den Systemen ohne Spracheingabefunktion lautet: „... these data suggest that destination entry with visual-manual methods is ill-advised while driving“.

Die gegensätzliche Einschätzung wird in der zweiten Studie von CHIANG, BROOKS, & WEIR (2000) vertreten. Im normalen Straßenverkehr wurden von Fahrern im Alter zwischen 26 und 44 Jahre Ziele in ein Navigationssystem mit Touchscreen eingegeben. Die benötigte Gesamtzeit war im Mittel 34.2 s und annähernd gleich auf geraden zweispurigen innerstädtischen Straßen bei 35 mph (56 km/h) und einer vierspurigen Schnellstraße bei 65 mph (105 km/h).

Im Mittel waren 13.5 Blickzuwendungen nötig für Zieleingaben, die durchschnittlich 15 Eingabeschritte verlangten. Die Blickzuwendungen dauerten im Mittel 1.2 s. Hier lautet das Fazit, „... the drivers were able to accomplish the destination entry tasks with acceptably short glance durations on the navigation display, and with satisfactory subjective ratings for ease of entry“. Diese Studie darf als Beleg für das Potenzial der Eingabe über Touchscreen gelten. Verglichen mit Systemen, die ein Bedienelement besitzen, mit dem ein Cursor auf einem Display bewegt wird, ist die Anzahl nötiger Blickzuwendungen sehr gering. Die zur Kontrolle der Cursorbewegung nötigen Blickzuwendungen entfallen mit Touchscreen, die Koordination der direkten manuellen Eingabe gelingt offenbar mit deutlich weniger Blickzuwendungen.

In der dritten Studie (NOWAKOWSKI, UTSUI, & GREEN, 2000) wurden Zieleingaben im stehenden Fahrzeug und während der Fahrt im Fahrsimulator verglichen. Die Teilnehmer waren junge Fahrer unter 28 Jahren und ältere Fahrer von 55 bis 65. Die Zieleingaben wurden entweder mit den Pfeiltasten einer Notebooktastatur oder mit einer Fernbedienung vorgenommen. Die mittlere Gesamtdauer im stehenden Fahrzeug war jeweils für junge und ältere Fahrer 21.7 und 32.5 s für Listenauswahl

	Situation	MMI	Alter der Teilnehmer	Mittlere Bearbeitungszeit [s]	Häufigkeit Blickzuwendungen	Mittlere Dauer Blickzuwendungen [s]
TIJERINA et al. (2000)	Gerade Teststrecke	Manuelle MMI-Schnittstellen	< 35	60 – 80	16	2.5 – 3.2
			> 55	100 – 160	31	2.5 – 3.2
		Spracheingabe	70 – 80	5	1	
CHIANG, BROOKS & WEIR, (2000)	Mehrspurige Straßen	Touchscreen	26-44	34.2	13.5	1.2
NOWAKOWSKI, UTSUI, & GREEN (2000)	Im Stand	Listenauswahl Fernbedienung	< 28	21.7		
			55 – 65	32.5		
		Listenauswahl Pfeiltasten	< 28	17.5		
			55 – 65	36.4		
Buchstabieren Pfeiltasten	< 28	70.8	65			
	55 – 65	145.8				
TSIMHONI, SMITH, & GREEN (2002)	Im Stand	Touchscreen	< 29	23	20-35	1.1 – 1.4
			> 65	42.1		
	Simulator gerade Strecke	Touchscreen	< 29	37.7		
			> 65	88.3		
	Simulator enge Kurve	Touchscreen	< 29	53.7		
			> 65	117.5		
		Spracheingabe wortweise		15		
		Spracheingabe buchstabenweise		40		

Tab. 1: Übersicht zu Ergebnissen früherer Studien zur Zieleingabe in Navigationssysteme

per Fernbedienung, 17.5 und 36.4 s für Listenauswahl per Pfeiltasten auf der Tastatur und 70.8 und 145.8 s für alphanumerische Zieleingaben per Pfeiltasten auf der Tastatur. Im Mittel waren für die alphanumerisch eingegebenen Ziele 13 Buchstaben einzugeben. Dazu waren im Mittel 65 Tastendrucke nötig. Die Gesamtdauer einer Aufgabe während der Fahrt im Fahrsimulator wird nicht im Detail berichtet, lediglich für die Listenauswahlaufgaben wird ein Faktor von 1.27 gegenüber der Gesamtdauer im Stand angegeben. Im Fahrsimulator wurden Spurverletzungen registriert und eine deutliche Korrelation von Spurverletzungen mit der Gesamtdauer festgestellt.

In einer weiteren Simulatorstudie (TSIMHONI, SMITH, & GREEN, 2002) wurden Fahranforderungen variiert, indem Zieleingaben auf gerader Strecke und in Kurven verschiedener Radien verlangt waren. Junge Fahrer unter 29 und ältere Fahrer über 65 gaben aus 20 Zeichen bestehende Ziele entweder über Touchscreen ein oder über Spracheingabe. Zwei Spracheingabebedingungen wurden realisiert: wortweise Eingabe und buchsta-

benweise Eingabe. Für die Touchscreeneingabe war der Effekt der Fahranforderung auf Bearbeitungszeiten deutlicher ausgeprägt als für die Spracheingabebedingungen. Auch Alterseffekte waren für die Touchscreeneingabe ausgeprägter. Junge Fahrer benötigten für Touchscreeneingaben im Mittel 23 s im parkenden Fahrzeug, 37.7 s auf gerader Strecke und 41 bzw. 53.7 s in mittleren und engen Kurven. Die entsprechenden Bearbeitungszeiten für ältere Fahrer waren 42.1, 88.3, 93.0 und 117.5 s, also etwa doppelt so lang. Wortweise Spracheingabe dauerte im Mittel um die 15 s mit einem Altersunterschied von 4 s und ohne Effekt der Fahranforderung.

Buchstabenweise Spracheingabe dauerte im Mittel knapp 40 s mit einem Altersunterschied von 6 s und einem Unterschied zwischen gerader Strecke und enger Kurve von 4 s. Daten zur Güte der Querregulation zeigen eine verschlechterte Querregulation bei Touchscreeneingaben, jedoch keine Beeinträchtigung durch Spracheingabe. Für einen Teil der Touchscreeneingaben wurde das Blickverhalten analysiert. Mittlere Blickzuwendungshäufigkei-

ten variierten zwischen 20 und 35 s und zeigen Alterseffekte und Effekte der Fahranforderung. Dasselbe gilt für die mittlere Gesamtblickzuwendungszeit (26 bis 38 s) und die mittlere Dauer von Einzelblicken (1.1 bis 1.4 s). Als Besonderheit dieser Studie ist zu berücksichtigen, dass die Fahranforderungen in den Kurvenbedingungen artifiziell einförmig gehalten waren. Minutenlange Kurvenfahrten mit sehr engen Radien treten real nicht auf. Vielmehr wird die Aufgabenbearbeitung üblicherweise für die Dauer einer engen Kurve unterbrochen. Ausgewählte Ergebnisse der vier Studien sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Auf Lerneffekte wird in zwei der vier Studien kurz eingegangen. CHIANG, BROOKS, & WEIR (2000) fanden nahezu keine Lerneffekte über 7 Zieleingaben nach 3 Übungsdurchgängen im stehenden Fahrzeug und einem Übungsdurchgang während der Fahrt. NOWAKOWSKI, UTSUI, & GREEN (2000) fanden einen deutlichen Lernverlauf nur für ältere Fahrer innerhalb der ersten 5 Übungsdurchgänge im Stand. Über die folgenden 3 bis 6 Testdurchgänge waren keine Lerneffekte erkennbar. In den hier berichteten Projektstudien, in denen Lernverläufe im Mittelpunkt des Interesses standen, waren dagegen über eine längere Reihe von Übungsdurchgängen wiederholt deutliche Lernverläufe feststellbar, vor allem für ältere Fahrer und lernintensive Bedienelemente.

5 Kompetenzerwerb

Ein wesentliches Kriterium für die Bewertung verschiedener Gestaltungsvarianten von Fahrerassistenz- und Fahrerinformationssystemen hinsichtlich der Verkehrssicherheit ist neben der Geschwindigkeit und der Genauigkeit der Aufgabenbewältigung die Erlernbarkeit bzw. der Kompetenzerwerb durch Übung (vgl. KANTOWITZ & SORKIN, 1983). In der Nutzung derartiger Systeme umfasst der Kompetenzerwerb nicht nur die Effizienz der Bedienung und Benutzung des zusätzlichen Systems, sondern auch die Verminderung der Beeinträchtigung der primären Fahraufgabe.

Hinsichtlich des Lernverlaufs in der Verwendung von Fahrerinformationssystemen liegen so gut wie keine spezifischen Ergebnisse vor. Da es sich aber bei der Nutzung derartiger Systeme um eine komplexe visumotorische Aufgabe handelt, sollte ein Lern- bzw. Automatisierungsverlauf zu beobachten sein, der auch bei andersartigen, im Komplexitäts-

grad aber vergleichbaren Aufgaben aus anderen Domänen nachzuweisen ist. Für diese wurde in der überwiegenden Zahl der Studien ein Kompetenzverlauf gefunden, der dem sog. power-law-of-practice (NEWELL & ROOSENBLUM, 1981) folgt. Es beschreibt den universellen Sachverhalt, dass sich die Zeit, die für die Bearbeitung einer Aufgabe benötigt wird, mit zunehmender Übung verringert. Dabei ist die Reduktion der Bearbeitungszeit zu Beginn groß, mit fortschreitender Übung verringert sich dann der Übungseffekt, der pro Übungseinheit erreicht wird. Dieser negativ beschleunigte Verlauf ist mit einer Potenzfunktion zu beschreiben.

Der charakteristische Lernverlauf ist für verschiedenste Aufgaben zuverlässig nachzuweisen, wenn Abweichungen durch Mittelung geglättet werden. Mittelungen können über Probanden, über Aufgaben oder über Probanden und Aufgaben vorgenommen werden. Individuelle Lernverläufe können beispielsweise aufgrund von Strategiewechseln von der Form einer Potenzfunktion abweichen. Auch Unterschiede in Aufgabenschwierigkeiten erzeugen Abweichungen, zudem beginnen Probanden in der Regel auf verschiedenen Kompetenzniveaus und lernen unterschiedlich schnell.

Für komplexe Aufgaben gilt oft, dass sie in Teilkomponenten zerlegbar sind, für die gesonderte Lernverläufe zu finden sind. Doch auch wenn der Lernverlauf für einfache Teilkomponenten einer komplexen Aufgabe durch andere Funktionen besser beschrieben wird, ist der Lernverlauf für die gesamte Aufgabe oft sehr gut durch das power-law-of-practice zu beschreiben (HAIDER & FRENCH, 2002; HEATHCOTE, BROWN, & MEWHORT, 2000; LEE & ANDERSON, 2001; MYUNG, KIM, & PITT, 2000).

Das Potenzgesetz der Übung wird in der einfachen Form dargestellt als

$$T = A + BP^{-b},$$

wobei T die Bearbeitungszeit, P die Anzahl der Übungsdurchgänge, b den Lernparameter darstellt. B ist ein personen- und aufgabenspezifischer Parameter und steht für den Ausgangsaufwand, den eine Person ohne Training bei der Lösung einer Aufgabe benötigt. A ist eine Konstante, die für eine Aufgabenklasse asymptotisch die auch nach langem Training mindestens erforderliche Bearbeitungszeit angibt.

Meistens wird die Asymptote vernachlässigt, so dass nur eine zweiparametrische Funktion zur Be-

schreibung des Lernverlaufs verwendet wird. Der Grund hierfür ist, dass sich die Asymptote der Bearbeitungszeit verlässlich nur mit sehr vielen Übungsdurchgängen bestimmen lässt (RITTER & SCHOOLER, 2001).

Eine grundlegende Annahme für die Projektstudien ist, dass auch der Kompetenzerwerb im Umgang mit Fahrerassistenz- und -informationssystemen durch eine Potenzfunktion zu beschreiben ist. Sofern dies empirisch nachweisbar ist, wäre damit ein theoretisch sehr befriedigendes und praktisch hocheffizientes Verfahren der Bewertung und des Vergleichs unterschiedlicher Systemvarianten ableitbar. Die Erlernbarkeit von Systemvarianten könnte in wenigen Potenzfunktionsparametern angegeben werden, die gut interpretierbar sind und sich direkt vergleichen lassen.

Als Aufgabe zur Prüfung dieser Annahme wurde, wie erwähnt, die Zieleingabe in Navigationssysteme gewählt, weil sie derzeit als prototypisch für einen komplexen Bedienvorgang mit einem Fahrerinformationssystem gelten kann.

5.1 Die Aufgabe: Zieleingabe

Die derzeit verbreitetsten werksseitig verbauten oder nachrüstbaren Navigationssysteme werden manuell bedient. Die Zieleingabe lässt sich grob unterteilen in den Aufruf der Zieleingabe, die alphanumerische Eingabe eines Ziels und den Abschluss der Zieleingabe. Der Aufruf der Zieleingabe entspricht einer mehr oder weniger anspruchsvollen Menünavigation, die alphanumerische Zieleingabe geschieht üblicherweise über die Auswahl einzelner Buchstaben bis zur Erkennung des Ziels durch das System. Meist ist das Ziel nach Eingabe einiger Buchstaben aus einer angebotenen Liste auszuwählen. Ist zu einem Ort zusätzlich beispielsweise eine Straße einzugeben, wiederholen sich Buchstabieren und Listenauswahl. Nach dem Abschluss der Zieleingabe beginnt im Normalfall die Zielführung.

5.2 Verlauf des Kompetenzerwerbs

5.2.1 Ungeübte Bedienung

Die ersten Schritte im Umgang mit einem unbekanntem System verlaufen wie allgemein mit unbekanntem Software-Anwendungen langsam und schrittweise und erfordern ein hohes Maß an kognitiver und visueller Aufmerksamkeit. Erste Bedien-

vorgänge und Interaktionen mit einem unbekanntem System sind als Problemlöseprozess zu beschreiben (BAINBRIDGE, 1989). Ausgehend von Instruktionen oder Demonstrationen müssen ungeübte Nutzer dargestellte Informationen interpretieren, Systemzustände erschließen und die Eingabeschritte finden, die sie ihrem Ziel näher bringen. Die Resultate von Eingaben müssen überprüft werden und weitere Eingaben sind zu planen.

Vorwissen ist nötig, um Instruktionen zu verstehen und Systemdisplays zu interpretieren. In frühen Stadien des Kompetenzerwerbs wird zudem ständig Wissen aufgebaut und ergänzt. Vor allem in frühen Phasen des Erlernens wirken sich günstige Gestaltung und passendes Vorwissen förderlich aus (LARKIN, 1989).

Die Verfügbarkeit einer Standardmethode unterscheidet den geübten vom ungeübten Nutzer. Doch auch der geübte Nutzer kann sich durch unerwartete Systemrückmeldungen wieder einem unbekanntem Systemzustand gegenüber sehen. Die damit verbundenen erhöhten Aufmerksamkeitsanforderungen sind in der Doppelaufgabensituation besonders bedenklich.

5.2.2 Beschleunigung

Durch Übung beschleunigt sich das Ansteuern der Bedienelemente, die manuelle Bedienung wird zügiger und sicherer, die Blickzuwendung zum Display des Navigationssystems und die Informationssuche auf dem Display werden gezielter und schneller (vgl. LEE & ANDERSON, 2001). Konstante Sequenzen von Eingaben werden sich mit der Zeit zunehmend automatisieren (ANDERSON & LEBIERE, 1998; TAATGEN & LEE, 2003). Eine vollständige Automatisierung der alphanumerischen Eingabe ist jedoch nicht zu erwarten.

Ein Bedienvorgang ist leichter zu automatisieren und beansprucht geübte Nutzer in geringerem Maß, wenn der nächste Eingabeschritt jeweils eindeutig aus dem vom System signalisierten Zustand ableitbar ist. Wenn Entscheidungen über alternative Vorgehensweisen verlangt sind, ist die Beanspruchung höher.

5.2.3 Strategischer Aufgabenwechsel

Beschleunigung und Automatisierung senken die Anforderungen der Zusatzaufgabe „Zieleingabe“. Unter dem Gesichtspunkt einer möglichst geringen Beeinträchtigung der Primäraufgabe „sicheres

Fahren“ sind die Aufmerksamkeitsverteilung und der strategische Wechsel zwischen den Aufgaben von Bedeutung. Hier verspricht nach den Erfahrungen mit task-management-Trainings für Piloten die Übung von Aufmerksamkeitsstrategien erhebliche Effekte (GABRIEL & BURROWS, 1968; GOPHER, 1992). Fahrer könnten beispielsweise lernen, wann Blickzuwendungen günstig sind, welche Dauer Blickzuwendungen haben sollten, welche Blickzuwendungen eingespart werden können, und sie könnten lernen, ihre Aufmerksamkeit effizienter zu verteilen.

Allerdings ist der Spielraum für strategische Aufmerksamkeitswechsel für Autofahrer begrenzter als für Piloten, da die Fahraufgabe nur kurze Abwendungen erlaubt. Verkehrssituationen bestimmen den Spielraum der strategischen Aufgabenbearbeitung.

Bei strategischer Aufmerksamkeitsverteilung achten Autofahrer auf Sicherheit. Vor allem unter realen Fahrbedingungen hat sich wiederholt gezeigt, dass Autofahrer dem Ziel sicheres Fahren Priorität vor Zusatzaufgaben einräumen (CNOSSEN, ROTHENGATTER, & MEIJMAN, 2000).

5.2.4 Fehlerreduktion

Eingabefehler können die Bearbeitungszeit für eine Zieleingabe stark verlängern und die Zahl und Dauer nötiger Blickzuwendungen deutlich erhöhen. Übung verringert die Anzahl von Fehleingaben und führt zu effektiveren Korrekturmaßnahmen. Nicht nur in der Fehlerhäufigkeit, auch in der Unterstützung von Fehlerkorrekturen und ihrer Erlernbarkeit könnten bedeutsame Unterschiede zwischen Navigationssystemen bestehen.

5.2.5 Interindividuelle Unterschiede

Interindividuelle Unterschiede begünstigen oder limitieren Übungseffekte. Neben dem Alter, der Fahrerfahrung, Leistungs- und Persönlichkeitsvariablen sind Technikinteresse und die Vorerfahrung mit Computern, mit menügesteuerter Software und mit alphanumerischer Eingabe ohne vollständige Tastatur (z. B. SMS) bedeutsam. Alter dürfte aber in einer heterogenen Population der wichtigste Faktor sein (GREEN, 2001).

5.2.6 Hohe visuelle Anforderungen

Die visuellen Anforderungen sind bei allen Arten manueller alphanumerischer Eingabe hoch, wenn

keine vollständige Tastatur zur Verwendung kommt (MACKENZIE, ZHANG, & SOUKOREFF, 1999). Vor allem die kaum zu vermeidende visuelle Kontrolle bei alphanumerischer Eingabe ist den Erwartungen an Übungseffekte entgegenzusetzen. Blickabwendungen während der Fahrt werden auch nach langer Übung noch in gewissem Umfang zur Zieleingabe nötig sein.

6 Empirische Studien zum Kompetenzerwerb – Übersicht

Das vorrangige Ziel der Projektstudien war, den Kompetenzerwerbsverlauf im Umgang mit Fahrerinformationssystemen unter kontrollierten Bedingungen zu untersuchen. Es wurden eng aufeinander bezogene Studien durchgeführt, in denen erstmals längere Übungsverläufe systematisch erhoben wurden. Insgesamt wurde ein aufwändiger Fahrversuch mit Fahrern mittleren Alters durchgeführt und daran anschließend drei Trainingsstudien im parkenden Fahrzeug: mit Fahrern mittleren Alters, mit jungen Fahrern und mit älteren Fahrern. Zusätzlich wurde jeweils nach einigen Monaten der Kompetenzerhalt bestimmt.

In allen Studien wurde die manuelle Zieleingabe in ein Navigationssystem als relativ beanspruchende Aufgabe verwendet, die als prototypisch gilt, unter Sicherheitsaspekten interessant ist und die deutliche Lerneffekte und Altersunterschiede erwarten lässt. In allen Studien wurden dieselben Navigationssysteme verwendet. Neben den Veränderungen im Lernverlauf für verschiedene Nutzergruppen und verschiedene Systeme war vor allem von Interesse, ob sich die Lernverläufe über Potenzfunktionsparameter beschreiben lassen und wie die Parameter über Situationen und Nutzergruppen in den Studien variieren.

Im Hinblick auf die Methode der Potenzfunktionsanpassung ist vor allem der Vergleich von Fahrversuch und Trainingsstudien im stehenden Fahrzeug interessant. Wenn die im stehenden Fahrzeug erhaltenen Parameter mit denen aus dem Fahrversuch korrespondieren, wäre gezeigt, dass die Schätzung von Potenzfunktionsparametern für Lernverläufe im stehenden Fahrzeug zur Bewertung der Erlernbarkeit von Fahrerinformationssystemen geeignet ist.

Die mit 60 Teilnehmerinnen und Teilnehmern umfangreichste Trainingsstudie ist die im stehenden

	Anzahl Teilnehmer
Fahrversuch auf dem Sachsenring Fahrer mittleren Alters, 2 Systeme	12
Kompetenzerhalt (im parkenden Fahrzeug)	9
Trainingsstudie im parkenden Fahrzeug mit Transfer, Fahrer mittleren Alters, 2 Systeme	60
Kompetenzerhalt	57
Trainingsstudie im parkenden Fahrzeug, junge Fahrer (< 25), 2 Systeme	17
Kompetenzerhalt	13
Trainingsstudie im parkenden Fahrzeug, ältere Fahrer (> 65), 2 Systeme	17
Kompetenzerhalt	17
4 Systeme im parkenden Fahrzeug mit Okklusion, überwiegend junge Fahrer	40

Tab. 2: Übersicht der Projektstudien

Fahrzeug mit Probanden mittleren Alters. In dieser Studie wurde auch der Transfer beim Wechsel auf das jeweils andere System untersucht.

Die Serie von Trainingsstudien erlaubt also die Beantwortung mehrerer Fragen zum Thema des Kompetenzerwerbs mit Fahrerinformationssystemen. Der Fahrversuch liefert Vergleichsdaten für die Trainingsstudien im stehenden Fahrzeug, vergleicht zwei Navigationssysteme hinsichtlich ihrer Auswirkungen über einen längeren Lernverlauf und ergab einen umfangreichen Datensatz zum Blickverhalten.

Die Trainingsstudien im stehenden Fahrzeug erlauben Vergleiche zwischen Altersgruppen für die beiden Navigationssysteme, eine Trainingsstudie untersucht zudem Transfereffekte. Zum Kompetenzerhalt werden für alle Probandengruppen Daten erhoben.

Schließlich wurde in einer weiteren Studie die Zieleingabe an vier Systemen mit der Okklusionsmethode untersucht. Die Okklusionsmethode ist als Methode zur Bewertung von Fahrerinformationssystemen vorgeschlagen (BAUMANN, KEINATH, KREMS, & BENGLER, 2002; KREMS, KEINATH, BAUMANN, BENGLER, & GELAU, 2000; RÖSLER, 2003). Zwei der vier in der Okklusionsstudie verwendeten Systeme sind dieselben, die auch in den Trainingsstudien eingesetzt wurden. Tabelle 2 gibt einen Überblick zu den durchgeführten Studien.

7 Kompetenzerwerb während der Fahrt

Die erste Trainingsstudie des Projekts sollte in einem Fahrversuch unter annähernd realen Verkehrsbedingungen Lernparameter für einzelne marktgängige Systeme ermitteln, die vorhersagen lassen, welcher Übungsaufwand erforderlich ist, um eine bestimmte Bedienleistung zu erbringen. In verdichteter Form sollte der Lernverlauf beobachtet werden, der sich in der realen Situation über einen längeren Zeitraum (Tage und Wochen) hinzieht.

Es gilt in Studien zum Erlernen komplexer Handlungsfolgen, in denen eine visumotorische Aktionskontrolle erforderlich ist, inzwischen als unumstritten, dass ein substanzieller Kompetenzerwerb eine beträchtliche Anzahl von Übungsdurchgängen umfasst. In vielen Arbeiten findet man die Zahl 100 als unterste Grenze (s. KREMS, 1996). Eine weitaus größere Anzahl von Übungsdurchgängen wäre erwünscht, scheitert in der Regel aber aufgrund methodischer Randbedingungen (Probanden müssten in Längsschnittstudien über Monate oder Jahre beobachtet werden). In den Projektstudien wurde ebenfalls die Zahl 100 als Minimum aufgegriffen. Es wurde der Verlauf des Kompetenzerwerbs im Umgang mit einem Fahrerinformationssystem beobachtet, an dem 100 Lerndurchgänge unter weitgehend realen Verkehrsbedingungen von den Probanden durchgeführt wurden.

Die Projektstudien beschränken sich auf die Analyse der manuellen Zieleingabe in Navigationssysteme. Dies ist gerechtfertigt, da diese Aufgabe die meisten der Anforderungen manuell bedienter Systeme beinhaltet, die zusätzlich zu den gängigen Instrumenten für das Fahrzeug derzeit entwickelt werden: Navigationssysteme besitzen in der Regel ein zusätzliches Display, das im primären oder sekundären Sehfeld angeordnet ist, und sie verfügen über eine eigene gängige Eingabeeinheit (Tastatur, Drehdruckknopf o. Ä.). Die Zieleingabe erfordert das Führen eines Mensch-Maschine-Dialogs, der während der Fahrt gleichzeitig mit der primären Fahraufgabe zu leisten ist und sich in vielen Aspekten nicht von längeren Aufgaben mit anderen Systemen unterscheidet.

Es wurden zwei Systeme miteinander verglichen, die sich an ein vergleichbares Nutzerprofil wenden, ein ähnliches Spektrum an Funktionen in vergleichbarer Qualität besitzen, sich im Bedienkonzept aber gründlich unterscheiden.

7.1 Auswahl der Navigationssysteme

Bei der Auswahl der beiden Navigationssysteme waren Unterschiede im Bedienkonzept ausschlaggebend. Die Systeme sollten darüber hinaus repräsentativ sein, zum einen im Hinblick auf den Marktanteil der Hersteller, zum anderen sollte die technische Qualität hoch sein.

Es wurden Tests und Marktübersichten des ADAC (motorwelt 01/2001), der Stiftung Warentest (test 01/2001) und der Fachzeitschrift teleTraffic (Heft 7/8-2000) ausgewertet, außerdem Prospektmaterial und Web-Seiten der Hersteller, einzelne Systeme wurden im Handel und bei Privatpersonen getestet. Die Recherche ergab, dass für Ab-Werk-Systeme wie für Nachrüst-Systeme der höheren Preisklasse ein Farbbildschirm typisch ist. Wir untersuchen deshalb Systeme mit Farbbildschirm. Der Bildschirm und die Bedieneinheiten der werksseitig installierten Systeme sind üblicherweise in die Konsole integriert. Der Bildschirm der Nachrüstsysteme wird mit Halterungen an der Konsole befestigt. Eingabe und Steuerung der Nachrüstsysteme erfolgen oft über eine Fernbedienung. Navigationssysteme mit kleinerer Anzeige werden mit den Bedienelementen im Radioschacht untergebracht. Daneben sind Nachrüstsysteme erhältlich, die auf PDAs oder Notebooks aufsetzen und nicht fest montiert werden.

Interessante, aber zumindest derzeit wenig verbreitete Bedienkonzepte sind Spracheingabe (Pioneer AVIC 505) und die Bedienung per Tastbildschirm (LOS Pilos, Kenwood KVC 1000). Spracheingabe erfordert weniger Blickabwendungen von der Fahrbahn und erlaubt es, beide Hände am Steuer zu belassen. Aufgrund dieser Vorteile ist zu erwarten, dass Spracheingabe zunehmend wichtig wird. Die derzeit verfügbare Lösung wird in Tests aber als noch nicht zufrieden stellend beurteilt (test 01/2001).

Tastbildschirme bieten in Kombination mit adäquaten Anzeigen durch intuitive Bedienbarkeit Vorteile bei der Erlernbarkeit. Insbesondere auf der Eingabeseite sind einzelne Funktionen in der Regel unmittelbar, ohne Lernphase, zugänglich. Touchscreens bieten damit das Potenzial, die für die Zieleingabe nötigen Blickzuwendungen zu reduzieren. Im Auswahlprozess für die Projektstudien wurde als System mit Touchscreen das LOS Pilos ausgiebiger getestet. Die Größe und die Aufteilung der Displayelemente erschienen jedoch ungünstig.

Im vorliegenden Projekt wurden zwei Navigationssysteme verwendet, die in der Funktionalität weitgehend identisch waren, sich im Bedienkonzept aber stark unterschieden.

7.1.1 Dreh-Druckknopf versus Fernbedienung

Um auf der Eingabeseite einen möglichst großen Unterschied im Bedienkonzept zu realisieren, wurden folgende zwei Varianten untersucht: ein Dreh-Druckknopf an der Konsole, wie er üblicherweise bei werksseitig verbauten Systemen und Radio-Navigationssystemen zu finden ist, gegenüber einer Fernbedienung mit Richtungstasten, die für Nachrüstsysteme mit separatem Bildschirm typisch ist. Der Dreh-Druckknopf erlaubt es, mehrere gleichartige Eingabeschritte durch eine Drehbewegung auszuführen, bei einer Fernbedienung sind dazu wiederholte Tastendrucke notwendig. Oft kann das Gedrückthalten einer Taste der Fernbedienung zwar mehrere gleichartige Eingaben ersetzen, allerdings ist die Kontrolle der Anzahl getätigter Eingabeschritte bzw. der Dauer des Haltens schwieriger als bei einem Drehknopf die Kontrolle der Drehbewegung. Die Drehbewegung kann zudem leicht in die Gegenrichtung korrigiert werden. Ein Vorteil von Richtungstasten ist, dass die Navigation auf einer Anzeige in vier Richtungen erfolgen kann und damit gegebenenfalls abzukürzen ist gegenüber einer Navigation mit einem Drehknopf in nur zwei Richtungen.

7.1.2 Buchstabenausblendung

Ein weiterer Unterschied, den wir durch die Wahl der Systeme abbilden wollten, ist das Vorhandensein gegenüber dem Fehlen der Eingabehilfe Buchstabenausblendung („intelligenter Speller“). Die Buchstabenausblendung reduziert nicht nur den Aufwand bei der Eingabe, indem unmögliche Buchstaben übersprungen werden und disambiguierte Fortsetzungen automatisch vervollständigt werden, sie zeigt überdies an, ob die intendierte Eingabe eine Passung in der Datenbank findet. Ohne Buchstabenausblendung ist die Koppelung von Eingabe und Datenbank weniger eng und es kann zu unnötigen Eingaben über die Disambiguierung in der Datenbank hinaus kommen oder zu Eingaben ohne Passung in der Datenbank.

7.1.3 Die ausgewählten Systeme

Wir haben die interessierenden Unterschiede mit der Wahl zweier verbreiteter Systeme realisiert, die

im Folgenden mit System A und System B bezeichnet werden. Die Systeme oder verwandte Produkte wurden von den meisten Händlern angeboten und erreichten in Tests gute Bewertungen.

Tabelle 3 listet die Unterschiede im Bedienkonzept auf. Interessant ist auch die unterschiedliche Lösung für die Fehlerkorrektur. Bei System B ist für die Fehlerkorrektur „Löschen“ bzw. „Zurück“ auf der Anzeige auszuwählen. Die Fehlerkorrektur bei System A geschieht über eine eigene Korrekturtaste auf der Fernbedienung. Eine solche gesonderte Taste für die Fehlerkorrektur verspricht Zeitersparnisse bei der Eingabe, vor allem für ungeübte Nutzer.

Weitere erwähnenswerte Unterschiede bestehen in der Darstellung von Informationen. Davon könnte abhängen, wie leicht die Displays während der Fahrt abzulesen sind. Die Schriftgröße der Buchstabenreihe, aus der Buchstabe für Buchstabe ausgewählt wird, ist bei System A größer und zusätzlich wird der Buchstabe, auf dem der Cursor liegt, hervorgehoben, als würde er durch eine Lupe betrachtet. Die Größe der Buchstaben macht es nötig, die Buchstabenreihe auf zwei Zeilen zu verteilen. Bei System B werden die Buchstaben kleiner und in einer Zeile dargestellt.

Das durch das Buchstabieren aufgebaute Ziel wird bei System B ebenfalls einzeilig dargestellt, auf System A erfolgt das Buchstabieren in einer Zeile und zusätzlich wird darunter ein vierzeiliger Ausschnitt der Datenbank angezeigt, der sich den Eingaben anpasst (Bild 1). Diese vier aufeinander folgenden Zeilen aus einer alphabetisch geordneten Datenbank sind oft gleichförmig, müssen aber immer wieder kontrolliert werden, um das gewünschte Ziel zu identifizieren. Dies stellt höhere visuelle und kognitive Anforderungen als das Beobachten nur einer Zeile und macht im Verlauf der Zieleingabe wiederholt den Wechsel zwischen Buchstabieren und Listenkontrolle nötig. In Bild 1 sind die Bildschirme der beiden Systeme während des Buchstabierens schematisch dargestellt.

Eine Eingabehilfe des Systems A kann in der Untersuchung nicht berücksichtigt werden, verdient aber Erwähnung. Die zuletzt eingegebenen Ziele werden gespeichert und beim Beginn einer Zieleingabe durch eine Vervollständigung der bisherigen Eingabe angeboten. Bei der Wiederholung einer Zieleingabe verkürzt sich der Eingabeaufwand dadurch deutlich. In unserer Studie wurden jedoch keine Zieleingaben wiederholt.

	System A	System B
Bedienelement	Fernbedienung mit vier Richtungstasten, angeordnet um eine Auswahltaste und mit einer gesonderten Fehlerkorrekturtaste	Dreh-Druckknopf an der linken unteren Bildschirmecke
Zieleingabe und Eingabehilfen	Buchstabenauswahl; Aufbau des Ziels in einer Zeile und zusätzlich Anpassung eines vierzeiligen Ausschnitts der Datenbank; Auswahl des Ziels durch Sprung in die Datenbankliste	Buchstabenauswahl mit Buchstabenausblendung; Aufbau des Ziels in einer Zeile
Darstellung der Buchstabenreihe	größere Buchstaben in zwei Zeilen mit „Lupe“ als Cursor	eine Zeile mit Cursor
Fehlerkorrektur	Fehlerkorrekturtaste	Auswahl von „Löschen“ bzw. „Zurück“

Tab. 3: Eigenschaften der ausgewählten Navigationssysteme

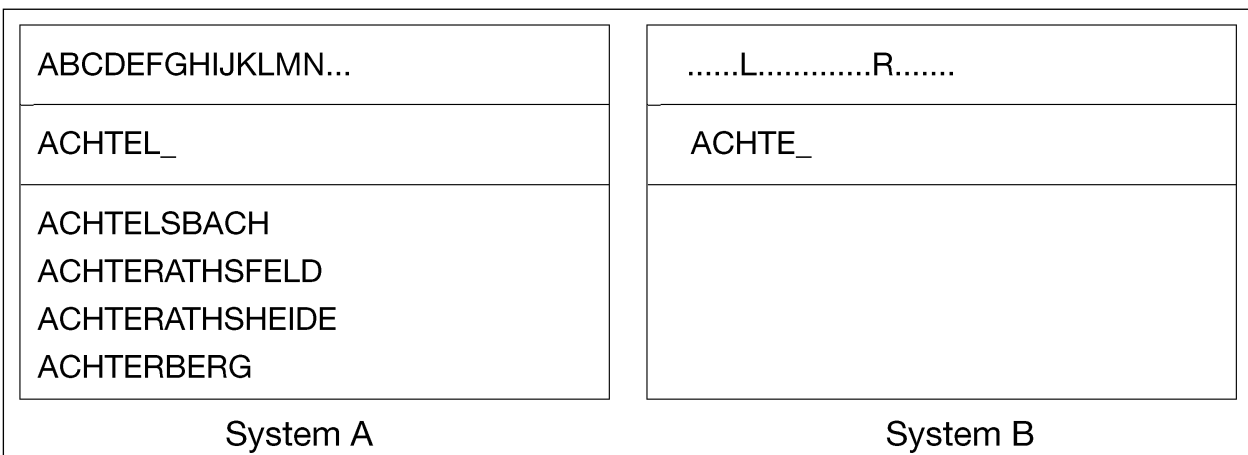


Bild 1: Schematische Darstellung der Bildschirme für das Buchstabieren der Navigationsziele

7.2 Aufgabenmaterial

Zunächst wurden als Aufgabenbasis 120 Ziele konstruiert, jedes Ziel bestehend aus einer Stadt und einer Straße. Jede Stadt und jede Straße sind in der Aufgabenbasis nur einmal vorhanden. Die Aufgaben wurden mit beiden Systemen getestet und für beide Systeme wurde die Anzahl nötiger Eingabeschritte bestimmt. Außerdem wurden die für die Eingabe benötigten Zeiten gestoppt, um einen ersten Anhaltspunkt für die Dauer der Zieleingaben zu erhalten. Schon hier wurde deutlich, dass bei den meisten Aufgaben mehr Zeit mit System A aufzuwenden ist. Der Vorteil durch die Buchstabenausblendung ist für System B bei der Eingabe der Straße umso größer, je kleiner die Stadt ist, da dann früher viele Buchstaben ausscheiden und früher die Straße eindeutig vervollständigt werden kann. Daher ist von Bedeutung, dass überwiegend große Städte gewählt wurden und die Ersparnis durch die Buchstabenausblendung deshalb im Rahmen bleibt.

Aus den 120 Aufgaben wurden 100 ausgewählt und zu Gruppen aus je vier Zielen zusammengestellt, die zusammen eine relativ konstante und zwischen den Systemen vergleichbare Zahl von Eingabeschritten verlangen. Diese Vierergruppen von Zielen werden statt einzelner Zieleingaben betrachtet, um Trainingsverläufe zu analysieren und Systemvergleiche anzustellen. Mit System A sind im Durchschnitt 8 Eingabeschritte pro Zieleingabe nötig, wenn so lange buchstabiert wird, bis die gewünschte Stadt bzw. die gewünschte Straße im vierzeiligen Datenbankausschnitt auftaucht. System B verlangt im Durchschnitt 10 Eingabeschritte pro Zieleingabe.

Es wurden sechs Folgen der Aufgabengruppen gebildet, die je einmal mit jedem System vorgegeben wurden. Die erste Aufgabengruppe war für alle Folgen identisch, die restlichen 24 Aufgabengruppen wurden so weit als möglich nach der Reihenfolge und der Kombination mit einer der unten beschriebenen Fahranforderungen balanciert. Zusätzlich zu den 100 Zielen wurden vier Ziele als Übungsziele für die Instruktion ausgewählt.

7.3 Versuchsfahrzeug

Das Versuchsfahrzeug, ein BMW 750iL mit Automatikgetriebe, wurde mit einer Videometrieanlage ausgerüstet. Die Bilder dreier Kameras wurden in ein Bild geschnitten aufgenommen (Bild 2), das auf

Monitoren im Kofferraum und auf der Rückbank kontrolliert werden konnte.

Eine der drei Kameras war an der Sonnenblende auf der Beifahrerseite befestigt und filmte in Fahrtrichtung, eine zweite Kamera in der Mitte der vorderen Ablage nahm das Gesicht des Fahrers von vorne auf, eine dritte Kamera war zwischen den Vordersitzen befestigt und auf das Systemdisplay gerichtet (vgl. Bild 2). Der Bildschirm des Nachrüstsystems (System A) wurde auf einen Schwanenhals montiert und konnte so in dieselbe Position wie der Bildschirm des eingebauten Systems B gebracht werden.

7.4 Versuchsstrecke

Der Fahrversuch hat auf dem „Sachsenring“ stattgefunden, einer Rennstrecke mit angegliedertem Verkehrssicherheitszentrum. Unser Ziel war, zwei Teilstrecken mit unterschiedlichen Anforderungen der Fahraufgabe festzulegen. Wir haben einen einfachen Rundkurs (1,5 km) gewählt, der vollständig auf der breiten Rennstrecke verlief und bis auf das Einbiegen in eine Engstelle keine Abbiegemanöver verlangte, und einen anspruchsvolleren „kurvigen“ Kurs (1,2 km), der zum Teil auf engen Versorgungswegen verlief, Abbiegemanöver verlangte und auf dem wiederholt Vorfahrt zu gewähren war (drei Stopp-Beschilderungen in jeder Fahrtrichtung).

Auf dem einfachen Rundkurs wurde eine dritte Fahrbedingung realisiert, indem wir die Probanden einem vorausfahrenden Helferfahrzeug mit Sicherheitsabstand folgen ließen. Um über die Dauer des Fahrversuchs einer zu starken Gewöhnung der



Bild 2: Die drei Kameraperspektiven der Videoaufzeichnung

Probanden an die Strecken entgegenzuwirken, wurde die Fahrtrichtung auf den Kursen variiert. Auf dem Sachsenring war während des Fahrversuchs ständig mit anderen Fahrzeugen zu rechnen, so dass von den Probanden auch Aufmerksamkeit für andere Verkehrsteilnehmer gefordert war. Nach den Einschätzungen der Probanden ist es uns insgesamt gelungen, annähernd realistische Fahrbedingungen zu schaffen.

7.5 Befragungsinstrumente

Für die Erfassung der subjektiven Beanspruchung und der Systembewertung wurden bewährte Fragebögen verwendet. Ihre subjektive Beanspruchung bei verschiedenen Kompetenzniveaus schätzten die Probanden im NASA-TLX ohne Skalengewichtung (BYERS, BITTNER, & HILL, 1989) ein und zusätzlich zu diesem mehrdimensionalen Instrument in der eindimensionalen Skala zur Erfassung subjektiv erlebter Anstrengung (SEA; EILERS, NACHREINER, & HÄNECKE, 1986). Die Beanspruchung durch jede einzelne Zieleingabe konnte während des Fahrversuchs nicht über Fragebögen erhoben werden. Da trotzdem wenigstens eine grobe subjektive Einschätzung erfasst werden sollte, stuften die Probanden nach jeder Zieleingabe verbal ihre Beanspruchung auf einer Skala von 1 bis 10 ein, wobei „3“ in Anlehnung an die SEA-Skala mit „mäßig anstrengend“ belegt wurde, um einen Anker zu setzen.

Während des Fahrversuchs, jeweils im Anschluss an die Beantwortung des NASA-TLX und der SEA-Skala stuften die Probanden außerdem ihre Bewusstheit für verschiedene Elemente des Verkehrs-

geschehens während der Zieleingaben ein (situational awareness).

Die Systembewertung nahmen die Probanden nach dem Fahrversuch mit der Short-Usability-Scale (SUS; BROOKE, 1996) vor und zusätzlich durch Ratings auf Items, die direkt auf Navigationssysteme und ihre Bedienung während der Fahrt zugeschnitten waren. Bei der Formulierung dieser zusätzlichen Items haben wir uns an bewährte Usability-Fragebögen angelehnt. Ebenso bei der Zusammenstellung von Fragen, welche die Computererfahrung der Probanden erfassen sollten. Weitere Fragen am Ende des Fahrversuchs bezogen sich auf die Fahrerfahrung der Probanden, auf Fahrgewohnheiten und demografische Daten.

7.6 Teilnehmerinnen und Teilnehmer

6 Fahrerinnen und 6 Fahrer im Alter zwischen 35 und 47 Jahren mit über 100.000 km Fahrerfahrung nahmen teil. Das Durchschnittsalter lag bei 41,5 Jahren. Tabelle 4 gibt eine Übersicht über die Verteilung relevanter Teilnehmermerkmale. Die Probanden erhielten vorab ein Informationsblatt zur Zielsetzung des Fahrversuchs.

7.7 Design

Es wurden 100 Zieleingaben in 6 Blocks während der Fahrt absolviert. Drei pro Block wiederkehrende Fahranforderungsstufen (einfach, einfach folgend und kurvig) wurden within-subjects variiert, das jeweils verwendete Navigationssystem (System A, System B) war ein Between-subjects-Faktor.

	System A						M	System B						M	
	weiblich		männlich		M	weiblich		männlich		M					
Alter	35	42	47	39	47	47	42,83	39	41	44	35	38	44	40	41,5
Brille/Kontaktlinsen	√	√	√			√				√			√		
Individ. Höchstgeschwindigkeit auf Autobahnen	190	160	160	160	210	180	176,66	160	180	140	180	220	200	180	177,5
Erfahrung mit Navigationssystemen					√			√							
Führerscheinbesitz (in Jahren)	10	24	27	20	29	21	21,83	21	13	26	18	20	23	20,17	21
Erfahrung mit Automatikgetriebe		√		√				√	√	√	√	√		0,83	
Computernutzung Tage pro Woche	5	6	5	7	6	7	6	7	7	7	6	5	6	6,33	6,16
Anzahl genutzter Betriebssysteme	2	2	2	3-4	5-6	5-6	3,42	2	3-4	6	3-4	3-4	2	3,42	3,42
Programmiererfahrung					√					√	√	√			

Tab. 4: Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Fahrversuchs

7.8 Ablauf des Fahrversuchs

Jeder Teilnehmer (und jede Teilnehmerin) wurde im Verkehrssicherheitszentrum empfangen, wurde vom Versuchsleiter über den gesamten Versuchsablauf informiert und gab eine schriftliche Einverständniserklärung ab. In der Instruktion wurde betont, dass die Fahrer während des Fahrversuchs wie im normalen Verkehr die Verantwortung für die sichere Fahrzeugführung tragen und allein bestimmen, wann sie die gestellten Aufgaben bearbeiten. Dann wurden die Aufzeichnungseinrichtungen im Versuchsfahrzeug gestartet und den Probanden erklärt. Anschließend fuhren der Versuchsleiter und der Teilnehmer im Versuchsfahrzeug zum Start des einfachen Rundkurses.

7.8.1 Gewöhnung

Der Teilnehmer wechselte auf die Fahrerseite und stellte Sitz und Spiegel ein. Der Versuchsleiter erklärte die Steuerung des Versuchsfahrzeugs und gab als Geschwindigkeit 40-50 km/h vor. Der Teilnehmer fuhr eine einfache Runde, noch einmal die einfache Runde, dann den kurvigen Kurs und schließlich wieder zum Start des einfachen Rundkurses. Der Versuchsleiter fragte, ob der Teilnehmer sich in der Steuerung des Versuchsfahrzeugs sicher fühlte. Falls nicht, fuhr der Teilnehmer eine weitere einfache Runde. Der Versuchsleiter erklärte dann die Anzeige und die Steuerelemente des Navigationssystems und gab zwei Ziele ein. Bei der zweiten Zieleingabe demonstrierte der Versuchsleiter eine Fehlerkorrektur. Dann gab der Versuchsleiter dem Teilnehmer zwei Ziele auf Aufgabenkarten vor, indem er sie vor den Steuerknüppel legte; der Proband gab die Ziele ein. Bei der zweiten Zieleingabe wurde die Fehlerkorrektur ausprobiert und am Ende die angezeigte Entfernung zum Ziel abgelesen. Der Versuchsleiter kündigte die später folgenden verbalen Beanspruchungseinschätzungen an und gab die zugehörigen Instruktionen.

7.8.2 Der erste Versuchsblock

Der Teilnehmer ging den Stapel der Aufgabenkarten durch, las die Ziele laut und gab jeweils an, ob ihm die Stadt bekannt war. Dann erklärte der Versuchsleiter den Ablauf des ersten Blocks und den Ablauf einer Aufgabenbearbeitung und versetzte das Navigationssystem in den Ausgangszustand. Er wiederholte die Instruktion zur Geschwindigkeit und zum Vorrang der sicheren Fahrweise. Der Teilnehmer startete und der Versuchsleiter

stellte die erste Aufgabe, sobald die Geschwindigkeit stabilisiert war, indem er die Aufgabenkarte vor den Steuerknüppel legte. Der Teilnehmer nannte nach Abschluss der Zieleingabe die vom System angezeigte Entfernung zum Ziel und der Versuchsleiter erfragte die verbale Beanspruchungseinschätzung.

Im ersten Block wurden 8 Ziele auf dem einfachen Rundkurs bergab eingegeben, dann rief der Versuchsleiter per Funk das Helferfahrzeug, das sich vor das Versuchsfahrzeug setzte und den einfachen Rundkurs bergab vorausfuhr. Der Versuchsleiter instruierte den Teilnehmer, Sicherheitsabstand zum Helferfahrzeug einzunehmen und zu halten, und stellte dann insgesamt 4 Aufgaben. Dann bat er per Funk das Helferfahrzeug zurückzubleiben und stellte weitere 4 Aufgaben auf dem einfachen Rundkurs bergab. Anschließend lenkte er den Teilnehmer auf den kurvigen Rundkurs und stellte weitere 4 Aufgaben. Danach lenkte er den Teilnehmer auf den einfachen Rundkurs und ließ ihn anhalten.

Der Teilnehmer füllte NASA-TLX und SEA für die letzten 4 Zieleingaben aus und den Fragebogen zur Bewusstheit der Verkehrssituation für alle Zieleingaben des Blocks. Der Versuchsleiter notierte gegebenenfalls besondere Beobachtungen des Teilnehmers, dann begann der 2. Versuchsblock. Nach dem 2. Versuchsblock füllte der Teilnehmer wieder die Fragebögen aus und fuhr dann zum Verkehrssicherheitszentrum für die 1. Pause. In Tabelle 5 sind der Ablauf des Fahrversuchs und die Reihenfolge der Fahrbedingungen innerhalb der Trainingsblöcke aufgelistet. Block 1 hat den Aufbau einfach, einfach, einfach folgend, kurvig. In allen weiteren Blöcken ist die Abfolge der Fahrbedingungen einfach, einfach folgend, einfach, kurvig. Der Fahrversuch nahm pro Teilnehmer insgesamt 5 bis 6 Stunden in Anspruch. Mit System A waren in der zur Verfügung stehenden Zeit nur die 68 Aufgaben in den Blocks 1 bis 4 abzuarbeiten. Sowohl die begrenzte Zeit für einen Fahrversuch als auch die Ermüdung der Probanden ließen eine Überschreitung von 5 1/2 bis 6 Stunden nicht zu.

7.9 Auswertung der Videoaufzeichnungen

Die Gesamtdauer der Zieleingaben und das Blickverhalten während der Zieleingaben wurden aus den Videoaufzeichnungen kodiert. Dazu wurden die re-

Begrüßung, Instruktion	
Gewöhnung, Erklären	
1. Block (20 Aufgaben)	5. Block (16 Aufgaben)
8 Aufgaben einfach/Richtung bergab	4 Aufgaben einfach/bergab
4 Aufgaben einfach folgend/bergab	4 Aufgaben einfach folgend/bergab
4 Aufgaben einfach/bergab	4 Aufgaben einfach/bergab
4 Aufgaben kurvig/Richtung Spange	4 Aufgaben kurvig/Richtung Spange
Fragebögen	Fragebögen
2. Block (16 Aufgaben)	6. Block (16 Aufgaben)
4 Aufgaben einfach/Richtung eben	4 Aufgaben einfach/eben
4 Aufgaben einfach folgend/eben	4 Aufgaben einfach folgend/eben
4 Aufgaben einfach/eben	4 Aufgaben einfach/eben
4 Aufgaben kurvig/Spange	4 Aufgaben kurvig/Tunnel
Fragebögen	Fragebögen
PAUSE	
3. Block (16 Aufgaben)	Nachbefragung
4 Aufgaben einfach/bergab	Fragebögen zu Systembewertung, Computererfahrung,
4 Aufgaben einfach folgend/bergab	Technikinteresse, Demografie
4 Aufgaben einfach/bergab	offene Nachbefragung
4 Aufgaben kurvig/Richtung Tunnel	Entlohnung
Fragebögen	Verabschiedung
4. Block (16 Aufgaben)	
4 Aufgaben einfach/eben	
4 Aufgaben einfach folgend/eben	
4 Aufgaben einfach/eben	
4 Aufgaben kurvig/Tunnel	
Fragebögen	
PAUSE	
[Ende Training System A]	

Tab. 5: Verlauf des Fahrversuchs und Aufbau der Trainingsblöcke

levanten Abschnitte digitalisiert und die Blickrichtungswechsel der Fahrer softwareunterstützt (Nodus Observer) manuell erfasst. Mit etwas Übung gelingt die Kodierung flüssig, wenn die Aufzeichnung mit einem Fünftel der Normalgeschwindigkeit abgespielt wird. Zwei Blickrichtungskategorien wurden gebildet. Blicke zum Display umfassen neben Blicken zum Display des Navigationssystems auch Blicke zur Fernbedienung bei System A und zu den Karten, mit denen die Ziele vorgegeben wurden.

Blicke zur Straße umfassen alle sonstigen Blickrichtungen, auch Blicke in den Rück- und in die Seitenspiegel.

7.10 Gesamtdauer der Zieleingabe

Bild 3 zeigt die Abnahme der Gesamtdauer einer Zieleingabe über das Training getrennt für System A und System B. Jeder Datenpunkt in Bild 3 stellt das Mittel der Gesamtdauer für eine

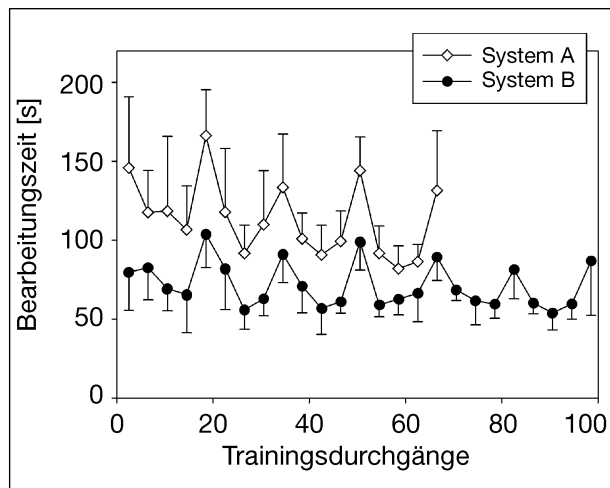


Bild 3: Bearbeitungszeit im Verlauf des Trainings getrennt nach System und gemittelt über 4 Trainingsdurchgänge; die Fehlerbalken geben SD an

Vierergruppe von Zieleingaben dar. Deswegen ist die Fahrbedingung für die ersten beiden Datenpunkte im Trainingsverlauf in Bild 3 einfach, für den dritten Datenpunkt einfach folgend, für den

vierten wieder einfach und für den fünften kurvig. Diese fünf Vierergruppen entsprechen Block 1.

Alle folgenden Trainingsblöcke umfassen nur vier Vierergruppen, die Folge der Fahrbedingungen ist jeweils einfach, einfach folgend, einfach und kurvig. Der Trainingsverlauf für System A endet mit Block 4, da wie erwähnt in der verfügbaren Zeit nur 4 Trainingsblocks mit System A zu realisieren waren.

Über den gesamten Trainingsverlauf ist die mittlere Gesamtdauer einer Zieleingabe mit System A höher als mit System B. Eine Varianzanalyse über die Zieleingaben am Ende der Trainingsblocks 1 und 4 mit dem Between-subjects-Faktor-System (System A, System B) und den Within-subjects-Faktoren Fahrbedingung (einfach, kurvig) und Training (Block 1, Block 4) bestätigt den Systemeffekt, $F(1, 10) = 15.91$, $p < .01$, $f = 1.26$. Zudem ist eine höhere Gesamtdauer für Zieleingaben in der Fahrbedingung kurvig zu erkennen, die am Ende jedes Trainingsblocks stand, $F(1, 10) = 45.23$, $p < .001$, $f = 2.13$. Die Fahrbedingung einfach folgend ergab meist die kürzeste mittlere Gesamtdauer eines Trainingsblocks.

Wie zu erwarten, verkürzt Training die Gesamtdauer, $F(1, 10) = 7.35$, $p < .05$, $f = .86$. Die Abnahme der mittleren Gesamtdauer über den Trainingsverlauf ist deutlicher für System A. Im für die varianzanalytische Auswertung gewählten Teildatensatz bleibt der Interaktionseffekt von System und Training mit einer Effektstärke von $f = .51$ unter der Signifikanzgrenze, $F(1, 10) = 2.63$, $p = .136$.

Die Gesamtdauer einer Zieleingabe ist für beide Systeme auch am Ende des Trainings noch deutlich länger als die meisten in früheren Studien berichteten einfacheren Interaktionen mit Fahrerinformationssystemen, aber vergleichbar mit den für Zieleingaben berichteten Gesamtdauern, wenn die Systeme eine ähnliche Bedieneinheit aufwiesen (manuelle Eingabe, unvollständige Tastatur).

7.11 Blickverhalten

Wie in Bild 4 zu erkennen, das die mittlere Häufigkeit von Blickzuwendungen zum Display während einer Zieleingabe zeigt, hängt die Bearbeitungszeit eng mit der Blickzuwendungshäufigkeit zusammen. Die Blickzuwendungshäufigkeit zeigt einen ähnlichen Trainingsverlauf und ebenfalls einen deutlichen Systemeffekt, $F(1, 10) = 7.28$, $p < .05$,

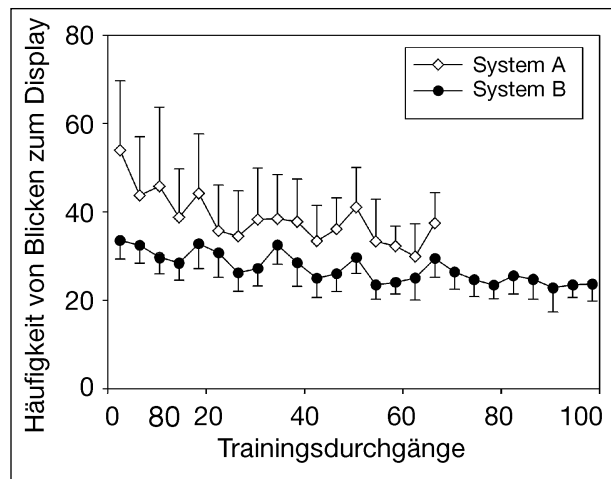


Bild 4: Häufigkeit von Blicken zum Display pro Zieleingabe im Verlauf des Trainings getrennt nach System und gemittelt über 4 Trainingsdurchgänge; die Fehlerbalken entsprechen der Standardabweichung der Teilnehmermittelwerte

$f = .85$, in einer Varianzanalyse der Trainingsdurchgänge am Ende der Blocks 1 und 4 mit dem Between-subjects-Faktor-System und den Within-subjects-Faktoren Fahrbedingung und Training. Training verringert die Anzahl der nötigen Blickzuwendungen, $F(1, 10) = 47.23$, $p < .001$, $f = 2.17$, auch die Fahrbedingung wirkt sich aus, $F(1, 10) = 69.86$, $p < .001$, $f = 2.65$.

Der Verlauf für System B lässt erkennen, dass offenbar in späteren Trainingsblocks Blicke zum Display effektiver eingesetzt werden konnten, da der Effekt der Fahrbedingung mit dem Training nahezu verschwindet. Der Effekt der Fahrbedingung ist für System A deutlicher zu erkennen, ist jedoch relativ zur insgesamt höheren Blickzuwendungshäufigkeit zu bewerten. Dies gilt auch für die höheren Standardabweichungen der Blickzuwendungshäufigkeiten mit System A. Trotzdem kann festgestellt werden, dass die Blickzuwendungshäufigkeiten zwischen Teilnehmern für System A stärker streuen als für System B.

Noch deutlicher reduziert als für Blickzuwendungshäufigkeiten ist der Effekt der variierten Fahrbedingung für die reine Blickzuwendungszeit pro Zieleingabe, die in Bild 5 dargestellt ist. Die vollständige Kodierung der Videoaufzeichnungen des Blickverhaltens war die Grundlage für die Ermittlung der Blickzuwendungszeiten über den gesamten Trainingsverlauf.

Der Trainingsverlauf ist in Blickzuwendungszeiten zum Navigationssystem deutlicher zu erkennen als im Verlauf der Gesamtbearbeitungszeit, denn die

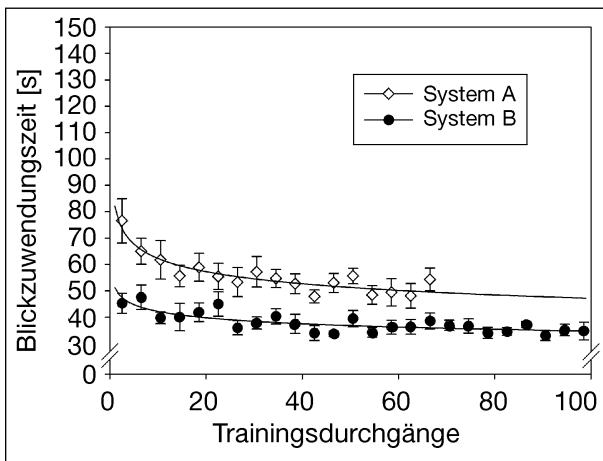


Bild 5: Gesamtdauer der Blicke zum Display pro Zieleingabe im Verlauf des Trainings getrennt nach System und gemittelt über 4 Trainingsdurchgänge; die Fehlerbalken entsprechen dem Standardfehler der Teilnehmermittelwerte

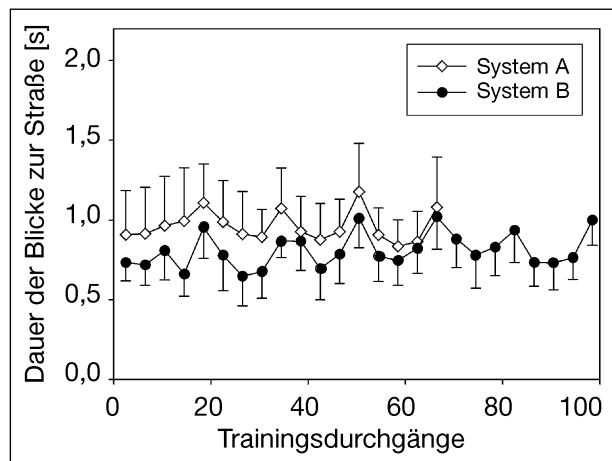


Bild 7: Dauer der Blicke zur Straße während der Zieleingaben im Verlauf des Trainings getrennt nach System und gemittelt über 4 Trainingsdurchgänge; die Fehlerbalken entsprechen der Standardabweichung der Teilnehmermittelwerte

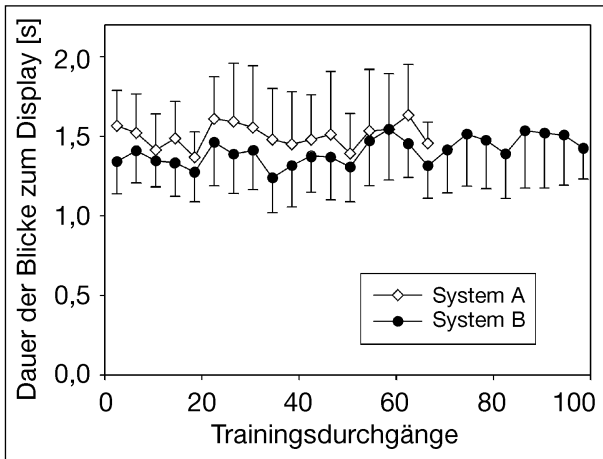


Bild 6: Dauer der Blicke zum Display während der Zieleingaben im Verlauf des Trainings getrennt nach System und gemittelt über 4 Trainingsdurchgänge; die Fehlerbalken entsprechen der Standardabweichung der Teilnehmermittelwerte

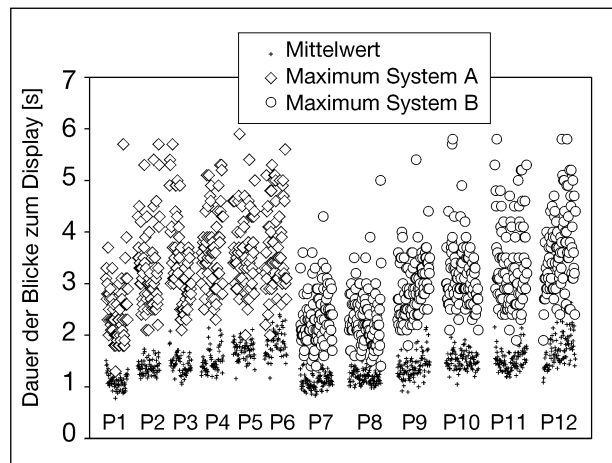


Bild 8: Mittelwert und Maximum der Dauer der Blicke zum Display für einzelne Zieleingaben getrennt nach Probanden (P1 bis P6 mit System A, P7 bis P12 mit System B)

Fahrbedingung „kurvig“ verlängert vor allem die Blickzuwendung zur Fahraufgabe. Erst die reinen Blickzuwendungszeiten zum Navigationssystem können mittels Potenzfunktionen gut beschrieben werden. In Bild 5 sind die angepassten Potenzfunktionen bereits eingetragen. Die dazu vorgenommenen Parameterschätzungen werden in Kapitel 10 für alle Trainingsstudien gesammelt berichtet.

Bild 6 zeigt die mittlere Dauer von Blicken zum Display während der Zieleingaben im Trainingsverlauf. Blicke zum Display sind auf der kurvigen Strecke im Mittel kürzer und es ist ein schwacher positiver Trend im Trainingsverlauf zu erkennen. Die mittlere Dauer von Einzelblicken zum Display ist höher für System A, jedoch bei hoher Streuung zwischen Versuchspersonen.

Die mittlere Dauer von Einzelblicken in der zweiten Blickrichtungskategorie, Blicke zur Straße, ist in Bild 7 zu sehen. Wie zu erwarten zeigt sich ein deutlicher Effekt der Fahrbedingung, der über den Trainingsverlauf bestehen bleibt. Die kurvige Strecke verlangt auch von trainierten Fahrern noch erhöhte visuelle Aufmerksamkeit. Dies ist deutlich zu erkennen, obwohl Werte über 6 s nicht berücksichtigt wurden.

Der schwache positive Trend für die mittlere Dauer von Einzelblicken zum Display im Trainingsverlauf relativiert sich, wenn das individuelle Blickverhalten der Teilnehmer berücksichtigt wird. Bild 8 zeigt getrennt für die 6 Probanden mit System A und die 6 Probanden mit System B die mittlere Dauer von Blicken zum Display pro Zielein-

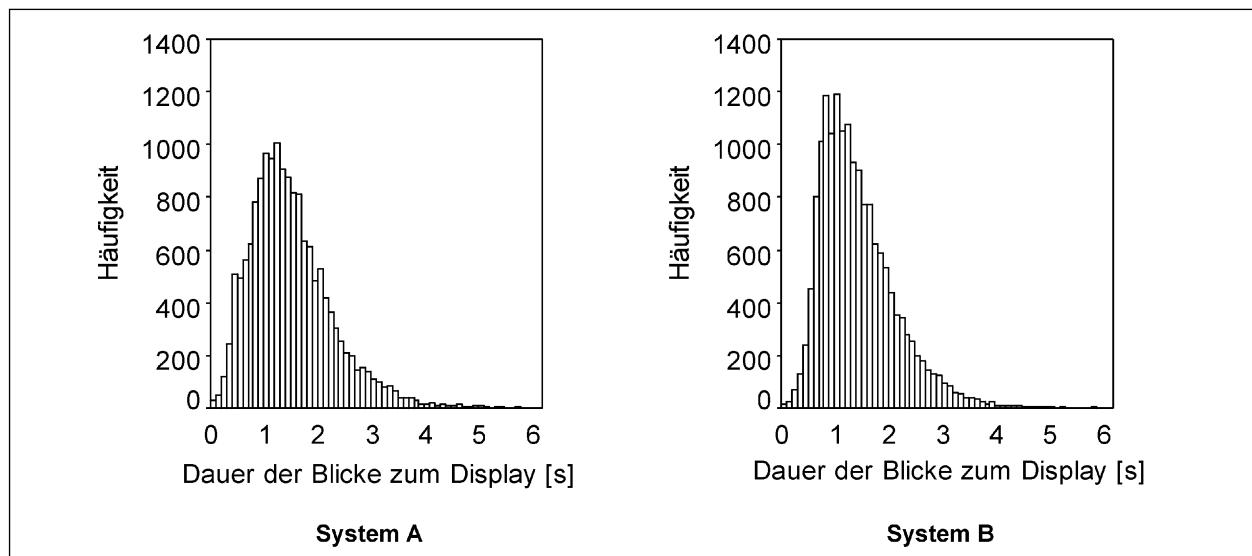


Bild 9: Verteilung der Dauer von Blicken zum Display während der Zieleingaben mit System A und mit System B

gabe und die maximale Blickdauer pro Zieleingabe. Für jede Teilnehmerin und jeden Teilnehmer sind die Werte für die 68 bzw. 100 einzelnen Zieleingaben im Trainingsverlauf abgetragen.

Für einzelne Teilnehmer bleibt die mittlere Dauer von Blicken zum Display während einer Zieleingabe über das Training relativ konstant. Die 68 bzw. 100 Datenpunkte pro Teilnehmer „klumpen“ sich jeweils auf einem Niveau. Trends für einzelne Versuchspersonen sind sehr variabel oder nicht erkennbar. Zwischen Teilnehmern unterscheidet sich die mittlere Dauer der Blicke zum Display jedoch deutlich. Die Teilnehmer sind in Bild 8 pro System in aufsteigender Reihenfolge bezüglich der Höhe ihrer „Blickdauerklumpen“ angeordnet.

Die mittlere Dauer von Blicken zum Display ist offenbar als Personenparameter zu betrachten. Personen unterscheiden sich demnach darin, wie lange sie auf das Display blicken. Diese bevorzugte Blickdauer ändert sich nicht über das Training. Hinweise dafür, dass der strategische Aufmerksamkeitswechsel in einer Doppelaufgabensituation über Personen variiert und über ein unspezifisches Training hinweg individuell stabil bleibt, finden sich auch bei GOPHER (1992). Dort war die individuell präferierte Strategie des Aufmerksamkeitswechsels nur über ein spezielles und direktes Training der Aufmerksamkeitswechsel zu verändern.

Die maximale Blickdauer, die pro Zieleingabe aufgetreten ist, ist ebenfalls in Bild 8 abgetragen.

Diese ist vor allem unter Sicherheitsaspekten relevant. Teilweise traten Blicke von 4 bis 6 s Länge auf. Nur in Einzelfällen könnten sehr lange maximale Werte durch Eingaben bei stehendem Fahrzeug oder Eingaben bei sehr niedrigen Geschwindigkeiten zu erklären sein. Ein weiterer Ertrag der umfangreichen Blickverhaltenskodierung sind die Verteilungen der Dauer einzelner Blicke für die beiden Blickrichtungskategorien. Die Verteilung für Blicke zum Display ist getrennt für System A und System B in Bild 9 dargestellt, für Blicke zur Straße in Bild 10.

Die Verteilungen für Blicke zum Display ähneln sich stark, $\chi^2(50) = 475.53$, $p < .001$ für die ersten 50 Häufigkeitskategorien der Breite 0.1 s. Mit System B sind die Blicke zum Display tendenziell kürzer als mit System A (vgl. Bild 6).

Für die Verteilungen der Blicke zur Straße ist ebenfalls kein deutlicher Unterschied zwischen den Systemen zu erkennen, $\chi^2(50) = 613.88$, $p < .001$. Auch die Blicke zur Straße sind tendenziell kürzer in der Gruppe der Teilnehmer mit System B (vgl. Bild 7). Die Darstellungen der Verteilungen reichen nur bis 6 s, längere Blicke zur Straße traten auf, sind hier aber nicht berücksichtigt.

Tabelle 6 zeigt relative Werte für das Blickverhalten. Der relative Anteil von Displayblicken an der Gesamtdauer und die Häufigkeit von Displayblicken pro Minute werden gelegentlich in anderen Studien berichtet und erleichtern den Vergleich mit der vorliegenden Studie.

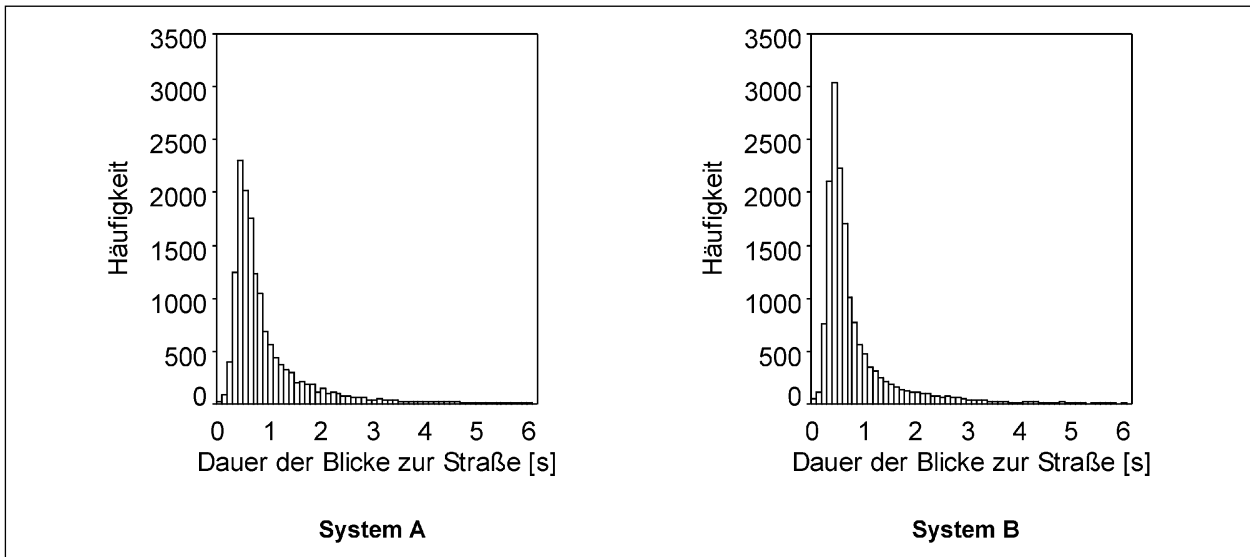


Bild 10: Verteilung der Dauer von Blicken zur Straße während der Zieleingaben mit System A und mit System B

	System A	System B
Anteil Gesamtdauer		
Displayblicke an der Gesamtdauer		
Einfach Block 1	.55	.57
Einfach Block 4	.54	.56
Einfach Block 6		.60
Einfach folgend Block 1	.53	.58
Einfach folgend Block 4	.60	.57
Einfach folgend Block 6		.61
Kurvig Block 1	.36	.40
Kurvig Block 4	.41	.44
Kurvig Block 6		.40
Displayblicke pro Minute		
Einfach Block 1	22	24
Einfach Block 4	22	23
Einfach Block 6		24
Einfach folgend Block 1	23	26
Einfach folgend Block 4	23	23
Einfach folgend Block 6		26
Kurvig Block 1	16	19
Kurvig Block 4	17	20
Kurvig Block 6		17

Tab. 6: Relative Werte zum Blickverhalten nach Streckentyp und Trainingsblock (Blöcke 1, 4, 6) getrennt nach Systemen

7.12 Subjektive Ratings

Für jede Zieleingabe wurde ein verbales Beanspruchungsrating erhoben. Der Verlauf der verbal angegebenen Beanspruchung spiegelt den Verlauf der Bearbeitungszeit und der Häufigkeit von Blickzuwendungen, wie in Bild 11 zu sehen. Im Verlauf des Trainings nimmt die Beanspruchungseinschätzung ab, für Zieleingaben auf dem kurvigen Streckenab-

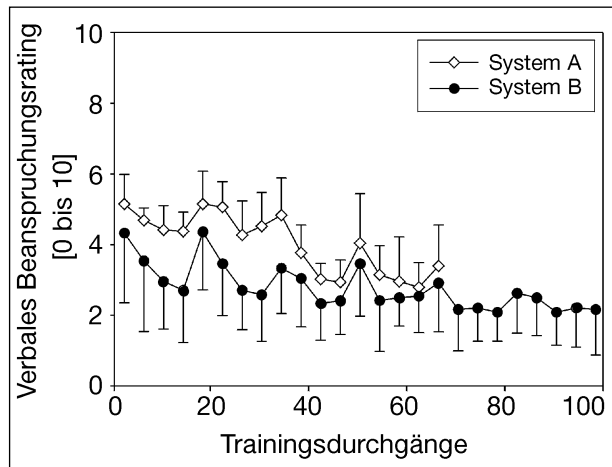


Bild 11: Verbales Beanspruchungsrating unmittelbar nach jeder Zieleingabe im Verlauf des Trainings getrennt nach System und gemittelt über 4 Trainingsdurchgänge; die Fehlerbalken entsprechen der Standardabweichung der Teilnehmermittelwerte

schnitt sind die Einschätzungen höher als auf dem einfachen Streckenabschnitt.

Differenzierter, aber über das Training geringer aufgelöst sind die subjektiven Beanspruchungsratings auf den Skalen des NASA-TLX, die zusammen mit einem Rating auf der Einzelskala „Subjektiv erlebte Anstrengung“ jeweils für die Zieleingaben auf der kurvigen Strecke am Ende jedes Trainingsblocks abgegeben wurden. Wie Bild 12 zeigt, sind für beide Systeme leichte Trainingseffekte festzustellen, deutlicher ist jedoch der Profilunterschied zwischen den Systemen. Die Zieleingaben unter der Fahrbedingung kurvig wurden von den Teilnehmern, die System A verwendeten, als mit höherer Beanspruchung, höherer geistiger Anforderung

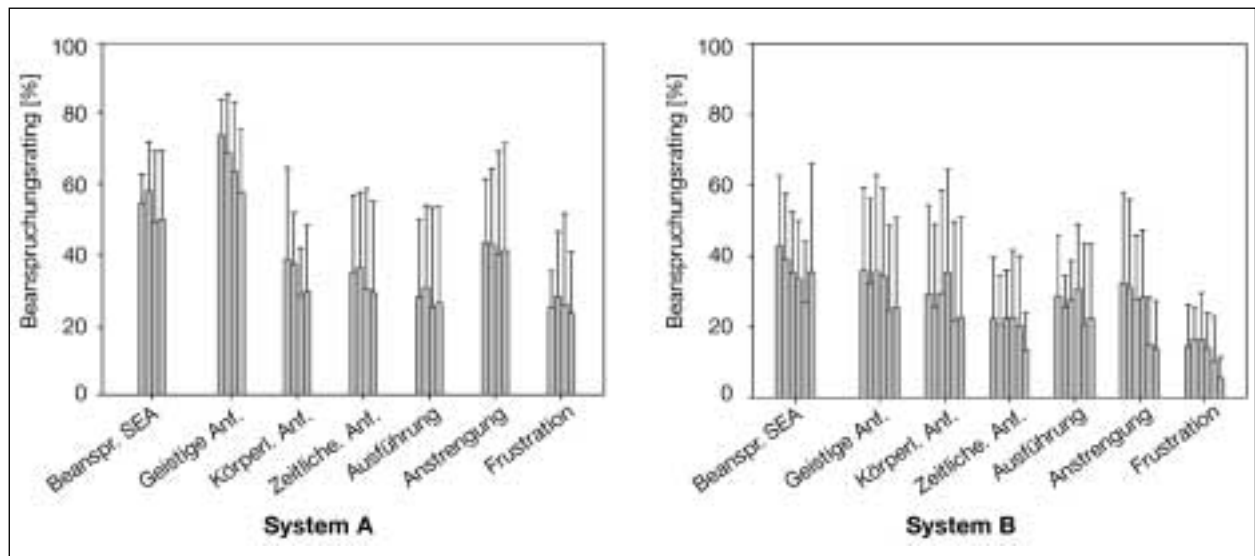


Bild 12: Beanspruchungseinschätzungen abgegeben nach jedem Trainingsblock; die Fehlerbalken entsprechen der Standardabweichung der Teilnehmermittelwerte

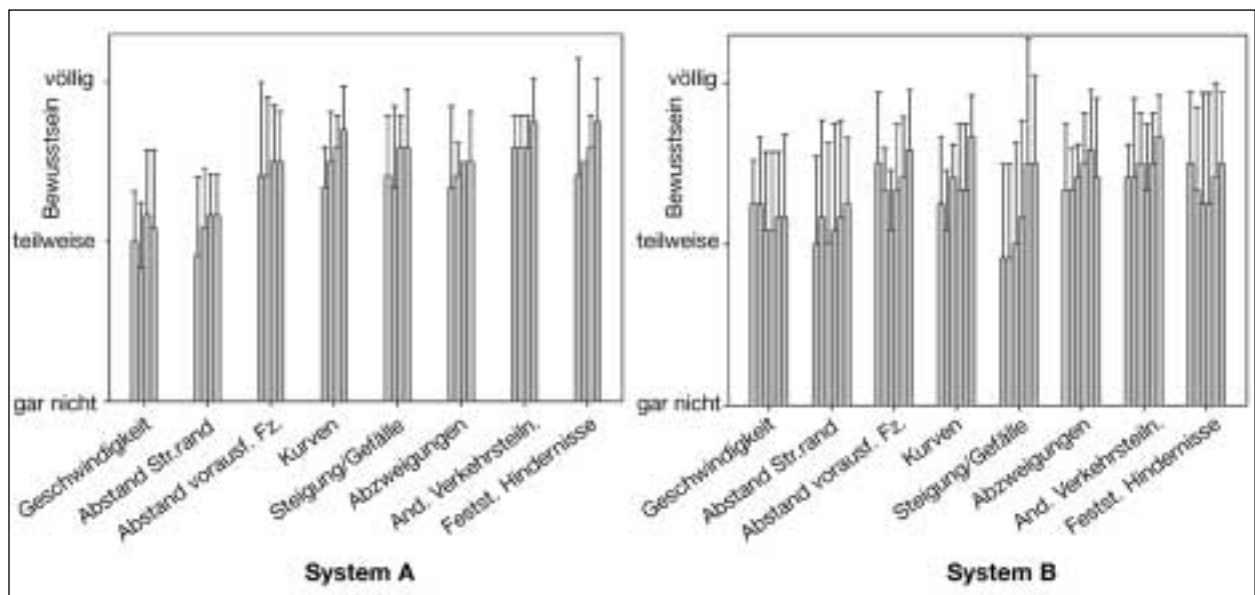


Bild 13: Einschätzungen der Bewusstheit von Merkmalen der Verkehrssituation während der Zieleingaben abgegeben nach jedem Trainingsblock; die Fehlerbalken entsprechen der Standardabweichung der Teilnehmermittelwerte

und höherer Anstrengung verbunden erlebt. In Varianzanalysen der Einschätzungen nach Block 1, 2, 3 und 4 über den Between-subjects-Faktor System und den Within-subjects-Faktor Training überschreitet der Systemeffekt nur für „geistige Anforderung“ die Signifikanzgrenze, $F(1, 10) = 7.77$, $p < .05$, $f = .88$.

Für die Skalen Beanspruchung, Anstrengung und Frustration sind die Effektstärken des Faktors System $f = .61$, $.32$ und $.50$. Die Effekte des Faktors Training sind über die Blocks 1 bis 4 für keine Skala statistisch signifikant. Der Trainingseffekt zwischen Block 1 und Block 6 für System B ist für die

Skala Anstrengung am deutlichsten $F(1, 5) = 5.78$, $p = .061$, $f = 1.07$.

Ebenfalls jeweils am Ende eines Trainingsblocks waren Einschätzungen zur Bewusstheit verschiedener Merkmale der Verkehrssituation verlangt, die für den gesamten Block abgegeben werden sollten. Bild 13 zeigt die Einschätzungen wiederum getrennt für System A und System B. Die Angaben sind weniger belastbar als direkte Daten zur Situational-Awareness (LANSDOWN, 2002), spiegeln aber vermutlich doch sicherheitsrelevante Eindrücke der Teilnehmer. Unter Sicherheitsaspekten ist hier auch die absolute Höhe der Ratings be-

deutsam. Da die Teilnehmer für einige Merkmale im Mittel angeben, diese seien ihnen „teilweise“ bewusst gewesen, kann auf subjektiv merkbare Reduktionen gegenüber dem Fahren mit ungeteilter Aufmerksamkeit geschlossen werden.

7.13 Zusammenfassung Fahrversuch

Die berichteten Ergebnisse zu Bearbeitungszeiten, Blickverhalten und subjektiven Beanspruchungseinschätzungen belegen einen deutlichen Systemeffekt, Effekte der Fahrbedingung und individuelle Unterschiede im Blickverhalten.

Die deutlichen Systemunterschiede in der Gesamtdauer, der Blickzuwendungshäufigkeit und der gesamten Blickzuwendungsdauer pro Zieleingabe werden vermutlich vor allem von Bedienelementen und Eingabedialogen verursacht. Der relative Anteil dieser Merkmale am Zustandekommen des Systemunterschieds ist nicht vollständig zu klären. Die für System A höher eingeschätzten geistigen Anforderungen könnten auf den Eingabedialog zurückzuführen sein, der bei System A einen gesteuerten Wechsel der Aufmerksamkeit zwischen Buchstabierzeile und Datenbankausschnitt verlangt. Diese Anforderung fehlt bei System B. Der stärker ausgeprägte Trainingseffekt für System A und die höheren Anforderungen auch nach einiger Übung könnten dagegen stärker durch die Fernbedienung mit Pfeiltasten verursacht sein. Diese macht zum einen wiederholte Tastendrucke notwendig, um den Cursor auf dem Display zu bewegen, zum anderen sind mehrere Tasten gezielt anzusteuern.

Das Vertrautwerden mit der Fernbedienung hat vermutlich einen großen Anteil am Trainingseffekt für System A. Bei System B dagegen ist nur ein Bedienelement, der Drehdruckknopf, anzusteuern. Dies ist nach kurzer Zeit nahezu ohne visuelle Kontrolle möglich. Zumindest teilweise ist damit das niedrigere Anstrengungsrating für System B zu erklären.

Wie zu erwarten, zeigten sich Effekte der Fahrbedingung. Auf einer kurvigen Strecke mit Vorfahrtsregelung verlangt die Primäraufgabe mehr Aufmerksamkeit. Die Fahrer haben sich dieser erhöhten Anforderung angepasst. Die Bearbeitungszeit auf der kurvigen Strecke war verlängert durch längere Blicke zur Straße. Der Effekt der Fahrbedingung auf die gesamte Blickzuwendungszeit ist dagegen gering. Dies deutet darauf hin, dass die Ziel-

eingabe bei erhöhten Anforderungen der Fahraufgabe nicht wesentlich stärker visuell beanspruchend war, und erlaubt die Beschreibung des Trainingsverlaufs über die wechselnden Fahrbedingungen hinweg. Die Reduktion der Blickzuwendungszeit über das Training ist mit Potenzfunktionen zu beschreiben (vgl. Kapitel 10), die Dauer einzelner Blickzuwendungen verändert sich dagegen kaum. Sie bleibt im Mittel individuell stabil, unterscheidet sich aber zwischen Teilnehmern und kann als Personenparameter angesehen werden.

8 Training im parkenden Fahrzeug mit Transfer

In einer zweiten Studie wurde mit denselben Systemen an einer größeren, aber vergleichbaren Gruppe von Teilnehmern das Erlernen der Zieleingabe über 100 Übungsdurchgänge im stehenden Fahrzeug untersucht. Zusätzlich wurden im Anschluss an das Training mit einem System weitere 20 Zieleingaben mit dem jeweils anderen System vorgegeben, um zu untersuchen, ob die Erfahrung mit einem System sich auf die Nutzung des zweiten Systems auswirkt.

Das Training mit einem System könnte es erleichtern, das zweite System zu nutzen. Bearbeitungszeiten und Fehler wären dann reduziert gegenüber Probanden, die das zweite System ohne Training auf dem ersten System nutzen. Dies wäre positiver Transfer. Es ist aber auch negativer Transfer denkbar. Negativer Transfer wäre gegeben, wenn das Training mit dem ersten System bei der Nutzung des zweiten Systems hinderlich ist.

8.1 Methode

60 Teilnehmerinnen und Teilnehmer zwischen 35 und 55 Jahren (M 45,4 Jahre, vgl. Tabelle 7) mit gültiger Fahrerlaubnis und Fahrerfahrung über 100.000 km absolvierten zunächst die 100 Zieleingaben aus dem Fahrversuch mit System A oder System B im parkenden Fahrzeug. Die Einweisung in die Bedienung der Systeme war dieselbe wie im Fahrversuch.

	weiblich/ männlich	M Alter	SD
System A	8/21	46,3	6,3
System B	15/16	44,6	6,5
Gesamt	23/37	45,4	6,4

Tab. 7: Stichprobenbeschreibung der Trainingsstudie mit Teilnehmern mittleren Alters

Die Reihenfolge der Zieleingaben war wie im Fahrversuch ausbalanciert. Nach 100 Zieleingaben wurden die Teilnehmer in die Bedienung des jeweils anderen Systems eingewiesen und absolvierten weitere 20 Zieleingaben. Diese 20 Transferaufgaben wurden so ausgewählt, dass die 5 Vierergruppen von Aufgaben mit den Vierergruppen der ersten 100 Zieleingaben hinsichtlich der erforderlichen Eingabeschritte vergleichbar waren.

Wie im Fahrversuch lasen die Teilnehmer vor jedem Block die kommenden Ziele laut vor und hatten dann während der Eingabe das jeweilige Ziel auf einer Karte vorliegen. Nach jedem Block wurde die Skala zur subjektiv erlebten Anstrengung und der NASA-TLX vorgegeben. Einige Teilnehmer gaben für Block 3, 4 oder 5 an, die Einschätzung wäre unverändert. In diesen Fällen wurden die Ratings aus dem vorhergehenden Block übertragen.

Nach den 100 Zieleingaben mit dem ersten System gaben die Teilnehmer Ratings zur Systembewertung ab. Dann erklärte der Versuchsleiter die Bedienung des zweiten Systems und es wurden die 20 Transferziele eingegeben. Auch für den Transferblock wurden das Rating zur subjektiv erlebten Anstrengung und die NASA-TLX-Ratings erhoben. Das zweite System wurde ebenfalls mit Ratings bewertet. Während des gesamten Trainings im parkenden Fahrzeug wurde das Systemdisplay auf Video aufgezeichnet.

8.2 Bearbeitungszeiten

Aus den Videoaufzeichnungen wurden die Bearbeitungszeiten der Zieleingaben bestimmt und Eingabebefehle kodiert. Bild 14 zeigt den Verlauf der Ge-

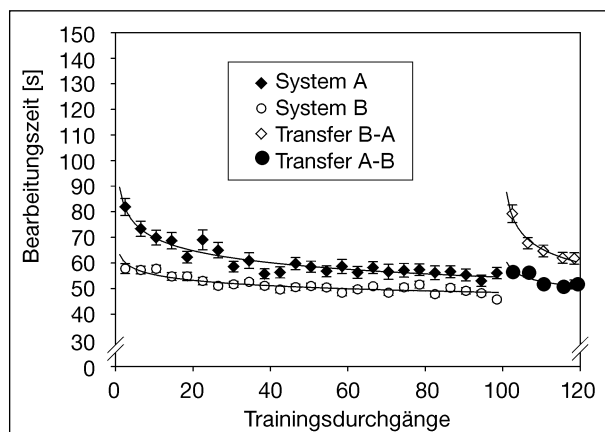


Bild 14: Gesamtdauer einer Zieleingabe im Verlauf des Trainings und nach dem Wechsel des Systems (Transfer) getrennt nach System; die Fehlerbalken entsprechen dem Standardfehler der Teilnehmermittelwerte

samtdauer einer Zieleingabe über das Training und im Transferblock. Wie in den Diagrammen für den Fahrversuch entspricht jeder Datenpunkt dem Mittel einer Vierergruppe von Zieleingaben. Die ausgefüllten Datenpunkte zeigen die Bearbeitungszeiten für diejenige Gruppe der Teilnehmer, die zunächst System A verwendet haben und im Transferblock zu System B gewechselt sind. Die Datensymbole für die Teilnehmer, die zunächst mit System B gearbeitet haben, sind nicht ausgefüllt.

Für beide Systeme sind die charakteristischen Trainingsverläufe aus dem Fahrversuch wiederzufinden. Sowohl für die 100 Zieleingaben mit dem ersten System als auch im Transferblock gilt, dass die Gesamtdauer einer Zieleingabe mit System A von einem höheren Niveau ausgehend einen stärkeren Trainingseffekt zeigt als mit System B.

Die Bearbeitungszeiten stimmen gut mit den Blickzuwendungszeiten im Fahrversuch überein, die einige Sekunden kürzer waren. Dies ist zum einen mit Blindbedienung während des Fahrens zu erklären, die nicht in die Blickzuwendungszeit eingeht. Zum zweiten verlängern Systemdelays die Bearbeitungszeit im Stand stärker als die Blickzuwendungszeit während der Fahrt, da Delays mit abgewandtem Blick abgewartet werden können. Vor allem für System B sind Systemdelays aufgetreten, verursacht durch die Rechenzeit, die der intelligente Speller benötigt hat.

Transfereffekte sind in den Bearbeitungszeiten nicht zu erkennen, weder positiver Transfer noch negativer Transfer. Die Bedienelemente und ihre Zuordnung zu Dialogaktionen sind offenbar so verschieden, dass Übung mit einem System für die Bedienung des anderen Systems weder deutliche Vorteile noch deutliche Nachteile mit sich bringt. Dies gilt sicher nicht für den Transfer zwischen Systemen, die sich stärker ähneln.

8.3 Subjektive Beanspruchung

Wie in Bild 15 zu erkennen ist, wird die subjektive Beanspruchung während des Trainings im parkenden Fahrzeug wie zu erwarten sehr viel geringer eingeschätzt als während des Fahrversuchs (Ratings nach dem Transferblock sind in Bild 15 nicht abgetragen). Die mittleren Ratings sind etwas höher für System A und der klare Profilunterschied zwischen den Systemen, der im Fahrversuch auftrat, ist nicht mehr erkennbar. Offenbar werden die Gestaltungsunterschiede nur in der Doppelaufgabensituation als Beanspruchungsunterschied spürbar.

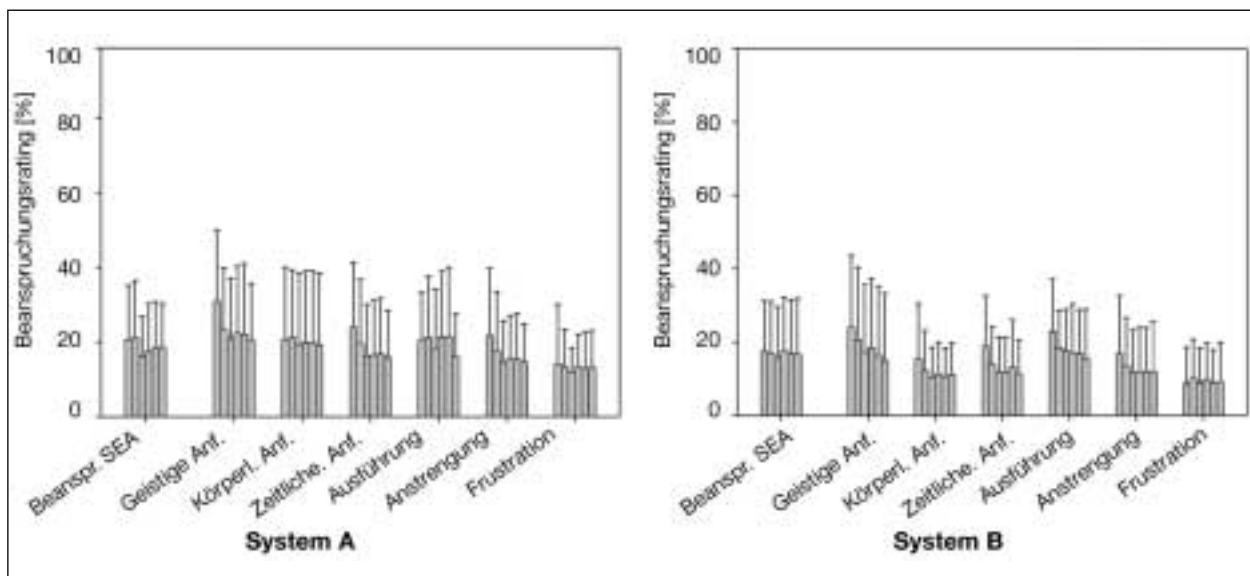


Bild 15: Beanspruchungseinschätzungen auf der Skala „Subjektiv erlebte Anstrengung“ und auf Einzelskalen des NASA-Task-Load-Index abgegeben nach jedem Trainingsblock; die Fehlerbalken entsprechen der Standardabweichung der Teilnehmermittelwerte

8.4 Ergebnisse Systembewertung

Auch die Ratings zur Systembewertung bilden Systemunterschiede nicht ohne Voraussetzungen ab. Es ergaben sich keine deutlichen Unterschiede in den Systembewertungen, wenn Teilnehmer nur gestützt auf die Erfahrung mit einem System Bewertungen vornahmen, also nach dem langen Training mit dem ersten System. Dies gilt auch für die Systembewertungen im Fahrversuch und in den folgenden Trainingsstudien, die deshalb nicht im Detail berichtet werden.

Nach dem Transferblock dagegen konnten die Teilnehmer ihre Erfahrungen mit beiden Systemen vergleichen und für die Systembewertung nutzen. Die Systembewertungen mit Items der Short-Usability-Scale und Zusatzitems, die nach dem Transferblock abgegeben wurden, sind wie in Tabelle 8 dargestellt durchweg positiver für System B. System B wurde insbesondere als einfacher zu bedienen eingeschätzt (3.), als weniger umständlich zu bedienen (7.) und als schneller zu erlernen (6. und 9.). Tabelle 8 enthält die Itemformulierungen, wie sie in den Fragebögen den Teilnehmern vorgelegen haben.

Mit der Bewertung einzelner Merkmale der Systeme nach dem Transferblock haben die Teilnehmer die Bewertungen bestätigt, zu denen wir bei der Auswahl der Systeme gekommen sind. Wie Tabelle 9 zeigt, wurden auch die vorab vermuteten Vorteile von System A gewürdigt: die einfache Fehler-

korrektur durch eine besondere Taste und die Geschwindigkeit. System B erhielt wie erwartet deutlich bessere Bewertungen für Buchstabeneingabe und Bedienelemente.

8.5 Zusammenfassung

Aus der Trainingsstudie mit Teilnehmern im Alter zwischen 35 und 55 wurden Daten zur Bearbeitungszeit, zu Beanspruchungsratings und zu Systembewertungen berichtet, die gut mit den Trainingseffekten übereinstimmen, die im Fahrversuch gefunden wurden. Die Bearbeitungszeiten korrespondieren mit den Blickzuwendungszeiten im Fahrversuch. Dies ist ein wertvoller Beleg dafür, dass von Daten zum Kompetenzerwerbsverlauf, die im stehenden Fahrzeug erhoben wurden, auf den Kompetenzerwerbsverlauf während der Fahrt geschlossen werden kann.

Zudem ergaben sich weitere Belege für die vermuteten Auswirkungen der Systemunterschiede. Die Systembewertungen der Teilnehmer bestätigen die Annahmen, welche die Auswahl der Systeme geleitet haben. Die Bedienung des Dreh-Druckknopfs (System B) ist leichter zu erlernen als die Bedienung der Fernbedienung (System A). System A unterstützt durch eine gesonderte Taste Fehlerkorrektur besser als System B, und der Dialog zur Buchstabeneingabe stellt mit System A höhere visuelle und mentale Anforderungen.

	System A		System B	
	M	SD	M	SD
1. Ich kann mir vorstellen, das System regelmäßig zu benutzen	2,8 ●●●○	0,8	4,1 ●●●○	0,9
2. Ich fand das System unnötig kompliziert	2,4 ●●○○	0,8	1,7 ●●○○	1,2
3. Das System war für mich einfach zu bedienen	3,5 ●●●○	0,9	4,6 ●●●●	0,6
4. Die verschiedenen Funktionen des Systems fand ich gut integriert	3,4 ●●●○	0,8	4,4 ●●●○	0,6
5. Meinem Eindruck nach gab es zu viele Inkonsistenzen im System	2,1 ●●○○	0,9	1,9 ●●○○	1,1
6. Ich denke, die meisten Menschen würden sehr schnell lernen, das System zu bedienen	3,6 ●●●○	0,8	4,3 ●●●○	0,6
7. Ich fand das System sehr umständlich zu bedienen	2,7 ●●○○	0,9	1,6 ●○○○	0,8
8. Ich fühlte mich sehr sicher im Umgang mit dem System	3,4 ●●●○	0,8	4,4 ●●●○	0,7
9. Ich musste eine Menge Dinge lernen, bevor ich mit dem System zurechtkam	2,3 ●●○○	0,9	1,3 ●○○○	0,8
10. Das System sollte nur bei stehendem Fahrzeug bedient werden.	4,6 ●●●●	0,8	4,2 ●●●○	0,9
11. Es hat mir Freude gemacht, mit dem System zu arbeiten	3,4 ●●●○	1,1	4,5 ●●●●	0,8
12. Ich würde das System einer Freundin/einem Freund empfehlen	2,8 ●●●○	1,1	4,3 ●●●○	0,8

Tab. 8: Bewertung des Transfersystems auf der Short-Usability-Scale (SUS) und 3 Zusatzskalen. „Bitte kreuzen Sie an, inwieweit Sie den folgenden Aussagen zustimmen“ 1 gar nicht – 2 eher nicht – 3 teilweise – 4 überwiegend – 5 völlig

	System A		System B	
	M	SD	M	SD
Buchstabeneingabe	3,2 ●●●○	1,0	4,4 ●●●○	0,8
Fehlerkorrektur	4,1 ●●●○	1,0	4,0 ●●●○	0,8
Auswahl aus Listen (Orte, Straßen)	3,9 ●●●○	0,8	4,7 ●●●●	0,5
Verarbeitungsgeschwindigkeit	4,1 ●●●○	1,0	4,0 ●●●○	0,9
Übersichtlichkeit der Anzeige	3,9 ●●●○	0,8	4,3 ●●●○	0,8
Bedienelemente	3,0 ●●○○	1,1	4,5 ●●●○	0,6

Tab. 9: Bewertung einzelner Merkmale des Transfersystems. „Bitte kreuzen Sie an, für wie gelungen Sie einzelne Merkmale des Navigationssystems halten“ 1 gar nicht – 2 eher nicht – 3 teilweise – 4 überwiegend – 5 völlig

9 Trainingsstudien mit jungen und älteren Fahrern

In zwei weiteren Trainingsstudien wurde der Trainingsverlauf für die Zieleingabe in die Systeme A und B für Fahrer unter 25 und Fahrer über 65 untersucht. Im Vergleich zu den Probanden zwischen 35 und 55 sind für Fahrer über 65 aufgrund der bekannten altersbedingten Veränderungen Beeinträchtigungen infolge reduzierter Sehschärfe und einer verringerten Akkomodationsgeschwindigkeit zu erwarten (COHEN, 1994; GELAU et al., 1994; METKER, GELAU, & TRÄNKLE, 1994; SALT-

HOUSE, & MILES, 2002). Zwischen den Altersgruppen ist auch mit Unterschieden in der Vorerfahrung, in der Lerngeschwindigkeit und in der Gewichtung von Genauigkeit gegenüber Geschwindigkeit zu rechnen (GREEN, 2001).

9.1 Methode

34 Teilnehmerinnen und Teilnehmer, 17 jüngere Fahrer im Alter bis 25 Jahre und 17 ältere Fahrer über 65, mit gültiger Fahrerlaubnis, absolvierten 100 Zieleingaben mit System A oder System B im parkenden Fahrzeug.

	weiblich/ männlich	M Alter	SD	Mittlere Dauer Führerscheinbesitz
Jüngere	9/8	22,6	2,1	5,6 Jahre
Ältere	1/16	68,8	2,5	44,4 Jahre

Tab. 10: Stichprobenbeschreibung der Trainingsstudien mit jüngeren und älteren Teilnehmern

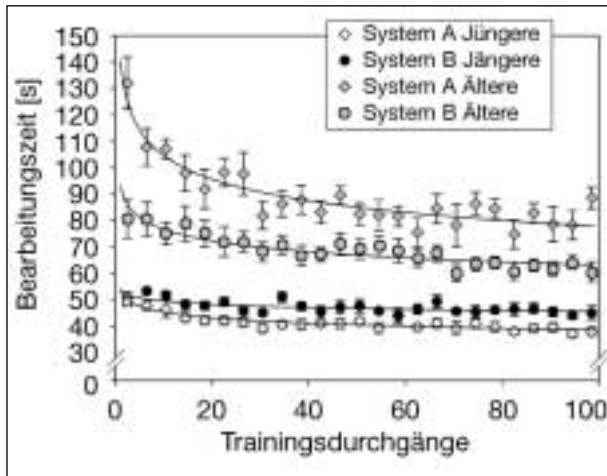


Bild 16: Bearbeitungszeiten gemittelt über jeweils vier Zieleingaben für ältere Fahrer (> 65 Jahre) und jüngere Fahrer (< 25 Jahre) im Trainingsverlauf getrennt für die Systeme A und B; die Fehlerbalken geben Standardfehler an

Als jüngere Fahrer nahmen Studierende der TU Chemnitz teil, die älteren Fahrer wurden in einer Veranstaltung des Seniorenkollegs an der TU Chemnitz geworben. Angaben zur Geschlechterverteilung, zum Alter und zur Dauer des Führerscheinbesitzes der Teilnehmerinnen und Teilnehmer sind Tabelle 10 zu entnehmen.

Es wurden dieselben Navigationssysteme und Aufgaben wie in den zuvor berichteten Studien verwendet. Die Einweisung in die Bedienung der Systeme entsprach der Einweisung in den vorangehenden Studien, die Reihenfolge der Zieleingaben war ausbalanciert. Die Teilnehmer lasen vor jedem Block (bestehend aus 20 bzw. 16 Aufgaben) die kommenden Ziele laut vor und hatten dann während der Eingabe das jeweilige Ziel auf einer Karte vorliegen. Nach jedem Block wurde die Skala zur subjektiv erlebten Anstrengung und der NASA-TLX vorgegeben. Einige Teilnehmer gaben für Block 3, 4 oder 5 an, die Einschätzung wäre unverändert. In diesen Fällen wurden die Ratings aus dem vorhergehenden Block übertragen. Während des gesamten Trainings im parkenden Fahrzeug wurde das Systemdisplay auf Video aufgezeichnet. Nach den 100 Zieleingaben nahmen die Teilnehmer mit Fragebogenratings eine Systembewertung vor.

9.2 Bearbeitungszeiten

In Bild 16 sind über jeweils 4 Zieleingaben gemittelte Bearbeitungszeiten abgetragen. Die mittleren Bearbeitungszeiten liegen für jüngere Fahrer mit beiden Systemen über das gesamte Training hinweg zwischen 55 und 40 s. Mit System A sind die Bearbeitungszeiten nach kurzem Training niedriger als mit System B.

Dagegen liegen für ältere Fahrer die mittleren Bearbeitungszeiten deutlich höher und es ist wie für die mittlere Altersgruppe in den früheren Experimenten ein deutlicher Vorteil mit System B zu erkennen. Mit System B nehmen die mittleren Bearbeitungszeiten von anfangs um die 80 s auf ca. 65 s ab. Der Trainingseffekt ist damit geringer als mit System A, für das die mittlere Bearbeitungszeit von über 130 s auf ca. 85 s abnimmt. Der deutliche Alterseffekt ist konsistent mit früheren Studien (GREEN, 2001; TIJERINA, JOHNSTON, PARMER, WINTERBOTTON, & GOODMAN, 2000). Hier wurde darüber hinaus gezeigt, dass beträchtliche Alterseffekte auch über ein längeres Training bestehen bleiben. Zudem wurden deutliche Effekte der beiden verschiedenen MMIs nachgewiesen.

Der Vorteil, den ältere Fahrer mit System B gegenüber älteren Fahrern mit System A zeigen, ist besonders zu Beginn des Trainings groß. Aber auch später im Training bleibt ein Vorteil von ca. 15 s bestehen. System B ist weniger visuell beanspruchend, verlangt weniger exekutive Kontrolle und beugt Fehlern vor. Zudem ist das Bedienelement leichter zu erlernen. Welche relativen Anteile diese Systemunterschiede am Vorteil für System B haben, ist nicht genau zu bestimmen. Es ist aber zu vermuten, dass früh im Training der Anteil des Bedienelementunterschieds größer ist und später vor allem die visuellen und exekutiven Anforderungen wirksam sind. Wie aus den später berichteten Fehlerauswertungen abzuleiten ist, profitieren ältere Autofahrer neben der Minimierung visueller und exekutiver Anforderungen und guter Erlernbarkeit auch sehr von Maßnahmen zur Vermeidung von Fehleingaben und von guter Unterstützung für Fehlerkorrekturen.

Jüngere Fahrer kommen offenbar im stehenden Fahrzeug mit beiden Systemen gut zurecht. Mit zunehmendem Training sind sie - anders als ältere Fahrer und Fahrer mittleren Alters - schneller mit System A. Dies liegt an den längeren Delays, die mit System B zwischen Eingabeschritten abzuwarten sind. Ohne diese Beschränkung durch die System-

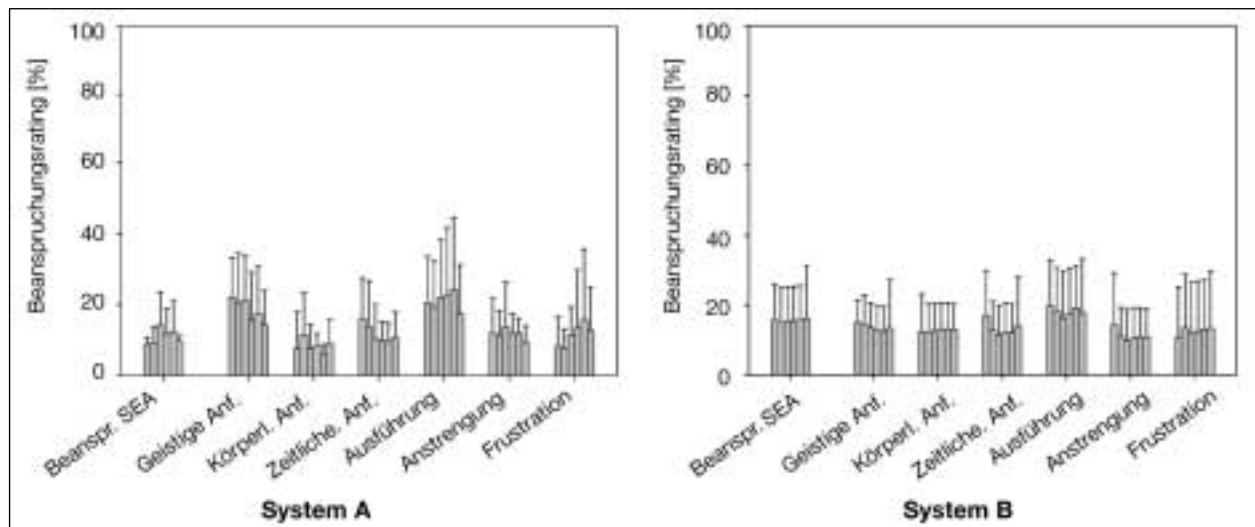


Bild 17: Beanspruchungseinschätzungen jüngerer Teilnehmer auf der Skala „Subjektiv erlebte Anstrengung“ und auf Einzelskalen des NASA-Task-Load-Index abgegeben nach jedem Trainingsblock; die Fehlerbalken entsprechen der Standardabweichung der Teilnehmermittelwerte

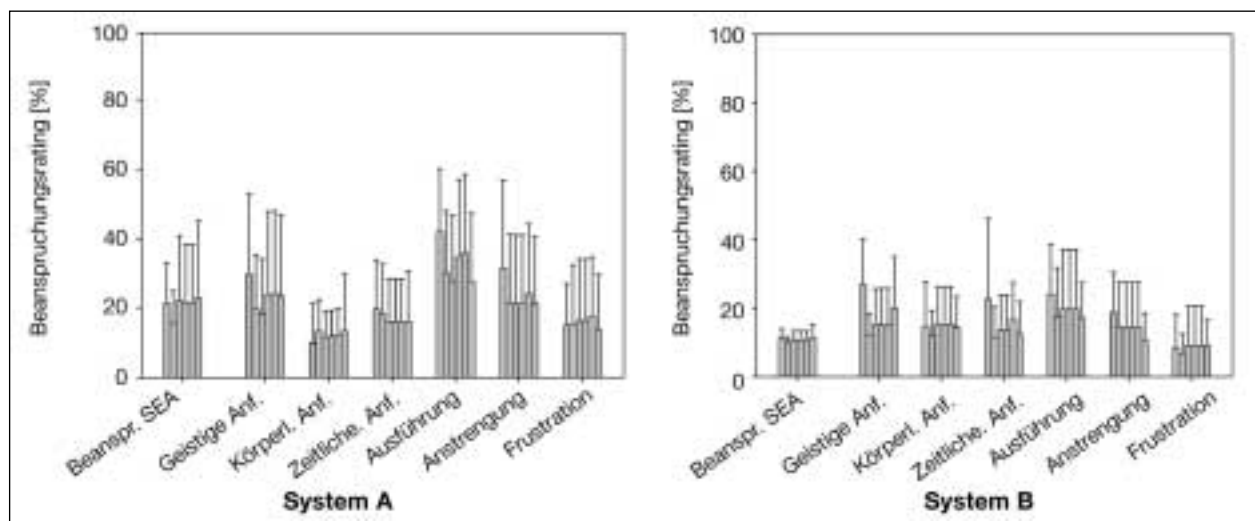


Bild 18: Beanspruchungseinschätzungen älterer Teilnehmer auf der Skala „Subjektiv erlebte Anstrengung“ und auf Einzelskalen des NASA-Task-Load-Index abgegeben nach jedem Trainingsblock; die Fehlerbalken entsprechen der Standardabweichung der Teilnehmermittelwerte

geschwindigkeit wäre auch mit System B eine fortschreitende Verbesserung zu erwarten. System A hätte vermutlich dann keinen Vorteil vor System B. Noch deutlichere Alterseffekte als im stehenden Fahrzeug sind zu erwarten, wenn die Systeme während der Fahrt bedient werden, da die nötigen Blickzu- und -abwendungen die Effekte der im Alter reduzierten Akkomodationsgeschwindigkeit und Sehschärfe potenzieren (GREEN, 2001; SALT-HOUSE, & MILES, 2002). Älteren Menschen fällt es schwerer, ihre Aufmerksamkeit zwischen komplexen Aufgaben zu teilen (McDOWD, VERCRUYSEN, & BIRREN, 1991). Inwieweit ältere Fahrer sich der Schwierigkeiten vor allem mit unvertrauten Schnittstellen bewusst sind und die Bedienung während

der Fahrt unterlassen, ist unklar. In jedem Fall sollten Schnittstellen im Fahrzeug für ältere Fahrer optimiert sein (KEBECK & CIELER, 1994; POHLMANN, GELAU, METKER, & TRÄNKLE, 1994).

9.3 Beanspruchungseinschätzungen

Wie in den übrigen Trainingsstudien wurden auch die jüngeren und älteren Teilnehmer nach jedem Block zur erlebten Beanspruchung durch die Ziel-eingabeaufgabe befragt. Die Ergebnisse für die jüngeren Teilnehmer sind in Bild 17 dargestellt, die Ergebnisse für die älteren Teilnehmer in Bild 18. Für beide Altersgruppen sind die Einschätzungen nied-

rig verglichen mit den Einschätzungen im Fahrversuch. Dies entspricht den Ergebnissen für die Einschätzungen der Teilnehmer mittleren Alters an der Trainingsstudie im parkenden Fahrzeug. Die Systemunterschiede sind nur im Fahrversuch deutlich in der Beanspruchung spürbar.

Es deutet sich lediglich eine etwas höhere Beanspruchungseinschätzung älterer Teilnehmer für System A gegenüber System B an. Die Einschätzungen älterer Teilnehmer liegen etwas über denen jüngerer Teilnehmer und der Unterschied der Einschätzung im ersten Block gegenüber den Einschätzungen in späteren Blocks ist größer als für jüngere Teilnehmer. Dies gilt für beide Systeme und etwas deutlicher für System A. Dies sind schwache Anzeichen für den in den Bearbeitungszeiten sehr viel deutlicheren Trainingseffekt.

9.4 Zusammenfassung

Es wurden Bearbeitungszeiten und Beanspruchungsratings berichtet. In den Bearbeitungszeiten ist ein beträchtlicher Alterseffekt festzustellen. Ältere Teilnehmer benötigten mit beiden Systemen deutlich länger als jüngere Teilnehmer. Für ältere Teilnehmer zeigte sich ein stärkerer Trainingseffekt. Trotzdem lagen ihre Bearbeitungszeiten auch am Ende des Trainings noch deutlich über denen jüngerer Teilnehmer.

Jüngere Teilnehmer waren über das gesamte Training schneller als die mittlere Altersgruppe. Anders als die übrigen Altersgruppen erreichten sie kürzere Bearbeitungszeiten mit System A. Der Grund dafür liegt in den Delays, die sie mit System B abzuwarten hatten.

Wie für die Teilnehmer mittleren Alters ergaben die Beanspruchungsratings für Zieleingaben im stehenden Fahrzeug nur schwache Belege für Alterseffekte und Systemunterschiede.

10 Vergleich der Trainingsverläufe über die Projektstudien

Eine Zielsetzung des Projekts ist es zu erkunden, ob sich das Potenzgesetz der Übung (NEWELL & ROSENBLOOM, 1981) eignet, den für ein System zu erwartenden Verlauf des Kompetenzerwerbs, mit anderen Worten die Erlernbarkeit eines Systems, in wenigen Parametern auszudrücken. Potenzfunktionen sind wie vielfach belegt geeignet, gemittelte Kompetenzerwerbsverläufe für einfache

wie für komplexe Aufgaben zu beschreiben (vgl. Kapitel 5).

Das Potenzgesetz der Übung in der dreiparametrischen Form lautet:

$$T = A + BP^{-b},$$

wobei T die Bearbeitungszeit, P die Anzahl der Übungsdurchgänge und b die Lernrate angibt. B steht für den Ausgangsaufwand, den eine Person ohne Training bei der Lösung einer Aufgabe benötigt. A ist eine Konstante, die für eine Aufgabenklasse asymptotisch die auch nach langem Training mindestens erforderliche Bearbeitungszeit angibt. In der dreiparametrischen Form entspricht die Bearbeitungszeit zu Beginn des Kompetenzerwerbs der Summe aus A und B.

Meist wird die zweiparametrische Form verwendet, da die Asymptote des Lernverlaufs nur über einen sehr ausgedehnten Trainingsverlauf verlässlich zu bestimmen ist (RITTER & SCHOOLER, 2001). Die zweiparametrische Form enthält nur die Parameter B und b. Sie entspricht der dreiparametrischen Form mit 0 gesetztem A, die anfängliche Bearbeitungszeit wird folglich direkt durch B angegeben. Auch mit einer zweiparametrischen Anpassung kann näherungsweise die zu erwartende Bearbeitungszeit nach einer bestimmten Anzahl von Trainingsdurchgängen bestimmt werden.

10.1 Parameterschätzungen

In Tabelle 11 sind Parameterschätzungen aus den Daten der Trainingsstudien im Projekt für die zweiparametrische Form aufgelistet. Die Anpassung der Potenzfunktion erfolgte jeweils an die über Gruppen aus vier Zieleingaben gemittelten Bearbeitungszeiten bzw. Blickzuwendungszeiten während der Fahrt, wie sie in den Diagrammen dargestellt sind. Für die Teilnehmer mittleren Alters stimmen die Parameter im Fahrversuch, in der Trainingsstudie und im Transferblock für beide Systeme weitgehend überein. Das Ausgangsniveau, B, liegt für System A bei 82, 90 und 88. Für System B sind die Werte 51, 63 und 60. Die Werte für b sind für die Transferbedingung und für den Fahrversuch gegenüber der Trainingsstudie im parkenden Fahrzeug etwas niedriger und zeigen damit leichte Transfereffekte und die Ersparnis durch Blindbedienung während der Fahrt an.

In B schlägt sich die Höhe der Bearbeitungszeiten bzw. Blickzuwendungszeiten nieder. Niedrigere

		A (gesetzt)	B	b	R ²	Trials	N
Ältere	System A	0	140	.13	.83	100	7
Ältere	System B	0	93	.08	.81	100	9
Jüngere	System A	0	53	.07	.80	100	8
Jüngere	System B	0	54	.04	.46	100	8
Mittleres Alter	System A	0	90	.11	.90	100	29
Mittleres Alter	System B	0	63	.06	.81	100	31
Transfer	System A	0	88	.13	.98	20	31
Transfer	System B	0	60	.06	.81	20	29
Fahrversuch (mittl. Alter)	System A	0	82	.12	.83	68	6
Fahrversuch (mittl. Alter)	System B	0	51	.08	.63	100	6

Tab. 11: Aus über Gruppen aus 4 Zieleingaben gemittelten Daten geschätzte Potenzgesetzparameter für die zweiparametrische Form des Potenzgesetzes (A auf 0 gesetzt)

Werte sind dementsprechend positiv zu bewerten. Die Lernrate, b , spiegelt nicht die Höhe, sondern die Veränderung über das Training. Höhere Werte für b zeigen also einen größeren Trainingseffekt an. Ein größerer Trainingseffekt ist nicht unbedingt positiv zu bewerten. Nur wenn das Ausgangsniveau zweier Systeme ähnlich hoch ist, ist das System positiver zu bewerten, das eine höhere Lernrate aufweist. Eine hohe Lernrate für sich bedeutet, dass in der Bedienung eines Systems viel gelernt werden kann. Am günstigsten wäre jedoch, wenn wenig gelernt werden muss und von Anfang des Trainings an der Bearbeitungsaufwand gering ist. „Gute Erlernbarkeit“ ist daher in erster Linie am niedrigen Ausgangsniveau zu erkennen, nicht an der Lernrate.

Die Lernraten stimmen wie die Werte für B gut zwischen den Eingabebedingungen Fahrversuch, Training im parkenden Fahrzeug und Transfer für Teilnehmer mittleren Alters überein, wie ein Vergleich der Werte für b in Tabelle 11 zeigt.

Die in die jeweiligen Diagramme eingetragenen Potenzfunktionen ließen die gute Übereinstimmung für die mittlere Altersgruppe bereits erkennen. Dies spricht für die Brauchbarkeit der Parameterschätzung als Methode, die Erlernbarkeit eines Systems sparsam zu beschreiben. Wenn die Probandencharakteristika vergleichbar sind, kann der Verlauf des Kompetenzerwerbs während der Fahrt auch in Trainingsstudien im stehenden Fahrzeug befriedigend erfasst werden. Wie die Transferexperimente zeigen, gelingt dies auch mit vergleichsweise wenigen Trials.

Die bereits für die jüngeren und älteren Teilnehmer beschriebenen Unterschiede in den Trainingsverläufen gegenüber der Trainingsstudie mit Teilnehmern mittleren Alters und dem Fahrversuch finden

sich in den Parameterschätzungen wieder. Für ältere Fahrer sind die Werte für B stark erhöht. Für jüngere Fahrer ergaben die Schätzungen niedrigere und zwischen den Systemen ähnliche Werte für B sowie verringerte Lernraten.

10.1.1 Visuelle Ablenkung und mentale Beanspruchung

Die Übereinstimmung zwischen Blickzuwendungszeiten im Fahrversuch und Bearbeitungszeiten im parkenden Fahrzeug deuten an, dass sich für Teilnehmer mittleren Alters die visuelle Ablenkung, die unmittelbar mit den Blickzuwendungszeiten zusammenhängt, gut aus Bearbeitungszeiten im parkenden Fahrzeug bestimmen lässt. Die Höhe der Bearbeitungszeiten zu Beginn des Trainings spiegelt sich direkt in den Werten für B und b gibt die Veränderung des Ausgangsniveaus über das Training an. Daher ist der Rückschluss auf die visuelle Ablenkung aus den geschätzten Parametern unmittelbar möglich.

Weniger direkt sind Rückschlüsse auf die Höhe der mentalen Beanspruchung und ihre Veränderung über das Training. Zwar ist wahrscheinlich, dass eine hohe Lernrate auch bedeutet, dass die mentale Beanspruchung durch einen großen Trainingseffekt abnimmt. Aber die Höhe der Bearbeitungszeit muss nicht eng mit der Höhe mentaler Beanspruchung zusammenhängen. Es sind einfache Aufgaben denkbar, die sehr lange dauern, und ebenso kurze, mental stark beanspruchende Aufgaben.

Eine niedrige Lernrate, wie sie für jüngere Teilnehmer mit beiden Systemen in den Bearbeitungszeiten auftrat, zeigt zudem nicht an, dass die mentale Beanspruchung mit dem Training nicht abnimmt. Für jüngere Teilnehmer ist beispielsweise in ihren Einschätzungen der mentalen Beanspruchung mit

System A eine Abnahme über das Training zu erkennen. Veränderungen in der Bearbeitungszeit und Veränderungen mentaler Beanspruchung können vor allem dann divergieren, wenn Probanden durch höhere Anstrengung Bearbeitungszeiten kurz halten können. Dies trifft vermutlich auf jüngere Teilnehmer zu.

10.1.2 Abweichung durch Systemdelays

Die befriedigend hohe Anpassungsgüte (R^2) zeigt, dass auch mit wenigen Probanden Parameterschätzungen vorgenommen werden können. Für System B, mit dem die jüngeren Fahrer aufgrund der Systemdelays an die untere Grenze der Bearbeitungszeit gestoßen sind, ist die Güte der Anpassung an die Potenzfunktion mit .46 jedoch ungenügend.

Dies zeigt eine Einschränkung der Parameterschätzung als Bewertungsmethode an. Weicht der Verlauf systembedingt von der Form einer Potenzfunktion ab, ist die Schätzung nicht verlässlich. Zudem würden mit wenigen Trials solche späteren Abweichungen im Verlauf verborgen bleiben. Zu bedenken ist auch, dass diese Abweichung nur im stehenden Fahrzeug auftritt. Denn wie oben erwähnt, können Systemdelays bei der Bedienung während der Fahrt in der Koordination von Blickzuwendungen antizipiert und berücksichtigt werden.

10.1.3 Zweiparametrisch vs. dreiparametrisch

Es wäre wünschenswert, auch die Asymptote des Verlaufs zu schätzen, die in der dreiparametrischen Form durch A angegeben wird, statt A null zu setzen. Dies erwies sich für die Daten aus den Trainingsstudien als schwierig. Wie erwähnt ist eine verlässliche Schätzung der Asymptote nur auf der Grundlage von Daten über einen ausgedehnten Trainingsverlauf möglich. Die Freiheitsgrade einer dreiparametrischen Anpassung in Kombination mit der auch nach der Mittelung vorhandenen Streu-

ung der Daten führte zu unbrauchbaren Schätzungen. Zum einen wurde oft die beste Anpassung durch negative Werte für A erreicht, oder das Verhältnis von B zu A wurde unrealistisch.

Abhilfe schafft eine Beschränkung oder Festlegung von Parametern, am sinnvollsten von A. Dafür sind aber keine festen Kriterien anzugeben. Beispielhaft wurde A auf einen Wert gesetzt, der einige Sekunden unter der Bearbeitungszeit des schnellsten jüngeren Teilnehmers am Ende des Trainings lag, auf 30 s.

Die Parameterschätzungen, die dann mit ausreichender Anpassungsgüte vorzunehmen waren, sind in Tabelle 12 angegeben. Es ergibt sich eine stärkere Variation der geschätzten Lernrate. Die relativen Verhältnisse zwischen Systemen und Fahrergruppen ändern sich nicht wesentlich gegenüber den Schätzungen mit nullgesetztem A. Oft dürfte eine relative Bewertung der Erlernbarkeit das Ziel sein. Für diese Fälle bietet sich die zweiparametrische Form an. Auch sie erlaubt die Abschätzung der nach einer längeren Anzahl von Übungsdurchgängen zu erwartenden mittleren Bearbeitungszeit.

10.2 Voraussetzungen

10.2.1 Einförmige Aufgaben

Ein mögliches Problem in der Anwendung der Potenzgesetzanpassung besteht in der Notwendigkeit einförmiger Aufgaben. Mit heterogenen Aufgaben würden starke Streuungen einhergehen und die Schätzungen würden unverlässlich. In den Trainingsstudien wurden sorgfältig ausgewählte Zieleingaben verwendet. Es wurde beispielsweise auf innerhalb und zwischen den Systemen vergleichbare Eingabeschrittzahlen geachtet.

Zusätzlich wurde über Vierergruppen von Trainingstrials gemittelt. Die geschätzten Parameter charakterisieren das System bezüglich der einen

		A (gesetzt)	B	b	R^2	Trials	N
Ältere	System A	30	118	.20	.87	100	7
Ältere	System B	30	63	.14	.80	100	9
Jüngere	System A	30	26	.24	.82	100	8
Jüngere	System B	30	23	.09	.45	100	8
Mittleres Alter	System A	30	63	.20	.91	100	29
Mittleres Alter	System B	30	34	.13	.80	100	31
Transfer	System A	30	60	.23	.98	20	31
Transfer	System B	30	31	.13	.78	20	29

Tab. 12: Parameterschätzungen für über 4 Zieleingaben gemittelte Daten mit auf 30 gesetztem A

Aufgabe „Zieleingabe“. Wenn ein System vielfältige Aufgaben unterstützt, wären Parameter bezogen auf einzelne Aufgaben zu schätzen.

10.2.2 Kontrolle von Alter, Fähigkeit und Vorerfahrung

Eine offensichtliche Folgerung aus den berichteten Ergebnissen ist, dass die Auswahl der Probanden hinsichtlich Alter, Fähigkeiten und Vorerfahrung die Ergebnisse grundlegend beeinflusst. Wie beispielhaft gezeigt, kann mit Parameterschätzungen die relative Erlernbarkeit eines Systems für verschiedene Nutzergruppen charakterisiert werden.

Ist das Ziel, Systeme zu vergleichen, müssen vergleichbare Probandenstichproben ausreichender Größe gewählt werden. Auch dafür sind die Projektstudien ein Beispiel. Soll die Erlernbarkeit für Nutzer ohne Vorerfahrung bestimmt werden, müssen die Probanden selbstverständlich unerfahren sein. Within-subjects-Vergleiche sind nur möglich, wenn kein Transfer auftritt.

10.3 Zusammenfassung

Die Parameterschätzungen für die Blickzuwendungszeit im Fahrversuch und die Bearbeitungszeit in den Trainingsstudien illustrieren das Potenzial der Potenzfunktionsanpassung zur sparsamen Beschreibung von Kompetenzerwerbsverläufen. In der zweiparametrischen Form liefert die Anpassung einen Wert für das Ausgangsniveau und einen Wert für die Lernrate. Dies ist ausreichend, um relative Unterschiede zwischen Systemen und Nutzergruppen zu beschreiben.

Die Anpassung der dreiparametrischen Form scheidet leicht an zu großen Streuungen. Für die mittlere Altersgruppe waren die Parameter aus dem Fahrversuch auch aus der Trainingsstudie im parkenden Fahrzeug zu schätzen. Dies gelang sogar mit nur 20 Trials im Transferblock. Voraussetzungen für den sinnvollen Einsatz der Parameterschätzung sind einförmige Aufgaben und ein Trainingsverlauf, der kontinuierlich die Form einer Potenzfunktion aufweist. Sollen Systeme verglichen werden, müssen die Probandenstichproben ausreichend groß und hinsichtlich Alter, Fähigkeit und Vorerfahrung vergleichbar sein.

11 Kompetenzerhalt

Ein wichtiger Aspekt der Erlernbarkeit der Systemnutzung ist die Nachhaltigkeit von Übung. In der

Forschungsliteratur zur Nutzung von Fahrerinformationssystemen liegen dazu bislang keinerlei Befunde vor. Dies ist durchaus erstaunlich, da die über Wochen bzw. Monate unterbrochene Nutzung eines Systems, etwa durch Wechsel des Fahrzeugs, häufig auftritt. Auch im Hinblick auf die Verkehrssicherheit wären Kenntnisse darüber erwünscht, in welchem Ausmaß erworbene Fertigkeiten wieder verloren werden bzw. wie groß der Aufwand zum Neuerwerb von Fertigkeiten ist. Der Kompetenzverlust wurde im hier dargestellten Projekt im Anschluss an die Trainingsperiode systematisch untersucht.

Einige Monate nach dem Training wurden die Teilnehmer der Studien ein zweites Mal eingeladen, um den Kompetenzerhalt zu bestimmen (vgl. Tabelle 2). Dazu wurden im stehenden Fahrzeug weitere 20 Zieleingaben absolviert. Die mittleren Intervalle zwischen Trainingsstudie und Kompetenzerhaltsbestimmung sind in Tabelle 13 angegeben. In Bild 19 sind die Bearbeitungszeiten aus dem Kompetenzerhaltsexperiment für die Teilnehmer des Fahrversuchs im Vergleich mit den Blickzuwendungszeiten für die letzten 20 Zieleingaben im Training während der Fahrt dargestellt.

	Mittlere Dauer des Intervalls zwischen Training und Kompetenzerhaltsexperiment	SD
Fahrversuch	197 Tage	20,5
Mittleres Alter	102 Tage	18,3
Jüngere	120 Tage	39,5
Ältere	79 Tage	13,4

Tab. 13: Mittlere Dauer des Intervalls zwischen Training und Bestimmung des Kompetenzerhalts

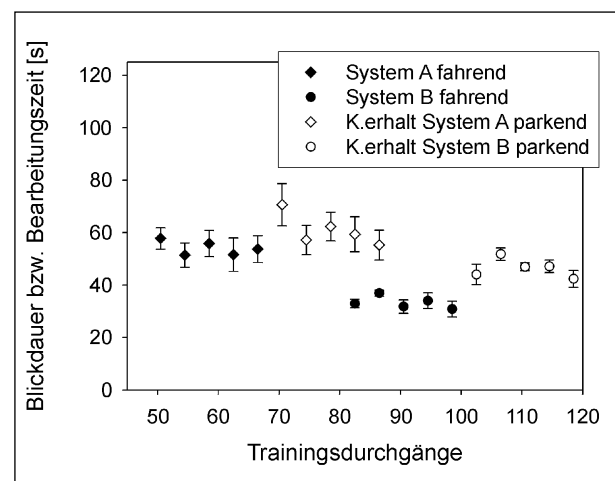


Bild 19: Mittlere Blickzuwendungszeiten im Fahrversuch im Vergleich mit mittleren Bearbeitungszeiten im Kompetenzerhaltsexperiment

Blickzuwendungszeiten und Bearbeitungszeiten im stehenden Fahrzeug lassen sich nur eingeschränkt vergleichen, trotzdem lässt sich feststellen, dass der Trainingseffekt offenbar weitgehend erhalten geblieben ist. Dies wird auch durch die Ergebnisse für die Trainingsstudie mit Teilnehmern mittleren Alters im parkenden Fahrzeug bestätigt, die in Bild 20 dargestellt sind. Das Intervall zwischen Training und Kompetenzerhaltsbestimmung war zwar kürzer, trotzdem scheint der Kompetenzerhalt fast vollständig zu sein. Er ist für System B ausgeprägter als für System A. Der Systemunterschied zeigt sich wie schon im Training so auch im Kompetenzerhalt am deutlichsten für ältere Fahrer, wie in Bild 21 zu sehen, obwohl für ältere Fahrer das Intervall zwischen Training und Kompetenzerhaltsbestimmung am kürzesten war. Für jüngere Fahrer ist fast

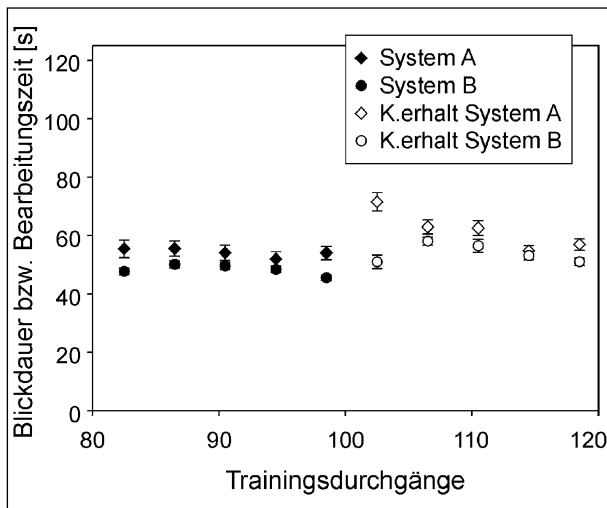


Bild 20: Mittlere Bearbeitungszeiten am Ende des Trainings der Teilnehmer mittleren Alters im parkenden Fahrzeug im Vergleich mit mittleren Bearbeitungszeiten im Kompetenzerhaltsexperiment

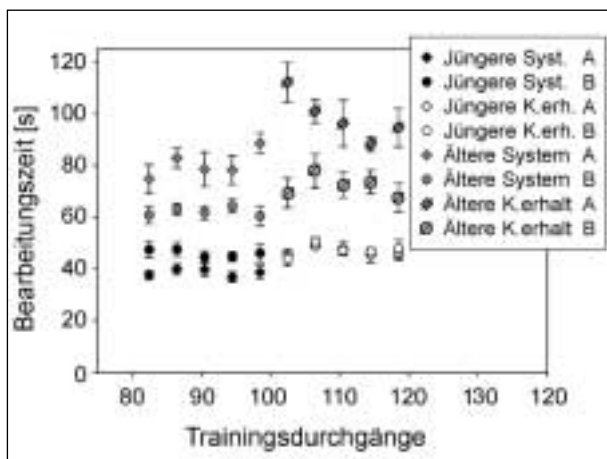


Bild 21: Bearbeitungszeiten am Ende des Trainings jüngerer und älterer Teilnehmer im Vergleich mit Bearbeitungszeiten im Kompetenzerhaltsexperiment

vollständiger Kompetenzerhalt mit beiden Systemen festzustellen.

Als Fazit aus den Ergebnissen zum Kompetenzerhalt lässt sich festhalten, dass offenbar die Systemeigenschaften, welche die Erlernbarkeit beeinflussen, in ähnlicher Weise auch den Kompetenzerhalt bestimmen. Die Projektergebnisse zum Kompetenzerhalt sind mit der Einschränkung zu generalisieren, dass das Training intensiv und relativ lange war. Möglicherweise werden bei im Alltag zu erwartenden Trainingsmustern weniger beständige Trainingseffekte erreicht.

12 Fehlerauswertung

Eingabefehler während der Zieleingaben wurden aus den Videoaufzeichnungen der Trainings im stehenden Fahrzeug kodiert. Die Videoaufzeichnungen aus dem Fahrversuch sind hinsichtlich der Fehlerdaten zu wenig verlässlich, da aufgrund der stark wechselnden Lichtverhältnisse über längere Passagen das Kamerabild des Systemdisplays unleserlich war.

Ausgangspunkt der hier berichteten Daten ist eine Kodierung der Eingabefehler nach den Kategorien „falscher Buchstabe“, „falscher Buchstabe infolge falscher Rechtschreibung“, „vergessener Buchstabe“, „vergessenes Leerzeichen“, „doppelter Buchstabe“, „doppelter Buchstabe infolge zu kurzem OK-Tastendruck mit System A“, „falsche Taste“, „falsches Menü, wenn nicht falsche Taste“, und „falsche Stadt/Straße“. Aus den Ergebnissen der fein aufgelösten Fehlererfassung wurden diejenigen ausgewählt, die hinsichtlich Trainingsverlauf und Systemunterschieden bedeutsam sind. Bild 22 zeigt Gesamtfehlerraten, Bild 23 Fehlerraten für „falscher Buchstabe“ und Bild 24 Fehlerraten für „vergessener Buchstabe“. Es sind getrennt nach Systemen jeweils Fehlerraten für Gruppen aus 20 Zieleingaben für die drei Probandengruppen „Mittleres Alter“, „Ältere“ und „Jüngere“ dargestellt.

Die Gesamtfehlerraten sind höher für System A. Diese nehmen für Teilnehmer mittleren Alters und ältere Teilnehmer mit zunehmendem Training ab. Für ältere Teilnehmer sind die Fehlerraten für beide Systeme über das Training hinweg höher als für Teilnehmer mittleren Alters. Jüngere Teilnehmer zeigen keine kontinuierliche Abnahme der Gesamtfehlerrate. Dies deutet auf eine stärkere Gewichtung von Geschwindigkeit gegenüber Genauigkeit später im Training hin.

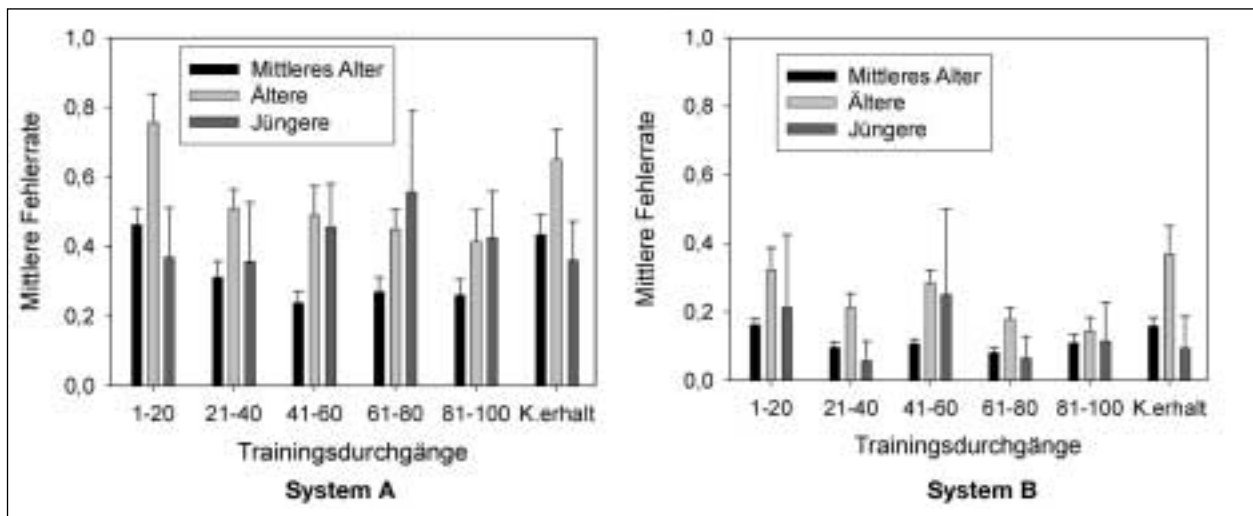


Bild 22: Fehlerraten (Mittelwerte und Standardfehler) getrennt nach System in den Trainingsstudien mit Teilnehmern mittleren Alters, älteren und jüngeren Teilnehmern (N variiert zwischen den Studien)

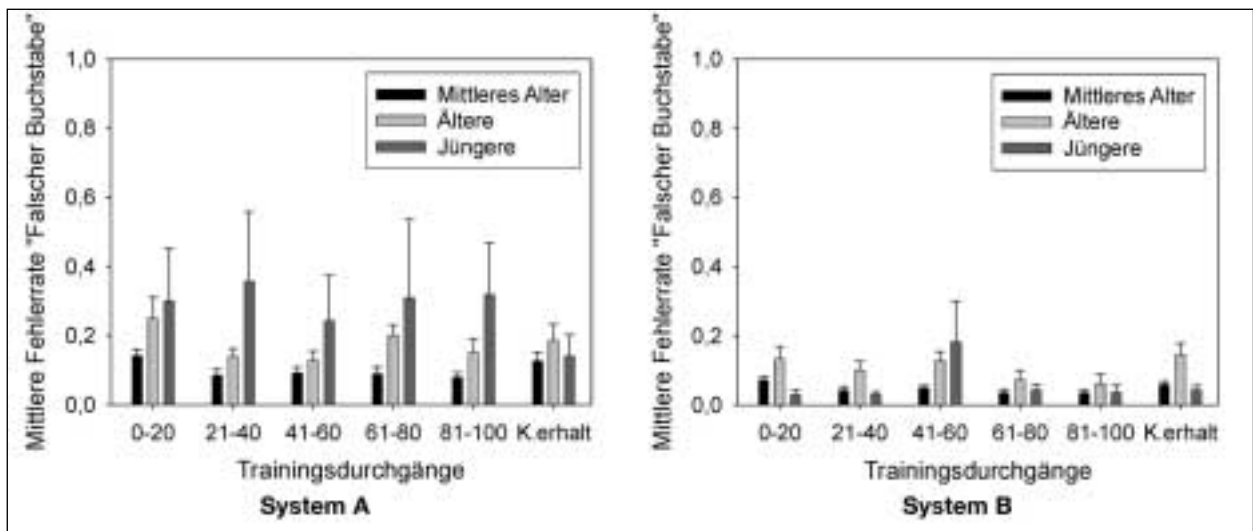


Bild 23: Fehlerraten für die Fehlerkategorie „Falscher Buchstabe“ (Mittelwerte und Standardfehler) getrennt nach System in den Trainingsstudien mit Teilnehmern mittleren Alters, älteren und jüngeren Teilnehmern (N variiert zwischen den Studien)

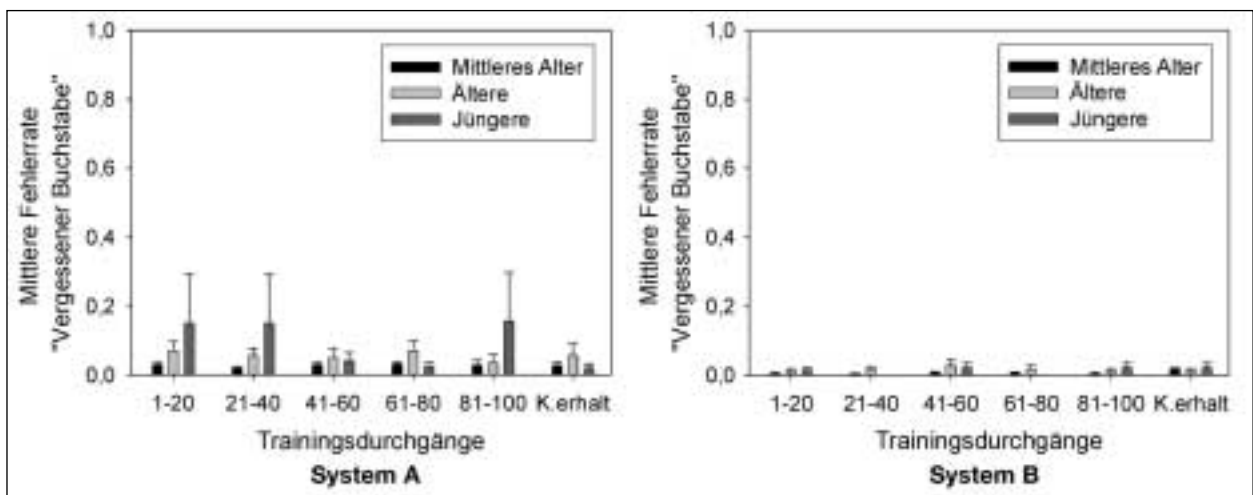


Bild 24: Fehlerraten für die Fehlerkategorie „Vergessener Buchstabe“ (Mittelwerte und Standardfehler) getrennt nach System in den Trainingsstudien mit Teilnehmern mittleren Alters, älteren und jüngeren Teilnehmern (N variiert)

Im Kompetenzerhalt ist vor allem die Fehlerrate für ältere Teilnehmer gegenüber dem letzten Stand im Training erhöht. Der deutliche Vorteil mit System B ist neben dem Bedienelement, das weniger Fehleingaben provoziert, auch durch die stärkere Führung und deutlichere Rückmeldung im Eingabedialog zu erklären. Das erklärt auch den ausgeprägten Systemunterschied für die Fehlerkategorie „falscher Buchstabe“ in Bild 23. Zudem findet sich hier eine Bestätigung für die stärkere Gewichtung von Geschwindigkeit zu Lasten der Genauigkeit durch jüngere Teilnehmer. Diese Fehlerkategorie, die einen großen Anteil Flüchtigkeitsfehler enthalten dürfte, zeigt einen weniger ausgeprägten Abfall über das Training, wie für Flüchtigkeitsfehler zu erwarten (REASON, 1990). Deswegen profitieren auch geübte Nutzer von einer guten Fehlerkorrekturfunktion.

Besonders vorteilhaft ist die Vermeidung von Fehlern durch geeignetes MMI-Design. Bild 24 mit den Fehlerraten für „vergessener Buchstabe“ zeigt, dass für diese Kategorie der intelligente Speller von System B wie zu erwarten einen Fehler vermeidenden Effekt hat. Auch für diese Fehlerkategorie ist ein Anteil von Flüchtigkeitsfehlern zu vermuten und auch sie tritt später im Training auf.

Die übrigen Einzelfehlerkategorien haben geringe Auftretenswahrscheinlichkeiten, so dass keine verlässlichen Trends über das Training anzugeben sind. Sie bestätigen aber zusätzlich die Systemunterschiede mit höheren bedienelement- und dialogprovozierten Fehlerhäufigkeiten mit System A.

12.1 Zusammenfassung

Die Fehlerauswertung hat den erwarteten fehlervermeidenden Effekt des intelligenten Spellings (System B) bestätigt. Besonders profitierten davon ältere Teilnehmer, aber auch jüngere Teilnehmer, unter denen zumindest einige Geschwindigkeit stärker gewichtet haben als Genauigkeit.

13 Zieleingabe unter Okklusion

Die in den Trainingsstudien erhobenen Daten erlauben eine Einschätzung zu erwartender Kompetenzerwerbsverläufe mit manuell bedienten Fahrerinformationssystemen, sind aber auch als Referenzdaten zu gebrauchen, um Bewertungsmethoden für Mensch-Maschine-Schnittstellen zu evaluieren. Eine der gegenwärtig diskutierten Bewertungsme-

thoden für MMIs von Fahrerinformations- und -assistentensystemen ist die Okklusionsmethode (BAUMANN et al., 2002; KREMS et al., 2000; RÖSLER, 2003). In der im Folgenden berichteten Projektstudie wurde die Okklusionsmethode mit den Systemen A und B eingesetzt. Zusätzlich wurden zwei weitere Navigationssysteme untersucht.

Fahrerinformationssysteme, mit denen während der Fahrt Interaktionen stattfinden, sollen wie eingangs dargestellt mit wenigen kurzen Einzelblicken bedienbar sein. Als einfache, robuste und früh im Entwicklungsprozess einsetzbare Methode, um diese Gestaltungsanforderung zu prüfen, wird visuelle Okklusion diskutiert (Driver Focus-Telematics Working Group, 2002). Visuelle Okklusion wird demnächst in einem ISO-Standard spezifiziert werden (ISO TC22/SC13/WG8).

Der typische Wechsel von Blickzuwendungen und Blickabwendungen bei der Bedienung während der Fahrt wird mit der Okklusionsmethode simuliert, indem der Blick auf das System wiederholt unterbrochen wird. Oft wird dazu eine rechnergesteuerte LCD-Brille eingesetzt, deren Gläser im Okklusionsintervall milchig weiß geschaltet werden (MILGRAM, 1987). Dies hat den Vorteil, Helligkeitsanpassungen zu vermeiden.

Eine Verschlechterung der Performanz unter Okklusion gegenüber einer Baseline ohne Okklusion soll Bedienprobleme während der Fahrt anzeigen. Vor allem zur Einschätzung visueller Beanspruchung und der Teilbarkeit von Aufgaben in kurze Einzelschritte (chunkability) hat sich die Okklusionsmethode als geeignet erwiesen (BAUMANN et al., 2002; NOY, LEMOINE, & KLACHAN, 2002; RÖSLER, 2003). Die Okklusionsmethode kann auch verwendet werden, um die „Blindbedienbarkeit“ von Systemen einzuschätzen. Falls die Performanz unter Okklusion im Vergleich zu einer Baseline zunimmt, ist dies ein Indikator dafür, dass Teile einer Aufgabe auch ohne visuelle Kontrolle erledigt werden können.

Visuelle Beanspruchung beinhaltet zum einen die Schwierigkeit der visuellen Orientierung auf dem Display nach einer Blickunterbrechung, zum anderen die insgesamt notwendige Dauer der gestückelten Blickzuwendung. Je länger die nötige Blickzuwendung, desto geringer ist die wünschenswerten Blindbedienbarkeit eines Systems. Mentale Beanspruchung ohne visuelle Ablenkung, wie sie beispielsweise ein Telefongespräch erzeugt, erfasst die Okklusionsmethode nicht. Sie ist

deshalb als eine in einem Set von mehreren standardisierten Bewertungsmethoden sinnvoll.

13.1 Methode und Ablauf

Jeweils 10 Fahrerinnen und Fahrer gaben im stehenden Fahrzeug Ziele in vier verschiedene Navigationssysteme ein. 40 Studierende der TU Chemnitz (22 w/18 m) nahmen teil. Alle waren im Besitz einer gültigen Fahrerlaubnis. Ihr Altersdurchschnitt lag bei 22,8 Jahren (vgl. Tabelle 14).

Es wurden die Systeme A und B mit einem Teil der Aufgaben aus den bisherigen Experimenten verwendet und mit denselben Aufgaben zwei weitere Systeme. System C war ein Tischaufbau eines sonst werksseitig verbauten Systems, das mit einem Dreh-Druckknopf wie System B bedient wurde. Es verfügte nicht über einen intelligenten Speller. Während des Buchstabierens wurden nur Buchstaben angezeigt, das System wechselte nach einigen eingegebenen Buchstaben automatisch zu einer Listenauswahl.

System D war die Navigationsfunktion eines werksseitig verbauten integrierten Systems, das

ebenfalls über Dreh-Druckknopf bedient wurde. Es verfügte über einen intelligenten Speller, der Buchstaben ausblendete. Während des Buchstabierens waren die auswählbaren Buchstaben und ein vierzeiliger Datenbankausschnitt dargestellt. Das System sprang entweder automatisch in die Listenauswahl; alternativ konnte der Nutzer schon früher in die Listenauswahl wechseln. Da die Zieleingabe der Navigationsfunktion erst auf der vierten Menüebene lag, waren für eine Zieleingabe ca. drei Eingabeschritte mehr nötig als mit den übrigen Systemen. Für die Okklusion wurde die PLATO-Brille (MILGRAM, 1987) verwendet mit einer festen Folge von 1500 ms Öffnungszeit und 3000 ms Verschlusszeit. Diese Parameter wurden gewählt, da sie sich bereits in früheren Studien unseres Labors als geeignet erwiesen (BAUMANN, RÖSLER, JAHN, & KREMS, 2003).

Die Einweisung in die Systeme erfolgte mit 2 demonstrierten Aufgaben einer Übungsaufgabe ohne Okklusion und einer Übungsaufgabe unter Okklusion. Dann wurden 20 Aufgaben unter Okklusion bearbeitet. Eine Sitzung dauerte in etwa 50 Minuten.

	weiblich/ männlich	M Alter	SD
System A	6/5	23,6	2,6
System B	4/5	22,8	2,0
System C	6/4	23,3	3,7
System D	6/4	21,7	2,0
Gesamt	22/18	22,8	2,7

Tab. 14: Stichprobenbeschreibung der Okklusionsstudie mit 4 Systemen

13.2 Ergebnisse

Die mittleren Gesamtöffnungszeiten für Zieleingaben unter Okklusion waren über den Trainingsverlauf sehr ähnlich für System A, System B und System C. Wie in Bild 25 zu sehen, liegt die Öffnungszeit für System D deutlich über den drei übrigen Systemen. Hauptgrund dafür ist die höhere Anzahl von Eingabeschritten mit System D, bedingt durch die verlängerte Menüauswahl in einem hoch

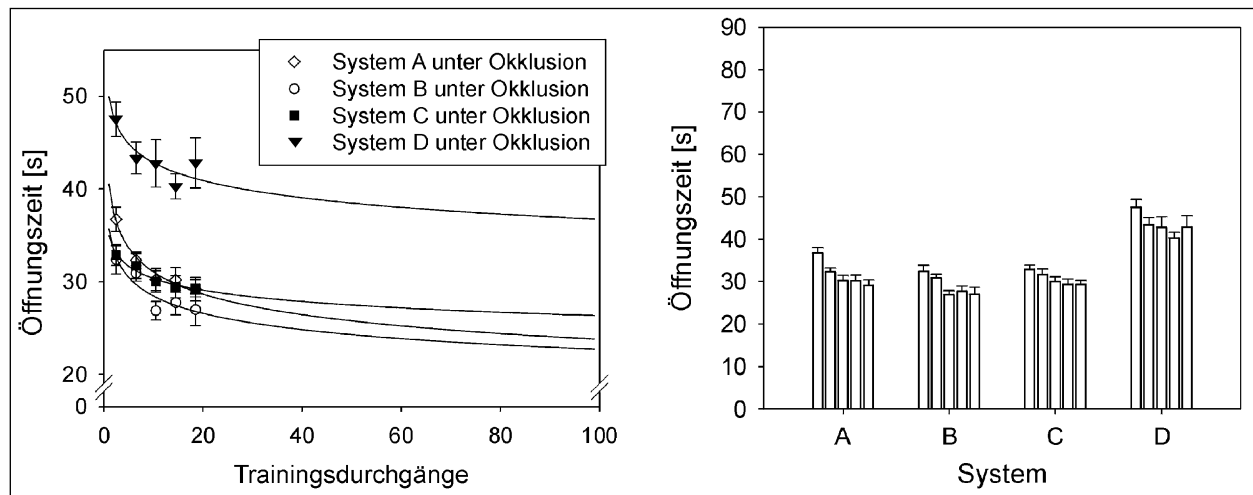


Bild 25: Gesamtöffnungszeiten für Zieleingaben in die Systeme A und B, gemittelt über jeweils vier Zieleingaben; die Fehlerbalken geben Standardfehler an

		A (gesetzt)	B	b	R ²	Trials	N
Okklusion Jüngere	System A	0	41	.12	.98	20	11
Okklusion Jüngere	System B	0	36	.10	.85	20	9
Okklusion Jüngere	System C	0	35	.06	.96	20	10
Okklusion Jüngere	System D	0	50	.07	.78	20	10

Tab. 15: Aus über Gruppen aus 4 Zieleingaben gemittelten Daten geschätzte Potenzgesetzparameter für die zweiparametrische Form des Potenzgesetzes (A auf 0 gesetzt)

integrierten System. System C weist unter den vier Systemen den einfachsten Eingabedialog und ein einfaches Bedienelement auf. Dies könnte der Grund für den vergleichsweise gleichförmigen und flachen Lernverlauf mit System C sein.

In Tabelle 15 sind Parameterschätzungen für den Verlauf der über Vierergruppen von Zieleingaben gemittelten Gesamtöffnungszeiten angegeben. Die Parameter bilden die Unterschiede im Anfangsniveau und in der Lernrate gut ab, bis auf die Lernrate für System D, für die b zu niedrig erscheint. Dies ist die Folge der hohen mittleren Öffnungszeit für die letzte Vierergruppe von Eingaben mit System D. Sie ist vermutlich die Folge von Fehlervarianz, die sich bei der geringen Probandenzahl und dem kurzen Trainingsverlauf in der Parameterschätzung deutlich bemerkbar macht. Sie ist nicht durch einzelne Ausreißer zu erklären, da die Öffnungszeitdaten ausreißerbereinigt sind.

Die Öffnungszeitdaten für System A und System B können mit den Ergebnissen für diese beiden Systeme aus den übrigen Projektstudien verglichen werden. Dabei ist zu bedenken, dass die Teilnehmer der Okklusionsstudie im Alter den Teilnehmern der Trainingsstudie mit jüngeren Teilnehmern vergleichbar sind.

Wie in der Trainingsstudie mit jüngeren Teilnehmern ist der deutliche Vorteil für System B gegenüber System A nicht zu erkennen, der im Fahrversuch und in den Trainingsstudien mit älteren und mit Teilnehmern mittleren Alters gezeigt wurde. Nur ein Vorteil von wenigen Sekunden für System B gegenüber System A war unter Okklusion festzustellen.

13.3 Systemdelays

Im parkenden Fahrzeug ohne Okklusion haben Systemdelays für jüngere Fahrer zu einem Nachteil mit System B geführt. Unter Okklusion fielen die Systemdelays in die Verschlussintervalle. Daher waren jüngere Teilnehmer unter Okklusion im parkenden Fahrzeug etwas schneller mit System B als

mit System A. Diesbezüglich nähert Okklusion die Eingabebedingungen im parkenden Fahrzeug den Eingabebedingungen während der Fahrt an, denn während der Fahrt können Systemdelays mit auf die Straße gerichtetem Blick abgewartet werden.

13.4 Blindbedienung

Eine andere Auswirkung der Okklusionsmethode in der gegenwärtig vorgeschlagenen Form erzeugt dagegen einen bedeutsamen Unterschied gegenüber einer Bedienung während der Fahrt. Als Folge des Verschlussintervalls von 3 s, das länger ist als die meisten Kontrollblicke zur Straße, ist unter Okklusion mehr Zeit für Blindbedienung.

Beobachtungen und Nachbefragungen stützen die Vermutung, dass die Systeme A und C unter Okklusion zu einem größeren Teil blind bedient wurden als die Systeme B und D. Der Cursor auf den konstanten Buchstabenlisten der Systeme A und C wurde zum Teil blind bewegt, weil die Schritte von einem Buchstaben zum nächsten abzählbar waren. Für die Systeme B und D mit Buchstabenausblendung waren die Schritte zwischen Buchstaben blind nicht genau zu bestimmen.

Blindbedienbarkeit ist an sich eine wünschenswerte Systemeigenschaft. Das Ausmaß der Blindbedienung in Okklusionsintervallen scheint allerdings groß, verglichen mit der während der Fahrt möglichen Blindbedienung. Denn wie erwähnt, sind die meisten Blickabwendungen während der Fahrt deutlich kürzer als das Okklusionsintervall und die Aufmerksamkeit während Blickabwendungen wird durch die Fahraufgabe beansprucht.

13.5 Mögliche Modifikationen

Die Unterschiede der Eingabebedingungen während der Fahrt gegenüber denen unter Okklusion, wenn die Okklusionsmethode in der gegenwärtig vorgeschlagenen Form verwendet wird, führen zu einer Unschärfe in der relativen Bewertung von Systemen. Dazu zählen das starre external gesteuerte

Intervallmuster und die langen anforderungsfreien Okklusionsintervalle. Möglicherweise könnte durch einfache Modifikationen der Methode eine bessere Annäherung an die Anforderungen während der Fahrt erreicht werden. In der Literatur finden sich Vorschläge zu selbstgesteuerter Okklusion und zu Zusatzaufgaben im Okklusionsintervall (BURNS, LANSDOWN, & PARKES, 2002; MONK, BOEHM-DAVIS, & TRAFTON, 2002). Im Folgenden wird versucht, einen Überblick über einige Themen zu geben, die in der Diskussion von Modifikationen berücksichtigt werden sollten.

13.5.1 Fixationen unterbrechen

Die Länge des Okklusionsintervalls wird im Sekundenbereich gewählt, weil kürzere Unterbrechungen, wie sie während der Fahrt typisch sind, ohne tatsächliche Blickabwendung Fixationen auf dem Display oder auf Bedienelementen nicht unterbrechen würden. Problematisch ist, dass auch das 3.000-ms-Okklusionsintervall Fixationen nicht verlässlich unterbricht und damit die Voraussetzung für das Testen der Aufgabenbearbeitung mit kurzen Einzelblicken und der Wiederorientierung auf dem Display oder Bedienelement nicht erfüllt ist. Eine geeignete Zusatzaufgabe im Okklusionsintervall könnte die Unterbrechung von Fixationen sicherstellen.

13.5.2 Selbstgesteuerte Okklusion

Ein Vorteil selbstgesteuerter Okklusion wäre, dass damit auch die während der Fahrt nötige kognitive Anforderung der Steuerung von Aufmerksamkeitswechseln teilweise realisiert würde. Nötig wären aber kooperative Probanden, die ohne externe Veranlassung Okklusionsintervalle initiieren. Die Häufigkeit, mit der Probanden Okklusionen initiieren, erscheint schwer kontrollierbar. Daher ist beträchtliche unerwünschte Varianz zu erwarten. Es müsste eine dynamische Zusatzaufgabe im Okklusionsintervall eingeführt werden, die einen mit der Länge der Öffnung wachsenden Druck erzeugt, ein Okklusionsintervall zu initiieren. Dies würde jedoch die Okklusionsmethode komplizieren.

13.5.3 Intervallparameter

External gesteuerte Okklusion erzeugt ein starres „Sieb“, das Effekte hervorrufen kann, die bei der flexibleren Koordination von Blickzuwendungszeiten durch Fahrer nicht auftreten. Gewollt ist, dass Teilschritte mit nötigen Blickzuwendungen, die län-

ger sind als das Öffnungsintervall, zu Performanzproblemen unter Okklusion führen. Kombinationen von kürzeren Blickzuwendungen werden aber am Ende des Öffnungsintervalls geschnitten, wodurch Öffnungszeitanteile anfallen, die nicht für die Aufgabenbearbeitung genutzt werden können. Systemdelays, auf die sich Fahrer in der Wahl von Blickzuwendungen einstellen können, blockieren zudem Öffnungszeitanteile und verlängern die Öffnungszeit.

Unrealistische Verlängerungen der Öffnungszeit entstehen außerdem durch eigentlich blind mögliche Bedienanteile, die in Öffnungsintervalle fallen. Mit der Wahl der Öffnungsintervalldauer kann diesen Problemen kaum begegnet werden. Unfaire relative Systembewertungen aufgrund dieser Effekte sind nicht auszuschließen. Das starre Verschlussintervall wirkt sich weniger aus als das starre Öffnungsintervall, kann aber auch zu unfairen Effekten führen, wenn Systemdelays oder mögliche Blindbedienungsschritte länger sind als das Verschlussintervall (vgl. WEIR et al., 2003).

13.5.4 Anstrengung in der Baseline

Als Ergebnis der Okklusionsmethode wird der Quotient aus Gesamtöffnungszeit (Total Shutter Open Time – TSOT) und Bearbeitungszeit in einer Baselinebedingung (Total Task Time – TTT) vorgeschlagen (BAUMANN et al., 2002). Hohe Werte des Quotienten sollen Bedienprobleme unter Okklusion gegenüber der Baseline anzeigen. Ein Problem, das sich dabei gezeigt hat, ist die höhere Anstrengung, die Probanden in der Okklusionsbedingung aufwenden. Die Okklusion erzeugt Zeitdruck. Daher bemühen sich Probanden um effiziente Bedienstrategien und verkürzen dadurch die effektive Bearbeitungszeit in der Okklusionsbedingung gegenüber der Baseline. Vor allem jüngere Probanden können durch Anstrengung die höheren Anforderungen unter Okklusion kompensieren. Ungünstigerweise lockert eine geringere Anstrengung in der Baseline den TSOT/TTT-Index der Okklusionsmethode, da sie die TTT verlängert. Daher sollte zumindest eine deutliche Instruktion zu zügiger Bearbeitung für die Baseline zum Standard werden.

13.5.5 Zusatzaufgabe im Okklusionsintervall

Mit einer Zusatzaufgabe im Okklusionsintervall könnte dem auch in diesem Experiment deutlichen Missverhältnis zwischen Blindbedienbarkeit unter Okklusion und Blindbedienbarkeit während der

Fahrt begegnet werden. Es könnte auch ein Element kognitiver Unterbrechung zusätzlich zu visueller Unterbrechung eingeführt werden, wobei fraglich ist, ob kognitive Unterbrechung bei der Bedienung während der Fahrt eine bedeutsame Rolle spielt. Obwohl meist von der Fahraufgabe als primärer Aufgabe gesprochen wird, scheint sie in der Verteilung kognitiver Ressourcen während der Bearbeitung einer Systemaufgabe nachgeordnet.

Bei der Wahl einer Zusatzaufgabe für das Okklusionsintervall sollten die Anforderungen der Fahraufgabe in der nachgeordneten Form berücksichtigt werden, denn je nach Anforderungsprofil der Zusatzaufgabe ist im Okklusionstest mit verschiedenen Interaktionen je nach Anforderung der Systemaufgabe zu rechnen. Bedeutsam scheint aber vor allem die Vereinbarkeit der Anforderungen der zu bewertenden Systemaufgaben mit der Fahraufgabe. Rückwärtszählen in Dreierschritten wie vorgeschlagen (BURNS et al., 2002) erfüllt dieses Kriterium offensichtlich nicht (vgl. MONK, BOEHM-DAVIS, & TRAFTON, submitted). Wir erproben derzeit eine selbstgesteuerte Kopfbewegung im Okklusionsintervall, die auch das Unterbrechen von Fixationen sicherstellt.

Die Annäherung einer Zusatzaufgabe an die Anforderungen der Fahraufgabe wird der Dauer nach unvollständig bleiben müssen, weil die Okklusionsintervalle wohl nicht auf die Dauer der kurzen Kontrollblicke bei der Bedienung während der Fahrt zu verkürzen sind. Die Okklusionsmethode stellt bezüglich der Dauer der Unterbrechung höhere Anforderungen. Dies ist dem Nutzen der Okklusionsmethode aber nicht unbedingt abträglich, da Systemaufgaben während der Fahrt auch länger unterbrechbar sein sollten.

13.5.6 Alter der Stichprobe

Wie für die Methode der Parameterschätzung folgt auch für die Okklusionsmethode aus den deutlichen Alterseffekten in den Trainingsstudien, dass Stichprobencharakteristika zu beachten sind. Die Standardisierung der Okklusionsmethode sollte nicht nur Geräte und Intervallparameter betreffen, sondern sollte zudem eine Definition von Probandencharakteristika (Alter, Vorerfahrung) beinhalten (GREEN, 2001). Die Ergebnisse der Trainingsstudien lassen erwarten, dass ältere Probanden die Sensitivität der Okklusionsmethode erhöhen würden.

Aufgrund der insgesamt vorliegenden Befunde erscheint die Okklusionsmethode weiterhin als viel versprechend, wenn das Ziel ist, hinsichtlich der visuellen Beanspruchung und der chunkability ungeeignete Systeme zu erkennen und auszufiltern.

14 Fazit und Ausblick

Den Kern des in diesem Bericht dargestellten Forschungsprojekts bildeten experimentelle Studien zum Kompetenzerwerb in der Nutzung von Fahrerinformationssystemen allgemein, von Navigationssystemen im Besonderen. Es wurden die folgenden Forschungsfragen bearbeitet:

- 1) Kann der Kompetenzerwerb in der Nutzung eines FIS in realen Fahrsituationen durch ein einfaches mathematisches Modell (Potenzfunktionen) hinreichend genau beschrieben werden?
- 2) Können Lernprozesse, wie sie in Fahrsituationen vorkommen, durch Trainingseinheiten im ruhenden Fahrzeug simuliert und prognostiziert werden?
- 3) Wie hängen Übungsintensität und visuelle Ablenkung bzw. mentale Beanspruchung zusammen?
- 4) Welche Altersunterschiede sind zu beobachten?
- 5) Eignet sich die Okklusionsmethode, um die für reale Fahrsituationen typische Unterbrechung sekundärer Aufgaben zu simulieren?
- 6) Findet ein (positiver oder negativer) Transfer statt, falls geübte Personen auf ein System mit weitgehend unterschiedlichem Bedienkonzept wechseln?
- 7) In welchem Ausmaß bleibt Kompetenz nach mehrmonatiger Unterbrechung der Übung erhalten?

zu 1)

In einer Fahrstudie, für die sich in der Literatur bislang nur ganz wenige ähnlich aufwändige Untersuchungen finden lassen, wurde der Übungseffekt bei der Nutzung eines Informationssystems systematisch untersucht. Auch der theoretische Ansatz, den Kompetenzerwerb durch ein mathematisches Modell – Potenzfunktionen – und nicht durch einfache inferenzstatistische Mehr-Gruppen-Versuchs-

pläne zu objektivieren, kann im verkehrspsychologischen Kontext durchaus als neuartig eingestuft werden. In unseren Studien haben sich dabei die Schätzung und der Vergleich von Potenzfunktionsparametern bewährt. Sie haben sich in den Projektstudien als geeignet erwiesen, Kompetenzerwerbsverläufe für die Bedienung von Fahrerinformationssystemfunktionen kondensiert zu beschreiben. Mit ihr waren Lernverläufe sowohl für verschiedene Systeme als auch für verschiedene Nutzergruppen zu vergleichen.

zu 2)

Für Probanden mittleren Alters wurde gezeigt, dass der Lernverlauf für die Blickzuwendungszeit während der Fahrt durch die Bearbeitungszeit über das Training im parkenden Fahrzeug bestimmt werden kann. Die dazu durchgeführten aufwändigen Videoanalysen des Blickverhaltens schafften eine bislang nicht verfügbare empirische Grundlage, um von Kompetenzerwerbsverläufen im stehenden Fahrzeug auf den Kompetenzerwerb während der Fahrt zu schließen. Für die Aufgabe Zieleingabe wurde gezeigt, dass Effekte der Fahrbedingung in erster Linie die Blickzuwendung zur Fahraufgabe betreffen. In beanspruchenderen Fahrbedingungen entfällt ein größerer Anteil der Gesamtbearbeitungszeit auf Blickzuwendungen zur Fahraufgabe. Die pro Aufgabe benötigte Blickzuwendung zum Fahrerinformationssystem bleibt weitgehend konstant und kann deswegen weitgehend auch aus der Bearbeitungszeit im stehenden Fahrzeug bestimmt werden. Als ein nächster Schritt wäre es wünschenswert, dasselbe auch für andere Aufgaben zu zeigen. Dazu sollten gezielt Aufgaben gewählt werden, die sich im Anspruchsprofil deutlich von der manuellen Zieleingabe in Navigationssysteme unterscheiden. Für Aufgaben mit einem ähnlichen Anspruchsprofil kann von der Übertragbarkeit der hier berichteten Ergebnisse ausgegangen werden.

zu 3)

Lernverläufe hinsichtlich der Bearbeitungs- bzw. der Blickzuwendungszeit lassen Rückschlüsse sowohl auf die visuelle Ablenkung als auch auf die mentale Beanspruchung durch die Bedienung eines Fahrerinformationssystems zu. Der Rückschluss auf das Ausmaß visueller Ablenkung ist unmittelbar und direkt möglich, wie der Vergleich der Blickverhaltensdaten aus dem Fahrversuch und

den Bearbeitungszeiten in den Trainingsstudien gezeigt hat.

Eine Unschärfe in der Beurteilung der visuellen Ablenkung auf Grundlage der Bearbeitungszeit ergibt sich daraus, dass Aufgabengrenzen nicht fest definiert sind. Für die Projektstudien wurden Beginn und Ende einer Zieleingabe definiert, andernfalls wäre der Kompetenzerwerb nicht an Bearbeitungszeiten zu studieren gewesen. Andererseits ist zu bedenken, ob nicht im tatsächlichen Einsatz der Systeme auch kürzere oder längere Sequenzen gut begründet als abgeschlossene Aufgaben betrachtet werden können. Beispielsweise könnten die Eingabe einer Stadt und die Eingabe einer Straße als einzelne Aufgaben angesehen werden, zwischen denen Fahrer ohne Performanzverlust eine längere Unterbrechung einschieben könnten. Zur Untersuchung des Kompetenzerwerbs ist nur eine klare Definition der Aufgabengrenzen nötig, zur Abschätzung des Ablenkungspotenzials ist die Bearbeitungsdauer einer Aufgabe aber wichtig, da bei längerer kontinuierlicher Aufgabenbearbeitung die Bewusstheit der Verkehrssituation abnimmt. Letztendlich bleibt empirisch zu klären, welche Aufgabenabschnitte von Nutzern als abgeschlossene Einheiten aufgefasst werden und ein Bemühen um Bearbeitung ohne längere Unterbrechung hervorrufen.

Der Rückschluss auf mentale Beanspruchung ist weniger direkt als der Rückschluss auf visuelle Ablenkung aus Blickabwendungszeiten. Trotzdem ergab der Vergleich von Beanspruchungseinschätzungen und Fehlerraten mit den Lernverläufen für Bearbeitungszeiten, dass die mentale Beanspruchung während der Fahrt mit der Länge der Aufgabenbearbeitung korreliert. Die mentale Beanspruchung war zudem zu Beginn des Trainings deutlich höher. Dies belegt, dass Kompetenzerwerb ein bedeutsamer Faktor in der Bewertung der sicherheitsrelevanten Auswirkungen von Fahrerinformationssystemen ist.

Die praktische Konsequenz daraus ist, dass Kompetenzerwerb und Erlernbarkeit in der Beurteilung der Auswirkungen der zunehmenden Verbreitung verschiedenster Informationssystemvarianten stärker als bisher Berücksichtigung finden sollten. Zum einen schöpfen nur kompetente Nutzer die Vorteile der neuen Techniken aus. Zum anderen sind mögliche negative Auswirkungen der Systemnutzung während der Fahrt durch schnelle Erlernbarkeit einzudämmen. Die Standardisierung von Mensch-Ma-

schine-Schnittstellen hat ein großes Potenzial, den Umgang mit neuen Systemen zu erleichtern. Anstrengungen, gute Standards zu etablieren, erscheinen sehr lohnend. Die hier entwickelte Anwendung der Potenzfunktionsanpassung ist eine Möglichkeit, Erlernbarkeit zu untersuchen und zu vergleichen.

Methoden, mentale Beanspruchung direkter als über den Kompetenzerwerbsverlauf für Bearbeitungszeiten zu bestimmen, wären wertvoll. Mentale Beanspruchung wird in der Bedeutung gegenüber visueller Ablenkung zunehmen, wenn Spracheingabe Verbreitung findet. Neben subjektiven Ratings oder dem Erfassen von Performanzeinbußen in parallel zu bearbeitenden Aufgaben könnte eine Analyse der zeitlichen Abfolge von Bedienhandlungen Rückschlüsse auf mentale Beanspruchung erlauben. Während Aufgabenbearbeitungen treten Pausen dann auf, wenn die Entscheidung über die nächste Bedienhandlung längere Zeit in Anspruch nimmt. Die Zeit, die für die Entscheidung über eine Bedienhandlung benötigt wird, korreliert oft mit mentaler Beanspruchung. Auch in den hier berichteten Experimenten war, wie zu erwarten, zu beobachten, dass ungeübte Nutzer länger über die nächste Eingabe nachdachten. Entscheidungspunkte in einem Eingabedialog waren mit längeren Pausen verbunden. Ein geeignetes Maß aus der Anzahl von Eingaben innerhalb einer festgelegten Bearbeitungszeit könnte zur Abschätzung mentaler Beanspruchung geeignet sein und verdient zukünftige Beachtung.

Die umfangreichen Blickdatenauswertungen ergaben ein differenziertes Bild der visuellen Beanspruchung im Trainingsverlauf und sind eine wertvolle Ergänzung der bislang nur für einzelne Zieleingaben vorliegenden Ergebnisse. Sie zeigen deutliche Effekte der Fahrsituation für die Gesamtbearbeitungszeit sowie deutliche Effekte von MMI-Unterschieden. Fahrsituationen und MMI-Charakteristika sind daher in der Einschätzung von Auswirkungen der Systembedienung während der Fahrt zu beachten. Die Suche nach optimalen Bedienkonzepten für eine gegebene Aufgabe lohnt; entsprechende Schnittstellen-Designs müssen dabei auch in beanspruchenden Fahrsituationen Überlastungen der Fahrer vermeiden.

zu 4)

Eine wichtige individuelle Variable, die im berichteten Projekt aufgegriffen wurde, ist das Alter von

Fahrern. Die Trainingsstudien im parkenden Fahrzeug belegen deutliche Alterseffekte für Bearbeitungszeiten und mentale Beanspruchung. Die Effekte von Systemunterschieden nahmen mit dem Alter der Probanden zu. Unterschiede in der Erlernbarkeit von Systemen sind vor allem mit älteren Probanden aufzufinden. Dies ist in der Anwendung der Methode der Parameterschätzung zu beachten. Von einer Stichprobe junger Probanden kann nicht auf den zu erwartenden Kompetenzerwerb älterer Probanden geschlossen werden und umgekehrt.

zu 5)

Mit der Okklusionsmethode wurde in den Projektstudien ein Verfahren untersucht, das derzeit in verschiedenen Bewertungs- und Normierungsgremien als Prozedur zur Beurteilung sicherheitsrelevanter Auswirkungen von Fahrerinformationssystemen diskutiert wird. Die Okklusionsmethode zielt vor allem auf die visuelle Ablenkung durch Fahrerinformationssysteme. Sie ist in der gegenwärtig vorgeschlagenen Form geeignet, deutlich ungünstig gestaltete Systemfunktionen zu entdecken.

Zur relativen Bewertung von Systemvarianten scheint sie weniger geeignet, da die Eingabebedingungen unter Okklusion von denen während der Fahrt deutlich abweichen. Möglicherweise können Modifikationen der Okklusionsmethode diesbezüglich Fortschritte erbringen. Viel versprechend und wert, weiter verfolgt zu werden, sind Modifikationen hinsichtlich einer tatsächlichen Unterbrechung von Fixationen und hinsichtlich Zusatzaufgaben im Okklusionsintervall. In die Spezifikation der Methode sollten Probandencharakteristika aufgenommen werden, sowie die Anweisung zu zügiger Aufgabenbearbeitung in der Baselinebedingung.

zu 6)

In unseren Studien wurden keine Transfereffekte beim Wechsel nach intensiver Übung von einem System zu einem anderen beobachtet. Die Personen hatten durch das vorangegangene Training keinen Vorteil, aber auch keinen Nachteil. Die Ursache dafür liegt in den erheblichen Unterschieden der in den Systemen realisierten Bedienkonzepte. Es scheint sich also keine „allgemeine“ Fertigkeit der Nutzung einer bestimmten Funktion (z. B. Zieleingabe) zu entwickeln, sondern hochspezifische sensomotorische Handlungssequenzen, bei denen

keine Generalisierungseffekte zu beobachten sind. Im Hinblick auf reale Anwendungssituationen sollte systematisch untersucht werden, welche Elemente eines Bedienkonzeptes leicht bzw. schwer auf ein anderes übertragen werden können. Dann ließe sich beispielsweise genauer abschätzen, welche Probleme beim Wechsel zwischen Fahrzeugen zu erwarten sind.

zu 7)

In den Analysen zum Kompetenzerhalt konnte festgestellt werden, dass auch nach mehrmonatiger Unterbrechung der Übung das einmal erreichte Kompetenzniveau mit nur geringen Abstrichen erhalten bleibt. Zu bedenken freilich ist, dass in unseren Studien ein vergleichsweise intensives Training durchgeführt wurde, bei dem das überhaupt mögliche Leistungsniveau bereits annähernd erreicht worden war. Unklar bleibt, welcher Kompetenzerhalt bei Nutzern zu finden ist, deren Übung im Anfänger- oder im Fortgeschrittenenstadium unterbrochen wird.

Abschließend ist festzuhalten, dass in allen Projektstudien deutlich wurde, dass die Auslegung des Bedienkonzeptes eines Fahrerinformationssysteme die sicherheitsrelevanten Auswirkungen hinsichtlich visueller Ablenkung und mentaler Beanspruchung wesentlich beeinflusst. Dies gilt auf verschiedenen Kompetenzniveaus und für den Kompetenzerwerbsverlauf insgesamt. Das Potenzial zur Eindämmung unerwünschter Auswirkungen, das in der Systemgestaltung liegt, ist beträchtlich und sollte weiterhin Gegenstand intensiver Bemühungen sein.

15 Danksagung

Für die Bereitstellung von Technik und Unterstützung bei der Planung und Durchführung des Fahrversuchs und der Laborexperimente danken wir Martin BAUMANN, der BMW AG, Bosch-Blaupunkt, der Daimler-Chrysler AG, dem Verkehrssicherheitszentrum Sachsenring, dem Lehrstuhl für Nachrichtentechnik der TU Chemnitz, der Arbeitsgruppe Verkehrspsychologie der Universität Regensburg und dem Zentrum für Mensch-Maschine-Systeme der TU Berlin. Wir danken den Teilnehmerinnen und Teilnehmern und für die engagierte Projektarbeit Sabine DITTRICH, Henning KIENAST, Kristin MAAß, Anke MOGILKA, Siegfried ROTHE,

Elke SCHRÖDER, Christine UHLMANN, Susanne WINKEL, Gunnar WITTIG und Annett WUNDERLICH. Bei Christhard GELAU und Frank ZWIELICH, die das Projekt bei der Bundesanstalt für Straßenwesen betreuten, bedanken wir uns für die ausgezeichnete, stets konstruktive Kooperation.

16 Literatur

- ALLPORT, D. A., ANTONIS, B., & REYNOLDS, P. (1972): On the division of attention: A disproof of the single channel hypothesis. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 24, 255-265
- ANDERSON, D., ABDALLA, A., POMIETTO, B., GOLDBERG, C. N., & CLEMENT, V. (2001): Distracted driving: review of current needs, efforts and recommended strategies. Richmond, George Mason University
- ANDERSON, J. R., & LEBIERE, C. (1998): The atomic components of thought. Mahwah, N. J.: Erlbaum
- BAINBRIDGE, L. (1989): Development of skill, reduction of workload. In: L. BAINBRIDGE & R. Quintanilla (Eds.), *Developing skills with information technology*. New York: Wiley
- BAUMANN, M., KEINATH, A., KREMS, J., & BENGELER, K. (2002): Evaluation of in-vehicle HMI using occlusion techniques: Experimental results and practical implications. Unpublished manuscript
- BAUMANN, M., RÖSLER, D., JAHN, G. & KREMS, J. F. (2003): Assessing driver distraction using occlusion Method and Peripheral Detection Task. In: STRASSER, H., KLUTH, K., RAUSCH, H. & BUBB, H. (Eds.), *Quality of work and products in enterprises of the future/Qualität von Arbeit und Produkt in Unternehmen der Zukunft* (pp. 53-56). Stuttgart: Ergonomica Verlag
- BROOKE, J. (1996): SUS: A 'quick and dirty' usability scale. In: P. W. JORDAN & B. THOMAS & B. A. WEERDMEESTER & I. L. McCLELLAND (Eds.), *Usability evaluation in industry* (pp. 189-194). London: Taylor & Francis
- BURNS, P. C., LANSDOWN, T. C., & PARKES, A. M. (2002): Perspectives on occlusion and requirements for validation. Unpublished manuscript

- BYERS, J. C., BITTNER, A. C., & HILL, S. G. (1989): Traditional and raw task load index (TLX) correlations: Are paired comparisons necessary? In: A. MITAL (Ed.), *Advances in industrial ergonomics and safety* (pp. 481-485). London: Taylor & Francis
- CHIANG, D. P., BROOKS, A. M., & WEIR, D. H. (2000): An experimental study of destination entry with an example automobile navigation system (SAE Paper No. 2001-01-0810). Society of Automotive Engineers
- CNOSSEN, F., ROTHENGATTER, T., & MEIJMAN, T. (2000): Strategic changes in task performance in simulated car driving as an adaptive response to task demands. *Transportation Research Part F*, 3, 123-140
- COHEN, A. S. (1994): Sensorik und ihre altersabhängige Variation. In: U. TRÄNKLE (Ed.), *Autofahren im Alter* (pp. 231-243). Köln: Verlag TÜV Rheinland
- Driver focus-telematics working Group. (2002): Statement of principles, criteria and verification procedures on driver interactions with advanced in-vehicle information and communication systems (Version 2.0). Alliance of Automobile Manufacturers
- EILERS, K., NACHREINER, F., & HÄNECKE, K. (1986): Entwicklung und Überprüfung einer Skala zur Erfassung subjektiv erlebter Anstrengung. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 40 (4), 215-224
- Europäische Kommission (2000): Empfehlung der Kommission vom 21. Dezember 1999 an die Mitgliedsstaaten und die Industrie über sichere und effiziente On-board-Informations- und -Kommunikationssysteme: Europäischer Grundsatzkatalog zur Mensch-Maschine-Schnittstelle. *Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften*, L 19, 64-68
- FÄRBER, B., & FÄRBER, B. (1999): *Telematik-Systeme und Verkehrssicherheit*. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW
- FÄRBER, B., & FÄRBER, B. (2003): *Auswirkungen neuer Informationstechnologien auf das Fahrerverhalten*. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW
- GABRIEL, R. F., & BURROWS, A. A. (1968): Improving timesharing performance of pilots through training. *Human Factors*, 10, 33-40
- GELAU, C., METKER, T., & TRÄNKLE, U. (1994): Untersuchungen zu Leistungsfähigkeit und Verkehrsverhalten älterer Autofahrer. In: U. TRÄNKLE (Ed.), *Autofahren im Alter* (pp. 139-159). Köln: Verlag TÜV Rheinland
- GOPHER, D. (1992): The skill of attention control: Acquisition and execution of attention strategies. In: D. E. MEYER & S. KORNBLUM (Eds.), *Attention and Performance XIV* (pp. 299-322). HILLSDALE, N. J.: Erlbaum
- GREEN, P. (1997): Potential safety impacts of automotive navigation systems. Paper presented at the Automotive Land Navigation Conference
- GREEN, P. (2000): Crashes induced by driver information systems and what can be done to reduce them (SAE Paper No. 2000-01-C008). Michigan: Society of Automotive Engineers
- GREEN, P. (2001): Variations in task performance between younger and older drivers: UMTRI research on telematics. Paper presented at the Association for the Advancement of Automotive Medicine Conference on Aging and Driving, February 19-20, 2001, Southfield, M. I.
- HAIDER, H., & FRENCH, P. A. (2002): Why aggregated learning follows the power law of practice when individual learning does not: Comment on RICKARD (1997, 1999), DELANEY et al. (1998), and PALMERI (1999). *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28 (2), 392-406
- HARBLUK, J. L., NOY, Y. I., & EISENMAN, M. (2002): The impact of cognitive distraction on driver visual behaviour and vehicle control (TP13889E). Transport Canada
- HEATHCOTE, A., BROWN, S., & MEWHORT, D. J. K. (2000): The power law repealed: The case for an exponential law of practice. *Psychonomic Bulletin & Review*, 7 (2), 185-207
- KANTOWITZ, B. H., & SORKIN, R. D. (1983): *Human Factors*. New York: Wiley
- KEBECK, G., & CIELER, S. (1994): Gedächtnisfehler und Displaygestaltung. In: U. TRÄNKLE (Ed.), *Autofahren im Alter* (pp. 261-280). Köln: Verlag TÜV Rheinland
- KREMS, J. F. (1996): *Wissensbasierte Urteilsbildung*. Bern: Huber

- KREMS, J. F., KEINATH, A., BAUMANN, M., BENGELER, K., & GELAU, C. (2000): Die Bewertung von visuellen Displaydarstellungen in Fahrzeugen: Vor- und Nachteile der Okklusionsmethode. In: Bundesanstalt für Straßenwesen (Ed.), *Informationssysteme und Assistenzsysteme im Auto benutzergerecht gestalten* (pp. 25-32). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag, NW
- LANSDOWN, T. C. (2001): Causes, measures, and effects of driver visual workload. In: P. A. HANCOCK & P. A. DESMOND (Eds.), *Stress, workload, and fatigue* (pp. 351-369). Mahwah, N. J: Erlbaum
- LANSDOWN, T. C. (2002): Individual differences during driver secondary task performance: Verbal protocol and visual allocation findings. *Accident Analysis and Prevention*, 34, 655-662
- LARKIN, J. H. (1989): Display-based problem solving. In: D. KLAHR & K. KOTOVSKY (Eds.), *Complex information processing* (pp. 319-341). HILLSDALE, N. J.: Erlbaum
- LEE, F. J., & ANDERSON, J. R. (2001): Does learning a complex task have to be complex?: A study in learning decomposition. *Cognitive Psychology*, 42, 267-316
- MACKENZIE, I. S., ZHANG, S. X., & SOU-KOREFF, R. W. (1999): Text entry using soft keyboards. *Behaviour & Information Technology*, 18, 235-244
- McDOWD, J., VERCRUYSSSEN, M., & BIRREN, J. E. (1991): Aging, divided attention, and dual-task performance. In: D. L. DAMOS (Ed.), *Multiple-task performance* (pp. 387-414). London: TAYLOR & FRANCIS
- METKER, T., GELAU, C., & TRÄNKLE, U. (1994): Altersbedingte kognitive Veränderungen. In: U. TRÄNKLE (Ed.), *Autofahren im Alter* (pp. 99-119). Köln: Verlag TÜV Rheinland
- MILGRAM, P. (1987): A spectacle-mounted liquid-crystal tachistoscope. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 19, 449-456
- MONK, C., BOEHM-DAVIS, D., & TRAFTON, J. (2002): The attentional costs of interrupting task performance at various stages. Paper presented at the 2002 Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, Santa Monica, CA
- MONK, C. A., BOEHM-DAVIS, D. A., & TRAFTON, J. G. (submitted): Recovering from interruptions: Implications for driver distraction research. Unpublished manuscript
- MOURANT, R. R., & ROCKWELL, T. H. (1972): Strategies of visual search by novice and experienced drivers. *Human Factors*, 14, 325-335
- MYUNG, I. J., KIM, C., & PITT, M. A. (2000): Toward an explanation of the power law artifact: Insights from response surface analysis. *Memory & Cognition*, 28 (5), 832-840
- NEWELL, A., & ROOSENBLUM, P. S. (1981): Mechanisms of skill acquisition and the law of practice. In: J. R. ANDERSON (Ed.), *Cognitive skills and their acquisition* (pp. 1-55). HILLSDALE, N. J: Erlbaum
- NOWAKOWSKI, C., UTSUI, Y., & GREEN, P. (2000): Navigation system destination entry: The effects of driver workload and input devices, and implications for SAE recommended practice (Technical Report UMTRI-2000-20). Michigan, The University of Michigan, UMTRI
- NOY, Y. I., LEMOINE, T. L., & KLACHAN, C. (2002): Occlusion paradigm as a tool to assess visual distraction from in-vehicle telematics. Unpublished manuscript
- POHLMANN, S., GELAU, C., METKER, T., & TRÄNKLE, U. (1994): Altengerechte Displays. In: U. TRÄNKLE (Ed.), *Autofahren im Alter* (pp. 245-260). Köln: Verlag TÜV Rheinland
- REASON, J. (1990): *Human error*. Cambridge: Cambridge University Press
- RECARTE, M. A., & NUNES, L. M. (2000): Effects of verbal and spatial-imagery tasks on eye fixations while driving. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 6 (1), 31-43
- RITTER, F. E., & SCHOOLER, L. J. (2001): The learning curve, *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences* (pp. 8602-8605). Amsterdam: Pergamon
- ROCKWELL, T. H. (1988): Spare visual capacity in driving - revisited: New empirical results for an old idea. In: A. G. GALE & M. H. FREEMAN & C. M. HASLEGRAVE & P. SMITH & S. P. TAYLOR (Eds.), *Vision in Vehicles II* (pp. 317-324). Amsterdam: Elsevier

- RÖSLER, D. (2003): Evaluation der Okklusionsmethode und der Peripheral Detection Task. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Technische Universität Chemnitz
- SALTHOUSE, T. A., & MILES, J. D. (2002): Aging and time-sharing aspects of executive control. *Memory & Cognition*, 30, 572-582
- STRAYER, D. L., & JOHNSTON, W. A. (2001): Driven to distraction: Dual-task studies of simulated driving and conversing on a cellular phone. *Psychological Science*, 12 (6), 462-466
- SUMMALA, H., NIEMINEN, T., & PUNTO, M. (1996): Maintaining lane position with peripheral vision during in-vehicle tasks. *Human Factors*, 38, 442-451
- TAATGEN, N. A., & LEE, F. J. (2003): Production composition: A simple theory of complex skill acquisition. *Human Factors*, 45 (1), 61-76
- TIJERINA, L. (2001): Issues in the evaluation of driver distraction associated with in-vehicle information and telecommunications systems. East Liberty, OH: Transportation Research Center
- TIJERINA, L., JOHNSTON, S., PARMER, E., WINTERBOTTOM, M. D., & GOODMAN, M. (2000): Driver distraction with wireless telecommunications and route guidance systems (Report No. DOT HS 809-069). Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration
- TIJERINA, L., JOHNSTON, S., PARMER, E., WINTERBOTTOM, M. D., & GOODMAN, M. (2000): Driver Distraction with Route Guidance Systems (Technical report DOT HS 809-069). National Highway Traffic Safety Administration
- Transport Canada (2003): Strategies for reducing driver distraction from in-vehicle telematics devices: A discussion document (TP14133E). Transport Canada
- TSIMHONI, O., SMITH, D., & GREEN, P. (2002): Destination entry while driving: Speech recognition versus a touch-screen keyboard (UMTRI-2001-24). Ann ARBOR, M. I.: The University of Michigan Transportation Research Institute
- WEIR, D. H., CHIANG, D. P., & BROOKS, A. M. (2003): A study of the effect of varying visual occlusion and task duration conditions on driver behavior and performance while using a secondary task human-machine interface (SAE 2003-01-0128). WARRENDALE, P. A.: SAE International
- WICKENS, C. D. (1991): Processing resources and attention. In: D. L. DAMOS (Ed.), *Multiple-task performance* (pp. 3-34). London: Taylor & Francis
- WIERWILLE, W. W., ANTIN, J. F., DINGUS, T. A., & HULSE, M. C. (1988): Visual attentional demand of an in-car navigation display system. In: A. G. GALE & M. H. FREEMAN & C. M. HASLEGRAVE & P. SMITH & S. P. TAYLOR (Eds.), *Vision in Vehicles II* (pp. 307-316). North-Holland: Elsevier
- WIKMAN, A.-S., NIEMINEN, T., & SUMMALA, H. (1998): Driving experience and time-sharing during in-car tasks on roads of different width. *Ergonomics*, 41 (3), 358-372
- ZWAHLEN, H. T., ADAMS, C. C., & DeBALD, D. P. (1988): Safety aspects of CRT touch panel controls in automobiles. In: A. G. GALE & M. H. FREEMAN & C. M. HASLEGRAVE & P. SMITH & S. P. TAYLOR (Eds.), *Vision in Vehicles II* (pp. 335-344). North-Holland: Elsevier

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Fahrzeugtechnik“

- F 1: Einfluß der Korrosion auf die passive Sicherheit von Pkw**
E. Faerber, G.-D. Wobben
88 Seiten, 1993 € 12,50
- F 2: Kriterien für die Prüfung von Motorradhelmen**
W. König, H. Werner, E. Schuller, G. Beier, W. Spann
80 Seiten, 1993 € 13,50
- F 3: Sicherheit von Motorradhelmen**
H. Zellmer
52 Seiten, 1993 € 11,00
- F 4: Weiterentwicklung der Abgassonderuntersuchung**
Teil 1: Vergleich der Ergebnisse aus Abgasuntersuchung und Typprüfverfahren
A. Richter, G. Michelmann
Teil 2: Praxiserprobung des vorgesehenen Prüfverfahrens für Fahrzeuge mit Katalysator
Chr. Albus
80 Seiten, 1993 € 13,50
- F 5: Nutzen durch fahrzeugseitigen Fußgängerschutz**
R. Bamberg, H. Zellmer
56 Seiten, 1994 € 11,00
- F 6: Sicherheit von Fahrradanhängern zum Personentransport**
G.-D. Wobben, H. Zahn
64 Seiten, 1994 € 12,50
- F 7: Kontrastwahrnehmung bei unterschiedlicher Lichttransmission von Pkw-Scheiben**
Teil 1: Kontrastwahrnehmung im nächtlichen Straßenverkehr bei Fahrern mit verminderter Tagessehschärfe
P. Junge
Teil 2: Kontrastwahrnehmung in der Dämmerung bei Fahrern mit verminderter Tagessehschärfe
M. Chmielarz, B. Siegl
Teil 3: Wirkung abgedunkelter Heckscheiben - Vergleichsstudie -
H. Derkum
88 Seiten, 1994 € 14,00
- F 8: Anforderungen an den Kinnschutz von Integralhelmen**
D. Otte, G. Schroeder, J. Eidam, B. Kraemer
32 Seiten, 1994 € 10,50
- F 9: Kraftschlußpotentiale moderner Motorradreifen unter Straßenbedingungen**
M. Schmieder, D. Bley, M. Spickermann, V. von Zetzelmann
40 Seiten, 1994 € 11,00
- F 10: Einsatz der Gasentladungslampe in Kfz-Scheinwerfern**
J. Damasky
52 Seiten, 1995 € 12,50
- F 11: Informationsdarstellung im Fahrzeug mit Hilfe eines Head-Up-Displays**
H. Mutschler
124 Seiten, 1995 € 16,50
- F 12: Gefährdung durch Frontschutzbügel an Geländefahrzeugen**
Teil 1: Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern
H. Zellmer, M. Schmid
Teil 2: Quantifizierung der Gefährdung von Fußgängern
H. Zellmer
44 Seiten, 1995 € 12,00
- F 13: Untersuchung rollwiderstandsarmer Pkw-Reifen**
K. Sander
40 Seiten, 1995 € 11,50
- F 14: Der Aufprall des Kopfes auf die Fronthaube von Pkw beim Fußgängerunfall**
Entwicklung eines Prüfverfahrens
K.-P. Glaeser
100 Seiten, 1996 € 15,50
- F 15: Verkehrssicherheit von Fahrrädern**
Teil 1: Möglichkeiten zur Verbesserung der Verkehrssicherheit von Fahrrädern
C. Heinrich, E. von der Osten-Sacken
Teil 2: Ergebnisse aus einem Expertengespräch „Verkehrssicherheit von Fahrrädern“
F. Nicklisch
220 Seiten, 1996 € 22,50
- F 16: Messung der tatsächlichen Achslasten von Nutzfahrzeugen**
R. Sagerer, K. Wartenberg, D. Schmidt
52 Seiten, 1996 € 12,50

- F 17: Sicherheitsbewertung von Personenkraftwagen**
- Problemanalyse und Verfahrenskonzept
D. Grunow, G. Heuser, H.J. Krüger, Chr. Zange-
meister
136 Seiten, 1996 € 17,50
- F 18: Bremsverhalten von Fahrern von Motorrädern mit und ohne ABS**
J. Präckel
84 Seiten, 1996 € 14,50
- F 19: Schwingungsdämpferprüfung an Pkw im Rahmen der Hauptuntersuchung**
E. Pullwitt
44 Seiten, 1996 € 11,50
- F 20: Vergleichsmessungen des Rollwiderstands auf der Straße und im Prüfstand**
K. Sander
60 Seiten, 1996 € 13,00
- F 21: Einflußgrößen auf den Kraftschluß bei Nässe**
M. Fach
80 Seiten, 1996 € 14,00
- F 22: Schadstoffemissionen und Kraftstoffverbrauch bei kurzzeitiger Motorabschaltung**
B. Bugsel, Chr. Albus, W. Sievert
24 Seiten, 1997 € 10,50
- F 23: Unfalldatenschreiber als Informationsquelle für die Unfallforschung in der Pre-Crash-Phase**
F. A. Berg, U. Mayer
171 Seiten, 1997 € 19,50
- F 24: Beurteilung der Sicherheitsaspekte eines neuartigen Zweiradkonzeptes**
I. Kalliske, Ch. Albus, E. Faerber
44 Seiten, 1998 € 12,00
- F 25: Sicherheit des Transportes von Kindern auf Fahrrädern und in Fahrradanhängern**
I. Kalliske, D. Wobben, M. Nee
39 Seiten, 1998 € 11,50
- F 26: Entwicklung eines Testverfahrens für Antriebsschlupf-Regelsysteme**
T. F. Schweers
74 Seiten, 1999 € 11,50
- F 27: Betriebslasten an Fahrrädern**
M. Vötter, E. Groß, St. Esser, A. Born, M. Flamm, D. Rieck
22 Seiten, 1999 € 10,50
- F 28: Überprüfung elektronischer Systeme in Kraftfahrzeugen**
R. Kohlstruck, H. Wallentowitz
59 Seiten, 1999 € 13,00
- F 29: Verkehrssicherheit runderneuerter Reifen**
Teil 1: Verkehrssicherheit runderneuerter Reifen
K.-P. Glaeser
Teil 2: Verkehrssicherheit runderneuerter Lkw-Reifen
Th. Aubel
54 Seiten, 2000 € 13,00
- F 30: Rechnerische Simulation des Fahrverhaltens von Lkw mit Breitreifen**
A. Faber
44 Seiten, 2000 € 12,50
- F 31: Passive Sicherheit von Pkw bei Verkehrsunfällen**
D. Otte
43 Seiten, 2000 € 12,50
- F 32: Die Fahrzeugtechnische Versuchsanlage der BASt**
Einweihung mit Verleihung des Verkehrssicherheitspreises 2000 am 4. und 5. Mai 2000 in Bergisch Gladbach
63 Seiten, 2000 € 14,00
- F 33: Sicherheitsbelange aktiver Fahrdynamikregelungen**
W. Gaupp, D. Wobben, M. Horn, M. Seemann
116 Seiten, 2000 € 17,00
- F 34: Ermittlung von Emissionen im Stationärbetrieb mit dem Emissions-Mess-Fahrzeug**
K. Sander, B. Bugsel, W. Sievert, Ch. Albus
22 Seiten, 2001 € 11,00
- F 35: Sicherheitsanalyse der Systeme zum Automatischen Fahren**
H. Wallentowitz, D. Ehmanns, D. Neunzig, M. Weilkes, B. Steinauer, F. Bölling, A. Richter, W. Gaupp
147 Seiten, 2001 € 19,00
- F 36: Anforderungen an Rückspiegel von Kraft-rädern**
A. van de Sand, H. Wallentowitz, Th. Schrüllkamp
64 Seiten, 2001 € 14,00
- F 37: Abgasuntersuchung - Erfolgskontrolle: Ottomotor – G-Kat**
G. Afflerbach, D. Hassel, H. Schmidt, K.-S. Sonnborn, F.-J. Weber
32 Seiten, 2001 € 11,50

F 38: Optimierte Fahrzeugfront hinsichtlich des Fußgängerschutzes

F. Friesen, H. Wallentowitz, M. Philipps
44 Seiten, 2001 € 12,50

F 39: Optimierung des rückwärtigen Signalbildes zur Reduzierung von Auffahrunfällen bei Gefahrenbremsung

J. Gail, M. Lorig, Chr. Gelau, D. Heuzeroth, W. Sievert
27 Seiten, 2002 € 9,50

F 40: Prüfverfahren für Spritzschutzsysteme an Kraftfahrzeugen

Chr. Domsch, D. Sandkühler, H. Wallentowitz
104 Seiten, 2002 € 16,50

F 41: Abgasuntersuchung: Dieselfahrzeuge

G. Afflerbach, D. Hassel, H. J. Mäurer, H. Schmidt, F.-J. Weber
63 Seiten, 2003 € 14,00

F 42: Schwachstellenanalyse zur Optimierung des Notausstiegssystems bei Reisebussen

M. Krieg, G. Rüter, A. Weißgerber
79 Seiten, 2003 € 15,00

F 43: Testverfahren zur Bewertung und Verbesserung von Kinderschutzsystemen beim Pkw-Seitenaufprall

R. Nett
99 Seiten, 2003 € 16,50

F 44: Aktive und passive Sicherheit gebrauchter Leichtkraftfahrzeuge

J. Gail, C.-H. Pastor, M. Spiering, K. Sander, M. Lorig
36 Seiten, 2003 € 12,00

F 45: Untersuchung zur Abgasemission von Motorrädern im Rahmen der WMTC-Aktivitäten

H. Steven
46 Seiten, 2004 € 12,50

F 46: Anforderungen an zukünftige Kraftrad-Bremssysteme zur Steigerung der Fahrsicherheit

J. Funke, H. Winner
33 Seiten, 2004 € 12,00

F 47: Kompetenzerwerb im Umgang mit Fahrerinformationssystemen

G. Jahn, A. Oehme, D. Rösler, J. F. Krems
55 Seiten, 2004 € 13,50

Zu beziehen durch:
Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10
D-27511 Bremerhaven
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0
Telefax: (04 71) 9 45 44 77
Email: vertrieb@nw-verlag.de
Internet: www.nw-verlag.de

