

FORSCHUNGSVEREINIGUNG AUTOMOBILTECHNIK EV

FAT

SCHRIFTEN REIHE NR.39

**Grundlagen und Möglichkeiten
der Nutzung sprachlicher
Informationssysteme im Kraft-
fahrzeug**

– Hauptstudie –

Grundlagen und Möglichkeiten der Nutzung sprachlicher Informationssysteme im Kraft- fahrzeug

– Hauptstudie –

Auftraggeber:

Forschungsvereinigung Automobiltechnik eV (FAT)
Bundesanstalt für Straßenwesen, BAST

Auftragnehmer:

Psychologisches Institut, Universität Tübingen

Verfasser:

Dr. Berthold Färber
Dr. Brigitte Färber

Postanschrift:
Postfach 17 05 63 · 6000 Frankfurt/M. 17
Telefon (069) 75 70-1
Drahtanschrift: Autoverband
Telex 4 11 293

Druckerei Henrich
Rheinlandstraße 62
6000 Frankfurt am Main-Schwanheim

Vervielfältigung, auch auszugsweise nur
mit ausdrücklicher Genehmigung der FAT

Vorwort

Die FAT hat gemeinsam mit der BAST bereits verschiedene Forschungsvorhaben zur „Informationsaufnahme und -verarbeitung durch den Menschen“ durchgeführt (FAT-Berichte Nr. 8 und Nr. 12). Ein Ergebnis dieser Vorhaben war, daß eine deutliche Verbesserung der Erkennungsleistung beim Kraftfahrer durch akustische Signale neben den bereits vorhandenen optischen Anzeigen zu erzielen ist.

Aufgrund der fortgeschrittenen Entwicklung von Sprachausgabesystemen eröffnet sich die Möglichkeit, akustische Informationen in Sprachform darzubieten. Die FAT hat gemeinsam mit der BAST das Psychologische Institut der Universität Tübingen beauftragt, Grundlagen und Möglichkeiten für sprachliche Informationssysteme im Kraftfahrzeug zu erarbeiten, aus denen Empfehlungen für eine ergonomische und nach Verkehrssicherheitsaspekten orientierte Systemgestaltung abgeleitet werden können.

Die zuerst durchgeführte Vorstudie (siehe FAT-Bericht Nr. 23) enthält die Ergebnisse einer umfangreichen Literaturrecherche und beschreibt das für die hier vorliegende Problematik bedeutsame Umfeld, zeigt vor allem aber auf, welche Möglichkeiten die Sprachausgabe im Kfz voraussichtlich bietet.

In einem sich daran anschließenden zweijährigen Forschungsvorhaben, dessen Ergebnisbericht hiermit vorgelegt wird, wurden die verschiedenen Gestaltungsformen von Sprachausgabesystemen und ihre Auswirkungen auf die Führung eines Kraftfahrzeugs in Labor- und Feldexperimenten gründlich untersucht.

Hingewiesen sei hier auf das aus diesem Hauptbericht in Auszügen abgeleitete „Handbuch für Anwender“ (FAT Bericht Nr. 40). Es beschränkt sich auf die Darstellung der Erkenntnisse und Schlußfolgerungen des Forschungsvorhabens und ist als Leitfaden für die schnelle Information des Entwicklungsingenieurs gedacht.

Die Zielsetzung und Projektbetreuung dieses Forschungsvorhabens erfolgte durch den FAT-Arbeitskreis (AK 2) „Der Mensch als Fahrzeugführer“, dessen Mitglieder im Anhang genannt sind.

Wir danken den wissenschaftlichen Bearbeitern Dr. Brigitte Färber, Dr. Berthold Färber und ihren Mitarbeitern für den hohen persönlichen Einsatz bei der wissenschaftlichen Durchführung des Vorhabens, der BAST für die wesentliche finanzielle Unterstützung und Bereitstellung eines Meßfahrzeugs, der Daimler Benz AG für die Bereitstellung eines weiteren Fahrzeugs und den Mitgliedern des FAT-Arbeitskreises für ihre Hilfestellung, hilfreiche Diskussionen und Anregungen bei der Projektbetreuung.

Frankfurt/Main, im Oktober 1984

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Danksagung	1
Zusammenfassung - Summary	2
Kurzfassung	3
1. Ermittlung günstiger Vorwarntöne	10
1.1. Experimentelle Fragestellung	10
1.2. Versuchsplanung	10
1.3. Ergebnisse	14
1.4. Entscheidung	18
2. Vergleich von Vorwarntönen mit Vorwarnwörtern	20
2.1. Experimentelle Fragestellung	20
2.2. Ergebnisse	27
2.3. Zusammenfassung und Diskussion (1. Versuchsdurchgang)	34
2.4. Zweiter Versuchsdurchgang: Vorwarntöne / Vorwarnwörter	35
2.5. Entscheidung	38
3. Notwendigkeit von Handlungshilfen	40
3.1. Befragung von Führerscheininhabern	40
3.2. Ergebnisse der Befragung	43
3.3. Einstellung der Befragten zu Handlungshilfen	46
3.4. Empfehlungen bezüglich Handlungshilfen	49
4. Theoretische Kriterien für die optimale Gestaltung von Meldungen	51
4.1. Kommunikationsverlauf	51
4.2. Sprachrepertoire, Sprachverständlichkeit und Übungs- möglichkeit	51
4.3. Die Satzstruktur	54
4.4. Einfachheit und Eindeutigkeit der Aussage	56
4.5. Zusammenfassung der Kriterien für gute Verständ- lichkeit von Sprachausgaben	57

5.	Experimenteller Vergleich theoretisch optimaler mit nicht optimalen Sprachausgaben	58
5.1.	Zielsetzung des Versuchs "optimale Meldungen"	58
5.2.	Versuchsdesign	58
5.3.	Abhängige Variablen - Erfassung und Auswertung	66
5.4.	Ergebnisse	67
5.5.	Zusammenfassung der Ergebnisse	73
6.	Exemplarische Beispiele für optimal gestaltete Sprachausgaben	75
6.1.	Sprachausgaben mit Handlungshilfen	75
6.2.	Sprachausgaben ohne Handlungshilfen	76
7.	Darbietungshäufigkeit der Meldung	78
8.	Differentielle Lautstärkenanhebung und Verständlichkeit	80
8.1.	Experimentelle Fragestellung	80
8.2.	Versuchsdesign	80
8.3.	Ergebnisse	84
8.4.	Zusammenfassung und Folgerungen	86
9.	Einfluß der Bandbreite des Frequenzspektrums auf die Verständlichkeit der Meldung	87
9.1.	Definitiorische Vorbemerkungen	87
9.2.	Ergebnisse bei ungefilterter Sprache	88
9.3.	Ergebnisse bei einseitiger Beschneidung des Frequenzspektrums	90
9.4.	Ergebnisse bei zweiseitiger Beschneidung des Frequenzspektrums	91
9.5.	Ergebnisse bei zweiseitiger Beschneidung des Frequenzspektrums unter Berücksichtigung von Störgeräuschen	93

10.	Laborexperiment zur Informationsverarbeitung in komplexen Situationen	95
10.1.	Zielsetzung	95
10.2.	Versuchsdesign	95
10.3.	Ergebnisse	101
10.4.	Zusammenfassung und Diskussion	107
11.	Feldexperiment I	109
11.1.	Ziel des Experiments	109
11.2.	Hypothesen	110
11.3.	Auswahl der Versuchspersonen und Stichprobenzusammensetzung	111
11.4.	Versuchsdurchführung	113
11.5.	Abhängige Variablen	122
11.6.	Prüfung von Voraussetzungen	124
11.7.	Ergebnisse der Hypothesenprüfung	127
11.8.	Befragungsergebnisse	131
11.9.	Zusammenfassung der Ergebnisse	133
12.	Feldexperiment II	135
12.1.	Ziel des Experiments	135
12.2.	Hypothesen	136
12.3.	Stichprobe und Auswahl der Versuchspersonen	138
12.4.	Versuchsdurchführung	138
12.5.	Abhängige Variablen	152
12.6.	Ergebnisse der Hypothesenprüfung	154
12.7.	Ergebnisse der Befragung	161
12.8.	Ergebnisse der Einstellungsmessung	165
12.9.	Zusammenfassung der Ergebnisse	169
13.	Literaturverzeichnis	172
14.	Anhang A	175
	Anhang B	176
	Anhang C	178

Danksagung

Eine solch umfangreiche Arbeit ist ohne die Mithilfe Vieler nicht möglich. Zu besonderem Dank fühlen wir uns verpflichtet:
unseren Mitarbeitern Werner Blume, Michael Popp, Dipl. Psych., Thomas Rammsayer, Dipl. Psych., Andreas Steiner;
Hugo Kehrer, Wolfgang Kern und Gerhard Schnerr von der mechanischen und elektronischen Werstätte unseres Instituts;
der Bundesanstalt für Straßenwesen, die uns für die Feldexperimente das Videomeßfahrzeug zur Verfügung stellte;
den Firmen Bosch, Daimler-Benz, Porsche und VDO, die diese Forschungsarbeit durch die Leihgabe von Geräten bzw. Fahrzeugen unterstützten;
und allen Mitgliedern des AK 2 der Forschungsvereinigung Automobiltechnik für ihre Anregungen, kritischen Diskussionsbeiträge und Hilfestellungen bei Problemen.

Zusammenfassung - Summary

Der technische Stand der Sprachsynthese und -speicherung eröffnet neue Perspektiven der Informationsdarbietung im Kraftfahrzeug.

Dieses "Handbuch für Anwender" entstand aus einer umfangreichen Forschungsarbeit mit dem Thema "Grundlagen und Möglichkeiten der Nutzung sprachlicher Informationssysteme im Kraftfahrzeug", publiziert in der FAT-Schriftenreihe, Nr. 23 und 39.

Im vorliegenden Bericht ist kurz zusammengefaßt, in welchem Umfang der Einsatz sprachlicher Informationen im Kraftfahrzeug sinnvoll ist und welche gestalterischen Gesichtspunkte dabei zu berücksichtigen sind. Alle hierfür wichtigen Aspekte der Technik und der Psychoakustik werden behandelt, ferner sinnvolle Melde- und Abrufmodalitäten besprochen und auf die sprachliche und inhaltliche Gestaltung von Meldungen eingegangen. Aufgrund der Ergebnisse von mehreren Labor- und Feldexperimenten werden vor allem die Akzeptanz, die Belastung des Benutzers und die Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit dargestellt.

Summary:

The technical standard of synthesis and storage of speech offers new dimensions for informational systems in motor vehicles. This "users handbook" stems from an extensive research project entitled "Foundations and possibilities of using speech information systems in cars", published in FAT-series no. 23 and 39.

This report shows to what extent speech information systems in automobiles are useful and gives a survey of relevant design aspects.

Important technical, psychoacoustic and ergonomic aspects and useful modalities for calling and announcement are discussed. Proposals are made for the optimal linguistic structure and the content of messages. The acceptance and mental demand of the user and the consequences for traffic safety are demonstrated on the basis of several laboratory and field experiments.

Kurzfassung

Die Kurzfassung bietet einen Überblick über die Zielsetzung und Untersuchungsmethodik des Forschungsprojekts sowie über die Konsequenzen sprachlicher Informationssysteme im Kraftfahrzeug. Da die Kürze der Darstellung zum Teil eine Simplifizierung des gesamten Sachverhalts bedingt, wird für eine differenzierte Betrachtung auf den ausführlichen Forschungsbericht und das "Handbuch für Anwender" verwiesen (FAT-Schriftenreihe Nr. 39 und 40).

Zielsetzung:

Das Forschungsprojekt "Grundlagen und Möglichkeiten der Nutzung sprachlicher Informationssysteme im Kraftfahrzeug" hat zum Ziel, die Einsatzmöglichkeiten von Sprachausgaben im Kraftfahrzeug zu prüfen, insbesondere unter dem Blickwinkel der Erhöhung der Verkehrssicherheit.

Es gliedert sich in zwei Abschnitte, die Literaturstudie und die experimentelle Hauptstudie.

In der Literaturstudie wurden Klassifikationskriterien der wichtigsten im Kraftfahrzeug anfallenden Informationen erarbeitet, die wesentlichen Problembereiche sprachlicher Informationssysteme im Kraftfahrzeug analysiert, Lösungen, soweit sie aus der Literatur ableitbar sind, vorgeschlagen und Untersuchungspläne für die Erforschung ungelöster Probleme aufgestellt. Die Ergebnisse der Literaturstudie sind in der FAT-Schriftenreihe Nr. 23 publiziert.

Ziel der Hauptstudie (Gegenstand des Berichts Nr. 39) ist,

- o eine optimale Vorankündigung von Sprachausgaben zu erproben,
- o die sprachliche Gestaltung von Sprachausgaben zu optimieren,
- o die technischen Anforderungen (Lautstärke, Bandbreite) für gute Verständlichkeit zu analysieren,
- o das Verhalten und die mentale Beanspruchung der Fahrer während Sprachausgaben in unterschiedlich schwierigen Verkehrssituationen zu studieren,

- o die Akzeptanz von Sprachausgaben bei künftigen Benutzern zu ermitteln.

Methodik:

Zur Beantwortung der vielfältigen Fragestellungen wurden in der Hauptstudie verschiedene Methoden eingesetzt: Befragungen einer größeren Anzahl von Führerscheininhabern, Literaturanalysen und Laborexperimente an einem Fahrsimulator. Zur abschließenden Beurteilung von Sprachausgaben im Kraftfahrzeug wurden spezielle Fahraufgaben auf abgesperrtem Gelände und Fahrten im normalen Straßenverkehr durchgeführt. Als objektive Maße wurden Fahrzeugparameter (Lenkwinkel, Geschwindigkeit, Beschleunigung), Pulsfrequenz, Reaktionszeiten und Verhaltensbeobachtungen erhoben, das subjektive Erleben der Versuchspersonen wurde durch Befragungen und Selbsteinschätzungen bezüglich Einstellung, Befindlichkeit und Akzeptanz erfaßt.

Ergebnisse:

Ankündigung der Meldung:

Es ist günstig, die Sprachausgabe durch ein Signal einzuleiten, das die Aufmerksamkeit des Kraftfahrers erregt und ihn kognitiv auf die bevorstehende Meldung einstellt. Aus dem Vergleich geeigneter Vorwarntöne mit Vorwarnwörtern anhand der Entscheidungskriterien Reaktionszeit, Anzahl nicht erfolgter Reaktionen, subjektive Annehmlichkeit und Aufmerksamkeitserregung resultiert für den praktischen Einsatz die Empfehlung, Sprachausgaben mit einem Mehrklang-Gong, oder durch eine Kombination aus Gong und dem Wort "Information" anzukündigen.

Handlungshilfen:

Sprachausgaben bieten prinzipiell die Möglichkeit, dem Fahrer nicht nur Zustandsmeldungen, sondern auch Handlungshinweise zu übermitteln. Diese Hinweise sind jedoch nur sinnvoll, wenn sie auf ein Informationsbedürfnis des Benutzers stoßen, wenn also ein Informationsdefizit besteht. Andernfalls wirken sie eher belästigend und störend. Im Rahmen einer Befragung an 100 männlichen und weiblichen Führerscheininhabern wurde der Wissensstand über Verhaltensweisen bei den wichtigsten Störungsmeldungen im Kfz

erhoben. Die Ergebnisse dieser Befragung sind alarmierend: So wußten z.B. 88 % der Befragten nicht das richtige Verhalten nach der Meldung "Die Kühlwassertemperatur ist zu hoch". Durch die Befragung wurde deutlich, daß die Kenntnisse über Sachzusammenhänge im Automobil bei vielen Autofahrern mangelhaft sind. Aufgrund des hier erhobenen Wissensstandes von Autofahrern sind Handlungshilfen für viele Störungsmeldungen als nützlich anzusehen.

Wird das Sprachausgabesystem zusätzlich mit einer "Hilfe"-Taste ausgestattet, so kann der Fahrer bei einer Störungsmeldung, neben der grundlegenden Information, auf Wunsch weitere Informationen anfordern.

Inhaltliche Gestaltung von Sprachausgaben:

Sprachausgaben sollen nach den linguistischen Kriterien für gute Verständlichkeit, wie: Verwendung eines einfachen und geläufigen Wortschatzes, Satzstruktur nach dem Schema Subjekt - Prädikat - Objekt, aktive statt passive Form sowie Vermeidung von Verneinungen gestaltet werden, um eine schnelle und richtige Aufnahme und Verarbeitung zu garantieren. Der empirische Vergleich von Meldungen in Satzform mit Meldungen in Statementform erbrachte in 2 von 12 Fällen statistisch signifikant kürzere Reaktionszeiten bei der Satzform. Keine der Meldungen wurde überhört. Defektmeldungen mit Handlungshilfen führten bei Sachverhalten, die für den Laien schwer zu durchschauen sind (z.B. Öltemperatur), zu einem deutlichen Rückgang der Falschantworten.

Störgeräusche im Fahrzeug und Frequenzumfang der Meldungen:

Es wurde geprüft, ob die Verschiebung des Frequenzspektrums der Sprachausgaben in einen Bereich, der weniger von Störgeräuschen des Fahrzeugs überlagert ist, eine Verbesserung der Verständlichkeit (bei unveränderter Gesamtlautstärke) bringt. Die Ergebnisse des Versuchs "Differentielle Lautstärkenanhebung" zeigen: die Verständlichkeit von Sprachausgaben ist durch die Anhebung einzelner Frequenzen der menschlichen Sprache, die vom Fahrzeuggeräusch besonders gestört werden, nicht zu verbessern. Der natürliche Klang der Stimme ist folglich möglichst exakt - ohne künstliche Veränderungen - anzustreben.

Da jedoch die Darbietung von Sprachausgaben im Kfz im vollen Umfang der menschlichen Sprache technisch sehr aufwendig ist, war zu klären, welchen Einfluß eine Begrenzung der Bandbreite auf die Sprachqualität und vor allem auf die Verständlichkeit hat. Bei Störgeräuschen, die etwa dem Innengeräusch eines Kraftfahrzeugs entsprechen, wird ausreichende Verständlichkeit bei einem Frequenzband von 340 - 3900 Hz erreicht. Vor allem unter dem Aspekt der Annehmlichkeit, die die Akzeptanz derartiger Systeme mit beeinflußt, ist jedoch eine Verbreiterung des Frequenzspektrums wünschenswert.

Daneben kommt der Abstimmung des gesamten Systems, bestehend aus den Komponenten Vorverstärker, Leistungsverstärker, Lautsprecher, auf die spezifischen akustischen Eigenschaften des jeweiligen Fahrzeugs eine wesentliche Bedeutung zu.

Häufigkeit der Darbietung einer Meldung:

Da bei den bisherigen Experimenten keine Sprachausgabe überhört wurde, genügt es, die Meldung einmal auszugeben. Von einer permanenten Wiederholung bis zur Fehlerbehebung wird aus Gründen der Verkehrssicherheit ohnehin abgeraten. Sinnvoll ist, den Abruf der letzten Meldung durch Betätigen einer Wiederholungstaste zu ermöglichen.

Experiment im Fahrstand zur Informationsverarbeitung in komplexen Situationen:

Das im Fahrstand durchgeführte Experiment zur Verarbeitungskapazität und zu möglichen Informationsüberlastungen des Kraftfahrers sollte die Einsatzmöglichkeiten von Sprachausgabesystemen unter belastenden und kritischen Verkehrssituationen prüfen. Hierfür wurden bewußt sehr hohe Anforderungen an die Versuchspersonen gestellt, wie sie im normalen Straßenverkehr kaum auftreten. Wird bei starker Belastung des optischen Kanals und zusätzlicher akustischer Information das visuelle Geschehen oder die akustische Information verarbeitungsmäßig bevorzugt, oder kommt es zu einer wechselseitigen Beeinträchtigung der mentalen Verarbeitungsgüte? Bei den Experimenten im Fahrstand wurde zu Testbeginn die Aufnahme optischer Informationen durch Sprachausgabe leicht beeinflußt - ein Effekt, der jedoch in den beiden Feldexperimenten nicht bestätigt werden konnte. Auch im Fahrstand zeigte dann eine rasche Normalisierung der Reaktionszeit auf periphere optische Reize im weiteren Versuchsverlauf,

daß schnell eine Gewöhnung an die Sprachausgabe eintrat. Bei der Lenkregelung konnten keine Unterschiede zwischen Situationen mit und ohne Sprachausgaben festgestellt werden.

Da Fahrstandexperimente nur mit Vorbehalt auf den realen Straßenverkehr übertragbar sind, wurden die im Fahrstand gefundenen Ergebnisse in zwei Serien von Feldexperimenten überprüft.

Ergebnisse des kontrollierten Feldexperiments auf abgesperrtem Gelände:

In Feldexperiment I mußten Fahraufgaben bewältigt werden, die unterschiedliche Belastungen (z.B. konstanter Abstand, Überholvorgang mit ausserem Fahrzeug) erzeugen. Durch die gezielte Vorauswahl von Probanden und die Bildung von Extremgruppen ist es möglich, umfangreiche und generalisierbare Aussagen auf der Basis einer relativ kleinen Stichprobe zu treffen.

Als wichtigste Ergebnisse sind zu nennen:

- o Mit objektiven Maßen, wie z.B. Bremsreaktionen, Lenkabweichungen, Pulsfrequenz, läßt sich keine belastende Wirkung von Sprachausgaben aufzeigen.
- o Eine positive Einstellung des Fahrers zum Sprachausgabesystem wirkt sich günstig auf Handlungen aus, die auf Sprachausgaben folgen.
- o Entgegen der früher vertretenen Ansicht (vgl. FAT-Schriftenreihe Nr. 23) sollten Sprachausgaben keine extrem seltenen Ereignisse darstellen, da der Versuch zeigt, daß sich größere Vertrautheit mit dem Medium Sprache positiv auf das Verhalten auswirkt.

Wie weitere Ergebnisse verdeutlichen, ist es nicht nur gelungen, Personen mit unterschiedlichen verkehrsrelevanten Fähigkeiten in den Versuch einzubeziehen, sondern auch, im Versuch Beanspruchungsmaße zu erheben, die sensibel genug sind, unterschiedliche Belastungen aufzuzeigen. Neben den Ergebnissen, die auf objektiven Daten basieren, sind die subjektiven Empfindungen der Versuchsteilnehmer von Interesse:

Für 32 % der Versuchsteilnehmer bedeuteten Sprachausgaben eine Entlastung, 62 % fühlten sich weder ent- noch belastet, 6 % (zwei Personen) fühlten sich überfordert. Die subjektive Empfindung dieser Fahrer, die zum Personenkreis der weniger leistungsfähigen gehören, konnte durch objektive Leistungsmaße nicht bestätigt werden.

65 % der Versuchsteilnehmer konzentrierten sich während der Sprachausgabe stärker auf den Straßenverkehr, nur 6 % stärker auf die Sprachausgabe, der Rest auf beides gleich stark.

Trotz der Neuheit und des geringen Vertrautheitsgrads konnten 88 % der Befragten diese Art der Fahrerinformation akzeptieren, 12 % waren unentschieden, niemand fühlte sich durch Sprachausgaben belästigt. Schließlich würden immerhin 47 % der Versuchsteilnehmer ein Sprachausgabesystem in ihr Fahrzeug einbauen lassen.

Ergebnisse des Feldexperiments im realen Straßenverkehr:

Die letzte Versuchsserie im realen Straßenverkehr dient - neben der Validierung der Ergebnisse früherer Untersuchungen - der Erprobung der Tauglichkeit sprachlicher Informationssysteme im täglichen Fahrbetrieb.

Die Situationen, in denen Sprachausgaben auftraten, stellten besondere Anforderungen an den Fahrer (z.B. kompliziertes Überholmanöver, Streßsituation, simulierter Systemdefekt im Sprachausgabegerät); auch bei diesem letzten Experiment sollten Wirkung und Nutzen sprachlicher Informationssysteme unter ungünstigen Bedingungen geprüft werden.

Bei den verwendeten Sprachphrasen wurde auf Realitätsnähe geachtet - sie wirken aufgrund technischer Eingriffe am Fahrzeug glaubwürdig, sind von den Fahrern nachprüfbar und der gemeldete Defekt ist behebbar.

Weitere Ziele des zweiten Feldexperiments bestanden in der Untersuchung

- o der Wirkungen verschiedener Auftretenshäufigkeiten,
- o des Einflusses personenspezifischer Variablen auf die Verarbeitung akustischer Informationen,
- o der Einstellung gegenüber der neuen Technologie "Sprachausgabe",
- o der Einstellungsänderung als Folge von praktischen Erfahrungen
- o und in einem orientierenden Vergleich mit herkömmlichen Anzeigen.

Die Analyse der objektiven Testdaten zeigt keine Einschränkung verkehrsrelevanter Leistungen während Sprachausgaben.

Ein Vergleich von herkömmlichen Anzeigen und Sprachausgaben ergab eine deutliche Überlegenheit des neuen Mediums bei der Herbeiführung richtiger Reaktionen.

Nach der Einschätzung der Versuchspersonen führt die zusätzliche Aufnahme akustischer Informationen in 30 von 32 Fällen zu keiner Überforderung oder zu verringerter Konzentration gegenüber dem Verkehrsgeschehen. Dies gilt selbstverständlich nur für Systeme, die in allen Bereichen gut ge-

staltet sind.

Die beiden Fahrer, die sich jeweils bei einer Meldung überfordert fühlten, gehören wiederum zum Personenkreis der weniger leistungsfähigen.

Bei einem simulierten Störfall mit permanenter Sprachausgabe kamen 63 % der Versuchsteilnehmer zu einer adäquaten Problemlösung, kein Fahrer reagierte hektisch oder mit verkehrsunsicherem Verhalten.

Zwei Drittel des untersuchten Kollektivs bescheinigten dem Sprachausgabesystem Nützlichkeit oder gar Notwendigkeit. Gründe, wie subjektiv empfundene Bevormundung stehen dem Wunsch nach einem Einbau des Systems jedoch zum Teil entgegen.

Eine Messung der Einstellung gegenüber Sprachausgaben im Kraftfahrzeug zeigt, daß entschiedene Gegner ihre Meinung zu dieser Technologie auch aufgrund eigener praktischer Erfahrungen nur wenig ändern. Personen, die in ihrer Meinung zu Sprachausgaben vorher nicht negativ festgelegt waren, bewerteten nach der praktischen Erfahrung das System deutlich positiver, auch schätzten sie seine Bedeutsamkeit und entlastende Wirkung signifikant höher ein.

1. Ermittlung günstiger Vorwarntöne

Bereits bei der Vorstudie wurde anhand von Literaturanalysen die Entscheidung gefällt, Sprachausgaben mit einer Vorwarnung einzuleiten. Zwar wird durch dieses Verfahren die Ausgabezeit verlängert, doch bietet es den Vorzug einer akustischen und kognitiven Voreinstellung des Fahrers auf die zu erwartende Meldung.

Bei diesem Experiment geht es um die Auswahl eines geeigneten Vorwarntones.

1.1. Experimentelle Fragestellung

Durch welchen Vorwarnton wird die höchste Aufmerksamkeit des Kraftfahrers erzielt? Welcher Ton wird zugleich als angenehm erlebt, wirkt also nicht aversiv oder führt zu Schreckreaktionen?

1.2. Versuchsplanung

1.2.1. Vorwarnsignale

Folgende gängige Signale werden verwendet:

- Rechteckton mit 440 Hz (im weiteren Text abgekürzt als R 440)
- Rechteckton mit 880 Hz (R 880)
- Sinuston mit 440 Hz (S 440)
- Sinuston mit 880 Hz (S 880)
- Gong, bestehend aus drei Klängen, mit 1660, 1400 und 1080 Hz.

Die Dauer der Töne beträgt 1,5 sec., ihre Klangcharakteristik ist in Abbildung 1.1 dargestellt.

1.2.2. Kontextbedingungen

Die Kontextbedingungen sollen die im Kraftfahrzeug vorkommende Beschallung repräsentieren. Daher umfassen sie klassische Musik, Popmusik, Volksmusik, Werbung und Nachrichten eines Rundfunksenders. Vorwarnsignale und Kontextbedingungen sind auf ein Tonband aufgezeichnet und werden mit einer Lautstärke von ca. 60 dB (Kontext) bzw. 64 dB (Vorwarnung) dargeboten.

Die verschiedenen Kombinationen von Signal und Kontext in Form eines lateinischen Quadrats zeigt Abbildung 1.2.

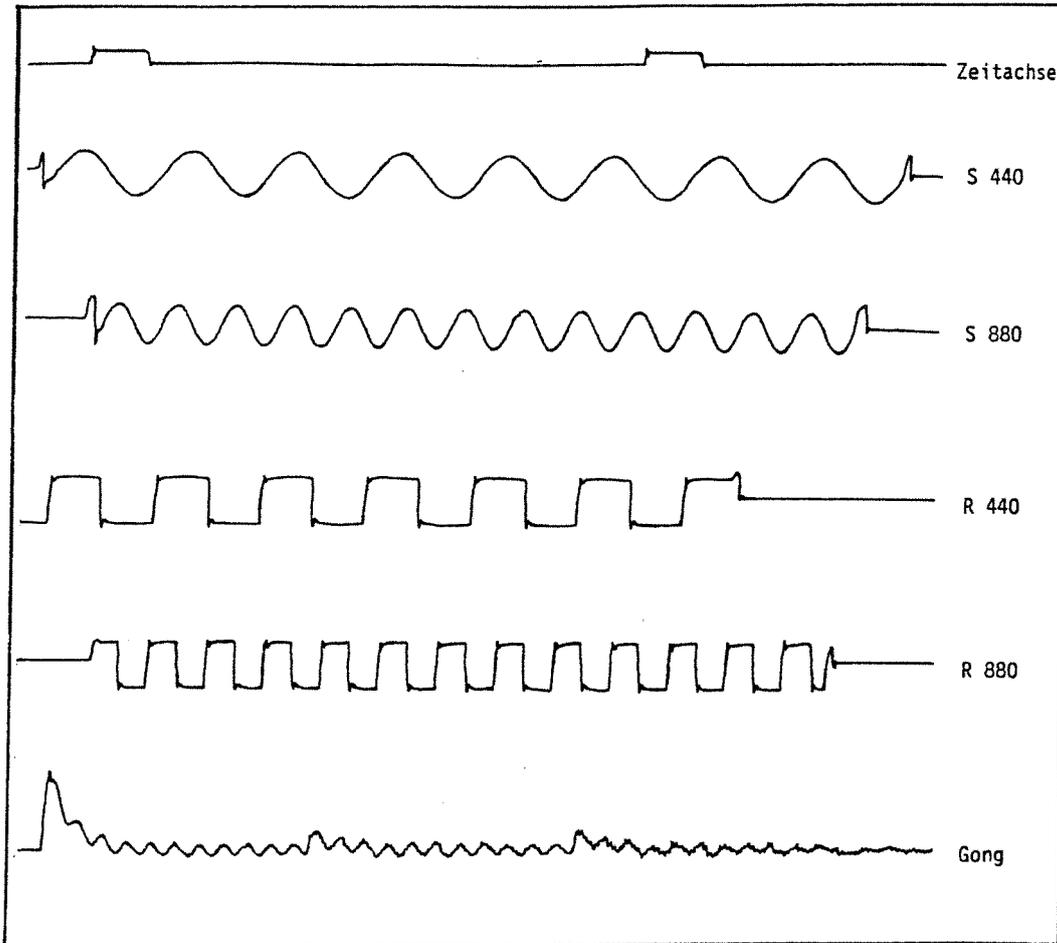


Abb. 1.1: Klangcharakteristik der Signale (Dauer pro Signal ca. 1,5 sec.)

Klassik	Popmusik	Volksmusik	Werbung	Nachrichten
R 880	S 440	S 880	Gong	R 440
R 440	S 880	Gong	S 440	R 880
Gong	R 880	R 880	S 880	S 440
S 440	Gong	R 440	R 880	S 880
S 880	R 440	S 440	R 440	Gong

Abb. 1.2: Signalfolge im Versuch "Vorwarntöne"

Während des gesamten Versuchs ist das Fahrgeräusch eines Pkw (Audi 100) mit 60 dBA zu hören.

1.2.3. Versuchsaufbau

Die Versuchsperson sitzt in einem schallgedämmten Raum. Rechts und links ist jeweils ein Lautsprecher angeordnet. Der Proband erhält eine Reaktions-taste, die manuell zu bedienen ist. Die Versuchssteuerung befindet sich im Nebenraum. Abbildung 1.3 zeigt den Schaltplan und verdeutlicht den Ver-suchsaufbau.

1.2.4. Aufgaben der Versuchspersonen

Die Versuchspersonen haben die Aufgabe,

- möglichst schnell durch Drücken der Reaktionstaste auf die wahrgenomme-nen Töne zu reagieren
- im Anschluß an den Reaktionsversuch einzuschätzen, welches der fünf Signale die höchste Aufmerksamkeit erregt und welches das angenehmste ist. Hierzu werden die Signale den Probanden nochmals vorgespielt.

1.2.5. Stichprobenumfang

Das Experiment wurde mit 30 Führerscheininhabern im Alter zwischen 18 und 44 Jahren in Einzelversuchen durchgeführt.

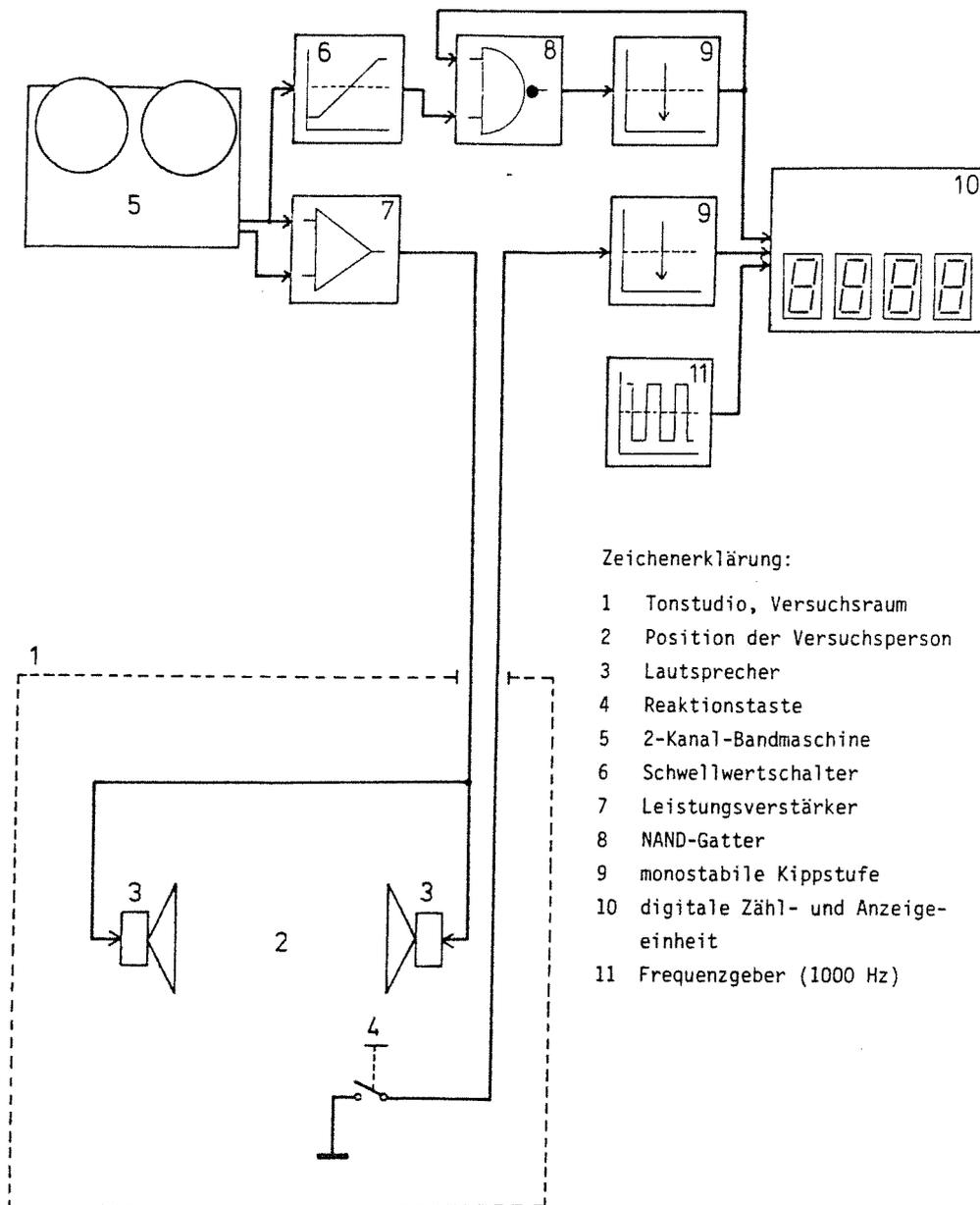


Abb. 1.3: Versuch "Vorwarntöne", Schaltplan des Versuchsaufbaus

1.3. Ergebnisse

1.3.1. Reaktionszeiten, Mittelwerte

Tabelle 1.1 zeigt die Mittelwerte der Reaktionszeiten für die fünf verschiedenen Signale unter den jeweiligen Kontextbedingungen.

	Signale					Summe, Mittel
	R 880	S 880	Gong	R 440	S 440	
Klassik	631	618	696	893	651	698
Pop	699	778	664	734	940	763
Volksmusik	527	655	563	645	992	676
Werbung	688	628	630	580	561	618
Nachrichten	493	586	746	687	709	644
Summe im Mittel	608	653	660	708	771	680 msec.

Tab. 1.1: Mittlere Reaktionszeiten auf die verschiedenen Vorwarntöne in msec, n = 30 Vpn

Die kürzesten Reaktionszeiten erzielt im Mittel das Rechtecksignal mit 880 Hz, gefolgt von den Signalen S 880, Gong, R 440 und S 440.

Die durchgezogene Linie in Abbildung 1.4 verdeutlicht diese Rangfolge. Ein Vergleich der Reaktionszeiten (Abb. 1.4) erbringt, daß kein Signal über alle Kontextbedingungen hinweg als überlegen einzustufen ist - in diesem Falle müßten wir parallele Verläufe vorfinden.

1.3.2. Varianzanalyse

Mittelwertsdifferenz der einzelnen Signale	F = 3.47 $\alpha = 0.05$ signifikant
Mittelwertsdifferenz der einzelnen Kontexte	F = 2.33 $\alpha = 0.05$ n.s.
Wechselwirkung Signal : Kontext	F = 2.03 $\alpha = 0.05$ signifikant

Tab. 1.2: Varianzanalyse beim Versuch "Vorwarntöne"

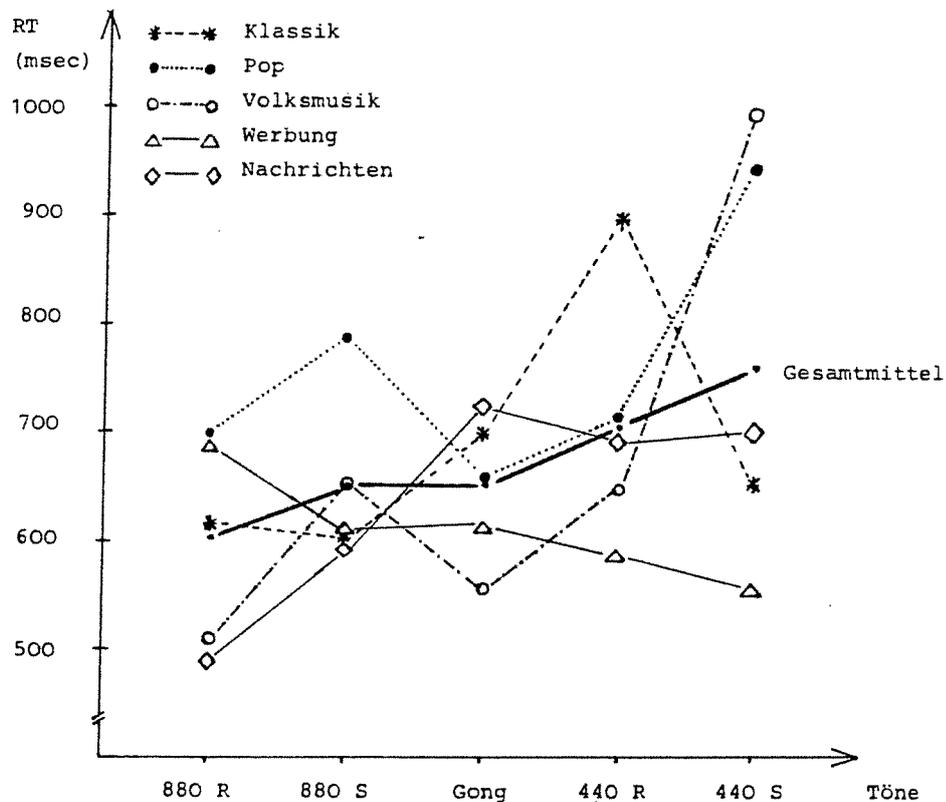


Abb. 1.4: Mittelwerte der Reaktionszeiten bei den verschiedenen Signalen unter den Kontextbedingungen Klassik, Pop, Volksmusik, Werbung und Nachrichten

In Tabelle 1.2 sind die Ergebnisse der Varianzanalyse dargestellt. Sie lassen sich wie folgt interpretieren:

Die Reaktionszeiten auf die einzelnen Signale sind auf dem 5%-Niveau verschieden.

Hinsichtlich der diversen Kontextbedingungen ergeben sich keine signifikanten Unterschiede.

Die signifikanten Wechselwirkungen zwischen Signal und Kontext zeigen, daß die Signalerkennung von den jeweiligen Umgebungsbedingungen abhängig ist. Für den praktischen Einsatz im Fahrzeug bleibt dies jedoch ohne Bedeutung, die weitere Auswertung wird daher nur Mittelwertsdifferenzen über alle Kontextbedingungen hinweg berücksichtigen.

1.3.3. t-Test

Bei diesem Testverfahren werden die drei Signale mit den insgesamt kürzesten Reaktionszeiten, R 880, S 880 und Gong, einem Mittelwertsvergleich unterzogen.

R 880 : S 880	t = 0.94 nicht sign.
S 880 : Gong	t = 0.10 nicht sign.
R 880 : Gong	t = 0.87 nicht sign. $\alpha = 0.05$

Tab. 1.3: Einzelvergleiche der Mittelwerte bei R 880, S 880 und Gong (t-Test)

Berücksichtigt man nur das Kriterium "Reaktionsschnelligkeit", so ist noch keine Entscheidung zugunsten eines bestimmten Vorwarntones möglich.

1.3.4. Nicht-Reaktionen auf Signale

Verschiedentlich erfolgte seitens der Versuchsperson keine Reaktion auf ein Signal; es ist anzunehmen, daß es überhört wurde. Diese Daten auf objektiver Basis werden als Nicht-Reaktionen bezeichnet und treten unter den in Tabelle 1.4 gezeigten Bedingungen auf:

	Töne					Summe
	S 880	R 440	R 880	Gong	S 440	
Klassik	0	1	4	3	0	8
Pop	1	0	2	1	5	9
Volksmusik	0	1	0	1	4	6
Werbung	1	1	0	2	1	5
Nachrichten	0	2	0	1	0	3
Summe	2	5	6	8	10	31

Tab. 1.4: Nicht-Reaktionen bei insgesamt 750 Signalen

Abbildung 1.5 zeigt die Häufigkeit der Nicht-Reaktionen in graphischer Darstellung:

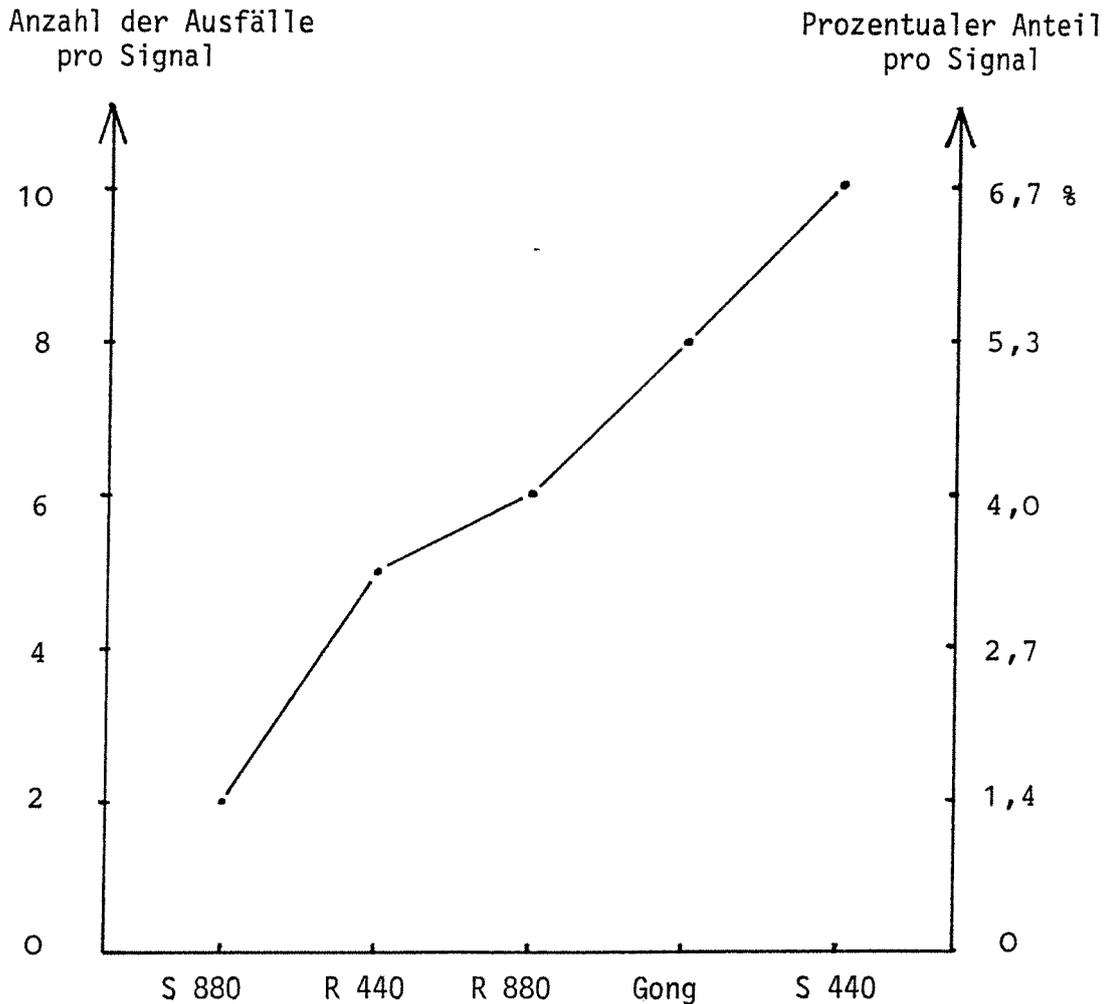


Abb. 1.5: Nicht-Reaktionen, Häufigkeit und prozentualer Anteil bei $n = 150$ Durchgängen pro Signal

Bei 750 Signalen (5 Kontextbedingungen \times 5 Signalarten \times 30 Versuchspersonen) sind insgesamt 31 Nicht-Reaktionen zu verzeichnen (= 4,1 %). Am häufigsten treten Ausfälle bei einem Sinuston mit 440 Hz auf, am seltensten bei S 880 und R 440.

1.3.5. Einschätzung der Versuchspersonen

Weiteres Datenmaterial, das bei einer Entscheidung über den günstigsten Vorwarnton Berücksichtigung finden sollte, sind die subjektiven Einschätzungen, die die Probanden im Anschluß an den Reaktionsversuch vornehmen. Hier war das Signal zu nennen, welches die höchste Aufmerksamkeit erzielt und weiterhin das Signal, das die Person als angenehmstes empfindet. In Abbildung 1.6 ist die graphische Darstellung der Befragungsergebnisse für $n = 30$ Versuchspersonen wiedergegeben.

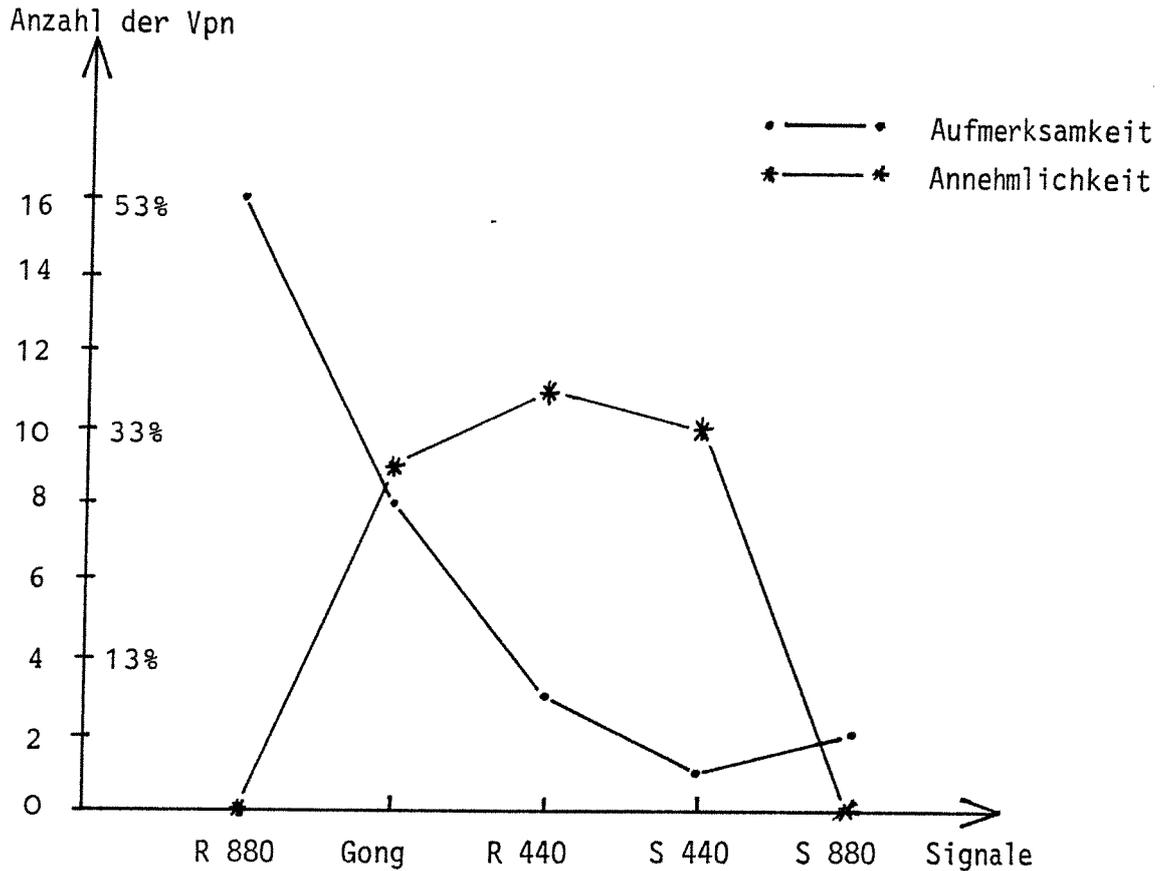


Abb. 1.6: Einschätzung der Signale hinsichtlich ihrer Annehmlichkeit und Erregung der höchsten Aufmerksamkeit (n = 30 Vpn)

Nach Einschätzung der Probanden erregt ein Rechtecksignal mit 880 Hz die höchste Aufmerksamkeit (53 % der Vpn), mit großem Abstand wird an zweiter Stelle der Gong genannt.

Bezüglich der Annehmlichkeit erzielten Gong, R 440 und S 440 etwa gleich gute Ergebnisse, während die 880 Hz Töne von keiner Person als angenehm empfunden wurden.

1.4. Entscheidung

Da in Erwägung gezogen wird, Sicherheitsmeldungen und Informationen, die z.B. die Verkehrsleitung betreffen, mit verschiedenen Signalen einzuleiten, ist die Auswahl von zwei Tönen erforderlich.

Für Sicherheitsmeldungen ist ein Signal zu bevorzugen, das kurze Reaktionszeiten und hohe Aufmerksamkeit erzeugt, während die Annehmlichkeit des Signals in diesem Falle nicht besonders zu gewichten ist. In Frage

kommt daher R 880 und der Gong.

Dagegen sollten Informationen durch ein Signal mit hoher Annehmlichkeit eingeleitet werden; in Betracht kommt daher der Gong, R 440 und S 440.

Eine Zusammenfassung der verschiedenen Entscheidungsgesichtspunkte für Vorwarntöne ergibt die in Abbildung 1.7 dargestellte Entscheidungsstrategie:

	Signale				
	R 880	S 880	Gong	R 440	S 440
kurze Reaktionszeit	+	+	+		
Aufmerksamkeit	++		+		
Annehmlichkeit			+	+	+
wenig Nicht-Reaktionen		(+)		(+)	
gute Unterscheidbarkeit	+		+		
	Sicherheits- meldungen		Infor- mationen		

Abb. 1.7: Entscheidungsstrategie

Wenn für die beiden Bereiche "Sicherheitsmeldungen" und "Verkehrsleitinformationen" verschiedene Signale verwendet werden, so müssen diese gut unterscheidbar sein. Unter Berücksichtigung der weiteren Kriterien "Aufmerksamkeit", "Reaktionsschnelligkeit" und "Annehmlichkeit" erscheint es sinnvoll, für das weitere experimentelle Vorgehen den Gong (für Informationen) und das Rechtecksignal mit 880 Hz (für Sicherheitsmeldungen) auszuwählen.

2. Vergleich von Vorwarntönen mit Vorwarnwörtern

Die Suche nach einem günstigen Vorwarnsignal hat zum Ziel, einen optimalen Beginn für die Sprachausgabe zu finden, der die Aufmerksamkeit des Kraftfahrers erregt und es ihm ermöglicht, sich auf die Meldung optimal einzustellen. Vorstellbar wäre ein Satz der Art "Hier spricht Ihr Sprachausgabesystem ...", doch wäre dies eine sehr umständliche und zeitaufwendige Vorwarnung.

Ein Vorwarnton (vergleichbar dem beim Verkehrsfunk verwendeten) erzeugt höhere Aufmerksamkeit als ein Wort, insbesondere, wenn der Fahrer sich mit Mitfahrern unterhält (Radiosendungen stellen ein geringeres Problem dar, da sie bei Sprachausgaben ohnehin Stummgeschaltet werden), wohingegen Wörter eine günstigere akustische und kognitive Voreinstellung des Fahrers erzielen (vgl. Vorstudie).

2.1. Experimentelle Fragestellung

Der Versuch Vorwarntöne/Vorwarnwörter soll zeigen, ob sich ein Vorwarnton, ein Vorwarnwort oder eine Ton-Wort-Kombination im praktischen Einsatz besser bewährt.

2.1.1. Vorwarnsignale

Auswahl der Vorwarntöne:

Aufgrund der Ergebnisse des Versuchs "Vorwarntöne" fiel die Auswahl auf die Signale Gong und R 880, wobei beabsichtigt ist, mit dem Gong die Verkehrsleitung betreffende Informationen einzuleiten, während für Warnungen der Rechteckton verwendet werden soll, da er die höchste Aufmerksamkeit erzielte.

Auswahl der Vorwarnwörter:

Basierend auf verschiedenen Überlegungen und Vorversuchen werden die Wörter "Achtung" und "Information" ausgewählt. Beide verfügen über einen hohen Aufforderungscharakter, ihr Verständlichkeitsindex (siehe Kap. 4.) ist günstig und sie weisen gute Unterscheidbarkeit auf.

Signale:

Da auch die entsprechenden Kombinationen von Vorwarntönen und -wörtern erprobt werden sollen, stehen folgende Signale zur Überprüfung an:

- Rechteckton mit 880 Hz
- Gong
- Wort "Achtung"
- Wort "Information"
- Rechteckton 880 Hz in Kombination mit Wort "Achtung"
- Gong in Kombination mit Wort "Information".

2.1.2. Kontextbedingungen

Die Signale werden unter folgenden Kontextbedingungen geprüft:

- Popmusik (74 dB)
- Nachrichten eines Rundfunksenders (74 dB)
- Geräusche, die beim Vorbeifahren an einer Allee entstehen (74 dB)
- Anfahrgeräusche eines Lastkraftwagens (74 dB)
- Unterhaltung von drei Mitfahrern (72 dB).

Popmusik wird verwendet, da sie sich bei den Musikbedingungen im Versuch "Vorwarntöne" als eine der schwierigsten herauskristallisierte - die Untersuchung der Signale soll ja unter möglichst extremen Bedingungen erfolgen, um weitreichende Gültigkeit zu erreichen. Aus diesem Grunde werden auch an- und abschwellige Geräusche, wie sie beim Durchfahren einer Allee entstehen und die stark dominierenden Geräusche beim Anfahren eines Lastkraftwagens in die Untersuchung einbezogen.

Während bei Popmusik und Nachrichtensendung eine Stummschaltung von 500 msec vor bis 500 msec nach dem Signal erfolgt, bleiben Außengeräusche (Allee und Lkw) und Mitfahrerunterhaltung während der Vorwarnung konstant erhalten, womit soweit wie möglich die reale Situation im Kraftfahrzeug simuliert wird.

Bei allen Kontextbedingungen wird zusätzlich ein Motorengeräusch von ca. 72 dB (Audi 100) eingespielt.

Wie Abbildung 2.1 zeigt, werden die 6 Signale unter allen Kontextbedingungen geprüft. Die Kontextbedingungen werden in kürzeren Sequenzen dargestellt, z.B. Popmusik, Nachrichten, Anfahrt Lkw, Popmusik,..., wobei die Vorwarnsignale in zufälliger zeitlicher Abfolge eingefügt werden.

Vorwarnsignale Kontext	R 880	Achtung	R 880 & Achtung	Gong	Inform.	Gong & Inform.
Popmusik Nachrichten Allee-Durchfahrt Anfahrt Lkw Mitfahrerunterhaltung						

Abb. 2.1: 5x6-Matrix der Signal- und Kontextbedingungen im Versuch "Vorwarntöne/Vorwarnwörter"

2.1.3. Versuchsaufbau

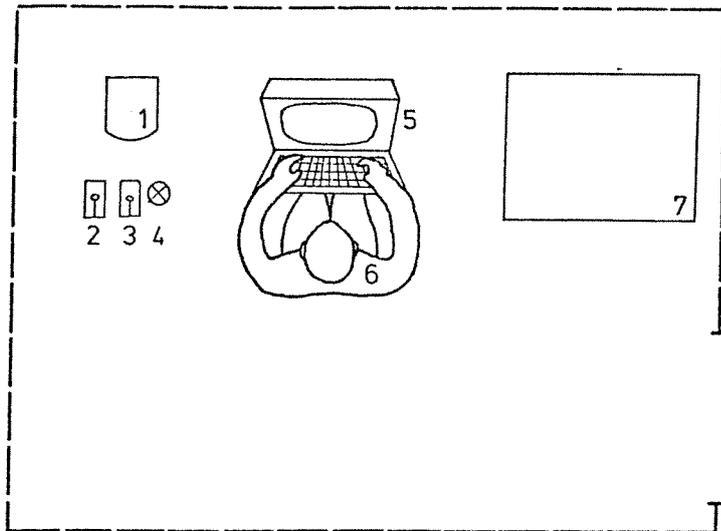
Auf Tonband werden die Wörter "Achtung" und "Information" in natürlicher Sprache aufgenommen; weiterhin der Rechteckton und der Gong (Signalcharakteristik analog zum Versuch "Vorwarntöne"). Bei den Kombinationen besteht zwischen Ton und Wort eine Pause von 500 msec. Die Signale werden mit ca. 75 dB dargeboten.

Die Versuchsperson nimmt in einem Fahrstand Platz, vor ihr befindet sich ein Bildschirm, auf dem die Trackingaufgabe (siehe 2.2.4. Aufgaben der Versuchspersonen) übertragen wird. Seitlich sind die beiden Lautsprecher zur Wiedergabe von Signal- und Kontextbedingungen aufgebaut.

Die akustische Reaktion (siehe 2.2.4.) des Probanden wird in den Rechneraum übertragen, vom Versuchsleiter geprüft und mittels Computer (Hewlett-Packard 2100 A) aufgezeichnet und ausgewertet. Die Reaktionszeit der Versuchsperson wird über einen Schwellwertschalter, der an das Mikophon gekoppelt ist, ermittelt. Der Regelfehler wird über ein Zeitintervall von jeweils 5 sec aufintegriert und dann eingelesen, wobei separate Werte für Zeiten mit und ohne Signalausgabe berechnet werden.

Gesteuert wird die Trackingaufgabe durch das MASYS-System.

Abbildung 2.2 zeigt den Versuchsaufbau, Abbildung 2.3 den zugehörigen Schaltplan.



Zeichenerklärung:

Rechnerraum

- 1 Lautsprecher zur Übertragung aus dem Versuchsraum
- 2 Taste (bei richtigen Reaktionen)
- 3 Taste (bei falschen Reaktionen)
- 4 Kontrollleuchte (Reaktion der Versuchsperson)
- 5 Terminal zur Dateneingabe
- 6 Versuchsleiter
- 7 Rechner

Versuchsraum

- 8 Versuchssteuerung (MASYS)
- 9 Mischpult
- 10 Tonband mit Signalen und verschiedenen Kontextbedingungen
- 11 Tonband mit Fahrgeräuschen
- 12 Lautsprecher (Signale und Kontextbedingungen)
- 13 Bildschirm für Regelaufgabe
- 14 Lenkrad
- 15 Mikrophon für die Antworten der Versuchsperson
- 16 Versuchsperson
- 17 Fahrstand
- 18 Lautsprecher für Fahrgeräusche

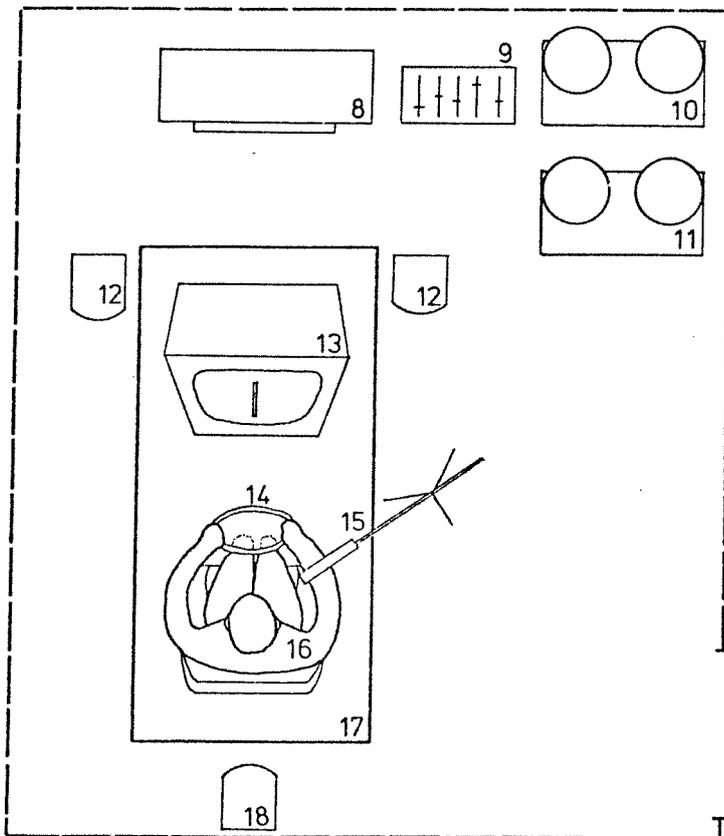


Abb. 2.2: Versuchsaufbau "Vorwarntöne/Vorwarnwörter"

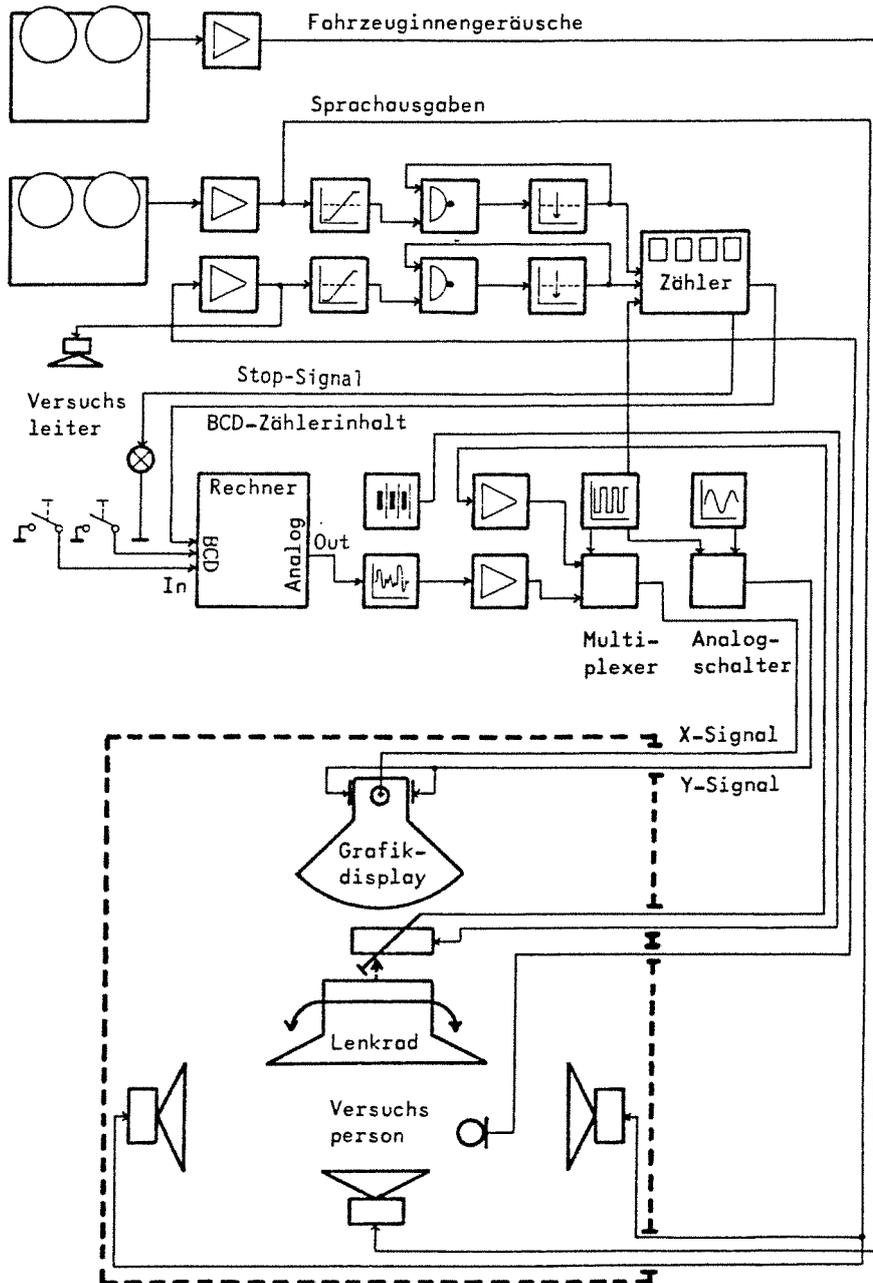


Abb. 2.3: Schaltplan zum Versuch "Vorwarntöne/Vorwarnwörter"

2.1.4. Aufgaben der Versuchspersonen

Trackingaufgabe:

Um die Aufmerksamkeit der Versuchsperson zu binden, wird das Experiment mit einer Trackingaufgabe gekoppelt. Vor dem Probanden ist ein Bildschirm aufgebaut, auf dem ein Leuchtzeiger mit unregelmäßiger Geschwindigkeit (Programm: Sinusschwingung mit wechselnder Amplitude, Bereich ± 20 cm)

von links nach rechts und umgekehrt bewegt wird.

Die Aufgabe des Probanden besteht darin, durch Bewegung eines Lenkrades einen zweiten Leuchtzeiger zu steuern, wobei die beiden Markierungen möglichst deckungsgleich zu halten sind (Folgetracking).

Der sich bei dieser Aufgabe ergebende Regelfehler ist definiert als Größe zwischen 0 und 32.700 Einheiten (Minimum - Maximum).

Mitfahrerunterhaltung:

Die Probanden sind instruiert, neben der Lenkaufgabe auch auf die Mitfahrerunterhaltung (eine der Kontextbedingungen) zu achten, deren Inhalt im Anschluß an das Experiment abgefragt wird. Der dazu erstellte Fragebogen setzt sich aus 13 Multiple-Choice Fragen zusammen. Das Kriterium für aufmerksames Zuhören wird in Vorversuchen (ohne Lenkaufgabe) auf 10 richtig beantwortete Fragen festgesetzt.

Akustische Reaktion der Versuchsperson:

Die wichtigste Aufgabe der Versuchsperson ist, auf die Vorwarnung akustisch zu reagieren, und zwar

- mit dem Wort "Unfall" auf die Signale R 880, "Achtung", R 880 & "Achtung"
- mit dem Wort "Umleitung" auf die Signale Gong, "Information", Gong & "Information".

Zunächst wurde erwogen, die Versuchsperson mittels Tastendruck reagieren zu lassen, doch ist bei dieser Methode zu vermuten, daß sich Automatismen bilden, die ohne höhere kognitive Prozesse ablaufen. Ziel der Vorwarnung ist jedoch, eine kognitive Voreinstellung des Kraftfahrers zu erwirken, weshalb eine verbale Reaktion zu bevorzugen ist.

Bei der Reaktion der Versuchsperson kommt es sowohl auf Schnelligkeit, als auch auf die Richtigkeit der Antwort an. Die Reaktionszeituhr wird über ein Mikrophon mit angeschlossenen Schwellwertschalter gestoppt, weshalb es erforderlich ist, Worte mit explosiven Lauten am Wortanfang zu verwenden. Als weiterer Gesichtspunkt bei der Auswahl der Reaktionsworte ist zu berücksichtigen, daß die Personen sich erst entscheiden müssen um dann zu reagieren. Ein Satz oder Halbsatz, bestehend aus mehreren Wörtern, ist deshalb weniger gut geeignet.

Schließlich muß der logische und semantische Zusammenhang zwischen den verbalen Signalen und den Antwortalternativen in etwa gleich sein. Bei Vorversuchen erwies es sich als ungünstig, auf die Vorwarnung "Achtung" mit dem Wort "Gefahr" und auf die Vorwarnung "Information" mit dem Wort "Verkehrsleitung" antworten zu lassen, da sich die Assoziation zwischen

Achtung und Gefahr als wesentlich stärker herausstellte, als die zwischen Information und Verkehrsleitung. Eine experimentell sophistizierte Methode wäre hier, mit sinnlosen Silben antworten zu lassen, doch erscheint es mit Blick auf die spätere Anwendung und zur Prüfung der kognitiven Voreinstellung günstiger, Wörter zu wählen, die in einem inhaltlichen Zusammenhang zu den Vorwarnungen stehen.

Schließlich sollen weder Vorwarnwörter noch Vorwarntöne durch die Reaktionsalternativen begünstigt werden. Inhaltlich wäre es zwar sinnvoll, auf das Vorwarnwort "Achtung" mit der Reaktion "Achtung" antworten zu lassen, doch wäre in diesem Falle der Ton R 880 kognitiv eindeutig benachteiligt.

Aufgrund all dieser Überlegungen ist es am günstigsten, die beiden Wörter "Unfall" und "Umleitung" zu wählen. Das Wort "Umleitung" steht in einem inhaltlichen Zusammenhang mit der Ankündigung "Information", die später evtl. eine Wegleitinformation ankündigen soll. Das Wort "Unfall" steht zwar mit der später beabsichtigten Bedeutung des Wortes Achtung nicht in direktem Einklang, doch existiert einerseits ein enger inhaltlicher Zusammenhang zwischen Achtung und Unfall, andererseits garantiert derselbe Vokal am Wortanfang der beiden Reaktionswörter eine exakte Reaktionszeitmessung.

Versuchsanweisung:

Die Versuchspersonen werden angewiesen,

- die Regelaufgabe (Folgetracking) möglichst korrekt durchzuführen
- das Gespräch mitzuverfolgen
- möglichst schnell und vor allem richtig auf die verschiedenen Vorwarnsignale akustisch zu reagieren.

Übungsphase:

Die Probanden haben beliebig lange Zeit, die Folgetrackingaufgabe zu üben, und die Zuordnung von Signalen zu Reaktionen zu erlernen.

2.1.5. Versuchspersonen

Der Versuch wird mit 20 Personen durchgeführt, 10 von ihnen sind zwischen 19 und 48 Jahre alt (durchschnittlich 27,1), 10 haben das 49. Lebensjahr vollendet (49 - 68 Jahre, durchschnittlich 55,8). 6 Versuchsteilnehmer sind weiblichen, 14 männlichen Geschlechts.

2.1.6. Abhängige Variablen

Abhängige Variablen sind

- die Anzahl richtiger bzw. falscher Reaktionen auf die Vorwarnsignale
- Reaktionszeiten auf die verschiedenen Vorwarnungen
- Fehler beim Fragebogen zur Mitfahrerunterhaltung
- Regelfehler beim Folgetracking, gemessen während den Vorwarnungen (incl. Antwortzeiten) bzw. in den Zeitabschnitten ohne Signale.

2.2. Ergebnisse

2.2.1. Aufmerksamkeit bei der Beifahrerunterhaltung

Wie bereits dargelegt, ist eine der Kontextbedingungen eine Unterhaltung von drei Beifahrern. Gemäß Instruktion sollen die Probanden auf das Gespräch achten und im Anschluß an den Versuch einen Multiple-Choice-Fragebogen ausfüllen. Als Kriterium für aufmerksames Zuhören ist in Vorversuchen die richtige Beantwortung von 10 der 13 Fragen festgesetzt worden.

Die Fehlerverteilung geht aus Tabelle 2.1 und Abbildung 2.4 hervor:

Anzahl der Fehler	0	1	2	3	4	5
jüngere Vpn	3	3	3	1	0	0
ältere Vpn	2	4	0	1	2	1
Fehler insgesamt	5	7	3	2	2	1

Tab. 2.1: Anzahl der Fehler beim Fragebogen zur Beifahrerunterhaltung, bei jüngeren bzw. älteren Versuchspersonen

Während die jüngeren Versuchspersonen das Kriterium für aufmerksames Zuhören erfüllen, ist dies nur bei 7 von 10 älteren Probanden der Fall. Offensichtlich ist die Aufmerksamkeit von drei Älteren durch das Folgetracking und die Reaktionsaufgabe so stark gebunden, daß für das Anhören der Beifahrergespräche keine Kapazität frei bleibt.

Eine ebenfalls denkbare Ursache für dieses Ergebnis könnte das geringere Erinnerungsvermögen der älteren Versuchspersonen sein. Die Kontextbedingung "Mitfahrerunterhaltung" wurde zwar als letzte dargeboten, um Gedächtnis-

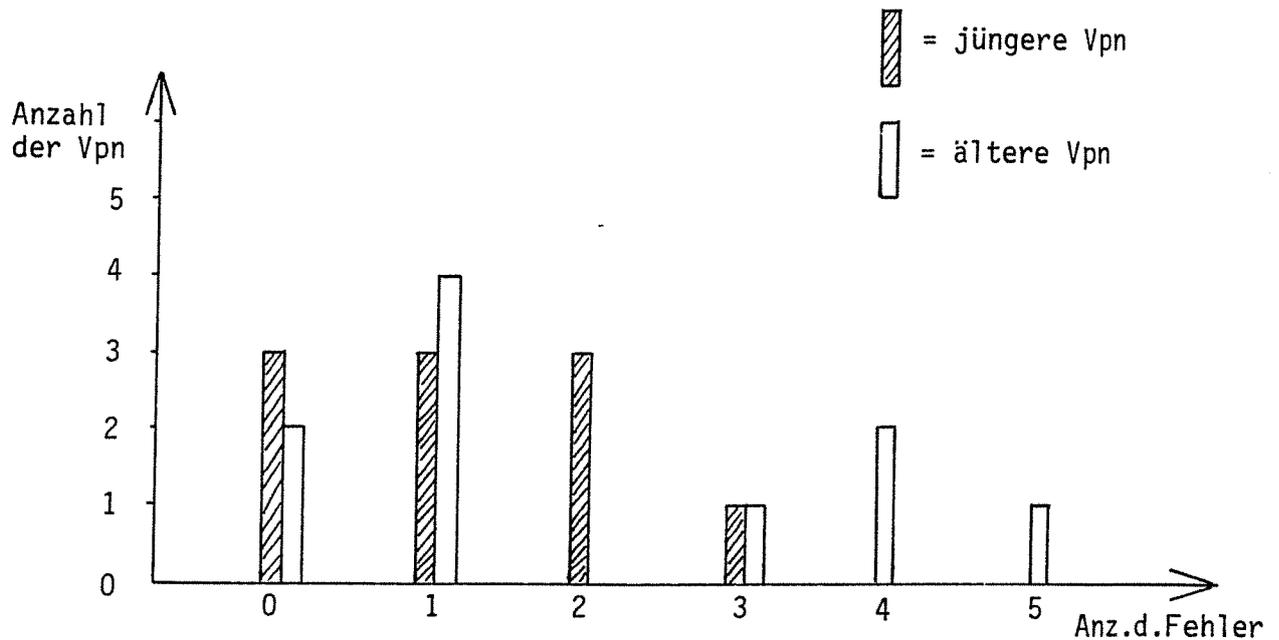


Abb. 2.4: Fehler bei der Beifahrerunterhaltung

effekte nach Möglichkeit zu eliminieren, doch muß eine endgültige Klärung des Problems bis zum Versuch "Verarbeitung in komplexen Situationen" (Kap. 10.) zurückgestellt werden.

2.2.2. Regelfehler beim Folgetracking

Zur Prüfung, ob eine Signalausgabe (incl. darauffolgender Antwortreaktion) Auswirkungen auf das Lenkverhalten beim Folgetracking hat, wird der t-Test herangezogen:

Mittlerer Regelfehler während der Signalausgabe
versus mittlerer Regelfehler sonst: $t = 7,29^*$ signifikant
 $\alpha = 0,05$.

Dies bedeutet, daß die Variable unter der Bedingung "Signalausgabe" signifikant größere Werte annimmt als unter "Normalbedingungen". Auch die Standardabweichung des Regelfehlers ist unter der erstgenannten Bedingung signifikant höher ($t = 4,21$ signifikant).

Werden die Probanden in zwei Altersgruppen unterteilt, so kann die obige Aussage bestätigt werden:

$$t_{\text{jüngere Vpn}} = 5,73^* \quad \text{signifikant,} \quad \alpha = 0,05$$
$$t_{\text{ältere Vpn}} = 4,68^* \quad \text{signifikant,} \quad \alpha = 0,05.$$

Ein Vergleich zwischen jüngeren und älteren Personen ergibt beim Folgetracking dagegen keine signifikanten Unterschiede ($t = 1,07$; n.s.).

Insgesamt ist festzuhalten, daß der Regelfehler signifikant zunimmt, sobald ein Vorwarnsignal ausgegeben wird. Wie die Ergebnisse zeigen, sind jüngere Personen bei der kombinierten Aufgabe "Folgetracking / Aufnahme und Reaktion auf den akustischen Reiz" nicht besser als ältere Versuchspersonen. Die signifikant größere Standardabweichung unter der Bedingung "Signalausgabe" deutet darauf hin, daß einzelne Personen mit der simultanen Bewältigung beider Aufgaben gut zurechtkommen, während sich anderen größere Probleme stellen. Im Gegensatz dazu sind unter "Normalbedingungen" (nur Folgetracking) keine Unterschiede zwischen den Probanden feststellbar.

2.2.3. Reaktionszeitmessung (Mittelwerte)

Tabelle 2.2 zeigt die mittleren Reaktionszeiten bei den verschiedenen Signalen, gemessen über die fünf Kontextbedingungen:

Signale	Wort Achtung	Ton R 880	Wort Information	Gong	Gong & Information	R 880 & Achtung
mittlere Reaktions- zeit	1285	1602	1625	1731	1808	1882 msec

Tab. 2.2: Mittlere Reaktionszeiten der verschiedenen Signale

Die kürzesten Reaktionszeiten sind beim Wort "Achtung" zu verzeichnen, gefolgt vom Rechteckton mit 880 Hz, dem Wort "Information", dem Gong, von der Kombination aus Gong und "Information" und, an letzter Stelle, R 880 und "Achtung". Abbildung 2.5 zeigt dieses Ergebnis in graphischer Darstellung, wobei zusätzlich die Standardabweichungen eingetragen sind.

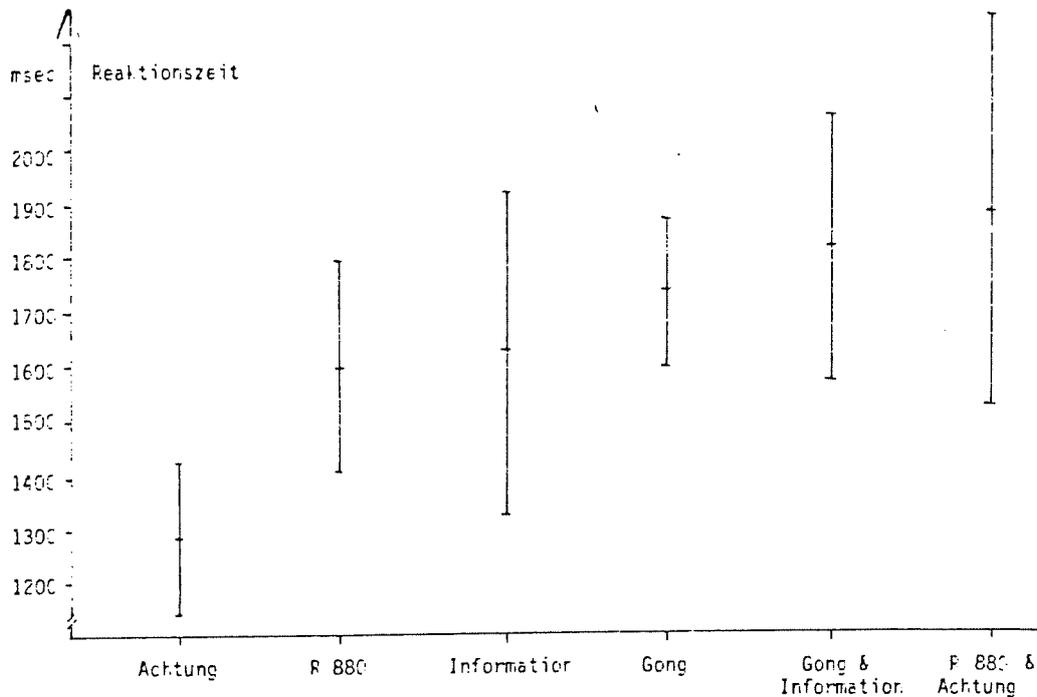


Abb. 2.5: Mittlere Reaktionszeiten und Standardabweichungen der verschiedenen Vorwarnsignale

Interessanterweise ergibt sich auch hier bei der Prüfung der Mittelwertunterschiede keine signifikante Differenz zwischen jüngeren und älteren Versuchspersonen ($|t| = 1,34$; nicht sign.).

2.2.4. Reaktionszeitmessung (Varianzanalyse)

Mittelwertsdifferenz der einzelnen Signale	F = 1,25 $\alpha = 0,05$ nicht sign.
Mittelwertsdifferenz der einzelnen Kontexte	F = 0,19 $\alpha = 0,05$ nicht sign.
Wechselwirkung Signal/Kontext	F = 18,98 * $\alpha = 0,05$ sign.

Tab. 2.3: Ergebnisse der Varianzanalyse

Die Varianzanalyse ergibt, daß zwischen den sechs untersuchten Signalen bezüglich der Reaktionszeiten keine signifikanten Unterschiede festzustellen sind. Gleiches gilt für die fünf Kontextbedingungen. Die individuellen Unterschiede sind folglich größer als die zwischen den Signalen

(bzw. den Kontexten) bestehenden Unterschiede.

Allerdings sind hinsichtlich der Wechselwirkung zwischen Signal und Kontext Unterschiede zu finden, d.h., es besteht zwischen der Art des Signals und dem Hintergrundgeräusch eine Abhängigkeit. Diese Aussage ist jedoch für die praktische Anwendung ohne Konsequenz, da die Kontextbedingungen im Fahrzeug nicht beeinflussbar sind, bzw. nicht in Abhängigkeit vom Kontextgeräusch unterschiedliche Vorwarnungen ausgegeben werden können.

2.2.5. Vergleich der Reaktionszeiten (t-Test)

Bei der weiteren Auswertung werden die Reaktionszeiten jeweils zweier Signale verglichen. Mittels t-Test wird die Hypothese geprüft, es existiere keine Mittelwertsdifferenz zwischen den beiden Vorwarnreizen:

zweiseitige Fragestellung: $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$.

Vergleich der Signale	t	Entscheidung
R 880 : (R 880 & Achtung)	3,88	H_0 zurückweisen
R 880 : Achtung	3,57	H_0 zurückweisen
Achtung : (R 880 & Achtung)	5,38	H_0 zurückweisen
Gong : Information	1,57	H_0 nicht zurückweisen
Gong : (Gong & Information)	1,43	H_0 nicht zurückweisen
Information : (Gong & Inform.)	2,05	H_0 nicht zurückweisen
Töne : Wörter	4,37	H_0 zurückweisen
Töne : Ton-Wort-Kombination	3,65	H_0 zurückweisen
Wörter : Ton-Wort-Kombination	4,46	H_0 zurückweisen

Tab. 2.4: Ergebnisse des t-Tests

($t_{0,05; 19} = 2,09$ bei zweiseitiger Fragestellung)

Die Reaktionszeiten bei der Kombination aus dem Rechteckton 880 Hz und dem Wort "Achtung" sind signifikant länger als beim Rechteckton 880 Hz. R 880 wiederum weist signifikant längere Reaktionszeiten als das Wort "Achtung" auf.

Wort "Achtung" < Ton R 880 < Kombination aus R 880 & "Achtung"
--

Zwischen dem Gong, dem Wort "Information" und der Kombination aus beidem ergeben sich keine signifikanten Unterschiede.

Werden die Daten der Wortsignale ("Achtung", "Information"), der Tonsignale (R 880, Gong) und der beiden Kombinationen zusammengefaßt, so ergeben sich die signifikant kürzesten Reaktionszeiten bei den Wörtern.

Wörter	< Töne	< Ton-Wort-Kombinationen
--------	--------	--------------------------

2.2.6. Auswertung der Fehlreaktionen

Bei 600 Versuchsdurchgängen (6 Signale x 5 Kontextbedingungen x 20 Vpn) ist in fünf Fällen keine Reaktion der Versuchsperson zu registrieren.

Signal Hintergrund	R 880	Acht.	R 880 & Acht.	Gong	Inform.	Gong & Inf.	Summe
Musik (Pop)							
Nachrichten	1				1		2
Beifahrerunt.							
Anf. Lkw	3						3
Allee Vorbeif.							
Summe	4				1		5

Tab. 2.5: Situationen, in welchen keine Reaktion der Vp erfolgte

Tabelle 2.5 veranschaulicht, daß die Nicht-Reaktionen viermal beim Signal R 880 und einmal beim Wort "Information" auftraten.

Diese Ergebnisse entsprechen keineswegs den Erwartungen: zum einen haben wir unter der Kontextbedingung "Nachrichten" eine größere Anzahl von Fehlreaktionen bei Wortwarnungen erwartet, da zwischen Wort und Kontext eine starke Affinität besteht; zum anderen überrascht, daß gerade der Rechteckton unter den Bedingungen "Nachrichten" und "Lkw-Geräusch" überhört wird. Wegen der schwierigen Identifizierbarkeit wäre dies eher für die Kontextbedingung "Musik" zu vermuten gewesen.

Falsche Reaktionen, bei welchen die Probanden beispielsweise anstelle des Wortes "Unfall" "Umleitung" verwendeten, treten in 20 von 600 Versuchsdurchgängen auf und verteilen sich wie folgt:

Signal Hintergrund	R 880	Acht.	R 880 & Acht.	Gong	Inform.	Gong & Inf.	Summe
Musik (Pop)		1	2	1		1	5
Nachrichten	1	1					2
Beifahrerunt.	3	1			1		5
Anf. Lkw	1	4			1		6
Allee Vorbeif.			2				2
Summe	5	7	4	1	2	1	20

Tab. 2.6: Falsche Reaktionen

Während sich bei Signalen, die für Verkehrsleitinformationen vorgesehen sind (Gong, "Information", Gong & "Information"), eine geringe Quote von falschen Reaktionen ergibt (4 von 600), zeigt sich bei den Signalen R 880, "Achtung" und der Kombination ein wesentlich ungünstigeres Bild: 16 falsche Reaktionen, die sich über alle Kontextbedingungen verteilen.

Abbildung 2.6 faßt die besprochenen Fehlreaktionen zusammen:

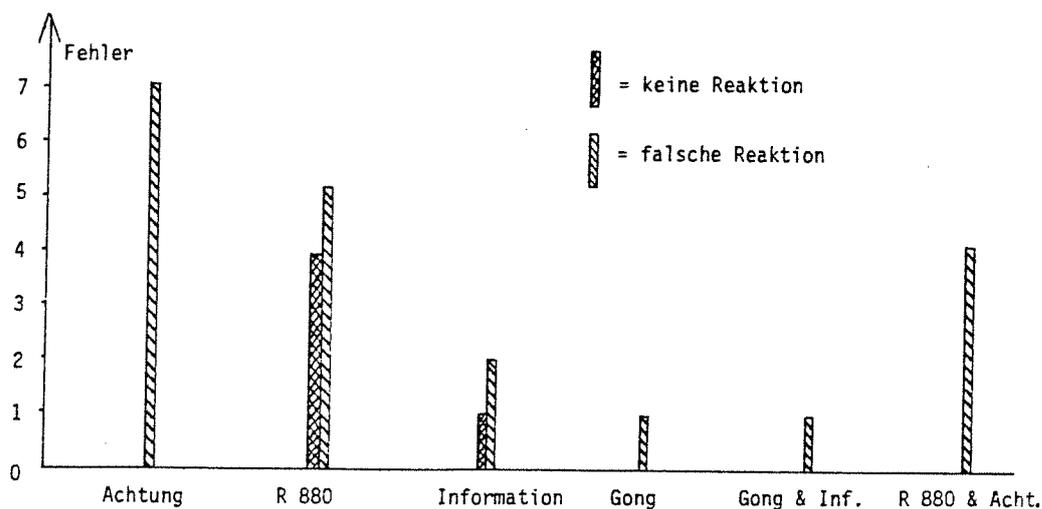


Abb. 2.6: Fehlreaktionen beim Versuch "Vorwarntöne / Vorwarnwörter"

Ein Vergleich obiger Graphik mit Abbildung 2.5 verdeutlicht folgenden Trend: je kürzer die Reaktionszeiten, desto höher ist die Anzahl der falschen Reaktionen.

Die Auswahl von Vorwarnsignalen für den Einsatz in Sprachausgabegeräten

wird daher in hohem Maße von der Gewichtung der Reaktionszeit bzw. der -sicherheit abhängen.

2.3. Zusammenfassung und Diskussion (1. Versuchsdurchgang)

Die Ergebnisse des hier durchgeführten Experimentes sind wie folgt zusammenzufassen:

Aufmerksamkeit:

Bei der Kontextbedingung "Beifahrerunterhaltung" gelingt es drei von zehn älteren Probanden nicht, dem Gespräch aufmerksam zu folgen.

Regelfehler beim Folgetracking:

Der Regelfehler beim Folgetracking nimmt signifikant zu, wenn ein Vorwarnsignal gesetzt wird. Dies gilt sowohl für jüngere als auch für ältere Versuchsteilnehmer.

Reaktionszeiten (Mittelwerte):

Bezüglich der mittleren Reaktionszeiten ergibt sich die Rangfolge:

"Achtung" < R 880 < "Information" < Gong < Gong & "Information" < R 880 & "Achtung". Zwischen jüngeren und älteren Versuchspersonen sind keine signifikanten Unterschiede feststellbar.

Vergleich der Reaktionszeiten (t-Test):

"Achtung" < R 880 < Kombination von R 880 & "Achtung" (signifikant)

"Information" \approx Gong \approx Kombination von Gong & "Information"

Wörter < Töne < Ton-Wort-Kombinationen (signifikant)

d.h., bei Wörtern ergeben sich kürzere Reaktionszeiten als bei Tönen und Ton-Wort-Kombinationen.

Fehlreaktionen:

Bei insgesamt 600 Signaldurchgängen sind bei R 880 vier, beim Wort "Information" eine Nicht-Reaktion aufgetreten.

In 20 Fällen antworteten die Probanden mit dem falschen Reaktionswort, wobei Fehlerhäufungen bei den Signalen "Achtung", R 880 und R 880 & "Achtung" zu verzeichnen sind.

Es ist äußerst schwierig, aufgrund dieser Ergebnisse zu einer allgemein akzeptablen Entscheidung zu gelangen, da gerade die Signale mit kurzen Reaktionszeiten, insbesondere das Wort "Achtung", eine relativ hohe Feh-

lerzahl produzieren.

Dies könnte entweder durch Streßwirkung des Wortes "Achtung" bedingt sein, die zu einer schnellen, aber unspezifischen Reaktion führt, oder durch eine geringe Assoziationstärke der Wörter "Achtung" - "Unfall", verglichen mit "Information" - "Umleitung".

Zur Überprüfung dieser Fragen wird eine zweite Versuchsserie durchgeführt.

2.4. Zweiter Versuchsdurchgang: Vorwarntöne / Vorwarnwörter

2.4.1. Geänderte Instruktion

Der Versuchsaufbau bleibt wie bisher erhalten, lediglich die Instruktion der Versuchsperson wird geändert. Anstelle des Wortes "Unfall" als Reaktion auf die Signale R 880, "Achtung", R 880 & "Achtung" tritt nun das Wort "Umleitung". Auf den Gong, das Wort "Information" und die Kombination aus beidem hat nun das Reaktionswort "Unfall" (vorher "Umleitung") zu erfolgen.

2.4.2. Ergebnisse des zweiten Versuchsdurchganges

Regelfehler beim Folgetracking:

Die Regelfehler beim Folgetracking sind während der Ausgabe des Wortes "Achtung" nicht größer als bei den anderen Vorwarnsignalen. So erbrachte beispielsweise ein statistischer Vergleich zwischen "Achtung" und dem sicherlich keinen Streß erzeugenden Gong einen $|t|$ -Wert von 1,60, dies bedeutet bei einer Prüfgröße von $t_{(9; 0,05)} = 2,26$ keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Signalen.

Reaktionszeiten (Mittelwerte):

Abbildung 2.7 zeigt die mittleren Reaktionszeiten des ersten und des zweiten Versuchsdurchganges (n = 10 Versuchspersonen, davon 6 jüngere, 4 ältere Teilnehmer).

Sie verdeutlicht, daß insbesondere die Reaktionszeiten des Vorwarnwortes "Achtung" deutlich angestiegen sind.

Die stärkste Streuung ist bei R 880 & Achtung (s = 832) und bei Achtung (s = 799) zu verzeichnen.

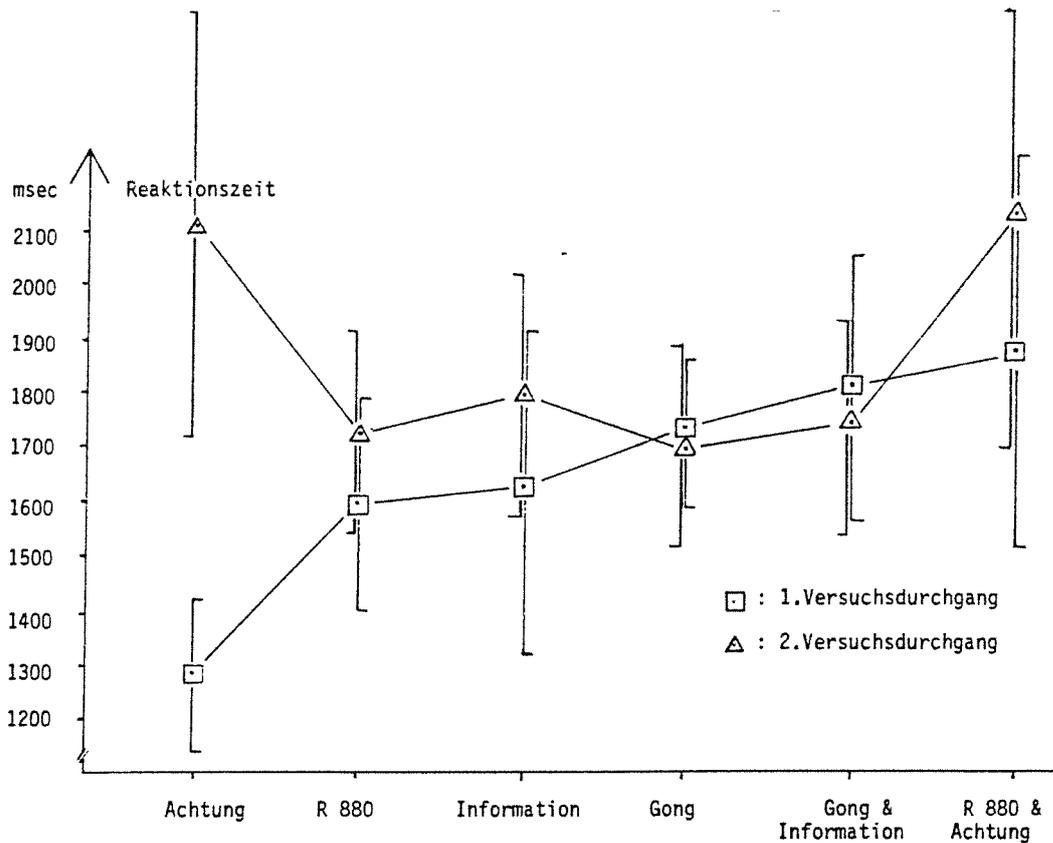


Abb. 2.7: Vergleich der mittleren Reaktionszeiten beim ersten und beim zweiten Versuchsdurchgang

Fehlreaktionen:

Falsche Reaktionen (Verwechslungsfehler) treten beim Vorwarnwort "Achtung" etwa gleich häufig auf wie beim ersten Versuchsdurchgang (bezogen auf das Vorkommen des Wortes: hier 6 %, dort 7 %).

Während sich die Versuchspersonen beim ersten Versuchsdurchgang kaum versprachen (konnte zahlenmäßig vernachlässigt werden!), sind nun häufig Antworten wie "Um-Unfall" oder "äh-Unfall" zu protokollieren (vgl. Abb.2.8). Diese Reaktionsunsicherheiten deuten darauf hin, daß die im 2. Versuch verwendeten Verbindungen R 880 & "Achtung" → "Umleitung", Gong & "Information" → "Unfall" eine geringere assoziative Verknüpfung aufweisen als die im 1. Versuch verwendeten.

Die Hypothese, "Achtung" sei mit "Unfall" schlechter assoziiert als "Information" mit "Umleitung" (1. Experiment), kann aufgrund der Ergebnisse des zweiten Experiments nicht aufrecht erhalten werden, da sowohl die Fehlerzahl als auch die längere Reaktionszeit auf das Wort "Achtung" Indiz für eine schlechtere Koppelung der Reiz-Reaktions-Verbindung beim zweiten Versuch sind. "Achtung" und "Unfall" sind folglich ebenso gut

assoziiert wie "Information" und "Unfall".

Eine weitere Hypothese, die die Daten des ersten Experiments nahe legen, lautet: "Achtung" führe zu Streß und verursache dadurch schnelle, aber fehlerbehaftete Reaktionen. Um diese Annahme zu bestätigen, müßten im zweiten Experiment beim Vorwarnwort "Achtung" ebenfalls kurze Reaktionszeiten und hohe Fehlerzahlen auftreten.

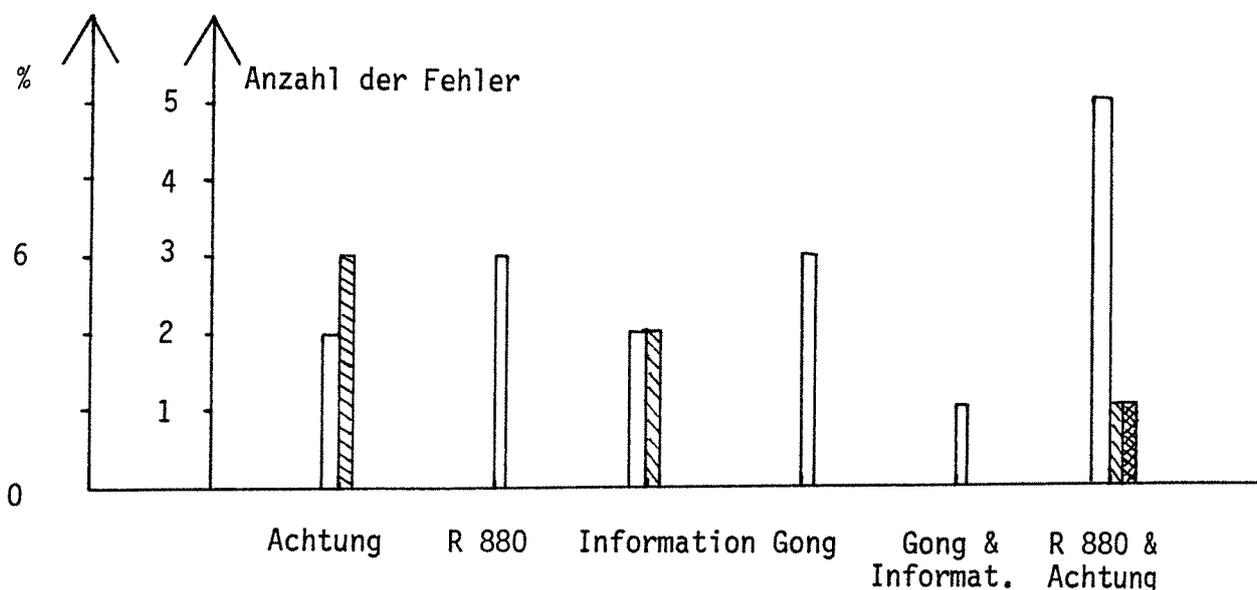


Abb. 2.8: Fehlreaktionen beim 2. Versuchsdurchgang

□ : Versprecher ▨ : falsche R. ▩ : keine Reaktion

Wie die Abbildungen 2.7 und 2.8 zeigen, blieb zwar die Fehlerrate gleich, doch stieg die Reaktionszeit deutlich an. Die oben angeführte Hypothese kann damit nicht voll bestätigt werden.

Im zweiten Versuchsdurchgang ist die Fehlerrate bei R 880 & "Achtung" höher als bei R 880, im Gegensatz zum ersten Experiment.

Bei der genannten Kombination sind auch die Reaktionszeiten signifikant höher, während sich bei den anderen Signalen keine statistisch bedeutsamen Unterschiede herauskristallisieren (vergleiche Tabelle 2.7).

Eine plausible Erklärung für die verlängerte Reaktionszeit beim Vorwarnwort "Achtung" im zweiten Versuch ist die schwächere Assoziation von "Achtung" mit "Umleitung", die erst Überlegung erfordert, ehe eine Reak-

Vergleich der Signale	t	Signifikanz
R 880 : Achtung	2,01	nicht sign.
R 880 : (R 880 & Achtung)	2,29	signifikant
Achtung : (R 880 & Achtung)	0,11	nicht sign.
Gong : Information	1,03	nicht sign.
Gong : (Gong & Information)	0,66	nicht sign.
Inform. : (Gong & Information)	0,47	nicht sign.

Tab. 2.7: Ergebnisse des t-Tests ($t_{(0,05; 9)} = 2,26$), 2. Versuch

tion möglich wird.

Die Zunahme der Fehler bei "Achtung" bzw. R 880 & "Achtung", im Vergleich zu R 880 ohne Zusatz, läßt auf streßinduzierende Wirkung des Wortes "Achtung" schließen.

2.5. Entscheidung

Als Kriterien für die Auswahl der Signale sind zu berücksichtigen:

1. Das Signal muß schnell und sicher erkannt werden.
2. Leistet ein einzelnes Signal ebensoviel wie eine Kombination, so ist aus Gründen der Sparsamkeit das einzelne Signal vorzuziehen.
3. Da Sprachausgaben seltene, für den Fahrer relativ unvermittelt auftretende Ereignisse sind, und man sich einer akustischen Information zudem schlechter entziehen kann als einer optischen, darf die Vorankündigung keinesfalls zu Schreck- oder Streßreaktionen führen.

"Achtung" sollte als Vorwarnwort ausgeschieden werden, da es in beiden Versuchsserien relativ viele Fehlreaktionen sowie Inkonsistenzen bezüglich der Reaktionszeit aufweist. Es ist zu befürchten, daß Fahrer in kritischen Verkehrssituationen zu übereilten Reaktionen veranlaßt werden.

Auch die Kombination aus einem Rechteckton mit 880 Hz und dem Wort "Achtung" hat sich nicht als günstig erwiesen: sie brachte die längsten Reaktionszeiten, relativ viele Fehlreaktionen im 1. Versuchsdurchgang sowie eine Nicht-Reaktion im zweiten Experiment hervor.

Die Reaktionszeiten für R 880, Gong, Wort "Information" und Gong & "Information" liegen im mittleren Bereich.

Für eine Verwendung der Gong-Wort-Kombination ist anzuführen:

- sie wurde in keinem Falle überhört
- hier ist die geringste Anzahl von Falschreaktionen zu verzeichnen
- sie hebt sich von Rundfunksendungen, Verkehrsfunkdurchsagen u.ä. deutlich ab.

Auch der Gong schneidet bei der Fehleranalyse günstig ab, wohingegen das Vorwarnwort "Information" beim ersten Versuch einmal überhört wurde, beim zweiten zwei Falschantworten zu verzeichnen waren. Gewichtet man den Gesichtspunkt der Reaktionssicherheit hoch, so muß es zurückgestellt werden.

Der Rechteckton mit 880 Hz ist auszusondern, da er im ersten Experiment vier Nicht-Reaktionen (dies ist die höchste Zahl) und viele Falschreaktionen produzierte.

Von den untersuchten Signalen sind für den Einsatz im Sprachausgabegerät

- der Gong sowie
- die Kombination aus Gong & Wort "Information" zu empfehlen.

Gemäß der ursprünglichen Idee, ein Signal für fahrzeug- und umfeldbezogene Meldungen und ein zweites für Verkehrsleitinformationen vorzusehen, könnte nun der Gong für die Erstgenannten, Gong & "Information" für die Zweitgenannten herangezogen werden.

Eine einfachere Realisierung ist, den Gong zur Ankündigung aller Meldungen zu verwenden. Bei dieser Version könnte die kognitive und akustische Voreinstellung des Fahrers durch eine entsprechende sprachliche Gestaltung der Sprachausgaben erreicht werden, beispielsweise durch die Verwendung von Sätzen (anstelle von Statements), bei welchen das erste Wort diese Funktion übernimmt.

3. Notwendigkeit von Handlungshilfen

3.1. Befragung von Führerscheininhabern

Ziel der Befragung ist, den Wissensstand der Autofahrer, die erforderlichen Handlungen beim Auftreten von Defekten am Fahrzeug o.ä. betreffend, zu erkunden. Entsprechend kann sich die Sprachausgabe mit der Beschreibung des eingetretenen Zustandes (z.B. "Öldruck zu niedrig") begnügen oder dem Fahrer Handlungshilfen zur Verfügung stellen.

Bisher sprachen für Handlungshilfen:

- die Ergebnisse der Literaturanalyse (siehe Vorstudie);
- die akustische Ausgabe bietet sich geradezu an, Handlungshinweise zu geben - im Kontrast zu optischen Anzeigen;

Gegen Handlungshilfen sprachen evtl. Akzeptanzprobleme (vgl. Vorstudie).

Befragt wurden 100 Führerscheininhaber, wobei verschiedene (Problem-) Gruppen angemessen zu berücksichtigen waren:

- Personen mit geringer Fahrerfahrung (Kriterium: seit Besitz der Fahrerlaubnis Klasse III nicht mehr als 15.000 km selbst gefahren), n = 20;
- ältere Fahrzeugführer (Kriterium: über 50 Jahre alt), n = 20;
- Personen mit relativ großer Fahrerfahrung im Altersbereich zwischen 18 und 50, n = 60.

Jede Gruppe setzte sich zu jeweils gleichen Teilen aus männlichen bzw. weiblichen Führerscheininhabern zusammen.

Die Befragten erhielten eine Liste aller für Sprachausgaben in Betracht kommender Meldungen (reine Zustandsbeschreibung) sowie die im folgenden abgedruckten "Hinweise zur Bearbeitung des Fragebogens":

"Stellen Sie sich bitte folgendes vor: Sie sind seit kurzem Besitzer eines Fahrzeugs, das über ein Kontrollsystem (Überwachung des Fahrzeugs) verfügt, und in der Lage ist, unterschiedliche Störungen anzuzeigen. Im Gegensatz zum bisherigen technischen Standard leuchten nicht nur Kontrollämpchen für Öldruck, Handbremse, usw. auf, sondern Ihr Fahrzeug gibt die Meldungen über den Fahrzeugzustand und das Umfeld des Fahrzeugs mittels eines Sprachausgabe-Gerätes, des sogenannten "sprechenden Computers", aus.

Da dies in naher Zukunft möglich ist, möchten wir erfahren, welche Maßnahmen Sie als Kraftfahrer ergreifen, wenn Sie eine der Meldungen erhalten, die auf der nächsten Seite aufgelistet sind.

Versuchen Sie bitte im folgenden möglichst genau und möglichst kurz zu beschreiben, was Sie in den genannten Fällen tun und wann Sie es tun."

Dieser Instruktion folgt die Liste:

Von Ihrem Sprachausgabegerät erhalten Sie folgende Mitteilung -
was tun Sie?

1	"Die Kennzeichenbeleuchtung ist ausgefallen"
2	"Ein Bremslicht funktioniert nicht"
3	"Der Blinker ist defekt"
4	"Ein Scheinwerfer ist defekt" (es ist Nacht)
5	"Das Aufladen der Batterie funktioniert nicht - Ladekontrolle im kritischen Bereich"
6	"Der Öldruck ist zu niedrig"
7	"Die Öltemperatur ist zu hoch"
8	"Die Kühlwassertemperatur ist zu hoch"
9	"Der Tankinhalt ist im Reservebereich"
10	"Der Choke ist gezogen" (bei warmem Motor)
11	"Ein Bremskreis ist ausgefallen"
12	"Die Bremsbeläge sind abgerieben"
13	"Das Antiblockier-System ist ausgefallen"
14	"Die Handbremse ist angezogen" (während der Fahrt)
15	"Die Servobremse funktioniert nicht"
16	"Die Servolenkung ist ausgefallen"
17	"Der Reifendruck ist zu niedrig"
18	"Der Reifendruck ist zu hoch"

19

"Teile des Kontrollsystems zur Überwachung der Fahrzeugfunktionen funktionieren nicht einwandfrei"

20

"Es besteht Aquaplaning-Gefahr"

21

"Es besteht die Gefahr der Glättebildung"

22

"Der Sicherheitsgurt ist nicht angelegt"

Halten Sie es für sinnvoll, wenn Ihnen Ihr "sprechender Computer" auch gleich mitteilt, was Sie in den entsprechenden Fällen tun sollen?

ja

nein

Für die statistische Auswertung benötigen wir noch folgende Angaben:

Ihr Alter: _____ Jahre

Seit wann haben Sie den Führerschein Klasse 3 (Pkw)? Seit _____

Wieviele Kilometer fahren Sie durchschnittlich pro Jahr? _____ km/Ja

Sind Sie, seit Sie die Fahrerlaubnis Klasse 3 besitzen, mehr als 15.000 km (insgesamt) selbst gefahren?

ja

nein

Geschlecht: männlich

weiblich

Beruf: _____

3.2. Ergebnisse der Befragung

Diese Befragung erhebt keinen Anspruch auf völlige Repräsentativität - es wurde jedoch darauf geachtet, Kraftfahrer beiderlei Geschlechts, aller Alters- und Berufsgruppen, mit unterschiedlicher Fahrerfahrung zu erfassen.

Tabelle 3.1 zeigt, in wieviel Prozent der Fälle falsch oder mit "ich weiß nicht" auf die entsprechende Information geantwortet wurde:

Öltemperatur	90 %	Kontrollsystem	38 %	Sicherheitsgurt	10 %
Kühlwassertemp.	88 %	Kennzeichenbel.	37 %	Bremsbeläge	9 %
Öldruck	85 %	Batterie	30 %	Glättegefahr	7 %
Antiblockiersystem	81 %	Bremslicht	21 %	Aquaplaning-Gef.	6 %
Servolenkung	70 %	Scheinwerfer	21 %	Choke	5 %
Servobremse	69 %	Blinker	18 %	Reifendr. hoch	4 %
Bremskreis	58 %	Reifendruck nied.	17 %	Handbremse	4 %
				Tank / Reserve	2 %

Tab. 3.1: Falsche Antworten oder Unwissenheit in Prozent bei den aufgeführten Informationen (in absteigender Reihenfolge)

Derselbe Sachverhalt ist in Abbildung 3.1 graphisch dargestellt.

Aus diesen Ergebnissen wird deutlich, daß den Kraftfahrern gerade bei kritischen Zuständen des Fahrzeugs das Wissen über angezeigtes Verhalten fehlt.

In Graphik 3.2 sind die Befragten in drei Gruppen unterteilt:

- Personen mit geringer Fahrerfahrung
- Personen mit Fahrerfahrung, im Alter zwischen 18 und 49 Jahren
- Personen über 50 Jahre.

Personen mit geringer Fahrerfahrung - in den meisten Fällen handelt es sich um jüngere Probanden - wissen über neuere technische Einrichtungen, wie Servolenkung, Servobremse, Bremskreis, besser Bescheid als die Mitglieder der anderen Gruppen. Andererseits nehmen sie Defekte, etwa beim Aufladen der Batterie, auf die leichte Schulter und sehen sich dadurch nicht zum Handeln veranlaßt.

Die Befragung zeigt sehr deutlich, daß ältere Probanden gerne "auf Nummer sicher" gehen - sie zeigen Umsicht und Gewissenhaftigkeit. Viele Fehler entstehen durch Unwissenheit, doch liegt der Anteil der Falsch-

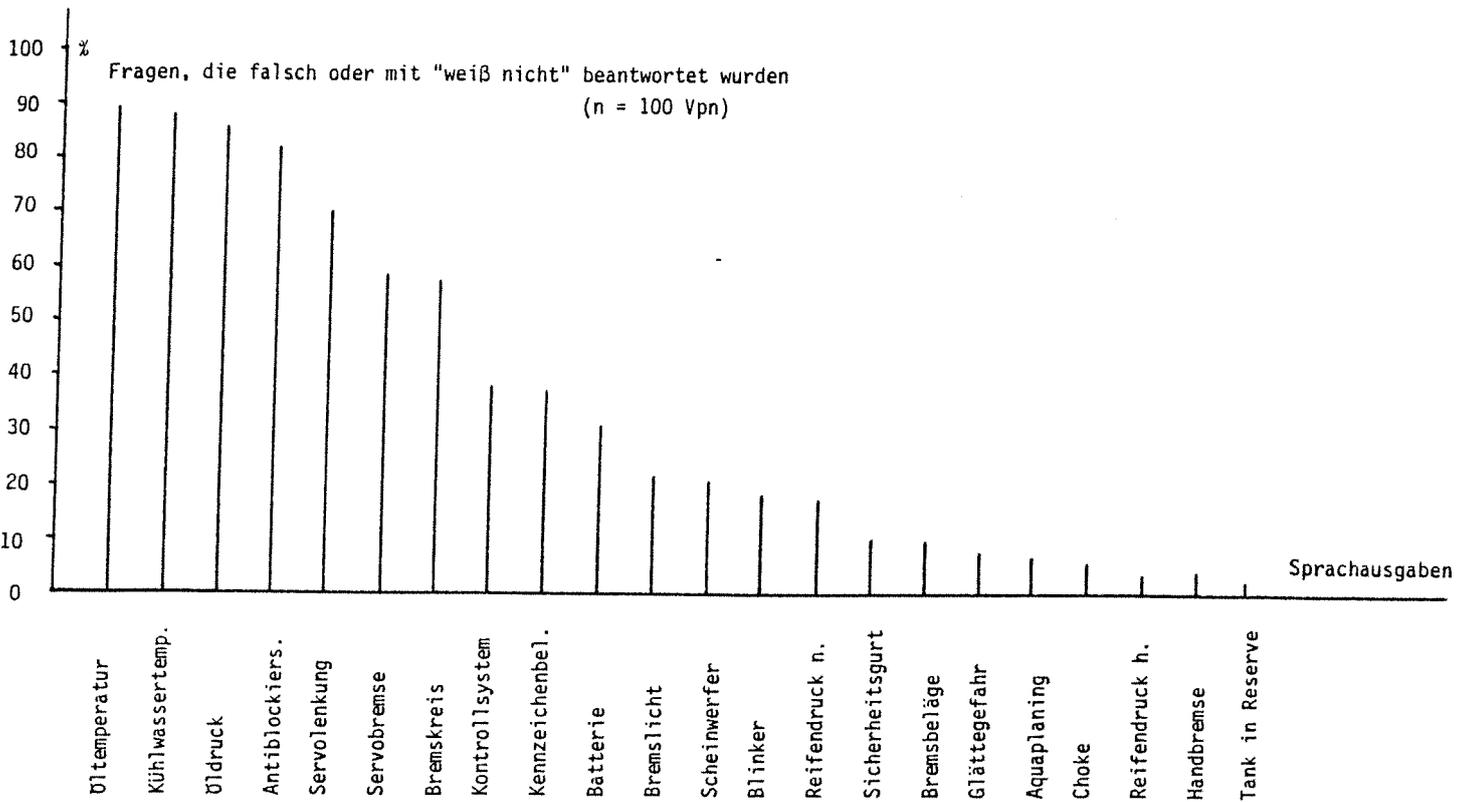


Abb. 3.1: Falsche Antworten oder Unwissenheit (in %) bei den Informationen ...

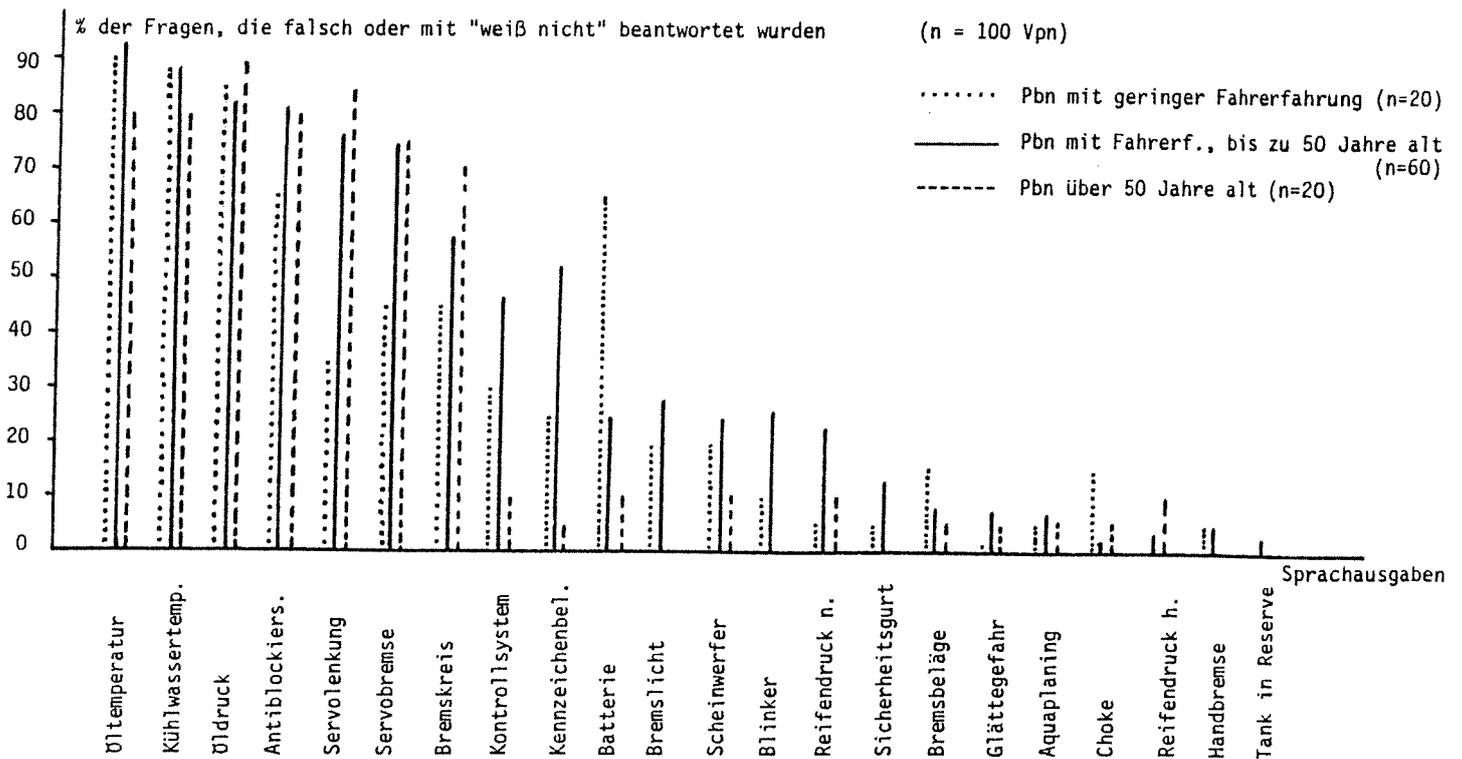


Abb. 3.2: Fehler (in %) bei den verschiedenen Personengruppen

antworten bei sicherheitsrelevanten Störungen nicht über dem anderer Personengruppen.

Wie ein Vergleich zwischen männlichen und weiblichen Befragten ergibt, schneiden Frauen bezüglich des Prozentsatzes der Falschantworten nur unerheblich schlechter ab als Männer. Frauen tendieren zu vorsichtigerem Verhalten und sind eher geneigt, Unwissenheit zuzugeben, während Männer in diesem Falle häufig zu relativ verwegenen "Problemlösungsstrategien" greifen. (Vergleiche Abbildung 3.3 und Tabelle 3.2)

Meldung über	"ich weiß nicht"-Antworten bei	
	Männern	Frauen
Öltemperatur	7	12
Kühlwassertemperatur	1	5
Öldruck	3	9
Antiblockiersystem	7	25
Servolenkung	5	22
Servobremse	5	23
Bremskreis	0	16
Kontrollsystem	1	0
Batterie	1	6
Glättegefahr	0	1
Choke	1	3
Reifendruck hoch	1	0

Tab. 3.2: Anzahl der Fragen, die von Männern bzw. Frauen mit "ich weiß nicht" beantwortet wurden.

Im weiteren sind einige Antworten aufgeführt, die der Kategorie "falsch" zugeordnet wurden:

- Das Aufladen der Batterie funktioniert nicht...:
"Batterie am Ladegerät wieder aufladen"
- Der Öldruck ist zu niedrig:
"Langsam weiterfahren und bei der nächsten Werkstatt nachschauen"
"Hochtourig fahren, bald Mechaniker aufsuchen"
"Sofort nächste Werkstatt anfahren"
- Der Choke ist gezogen:
"Tue gar nichts"

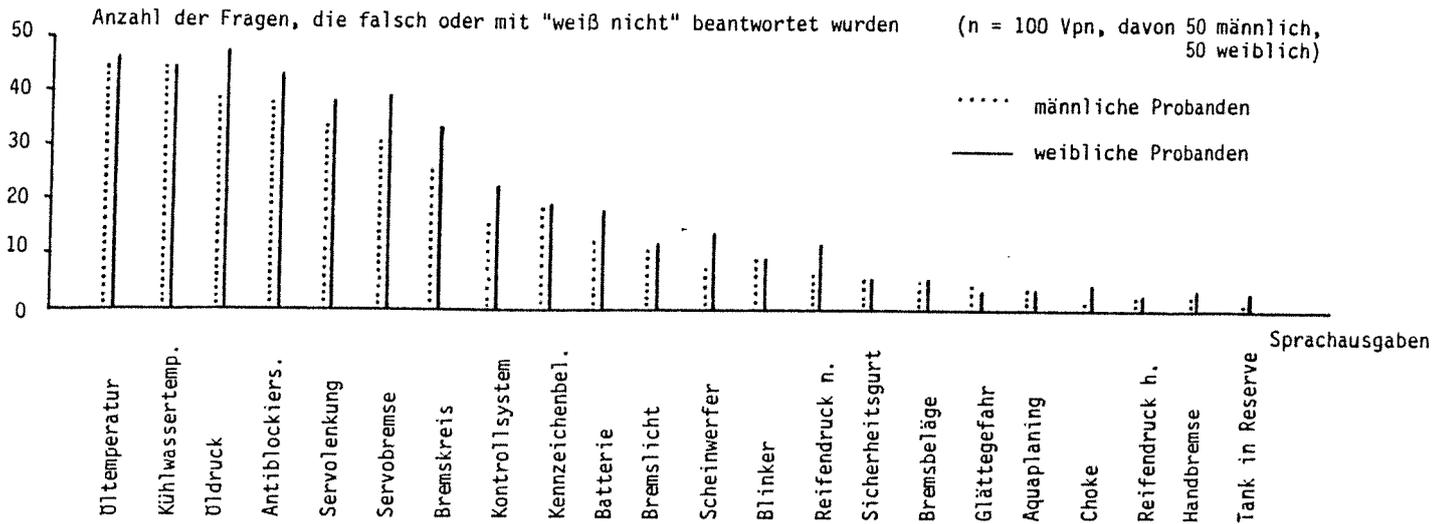


Abb. 3.3: Anzahl der Fehler bei männlichen bzw. weiblichen Befragten

Einige Antworten dokumentieren die Übervorsichtigkeit der Kraftfahrer - sie sind zwar in der entsprechenden Situation nicht optimal, wurden aber als "richtig" gewertet:

- Ein Scheinwerfer ist defekt:
"Lasse den Wagen stehen"
- Die Bremsbeläge sind abgerieben:
"Sofort anhalten, Auto in eine Werkstatt bringen"
- Die Servobremse funktioniert nicht:
"Auto abstellen und abschleppen lassen"

3.3. Einstellung der Befragten zu Handlungshilfen

Die Frage "Halten Sie es für sinnvoll, wenn Ihnen Ihr "sprechender Computer" auch gleich mitteilt, was Sie in den entsprechenden Fällen tun sollen?" beantworten 59 % der Befragten uneingeschränkt mit Ja, weitere 14 % halten Handlungshilfen in wichtigen Fällen für angezeigt, 27 % antworten mit Nein.

In Tabelle 3.3 sind die Antworten nach männlichen bzw. weiblichen Befragten differenziert:

Entscheidung	Männer (n=50)	Frauen (n=50)
für Handlungshilfen	46 %	72 %
in wichtigen Fällen ja	16 %	12 %
gegen Handlungshilfen	38 %	16 %

Tab. 3.3: Stellungnahme zu Handlungshilfen in Prozent

Demzufolge sind 84 % der Frauen (z.T. mit Einschränkungen) für Handlungshilfen, hingegen nur 62 % der Männer.

Eine Aufschlüsselung nach Altersgruppen verdeutlicht, daß der Wunsch nach Handlungshilfen bei den über Fünfzigjährigen mit 85 % besonders stark ausgeprägt ist (vgl. Tab. 3.4):

Entscheidung	Gruppe 1 (n=20)		Gruppe 2 (n=60)		Gruppe 3 (n=20)	
für Handlungshilfen	n=11	55%	n=33	55%	n=15	75%
in wichtigen Fällen ja	n=3	15%	n=9	15%	n=2	10%
gegen Handlungshilfen	n=6	30%	n=18	30%	n=3	15%

Tab. 3.4: Meinungsbild bezüglich Handlungshilfen;
 Gruppe 1: Personen mit geringer Fahrerfahrung
 Gruppe 2: Personen mit großer Fahrerfahrung, bis 50 Jahre alt
 Gruppe 3: Personen über 50 Jahre alt

In Abbildung 3.4 sind die hier dargestellten Ergebnisse nach Geschlechtern differenziert.

Es drängt sich nun die Frage auf, ob Personen, die Handlungshilfen ablehnen, auch über mehr Wissen bei Fahrzeugdefekten etc. verfügen. In diesem Falle wäre ihre ablehnende Haltung akzeptabel, da sie in kritischen Situationen nicht auf zusätzliche Information angewiesen sind.

Abbildung 3.5 macht jedoch deutlich, daß die Gegner von Handlungshilfen (durchgezogene Linie) auch nicht mehr Wissen verfügbar haben als die Befürworter (gepunktete Linie).

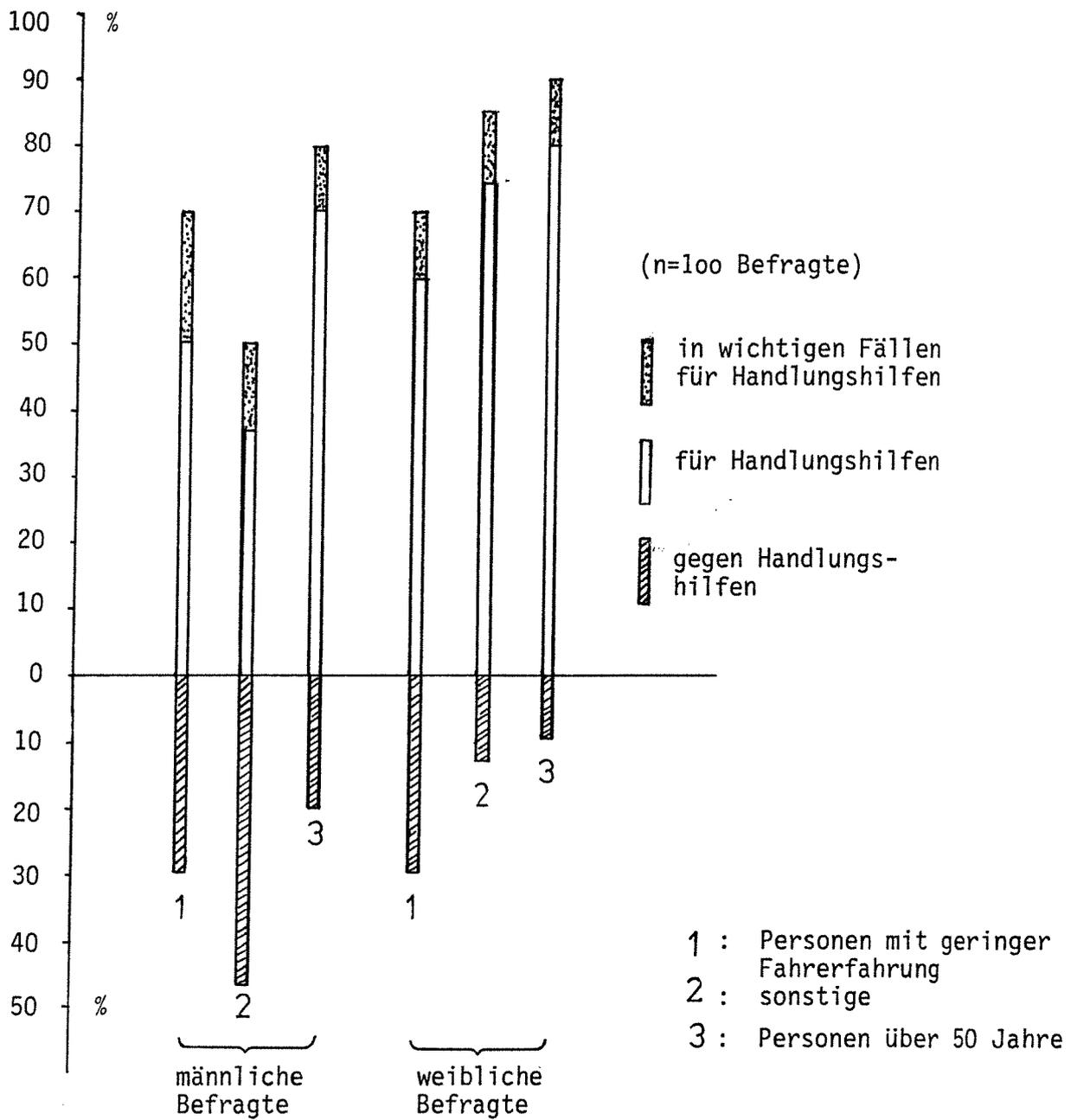


Abb. 3.4: Einstellung männlicher und weiblicher Befragter zu Handlungshilfen, wobei nach Fahrerfahrung und Altersgruppenzugehörigkeit differenziert ist

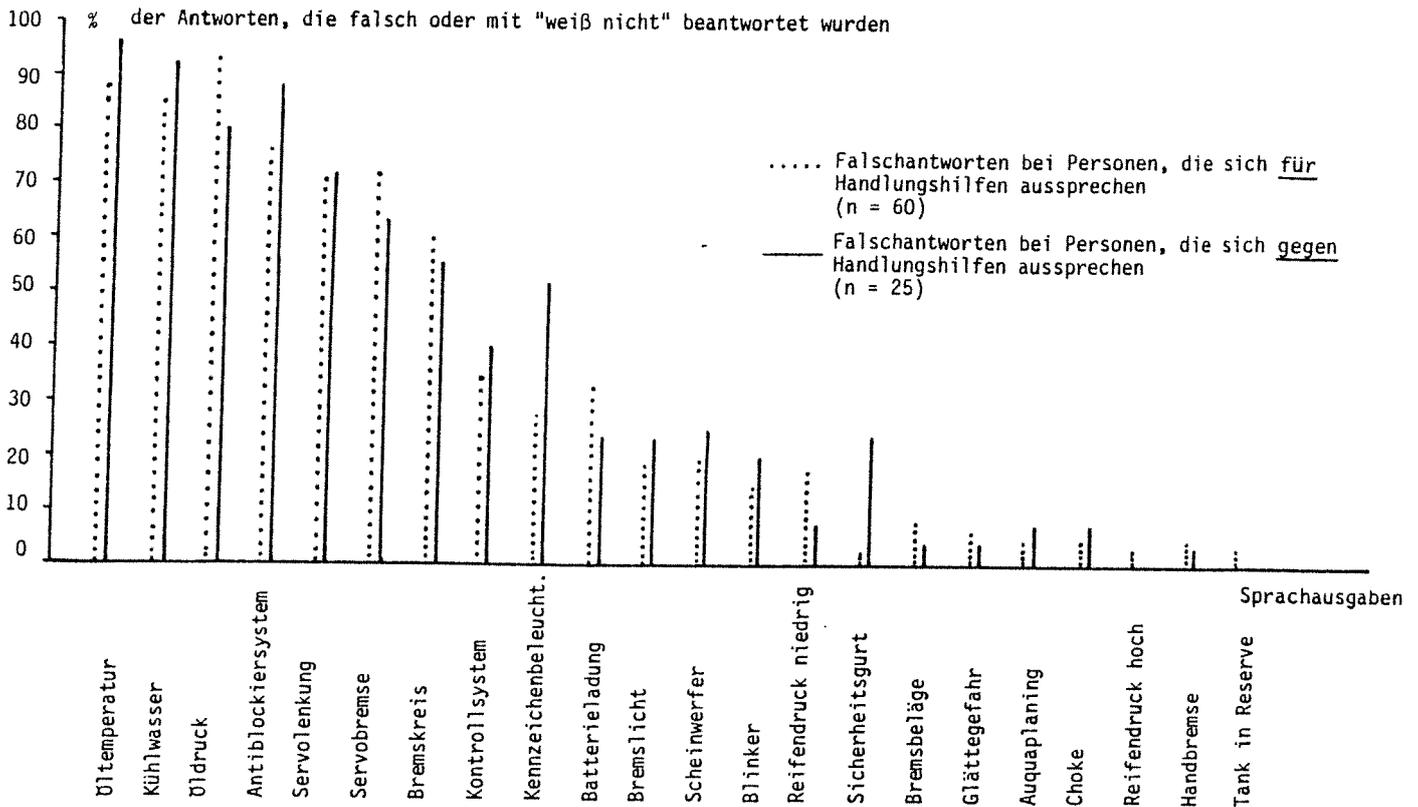


Abb. 3.5: Falschantworten (in %) bei Befürwortern und Gegnern von Handlungshilfen

3.4. Empfehlungen bezüglich Handlungshilfen

Prinzipiell sollen Handlungshilfen die Meldung ergänzen

- in Situationen, die für die Sicherheit der Fahrzeuginsassen entscheidend sind,
- in Situationen, die für die Funktionstüchtigkeit des Fahrzeugs von entscheidender Bedeutung sind,
- in Situationen, in denen Kraftfahrer über angezeigtes Verhalten im Unklaren sind (vergleiche hierzu die Ergebnisse der Befragung!),
- in Situationen, in denen der Kraftfahrer Handlungshilfen akzeptieren kann (es darf nicht das Gefühl der Bevormundung entstehen), bzw. reine Zustandsbeschreibungen trivial klingen (Beispiel: anstelle von "Die Handbremse ist angezogen" sollte die Meldung "Bitte lösen Sie die Handbremse" lauten).

Tabelle 3.5 zeigt, in welchen konkreten Fällen Handlungshilfen angezeigt sind und welche der oben genannten Gründe die Empfehlung untermauern:

Handlungshilfen bei Meldung über	Begründung(en)
Öltemperatur	geringes Wissen der Kraftfahrer & Funktionstüchtigkeit des Fahrzeugs
Öldruck	dito
Kühlwassertemperatur	dito
Antiblockiersystem	dito
Bremskreis	dito
Servolenkung	dito
Servobremse	dito
Bremsbeläge	Funktionstüchtigkeit des Fahrzeugs
Kontrollsystem	dito
Batterie	dito
Reifendruck zu niedrig	Sicherheit der Fahrzeuginsassen
Choke	Akzeptanz (Meldung sonst trivial)
Handbremse	dito

Tab. 3.5: Empfehlungen für Handlungshilfen

Nicht zu empfehlen sind Handlungshilfen bei Defekten der Kennzeichenbeleuchtung, des Bremslichts, des Scheinwerfers, des Blinkers, bei zu hohem Reifendruck, nicht angelegtem Sicherheitsgurt und bei Treibstoffknappheit, da sich in diesen Fällen der Benutzer bevormundet fühlt.

Auch bei Aquaplaning- und Glättegefahr sollte auf Handlungshinweise verzichtet werden. Erstens sind diese Meldungen äußerst zeitkritisch, so daß für längere Sprachausgaben nicht genügend Zeit bleibt, zweitens wissen die meisten Personen, daß sie ihr Fahrverhalten den ungünstigen Straßenverhältnissen anpassen müssen.

4. Theoretische Kriterien für die optimale Gestaltung von Meldungen

4.1. Kommunikationsverlauf

Sinn eines sprachlichen Informationssystems im Kraftfahrzeug ist, dem Fahrer relevante Informationen über sein Fahrzeug oder das Fahrzeugumfeld zu übermitteln. Damit wird die Intention größerer Verkehrssicherheit und einer Verbesserung des Serviceangebots verfolgt. Um dieses Ziel zu erreichen, muß die zu übermittelnde Information encodiert werden - wobei letztlich jeder Fahrzeughersteller eigene Vorstellungen über den Code, d.h. den Inhalt der Mitteilung entwickeln wird. Im folgenden werden jedoch grundsätzliche Erwägungen aufgeführt, die bei der Konstruktion von Sprachausgaben berücksichtigt werden müssen, um optimales Decodierungsverhalten seitens des Kraftfahrers zu erreichen.

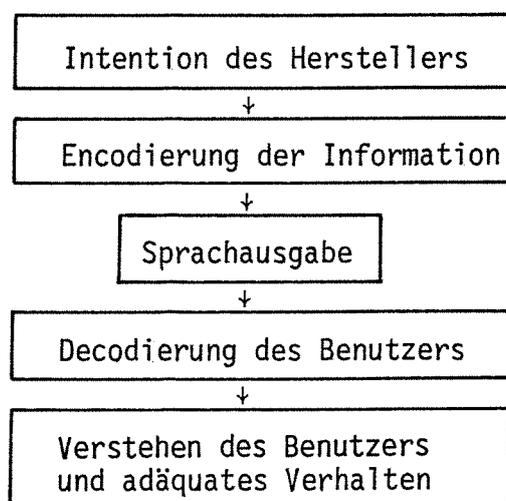


Abb. 4.1: Schema des Ereignisses "Sprachausgabe"

4.2. Sprachrepertoire, Sprachverständlichkeit und Übungsmöglichkeit

Nach MOLES (1963, zit. nach HÖRMANN, 1977) ist Kommunikation nur in dem Ausmaß möglich, in welchem das Repertoire von möglichen Nachrichten, über das der Sender verfügt, mit dem Repertoire des Empfängers übereinstimmt.

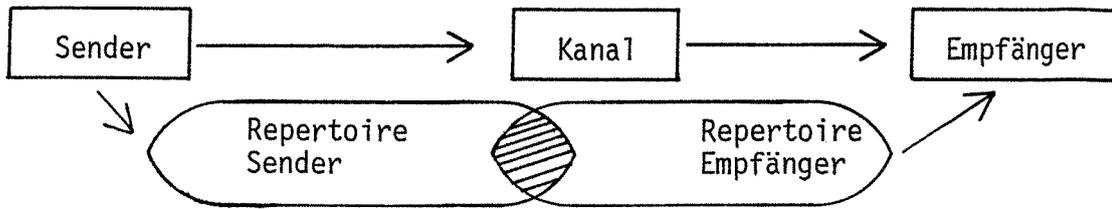


Abb. 4.2: Kommunikation, Abbildung nach HÖRMANN, 1977, S. 38

Ist die Schnittfläche der beiden Repertoires sehr klein, so ist der Informationstransfer gering. Je größer die Schnittfläche, desto günstiger kann die Kommunikation verlaufen.

Dem Benutzer die Möglichkeit zum Kennenlernen aller gespeicherten Mitteilungen zu eröffnen, ist ein Weg zur optimalen Kommunikation.

Dies könnte durch Betätigen einer Abruf-Taste erfolgen.

Allerdings sollte die Abruf-Taste nur bei stehendem Fahrzeug funktionieren, da sonst während der Fahrt anliegende Meldungen unterdrückt oder nicht als solche erkannt würden.

Das Erfordernis von Übungsmöglichkeiten wird auch aus einer Untersuchung von SIMPSON (1975) deutlich: Werden Piloten und Nicht-Piloten mit Flug- bzw. Nicht-Flugverkehrsphraseologie konfrontiert, so ist abzuleiten, daß Personen mit "linguistischer Kompetenz", d.h. Vertrautheit mit den möglichen Ereignissen und den daraus resultierenden Mitteilungen, besseres Sprachverständnis, auch bei synthetisch hergestellter Sprache, zeigen.

Gute Sprachverständlichkeit ist ein weiteres Mittel, den Kommunikationsverlauf zu optimieren. Neben der Stimmqualität des Sprechers (siehe Vorstudie) ist der Bekanntheitsgrad der Sprache und des Gebietes, aus dem die Mitteilung stammt, von wesentlicher Bedeutung (POLLS, 1976).

Aus der Forschung zur Lesbarkeit von Texten ist bekannt, daß schwer verständliche Texte relativ viele seltene Wörter enthalten, während in gut lesbaren Texten häufig auftretende und damit geläufige Wörter Anwendung finden. MEIERS umfangreiche Analyse (1964) von Texten und gesprochener Sprache kam zu folgendem Resultat: Die Hälfte aller vorkommenden Wörter entstammt einem Set von 200 in unserer Sprache am häufigsten gebrauchten Wörtern. Die 30 am häufigsten vorkommenden Wörter machen fast 1/3 aller Texte aus.

Demzufolge, ist zu mutmaßen, müßte es einfach sein, gut verständliche Sprachausgaben zu konstruieren, doch wird diese Erwartung enttäuscht,

wenn wir uns die 30 häufigsten Wörter der deutschen Sprache ansehen. Sie lauten: die, der, und, in, zu, den, das, nicht, von, sie, ist, des, sich, mit, dem, daß, er, es, ein, ich, auf, so, eine, auch, als, an, nach, wie, im, für (Häufigkeiten zwischen 349.553 und 50.559 bei der 11-Millionen Wörter-Zählung von MEIER, 1964).

Wörter, die für Sprachausgaben von inhaltlicher Bedeutung sein könnten, weisen erheblich geringere Häufigkeiten auf:

Rangplatz	Wort	Häufigkeit
80	hier	16.667
509	Bitte	2.011
839	Sicherheit	1.188
871	Verkehr	1.151
1119	Aufmerksamkeit	913
1146	Nachricht	888
1242	Fehler	813
1510	Leitung	674
1604	Mitteilung	636
1777	Achtung	572
1810	Gefahren	562
3792	Aufforderung	256
6564	Warnung	132
--	Information	32
--	ausgefallen	84
--	funktioniert	18
--	schadhaft	14
--	defekt	11

Tab. 4.1: Für Sprachausgaben in Betracht kommende Wörter mit Angabe des Rangplatzes und der Häufigkeit bei der 11-Millionen Wörter-Zählung von MEIER, 1964

Aus Tabelle 4.1 wird die Notwendigkeit offensichtlich, bei der Konzeption von Sprachausgaben verstärkt Funktionswörter zu repräsentieren, da sie wesentlich häufiger als Inhaltswörter auftreten, und daher für die Sprach-

verständlichkeit von entscheidender Bedeutung sind.

"Als Funktionswörter werden Artikel, Konjunktionen, Präpositionen bezeichnet, die keine 'Bedeutung' im Sinne eines Bezuges auf etwas Reales haben, sondern zur Strukturierung des Satzes dienen" (HÖRMANN, 1977, S.137).

"Die Funktionswörter, von denen es in jeder Sprache nur eine kleine Zahl gibt (diese aber seit langer Zeit), bilden sozusagen das Skelett der Sprache, während die Inhaltswörter" (die ein 'Korrelat in der Realität' haben) "eine riesige, ungeschlossene Klasse darstellen; täglich kommen neue hinzu, ab und an fallen alte aus; sie sind sozusagen das Fleisch der Sprache" (HÖRMANN, 1977, S. 138).

4.3. Die Satzstruktur

Aus dem Vorhergehenden resultiert die Forderung, Sätze anstelle von Statements zu verwenden.

Sätze sind wesentlich besser zu verstehen als isolierte Wörter - zur Veranschaulichung sei auf die Abbildungen 9.2 und 9.3 verwiesen.

In einer Untersuchung von SIMPSON und HART (1977) zeigten sich vollständige Sätze in der Verständlichkeit auch 2-Wort-Aussagen signifikant überlegen. Die Reaktionszeit, die als sinnvolles Maß für die Auffassung und Verarbeitung von Sprache verwendet werden kann, ist sowohl für ein- wie auch für mehrsilbige Wörter im Satzzusammenhang kürzer. Somit wird eine Meldung, die als Satz aufgebaut ist, schneller aufgenommen, obwohl sie länger ist (SIMPSON, zit. nach GORA & ROTHBAUER, 1980).

Sätze, so können wir zusammenfassen, sind verständlicher als Wörter oder Statements. Welche Länge sollen nun die Sätze besitzen?

POLS (1976) stellt fest, daß die Kommunikation um so einfacher ist, je kleiner der Umfang des bekannten Mitteilungssets ist. Die in Abbildung 4.3 wiedergegebene Graphik aus MILLER, HEISE & LICHTEN (1951, S. 333) verdeutlicht, wie die Sprachverständlichkeit mit dem Umfang des "Vokabulars", bestehend aus zufällig ausgewählten Wörtern, abnimmt:

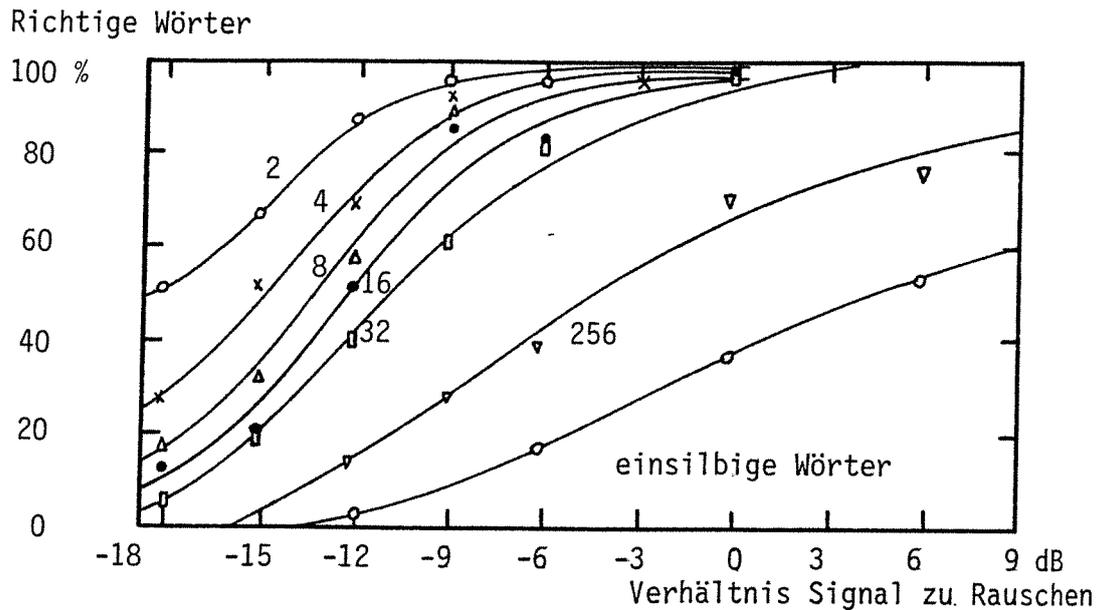


Abb. 4.3: Verständlichkeit von einsilbigen Wörtern als Funktion des Textumfangs (aus MILLER, HEISE & LICHTEN, 1951, S. 333)

In der Häufigkeitsauszählung von MEIER war bei etwa zwei Drittel der analysierten Sätze (z.B. Filmdialoge) ein Umfang von 1 - 6 Wörtern zu verzeichnen. "Die Spitzenwerte lagen beim 5-wortigen Satz im Hochdeutschen ..." (MEIER, 1964, S. 191).

Soweit dies inhaltlich zu rechtfertigen ist, sollten Sprachausgaben aus Fünf- oder Sechs-Wort-Sätzen aufgebaut sein.

MILLER (1962, zit. nach CLARK, 1976) stellte die Hypothese auf, daß es für das Verständnis eines Satzes erforderlich ist, zunächst seine Tiefenstruktur zu erkennen. Bei passiven oder negativen Sätzen ist es erforderlich, die Oberflächenstruktur zu durchdringen, eine Transformation auszuführen, um dann die Tiefenstruktur zu erfassen. Daraus folgt: ein negativ oder passiv formulierter Satz bedarf einer längeren Zeitspanne um verstanden werden als ein positiver oder aktiver Satz (CLARK, 1976).

Bei der Konstruktion von Sprachausgaben ist daher zu beachten, keine passiven Sätze zu bilden und Negationen zu vermeiden.

Als einfache und damit gut verständliche Satzstruktur empfiehlt sich die Reihenfolge : Subjekt - Prädikat - Objekt (SPO).

Eine Variation der Sätze, die über die erforderliche inhaltliche Information hinausgeht, dürfte aufgrund der oben formulierten Forderungen (z.B. einfache Satzstruktur) kaum realisierbar sein. Auch ökonomische Gründe

(z.B. Speicherkapazitätsbeschränkung) sprechen gegen Variationen bei den Meldungen.

4.4. Einfachheit und Eindeutigkeit der Aussage

Im Jahre 1962 wurde von HALLE und STEVENS eine Konzeption zur Sprachwahrnehmung vorgeschlagen, die sich wie folgt zusammenfassen läßt: Der Sender gibt Informationen aus, von welchen der Empfänger Bruchstücke aufnimmt und nach der am besten passenden Vorlage des inneren Repertoires ergänzt, wobei "diese inneren Muster, mit denen der Input verglichen wird, erst im Augenblick des Empfanges geschaffen werden könnten, geschaffen nach den Regeln der generativen Grammatik, nach denen dieser Hörer vorgehen würde, wenn er selbst spräche. Das Verstehen des Input beginnt nach dieser Ansicht mit einem Raten oder einer Hypothese. Auf der Basis dieser Hypothese erzeugt der Hörer ein inneres Vergleichsmuster, mit welchem der Input verglichen wird. Unstimmigkeiten dieses Vergleichs führen zur Erzeugung eines zweiten Vergleichsmusters, auf das der Input bereits besser paßt. Sobald der Vergleich zufriedenstellend ausfällt, wird er akzeptiert, d.h. 'erkannt'. (Das braucht nicht notwendig 'richtig' zu sein.)" (HÖRMANN, 1977, S. 140).

Logischerweise wird dieser Vergleichsvorgang um so kürzer ausfallen, je einfacher, gebräuchlicher und eindeutiger die Sprachinformation abgefaßt ist. Schließlich soll die Anweisung für den Fahrer auch in kritischen, informationsüberfrachteten Momenten leicht zu verstehen sein und ihn zu situationsangepaßtem Verhalten veranlassen. Auf zu diffizile, eventuell sogar Fachkenntnisse voraussetzende Erörterungen sollte daher verzichtet werden. Beispielsweise ist anstelle des Wortes "Generator" das jedermann verständliche Wort "Lichtmaschine" zu verwenden, statt des kompliziert klingenden "Fahrtrichtungsanzeigers" sollte vom "Blinker" gesprochen werden. Entscheidend ist für die Sprachausgabe nicht die absolut korrekte Formulierung im Vokabular des Fahrzeugkonstruktors, sondern die gute Verständlichkeit für den Laien.

4.5. Zusammenfassung der Kriterien für gute Verständlichkeit von Sprachausgaben

In Tabelle 4.2 sind die besprochenen Gesichtspunkte, die für eine gute Verständlichkeit der Sprachausgabe entscheidend sind, aufgeführt und mit Beispielen versehen.

Kriterien	Beispiel
▷ Verwendung eines einfachen Wortschatzes	... ist zu hoch (statt: ... ist im kritischen Bereich)
▷ Verwendung von geläufigen Wörtern	Nummernschild (statt: Kennzeichen) Lichtmaschine (statt: Generator)
▷ Sätze verwenden, keine einzelnen Wörter oder Statements	Die Öltemperatur ist zu hoch. (statt: Öltemperatur!) (statt: Öltemperatur zu hoch)
▷ kurze Sätze (5- bis 6-Wort-Satz günstig)	dito
▷ Sätze sollen mit Funktionswörtern beginnen	z.B. mit der, die, das, ein, ...
▷ einfache Satzstruktur: Subjekt - Prädikat - Objekt	Ein Bremskreis ist ausgefallen. (statt: Es ist ein Bremskreis ausgefallen.)
▷ einfache und eindeutige Anweisungen	Ein Bremskreis ist ausgefallen. Die Bremswirkung ist verringert. Fahren Sie vorsichtig zur nächsten Werkstatt.
▷ Negationen vermeiden	Ein Bremskreis ist ausgefallen. (statt: Ein Bremskreis funktioniert nicht.)
▷ passiv formulierte Sätze vermeiden	Die Kühlwassertemperatur ist zu hoch. (statt: Das Kühlwasser wurde überhitzt.)
▷ Möglichkeit zum Kennenlernen der Sprachausgaben schaffen	z.B. durch Abruf-Taste

Tab. 4.2: Kriterien für eine gute Verständlichkeit von Sprachausgaben

5. Experimenteller Vergleich theoretisch optimaler mit nicht optimalen Sprachausgaben

5.1. Zielsetzung des Versuchs "optimale Meldungen"

Aufgrund der bereits dargestellten linguistischen Kriterien werden zwei Gruppen von Sprachausgaben empirisch verglichen. Eine Auswahl von 12 theoretisch optimal gestalteten Sätzen steht den nach theoretischen Kriterien nicht optimalen Statements gegenüber.

5.2. Versuchsdesign

5.2.1. Die Meldungen

Für zwölf Meldungen wurde jeweils eine theoretisch optimale und eine nicht optimale Version erstellt (Tabelle 5.1):

Theoretisch optimal gestaltete Meldungen	Nr.	Theoretisch nicht optimal gestaltete Meldungen
(C3) Der Blinker ist ausgefallen.	1	(A1) Blinker funktioniert nicht
(A3) Ein Scheinwerfer ist ausgefallen.	2	(B1) Scheinwerfer funktioniert nicht
(B3) Ein Bremslicht ist ausgefallen.	3	(C1) Bremslicht funktioniert nicht
(B6) Hier besteht Aquaplaning-Gefahr!	4	(A4) Aquaplaning-Gefahr
(C6) Auf der Fahrbahn liegt ein Hindernis!	5	(B4) Hindernis auf der Fahrbahn
(A6) Hier besteht Glätteisgefahr!	6	(C4) Glättegefahr

wird fortgesetzt

Fortsetzung

Theoretisch optimal gestaltete Meldungen mit Handlungshilfen	Nr.	Theoretisch nicht optimal gestaltete Meldungen
(C8) Die Servolenkung ist defekt. Zum Lenken ist großer Kraftaufwand nötig.	7	(A2) Servolenkung funktionsunfähig
(A8) Ein Bremskreis ist ausgefallen. Die Bremswirkung ist verringert. Fahren Sie vorsichtig zur nächsten Werkstatt.	8	(B2) Bremskreis ausgefallen
(B8) Die Servobremse ist defekt. Zum Bremsen ist sehr großer Kraftaufwand nötig.	9	(C2) Servobremse funktionsunfähig
(B7) Die Kühlwassertemperatur ist zu hoch. Halten Sie an und lassen Sie den Motor im Stand laufen. Kontrollieren Sie die Kühlflüssigkeit.	10	(A5) Kühlmitteltemperatur zu hoch
(C7) Der Öldruck ist zu niedrig. Lassen Sie den Wagen ausrollen und prüfen Sie den Ölstand! Fahren Sie nicht weiter, da sonst der Motor gefährdet ist.	11	(B5) Öldruck zu niedrig
(A7) Die Öltemperatur ist zu hoch. Lassen Sie den Wagen ausrollen und prüfen Sie den Ölstand! Fahren Sie nicht weiter, da sonst der Motor gefährdet ist.	12	(C5) Öltemperatur zu hoch

Tab. 5.1: Theoretisch optimal gestaltete Meldungen (Nr. 1 bis 6 ohne Handlungshilfen, Nr. 7 bis 12 mit Handlungshilfen) sind der nicht optimalen Form gegenübergestellt. Die in Klammer gesetzten Buchstaben bedeuten die Zuordnung zu den jeweiligen Versuchsblöcken A, B, bzw. C (Erläuterung im Text), die Ziffern geben die Abfolge beim Versuch an.

In einigen Fällen konnten nicht alle in Kap. 4. dargestellten Kriterien realisiert werden; die Begründung findet sich in Kap. 6: "Exemplarische Beispiele für optimal gestaltete Sprachausgaben".

Da die Testdauer (25 Minuten) in Relation zur Anzahl der Meldungen stehen muß - es können schließlich nicht permanent Sprachausgaben erfolgen -,

werden die 24 Meldungen auf drei Versuchsblöcke (A, B, C) aufgeteilt. Jeder Block enthält vier nicht optimale und vier optimale Meldungen, wovon zwei mit Handlungshilfen versehen sind (siehe Beispiel für Block A, Tabelle 5.2).

Reihenfolge	Meldungen in Versuchsblock A	
1	Blinker funktioniert nicht	theoretisch nicht optimale Meldungen
2	Servolenkung funktionsunfähig	
3	Ein Scheinwerfer ist ausgefallen.	
4	Aquaplaninggefahr	theoretisch optimale Meldungen
5	Kühlmitteltemperatur zu hoch	
6	Hier besteht Glatteisgefahr!	theoretisch optimale Meldungen mit Handlungshilfen
7	Die Öltemperatur ist zu hoch. Lassen Sie den Wagen ausrollen und prüfen Sie den Ölstand! Fahren Sie nicht weiter, da sonst der Motor gefährdet ist.	
8	Ein Bremskreis ist ausgefallen. Die Bremswirkung ist verringert. Fahren Sie vorsichtig zur nächsten Werkstatt.	

Tab. 5.2: Zusammenstellung der Meldungen in Block A

Den Blöcken A, B bzw. C werden jeweils verschiedene Versuchspersonen zugewiesen (siehe Stichprobenumfang). Daher sind die Meldungen der Blöcke bezüglich Inhalt und Schwierigkeitsgrad parallelisiert, wobei als Kriterium der Prozentsatz der Falschantworten bei der Fragebogenerhebung (Kapitel 3.) dient.

Das relativ komplexe Versuchsdesign ermöglicht

- viele Meldungen überprüfen zu können,
- innerhalb eines Versuchsblocks keine Wiederholungen vornehmen zu müssen (Lerneffekte sind nicht auszuschließen, wenn einer Versuchsperson die Meldung zunächst optimal, dann nicht optimal, oder umgekehrt präsentiert werden),
- dennoch Vergleiche zwischen den Meldungspaaren anstellen zu können.

Meldungen	Versuchsblock A	Versuchsblock B	Versuchsblock C
theoretisch optimale über:	Öltemperatur Bremskreis Scheinwerfer Glatteisgefahr	Kühlwassertemperatur Servobremse Bremslicht Aquaplaning	Öldruck Servolenkung Blinker Hindernis a. Fahrbr.
theoretisch nicht optimale über:	Servolenkung Kühlwassertemperatur Blinker Aquaplaning	Bremskreis Öldruck Scheinwerfer Hindernis auf Fahrbr.	Servobremse Öltemperatur Bremslicht Glättegefahr

Tab. 5.3: Versuchsdesign im Überblick

5.2.2. Die Sprecherin

Die Sprachausgaben werden von einer weiblichen Sprecherin, Stimmlage Alt, auf Tonband gesprochen.

5.2.3. Stichprobenumfang

Jedem Versuchsblock werden 13 Versuchspersonen zugeordnet, insgesamt nehmen 39 Probanden am Versuch teil.

Jedem Block gehören jeweils 5 Personen der Altersgruppe von 18 bis 29 Jahren an, sie verfügen über eine Fahrerfahrung von maximal 20.000 km seit Ablegen der Führerscheinprüfung ($\bar{x} = 14.300$ km). Die übrigen 8 Personen pro Block liegen im Altersbereich 30-70 Jahre ($\bar{x} = 41,5$ Jahre), ihre Fahrerfahrung liegt zwischen 120.000 km und 1.000.000 km ($\bar{x} = 371.600$ km). 9 Personen sind weiblichen, 30 männlichen Geschlechts.

5.2.4. Versuchsaufbau

Im abgedunkelten Versuchsraum ist ein Fahrstand (bestehend aus dem vorderen Teil eines Pkws) aufgebaut. Es wird ein Verkehrsfilm eingespielt, bei dem die Kamera einem vorausfahrenden Fahrzeug folgt. Bei der Aufnahme wurde auf Tonspur 1 des Films die gefahrene Geschwindigkeit, auf Tonspur 2 die Lenkvorgabe des Folgefahrzeugs parallel zum Bild aufgezeichnet.

Die Versuchsperson hat die Aufgabe,

- zu bremsen, wenn die Bremslichter des Vorausfahrenden aufleuchten,
- zu blinken, wenn der Vorausfahrende einen Fahrtrichtungswechsel anzeigt,
- die Geschwindigkeit dem vorausfahrenden Fahrzeug anzupassen
- und die entsprechenden Lenkbewegungen auszuführen.

Um die letztgenannte Aufgabe zu erleichtern ist das Lenkrad des Fahrstands mit einem Lichtstrich (Projektor mit Schlitzblende) gekoppelt, so daß der Fahrer fortwährend Rückmeldung über seine Lenkbewegungen erhält. Außerdem ist die Mitte des vorausfahrenden Pkws mit einem weißen Streifen markiert. Über Lautsprecher wird ein realistisches Fahrgeräusch (Audi 100) von ca. 68 dB (Innengeräusch) eingespielt.

Die Versuchsperson ist instruiert, bei Sprachausgaben so schnell wie möglich verbal zu formulieren, welche Maßnahmen sie im Realfall bei der jeweiligen Meldung ergreifen würde und wann sie dies tun würde. Die Antworten werden in den Nebenraum übertragen und vom Versuchsleiter protokolliert.

Abbildung 5.1 zeigt den Aufbau im Versuchsraum, Abbildung 5.2 den zugehörigen Schaltplan:

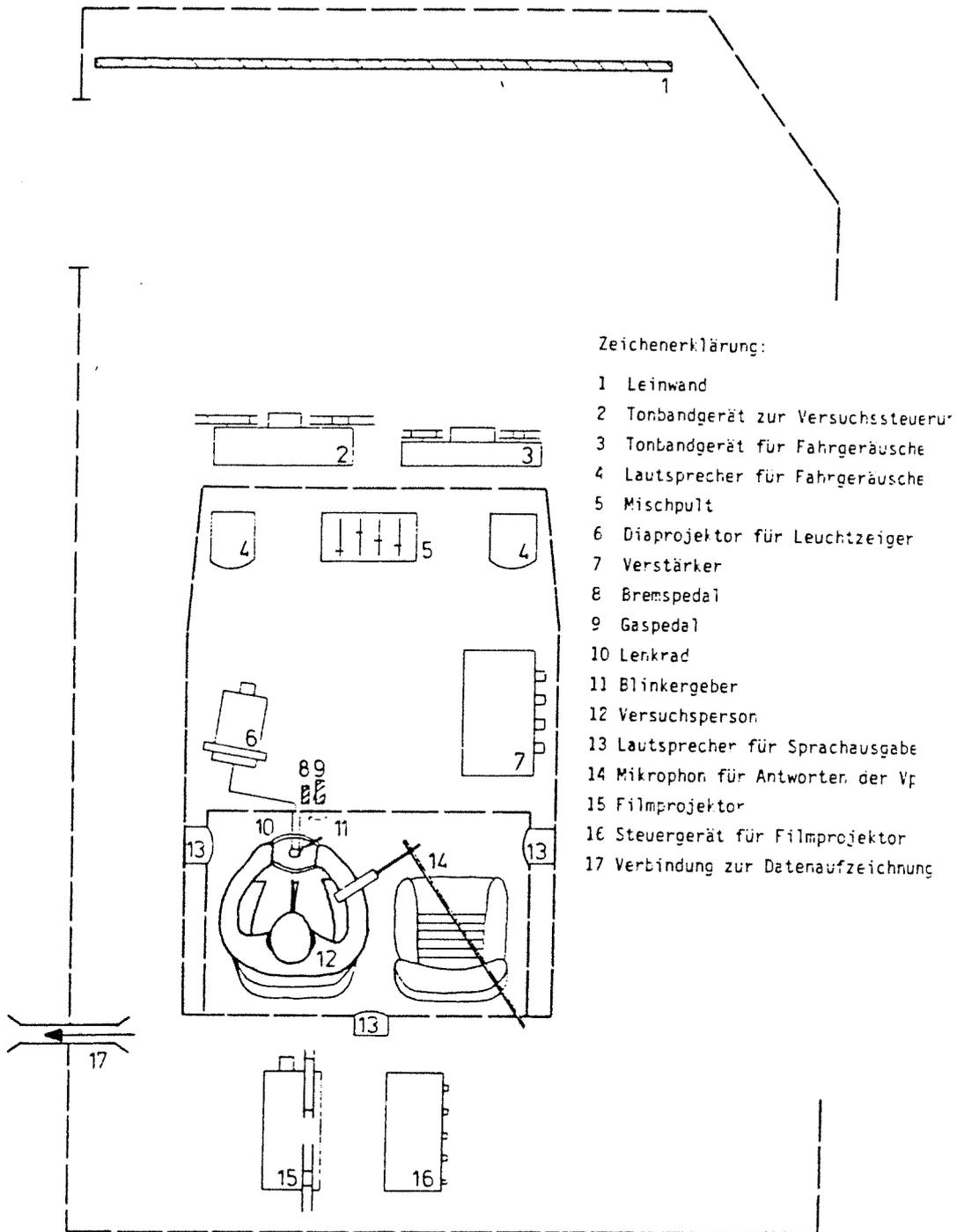
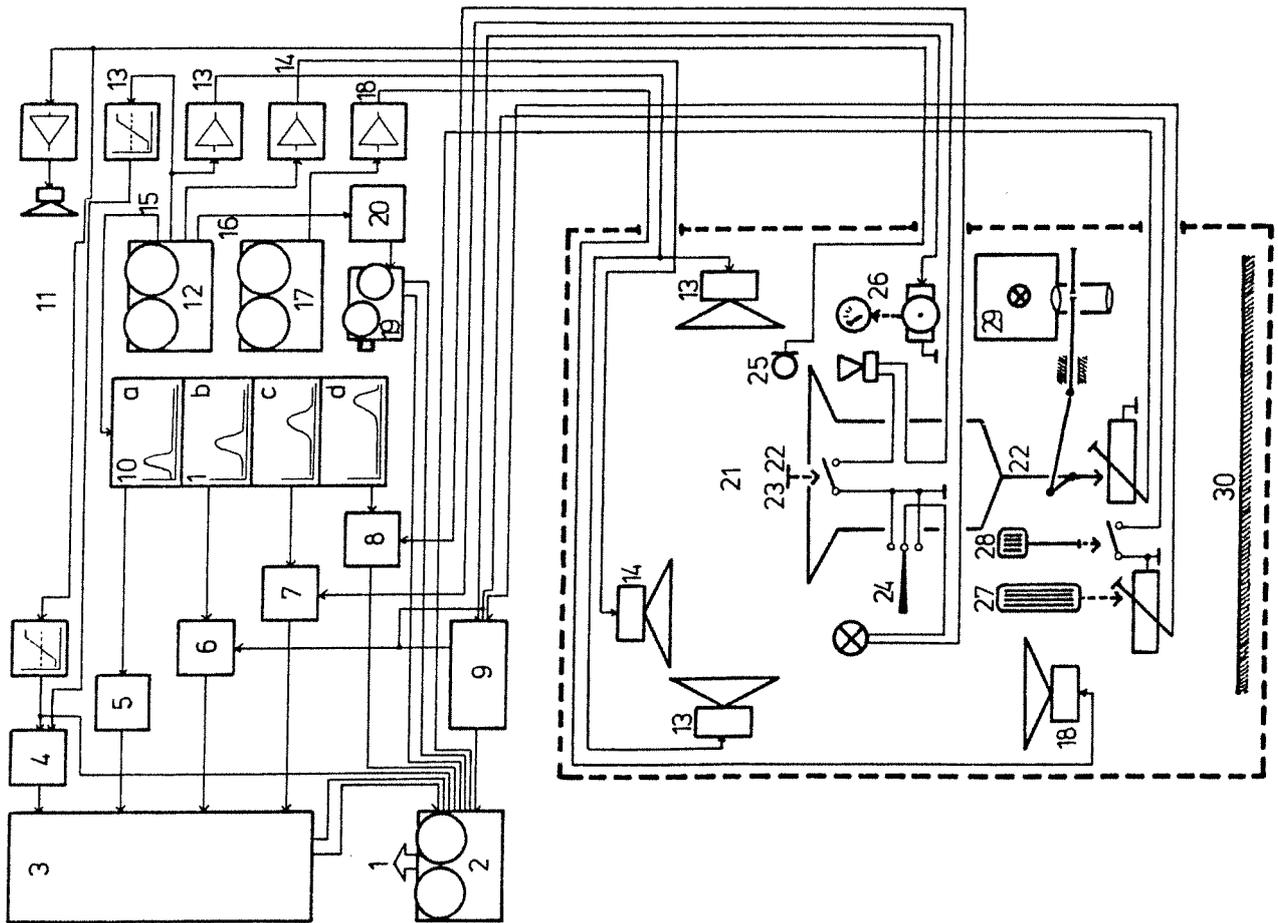


Abb. 5.1: Versuchsaufbau beim Experiment "optimale Meldungen"



- 1 Rechner zur Datenauswertung
- 2 8-Kanal-Datenaufzeichnungsgerät
- 3 Elektronik zur Umwandlung von RT- und VP-Daten in einen seriellen und binären Code
- 4 RT-Zähler bei Sprachausgaben
- 5 VP-Dateneingabe durch VL
- 6 RT-Zähler bei Bremsungen
- 7 RT-Zähler bei peripheren Reizen
- 8 RT-Zähler bei Blinkerbetätigung
- 9 Steuerelektronik für Tachometer
- 10a Filterbank 350 Hz
- 10b Filterbank 940 Hz
- 10c Filterbank 2,7 KHz
- 10d Filterbank 3,92 KHz
- 11 Versuchsleiter, schriftliches Protokoll
- 12 4-Kanal-Tonband
- 13 Sprachausgaben, Instruktion
- 14 Beifahrerunterhaltung
- 15 Steuerimpulse für die Filterbank
- 16 Synchronimpulse zur Projektorsteuerung
- 17 2-Kanal-Tonband
- 18 Straßen- und Motorgeräusche
- 19 Filmprojektor
- 20 Steuerelektronik für Filmprojektor
- 21 Versuchsperson
- 22 Lenkrad
- 23 Hupe
- 24 Blinker
- 25 Mikrophon
- 26 Tochrometer
- 27 Gaspedal
- 28 Bremspedal
- 29 Lichtzeiger, gekoppelt mit Lenkrad
- 30 Projektionsleinwand

Abb. 5.2: Schaltplan zum Versuch "optimale Meldungen"

5.2.5. Verzicht auf Vorwarnreize

Ziel des Experiments ist, mögliche Unterschiede zwischen Sprachausgaben, die nach theoretischen Kriterien optimal gestaltet sind, und solchen, die entsprechend dieser Kriterien nicht optimal sind, herauszuarbeiten.

Um die Effekte der sprachlichen Gestaltung möglichst deutlich und unverfälscht zu beobachten, wurde auf ein Vorwarnsignal verzichtet.

Es ist weiterhin zu berücksichtigen, daß die Versuchsperson über das Auftreten von Sprachausgaben informiert ist, und auch die Häufigkeit von Meldungen vermutlich über der Auftretenswahrscheinlichkeit im normalen Fahrbetrieb liegt - der Proband ist damit für das kommende Ereignis "Sprachausgabe" vorgewarnt.

5.2.6. Versuchsablauf

Die Experimente werden im Einzelversuch durchgeführt.

Zunächst wird der Proband durch den Versuchsleiter in die Bedienung des Fahrstandes eingewiesen und mündlich instruiert. Anschließend beginnt der aus drei Abschnitten bestehende Film:

- 1. Teil: Schriftliche Anweisung, welche Aufgaben auszuführen sind, wobei in den Text Filmbeispiele eingefügt sind (vgl. Versuchsanweisung).
- 2. Teil: Einübungsphase von ca. dreiminütiger Dauer.
- 3. Teil: Film von ca. 25 Minuten Dauer, bei welchem die oben besprochenen Meldungen in variablem Zeitabstand mit einer Lautstärke von 71 dB wiedergegeben werden.

5.2.7. Versuchsanweisung (schriftlich im Film)

Sie werden nun auf der Leinwand einen roten VW Golf sehen. Ihre Aufgabe ist es, diesem Fahrzeug zu folgen.

Wenn Sie Ihr Lenkrad bewegen, bewegt sich gleichzeitig ein senkrechter weißer Strich auf der Leinwand mit. Lenken Sie so, daß der Strich immer auf die Mitte des vorausfahrenden Fahrzeugs zeigt. Zur Hilfe ist dort ein heller Steifen. (Filmbeispiel mit Kurvenfahrt)

Geben Sie Gas, wenn der rote VW Golf beschleunigt. Ein Beispiel: (Film mit Beschleunigung des Vorausfahrenden)

Bremsen Sie, sobald die Bremslichter des roten VW Golf aufleuchten. Ein

Beispiel: (Bremszene)

Setzen Sie den Blinker links, sobald der rote VW links blinkt und rechts, sobald er rechts blinkt. Ein Beispiel: (Filmbeispiel mit Blinker rechts, Blinker links)

In Ihrem Fahrzeug ist ein Sprachausgabe-System eingebaut. Es meldet Ihnen ab und zu den Zustand Ihres Fahrzeugs, der Straße, o.ä. Sobald Sie eine Meldung gehört haben, sagen Sie so schnell wie möglich, was Sie tun würden und wann Sie dies tun würden. Ein Beispiel: (Sprachausgabe: Bitte legen Sie den Sicherheitsgurt an.)

Antwortbeispiel: sofort anschnallen.

Sie haben jetzt Gelegenheit, sich an das Fahrzeug zu gewöhnen. (Film ca. 3 Minuten zur Einübung)

Versuchsbeginn (Film, ca. 25 Minuten).

5.3. Abhängige Variablen - Erfassung und Auswertung

Abhängige Variablen sind:

1. Wahrnehmung der Meldung
2. Richtigkeit der Beschreibung der auszuführenden Handlung bei Sprachausgaben
3. Zeitbedarf für die Verarbeitung der Meldung (Differenz zwischen Reiz-Offset und Antwortbeginn)
4. Güte der Fahraufgabe

Um die Sprachausgaben vergleichen zu können, werden sie in sehr ähnlichen Situationen eingespielt, und zwar unmittelbar vor einem Bremsmanöver. Sämtliche Äußerungen der Probanden, die sich auf Sprachausgaben beziehen, werden vom Versuchsleiter (im Nebenraum) protokolliert. Die Reaktionszeit auf die Sprachausgabe wird mit Hilfe eines ans Mikrophon gekoppelten Schwellwertschalters ermittelt und auf Magnetband gespeichert.

Die Güte der Fahraufgabe wird einerseits durch die Erfassung und Speicherung der Reaktionszeit der beiden digitalen Signale "blinken" und "bremsen" ermittelt. Mit dem Aufleuchten des Bremslichtes bzw. des Blinkers erfolgt der Start des Zeitzählers, der gestoppt wird, wenn der Versuchsteilnehmer ebenfalls Blinker oder Bremspedal betätigt.

Ebenfalls zur Güte der Fahraufgabe gehören die Lenkbewegungen. Gemessen wird die Differenz zwischen Soll- und Ist-Wert, also der Lenkvorgabe und

der Folgeleistung der Versuchsperson.

Die Geschwindigkeitsanpassung hingegen wird nicht per Differenzmaß, sondern durch eine Korrelationsberechnung ermittelt. Dadurch wird verhindert, daß eine Versuchsperson, die die Geschwindigkeit zwar gemäß der Änderung des vorausfahrenden Fahrzeugs variiert, in ihrer Einschätzung insgesamt aber zu hoch oder zu niedrig liegt, einen schlechteren Wert erhält als eine Versuchsperson, die konstant mit mittlerer Geschwindigkeit fährt, ohne auf den Vorausfahrenden einzugehen. Absolute Geschwindigkeits-schätzungen sind äußerst schwierig und wenig zuverlässig. Die Korrelation ist jedoch gegen das oben beschriebene methodische Artefakt weniger anfällig als die Differenzberechnung.

Die Daten werden auf Magnetband gespeichert und mit einer Hewlett-Packard 2100 A ausgewertet.

5.4. Ergebnisse

5.4.1. Wahrnehmung der Meldung

Obwohl die Fahraufgabe größte Aufmerksamkeit beansprucht und zwischen Fahrzeuginnengeräusch und Sprachausgabe lediglich ein Lautstärkenunterschied von ca. 3 dB besteht, werden alle Meldungen wahrgenommen.

Lediglich bei Sprachausgaben mit Handlungshilfen kommt es vor, daß die Probanden nicht antworten. Die Befragung im Anschluß an den Versuch ergibt: die Antwort erschien den Probanden so selbstverständlich (da sie in der Handlungshilfe bereits impliziert war), daß sie auf eine verbale Äußerung verzichteten.

5.4.2. Antworten der Versuchspersonen auf Sprachausgaben - Vergleich von Statements versus Meldungen mit Handlungshilfen

Ein Vergleich von nicht optimalen Zustandsbeschreibungen in Form von Statements und von Meldungen, die bereits Handlungshilfen beinhalten, bezogen auf die Antworten der Versuchspersonen, erbringt die in Tabelle 5.4 dargestellten Ergebnisse:

Meldung	optimale - mit Handlungshilfen						nicht optimale					
	+	1/2	ü	0	s	-	+	1/2	ü	0	s	-
Öltemperatur	7	1	0	4	0	1	8	2	0	0	0	3
Kühlwasser	7	1	0	2	0	3	5	2	0	0	0	6
Öldruck	11	1	0	0	0	1	4	2	0	0	0	7
Servolenkung	5	5	3	0	0	0	1	0	9	0	0	3
Servobremse	6	5	1	0	0	1	2	2	9	0	0	0
Bremskreis	8	1	0	4	0	0	1	3	9	0	0	0

Zeichenerklärung: + richtige Antwort

1/2 ein Teil des angezeigten Verhaltens wurde beschrieben
(z.B. bei einem Defekt der Servobremse: sofort die nächste Werkstatt aufsuchen; nicht erwähnt wurde, daß dabei vorsichtig zu fahren und zu bremsen ist)

ü übertrieben vorsichtige Reaktion
(z.B. bei einem Defekt der Servobremse: P_b fährt an den Fahrbahnrand und veranlaßt, daß das Fahrzeug abgeschleppt wird)

0 V_p antwortet nicht

s falsche Antwort; die V_p ist zu stark mit der Filmsituation verhaftet, es gelingt ihr nicht, instruktionsgemäß zu antworten

- falsche Reaktion

Tab. 5.4: Kategorisierung der Versuchspersonenantworten bei optimalen Meldungen mit Handlungshilfen und bei nicht optimalen Statements

Bei der Auswertung der Antworten kommen die gleichen Kriterien wie bei der Fragebogenaktion zum tragen.

Aus Tabelle 5.4 lassen sich einige interessante Details ablesen:

Wenn die Meldung Handlungshilfen impliziert, reduziert sich der Anteil falscher Antworten bei Öltemperatur, Kühlwassertemperatur, Öldruck und Servolenkung auf 7,7 Prozent (in der Fragebogenaktion: Öltemperatur 90 %, Servolenkung 70 % falsche Antworten!).

Zustandsbeschreibungen in Statementform führen bei Defekten an Servolenkung, Servobremse und Bremskreis häufig zu Überreaktionen (35 %). So wird beispielsweise geäußert, man werde anhalten und das Fahrzeug abschleppen lassen.

Ein statistischer Vergleich der Sprachausgaben mit Handlungshilfen und der Statements (jeweils den gleichen Defekt betreffend), bezüglich der Häufigkeit von richtigen, falschen und fehlenden Antworten, ergibt, daß die Verteilungen unterschiedlich sind ($\chi^2 = 16,34 > \chi^2_{0,05; 2} = 5,99$).

Die Inhaltsanalyse der Antworten erlaubt die Folgerung:

Sprachausgaben mit Handlungshilfen bewähren sich in Bereichen, in denen technisches Wissen über die Funktionsweise bestimmter Aggregate beim Kraftfahrer nicht vorausgesetzt werden kann. In diesen Fällen ermöglichen Handlungshilfen situationsgerechtes Agieren. Sie sind zu empfehlen bei Meldungen über - Öltemperatur

- Kühlmitteltemperatur
- Öldruck
- Antiblockiersystem
- Servolenkung
- Servobremse
- Bremskreis.

5.4.3. Antworten der Versuchspersonen auf Sprachausgaben - Vergleich von Statements versus Sätze (ohne Handlungshilfen)

Hier werden komplette, nach linguistischen Gesichtspunkten geformte Sätze (Beispiel: "Ein Bremslicht ist ausgefallen.") verglichen mit einfachen Statements (Beispiel: "Bremslicht funktioniert nicht").

Der Anteil richtiger Antworten ist bei beiden Meldungsarten etwa gleich groß (ca. 86 %).

Bei der statistischen Prüfung der Häufigkeiten von richtigen und falschen Antworten wird ein χ^2 -Wert von 1,9 errechnet. Er ist kleiner als die Prüfgröße $\chi^2_{0,05; 1} = 3,84$, die Verteilungen sind also nicht unterschiedlich.

Werden Sprachausgaben ohne Handlungshilfen verglichen, so antworten die Versuchspersonen bei Meldungen in Form von Sätzen genauso häufig richtig wie bei Meldungen in Form von Statements.

5.4.4. Kommentare der Versuchspersonen

Im Anschluß an den Fahrversuch erhalten die Probanden einen Bogen, auf dem die eben gehörten Sprachausgaben schriftlich fixiert sind. Sie werden um Anmerkungen und Kommentare gebeten. In Tabelle 5.5 sind einige Bemerkungen wiedergegeben:

Meldung:	Kommentar der Versuchsperson:
Öltemperatur zu hoch	- merke ich doch selbst!
Die Öltemperatur ist zu hoch. Lassen Sie den Wagen ausrollen und prüfen Sie den Ölstand! Fahren Sie nicht weiter, da sonst der Motor gefährdet ist.	- ist zu lang, hat mich irritiert - ich würde die Meldung lieber in Stichworte fassen
Die Kühlwassertemperatur ist zu hoch. Halten Sie an und lassen Sie den Motor im Stand laufen. Kontrollieren Sie die Kühlflüssigkeit.	- sehe ich selbst - ist zu lang - überflüssig
Öldruck zu niedrig	- welcher Unterschied besteht zu Ölstand?
Der Öldruck ist zu niedrig. Lassen Sie den Wagen ausrollen und prüfen Sie den Ölstand! Fahren Sie nicht weiter, da sonst der Motor gefährdet ist.	- zu lang - viel Information - nimmt mir meinen Handlungsspielraum
Servolenkung funktionsunfähig	- mir ist nicht klar, ob nun die ganze Lenkung ausfällt oder nur die Leichtgängigkeit
Die Servolenkung ist defekt. Zum Lenken ist großer Kraftaufwand nötig.	- zu lang, zweiter Teil im ersten schon enthalten - merke ich selbst
Servobremse funktionsunfähig	- ich weiß nicht, was das zur Folge hat - ich weiß nicht, was zu tun ist - Meldung verunsichert nur
Die Servobremse ist defekt. Zum Bremsen ist sehr großer Kraftaufwand nötig.	- zu lang - überflüssig - Servobremse ist mir unbekannt

wird fortgesetzt

Fortsetzung:

Meldung	Kommentar der Versuchsperson
Bremskreis ausgefallen	<ul style="list-style-type: none">- wäre mit Anweisung besser!- welche Bedeutung besteht für die Gesamtbremung?

Tab. 5.5: Kommentare der Versuchspersonen zu den Meldungen

Meldungen mit Handlungshilfen erzeugen zum Teil das Gefühl der Bevormundung, insbesondere bei jüngeren Männern, die, wie bereits aus der Fragebogenaktion bekannt, Handlungshilfen mehrheitlich ablehnen. Dagegen räumen Personen, die das entsprechende Meldungspendant ohne Handlungshilfe erhalten, Handlungsunsicherheiten und Unwissenheit ein und geben zu verstehen, daß ihnen mit ausführlicheren Anweisungen mehr gedient wäre.

Da Defektmeldungen, für die Handlungshilfen erforderlich sind, in der Praxis sehr selten auftreten werden, dürften die Einwände, die jüngere Männer erheben, in den Hintergrund treten.

Zu den Meldungen über Aquaplaning, Glatteis und Hindernis auf der Fahrbahn gibt es lediglich eine auf die Form bezogene Anmerkung. Ein Proband empfiehlt, "Hier besteht Glatteisgefahr." in Stichworte zu fassen.

Die anderen Kommentare gelten inhaltlichen Aspekten. So wird die Meldung "Auf der Fahrbahn liegt ein Hindernis" als zu unspezifisch, als "Quatsch" bezeichnet.

Informationen über Defekte an Blinker oder Scheinwerfer führen zu so verschiedenen Reaktionen wie "das sehe ich doch selbst" und "gut, daß das gemeldet wird - hätte ich wohl erst nachts bemerkt".

Negative Reaktionen sollten nicht überbewertet werden, da Verbraucher, die die Ansicht vertreten, Defekte am Fahrzeug am sichersten und schnellsten selbst zu diagnostizieren, sicherlich vom Einbau eines Sprachausgabesystems Abstand nehmen.

5.4.5. Zeitbedarf bei der Verarbeitung der Meldung

Die Reaktionszeit wird als Indikator für die Zeit, die eine Person für die Verarbeitung einer Sprachausgabe benötigt, herangezogen:

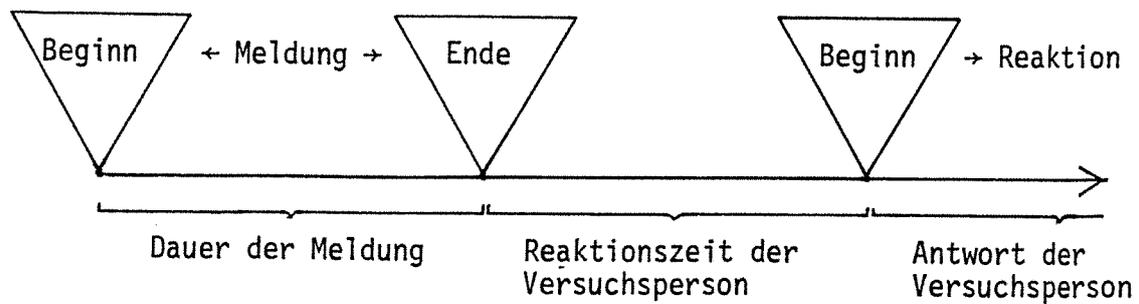


Abb. 5.3: Ablauf von Meldung und Versuchspersonenreaktion

Die Versuchsperson hat die Aufgabe, nach Hören einer Meldung so schnell wie möglich zu sagen, was sie tun würde, wenn sie sich in einer Realsituation befände. Ehe sie antworten kann, muß sie also intern die Sprachausgabe verarbeiten. Daher kann die Zeitspanne, die zwischen dem Ende der Sprachausgabe und dem Beginn der verbalen Antwort der Versuchsperson liegt, als Reaktionszeit bezeichnet werden.

Es ist nun zu prüfen, ob sich signifikante Unterschiede bei den Reaktionszeiten von theoretisch optimalen versus nicht optimalen Sprachausgaben (jeweils gleicher Meldungsinhalt) ergeben.

Bei den Meldungen über Blinker- bzw. Scheinwerferdefekte schneidet die Satzform signifikant besser ab ($|t| = 3,01$ bzw. $3,45 > t_{0,05;24} = 2,06$).

Ansonsten unterscheiden sich theoretisch optimale Sprachausgaben hinsichtlich der Reaktionszeit nicht signifikant von theoretisch nicht optimalen Meldungen. Dies bedeutet, daß beide Arten in etwa die gleiche Verarbeitungszeit erfordern.

5.4.6. Güte der Fahraufgabe

Die Güte der Fahraufgabe ist eine Variable, die die Anpassung der Versuchsperson an die "Fahrsituation" im Fahrstand mißt. Sie wird beim Versuch "optimale Meldungen" durch die Regelabweichung zwischen Soll- und Ist-Wert bei der Lenkung und die Anzahl der Nichtreaktionen auf Blinker- und Bremsvorgaben ermittelt.

Durchschnittlich werden von 33 registrierten Bremsvorgaben zwei von den Versuchspersonen übersehen; dies entspricht 6 Prozent. Bei den Blinkervorgaben tritt pro Person maximal eine Nichtreaktion auf.

Einige Personen, die wesentlich seltener reagierten, wurden von der Auswertung ausgeschlossen. Es blieben insgesamt 39 Versuchspersonen, die sich

gleichermaßen auf die Fahraufgabe und die Sprachausgaben konzentrierten, und deren Werte in die weitere Berechnung eingingen.

Es bot sich an, den Cut-off für die Elimination von Versuchsteilnehmern bei einem Grenzwert von 3 Nichtreaktionen festzulegen, da der Fehleranstieg nicht kontinuierlich, sondern sprunghaft war: die ausgesonderten Probanden übersahen mindestens 10 Reize; dies kann keineswegs mehr als angemessene Erfüllung der Fahraufgabe bezeichnet werden.

Folgende Werte ergeben sich bei der Lenkregelleistung, gemittelt über alle Versuchspersonen:

Sprachausgabe	nicht optimale	optimale	
		ohne Handlungsh.	mit Handlungsh.
Abweichung der Lenkung	966	666	394

Die Prüfung mittels t-Test für abhängige Stichproben zeigt keinen signifikanten Unterschied zwischen nicht optimalen Sprachausgaben und optimalen Meldungen ohne Handlungshilfen ($|t| = 1,68 < t_{0,05; 10} = 2,23$).

Bei Sprachausgaben mit Handlungshilfen sind die Regelleistungen hingegen signifikant besser als bei optimalen Sprachausgaben ohne Handlungshilfen ($|t| = 2,61 > t_{0,05; 10} = 2,23$), und folglich auch besser als bei nicht optimalen Sprachausgaben.

Dieser Effekt kann auf eine entlastende Wirkung von Handlungshilfen bei Sprachausgaben zurückgehen. Einschränkend zum Maß "Lenkregelleistung" muß jedoch berücksichtigt werden, daß die Lenkaufgabe in Form eines Folgetrackings lediglich als Analogie zum Steuern eines Kraftfahrzeuges zu sehen ist.

5.5. Zusammenfassung der Ergebnisse

1. Alle Meldungen werden wahrgenommen.
2. Sprachausgaben mit Handlungshilfen wirken sich positiv auf die Reaktionssicherheit bei Defekten, die für den Laien schwer zu durchschauen sind, aus. Meldungen über Öltemperatur, Kühlmitteltemperatur, Öldruck, Antiblockiersystem, Servolenkung, Servobremse, Bremskreis sollen daher mit Handlungshilfen versehen werden.

3. Bei Defekten, die der technische Laie besser überblicken kann (z.B. Bremslicht), ist die Satzform der Statementform nicht überlegen.
4. Meldungen mit Handlungshilfen erzeugen, insbesondere bei jüngeren Männern, möglicherweise das Gefühl des Bevormundetwerdens, während reine Zustandsbeschreibungen, etwa bei Meldungen zur Öltemperatur etc., den Wunsch nach ausführlicher Anleitung hervorrufen.
5. Die Reaktionszeiten der Probanden auf Meldungen in Satzform sind in 2 von 12 Fällen signifikant kürzer als auf Meldungen in Statementform.

6. Exemplarische Beispiele für optimal gestaltete Sprachausgaben

Die hier ausformulierten Meldungen basieren

- auf den theoretischen Kriterien, wie sie die Psycholinguistik für eine optimale Gestaltung nahelegt (Zusammenfassung siehe Tabelle 4.2),
- auf den im Rahmen dieser Studie durchgeführten Befragungen und Versuchen mit Kraftfahrern,
- auf technischen Erfordernissen. Hierzu wurden die Bedienungsanleitungen verschiedener Fahrzeugtypen bezüglich ihrer Verhaltensanweisungen bei bestimmten Fahrzeugdefekten analysiert; schließlich wurden fachlich versierte Berater hinzugezogen.¹⁾

6.1. Sprachausgaben mit Handlungshilfen

In Absatz 3.4. sind Empfehlungen für die Verwendung von Handlungshilfen dargelegt und begründet (vgl. auch Tabelle 3.5).

Die Meldungen lauten:

Die Öltemperatur ist zu hoch. Lassen Sie den Wagen ausrollen und prüfen Sie den Ölstand! Fahren Sie nicht weiter, da sonst der Motor gefährdet ist.

Der Öldruck ist zu niedrig. Lassen Sie den Wagen ausrollen und prüfen Sie den Ölstand! Fahren Sie nicht weiter, da sonst der Motor gefährdet ist.

Die Kühlwassertemperatur ist zu hoch. Halten Sie an und lassen Sie den Motor im Stand laufen. Kontrollieren Sie die Kühlflüssigkeit.

Das Antiblockiersystem ist ausgefallen. Fahren Sie vorsichtig zur nächsten Werkstatt.

Ein Bremskreis ist ausgefallen. Die Bremswirkung ist verringert. Fahren Sie vorsichtig zur nächsten Werkstatt.

Die Servolenkung ist defekt. Zum Lenken ist großer Kraftaufwand nötig.

¹⁾ Wir möchten uns an dieser Stelle bei den Mitgliedern des AK 2 der FAT für ihre fachliche Beratung herzlich bedanken.

Die Servobremse ist defekt. Zum Bremsen ist sehr großer Kraftaufwand nötig.

Die Bremsbeläge müssen erneuert werden.

Das Fahrzeug-Kontrollsystem funktioniert nicht einwandfrei. Lassen Sie es überprüfen.

(Anmerkung: Hier wurde aus sprachästhetischen Gründen gegen das Kriterium, keine Negation zu verwenden, verstoßen. Es wäre auch die Formulierung "Teile des Fahrzeug-Kontrollsystems sind defekt ..." möglich.)

Die Batterie wird nicht geladen. Fahren Sie zur nächsten Tankstelle.

(Anmerkung: Dem Grundsatz, geläufige Wörter zu verwenden, wird gegenüber dem Kriterium, keine Negation zu verwenden, Vorrang eingeräumt.)

Der Reifendruck ist zu niedrig. Fahren Sie langsam zur nächsten Tankstelle.

Bitte stellen Sie den Choke zurück.

Bitte prüfen Sie die Handbremse.

6.2. Sprachausgaben ohne Handlungshilfen

Der experimentelle Vergleich (Kapitel 5.) erbrachte, daß Sprachausgaben ohne Handlungshilfen, die in Satzform abgefaßt sind, in einigen Fällen den Meldungen in Statementform bezüglich der Reaktionszeit überlegen sind. Die Satzform sollte auch verwendet werden, da sie bessere Verständlichkeit garantiert und dem Hörer die Möglichkeit zur akustischen Voreinstellung bietet (vgl. Vorstudie). Die Meldungen lauten:

Ein Scheinwerfer ist ausgefallen.

Ein Bremslicht ist ausgefallen.

Das Rücklicht ist ausgefallen.

Die Beleuchtung des Nummernschildes ist ausgefallen.

Der Blinker ist ausgefallen.

Hier besteht Glatteis-Gefahr!

Hier besteht Aquaplaning-Gefahr!

Auf der Fahrbahn liegt ein Hindernis!

Der Treibstoff reicht noch für höchstens zwanzig Kilometer.

Der Treibstoffverbrauch beträgt zur Zeit ... Liter auf einhundert Kilometer. (Anmerkung: Diese Meldung wird nur bei Anforderung ausgegeben.)

Die Fahrzeit beträgt bisher ... Stunden und ... Minuten. (Anmerkung: Diese Meldung wird nur bei Anforderung ausgegeben.)

7. Darbietungshäufigkeit der Meldung

In der Vorstudie wurden folgende Möglichkeiten bezüglich der Darbietungshäufigkeit von Meldungen besprochen:

- Einmalige Ausgabe der Information.

Vorteil: kurze Darbietungszeit.

Nachteil: Meldung kann eventuell überhört oder falsch verstanden werden.

- Einmalige Ausgabe der Information sowie die Möglichkeit, die Sprachausgabe mittels Wiederholungstaste nochmals abzurufen.

Vorteil: Flexibilität

Nachteil: Ablenkung bei der Suche nach der Wiederholungstaste.

- Automatisches Wiederholen der Information (Zweimalige Darbietung).

Vorteil: Meldung wird nicht überhört.

Nachteil: Akzeptanzprobleme bei Personen, die die Meldung bereits nach einmaliger Darbietung verstanden haben.

- Permanente Wiederholung, bis eine Stoptaste betätigt wird.

Vorteil: Meldung wird nicht überhört.

Nachteil: Akzeptanzprobleme! Ablenkung bei der Suche nach der Stoptaste.

- Intervenierende Darbietung (= Wiederholung nach definierten Zeitschnitten).

Vorteil: Meldung wird in Erinnerung gerufen (dürfte sich aber bei Einführung eines Pre-Drive-Checks erübrigen).

Nachteil: Akzeptanzprobleme.

Als Entscheidungsstrategie (Vorstudie S. 82, Abbildung 7.3) wurde vorgeschlagen, im Falle des Nichtverstehens einer Meldung in optimaler Darbietungsart (Versuch: "optimale Meldungen") die günstigste Darbietungshäufigkeit experimentell festzustellen.

Da die Wahrnehmung einer Meldung offensichtlich keine Schwierigkeiten bereitet, kann im Regelfall die Häufigkeit auf einmalige Darbietung beschränkt bleiben. Daneben ist die Möglichkeit einzuräumen, durch Drücken einer Repeattaste die Meldung nochmals abzurufen.

Wie bereits in der Vorstudie ausgeführt, wird durch das Abschalten der Zündung auch der Speicher gelöscht, in dem die Ausgabe der Meldung vermerkt war. Ist der Fehler zwischenzeitlich nicht behoben, so wird der Fahrer beim erneuten Starten des Wagens erinnert.

Bei den Meldungen "Aquaplaning-" und "Glatteisgefahr" muß eine Ausnahme-

regelung getroffen werden. Wird beispielsweise "Aquaplaninggefahr" gemeldet und der Fahrer verlangsamt seine Geschwindigkeit entsprechend, so ist die Gefahr beseitigt und das Sprachausgabegerät gibt keine weitere Meldung aus. Beschleunigt der Fahrer trotz starken Wasserfilms auf der Fahrbahn, so wird die Gefährdung erneut registriert und gemeldet.

Meldungen, die auf Abruf oder im Rahmen eines Pre-drive-checks auszugeben sind, wurden bereits in der Vorstudie (6.3.2 und 6.3.3.) besprochen.

8. Differentielle Lautstärkenanhebung und Verständlichkeit

8.1. Experimentelle Fragestellung

Eines der schwierigsten Probleme bei Sprachausgaben im Kraftfahrzeug besteht darin, daß die zum Sprachverständnis relevanten Frequenzbänder der Sprache den im Fahrzeuginnenraum typischerweise anzutreffenden Störfrequenzbereichen in weiten Teilen entsprechen. Veranschaulicht wird dies in den Abbildungen 8.1 und 8.2.

Experimentell ist nun zu klären, ob eine spektral differentielle Lautstärkenanhebung einzelner Frequenzen des Sprachspektrums zur Verbesserung der Verständlichkeit der Meldungen beiträgt. Es soll dabei, bildlich gesprochen, der Versuch unternommen werden, die Sprache aus dem Störbereich "hinauszuschieben".

8.2. Versuchsdesign

8.2.1. Untersuchungsmethode

Das Experiment wird in Form eines Paarvergleichs durchgeführt. Zunächst wurden 8 verschiedene Meldungen in Satzform ausgewählt. Die Versuchsperson hört jeweils denselben Satz zweimal hintereinander und muß entscheiden, ob sie den ersten oder den zweiten Satz besser verstanden hat (forced choice). Die Satzpaare sind dabei nach dem in Tabelle 8.1 dargestellten Schema kombiniert:

	Meldung mit diff. angehobener Lautst.	Meldung ohne diff. angehobene Lautst.
Meldung bei diff. angehobener Lautst. a	a - a	a - na
Meldung ohne diff. angehobene Lautst. na	na - a	na - na

Tab. 8.1: Kombinationsmöglichkeiten der Meldungspaare

Der Proband hört beispielsweise zweimal: "Hier besteht Glatteisgefahr!", wobei in beiden Fällen die Lautstärke differentiel angehoben ist (a - a).

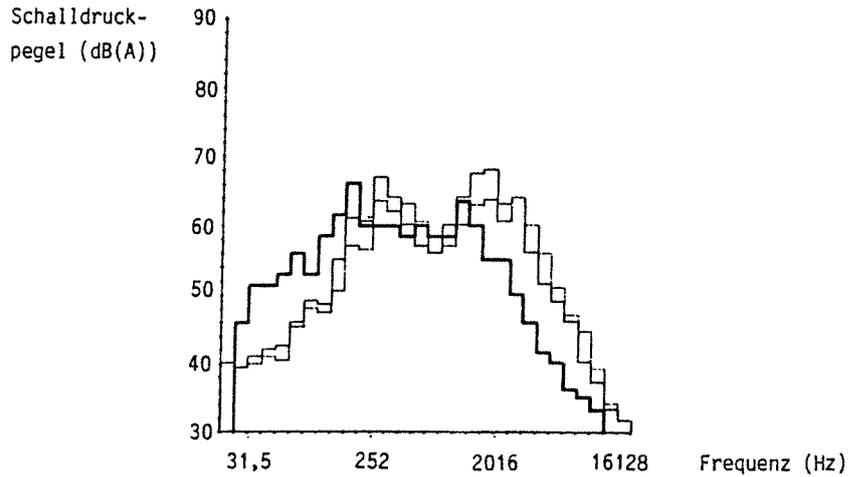


Abb. 8.1: Frequenzspektren beim Versuch "Differentielle Lautstärkenanhebung"

- Spektrum Fahrzeuginnengeräusch (kl. Pkw)
- Spektrum der normalen Sprache
- Spektrum der angehobenen Sprache

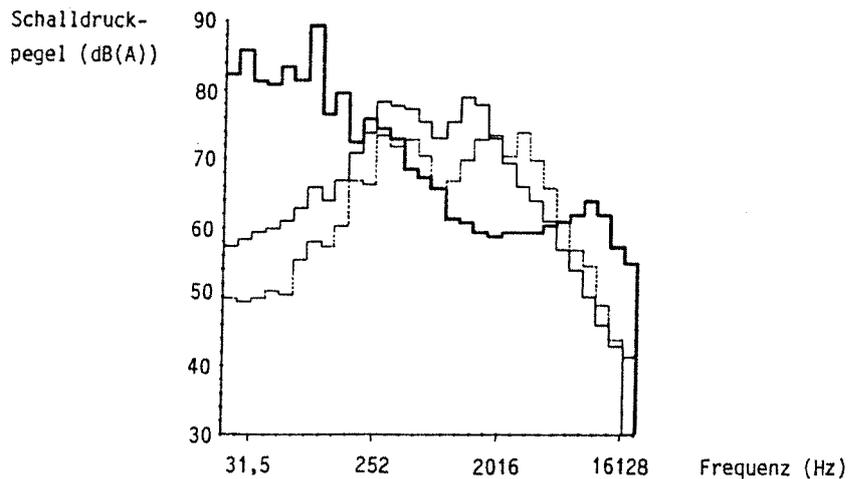


Abb. 8.2: Frequenzspektren beim Versuch "Differentielle Lautstärkenanhebung"

- Spektrum Fahrzeuginnengeräusch (Lkw)
- Spektrum der normalen Sprache
- Spektrum der angehobenen Sprache

Die nächste Meldung lautet "Die Öltemperatur ist zu hoch.", hier ist beispielsweise beim ersten Satz die Lautstärke nicht differentiell angehoben (na - a).

Insgesamt ergeben sich bei 8 Meldungen und 4 Kombinationsmöglichkeiten 32 Satzpaare, die den Probanden in Einzelversuchen bei zufälliger Reihenfolge dargeboten werden.

8.2.2. Geräuschspektren

Problematisch wird die Verständlichkeit der Meldungen insbesondere unter extremen Geräuschbedingungen. Zur Prüfung werden daher die Fahrzeuginnen-geräuschspektren eines VW Polo bei 80 km/h und eines Lkw (Stadtverkehr) als Extremkonditionen ausgewählt.

Die Spektralanalysen ¹⁾ liegen als Frequenz-Power-Diagramme vor, wobei die Unterteilung des Frequenzbereichs in Terzschritten erfolgt. Wie die Abbildungen 8.1 und 8.2 veranschaulichen, zeigt das Pkw-Innengeräusch eine zweigipflige Verteilung mit Spitzen im Frequenzbereich von 128-252 Hz und bei 1008 Hz, während beim Lkw die maximalen Werte zwischen 0 und 126 Hz liegen.

8.2.3. Sprachmaterial

Die Sprachausgaben werden mit Hilfe eines Echtzeitfrequenzanalysators ²⁾ spektralanalysiert und als Frequenz/Lautstärke-Diagramm aufgezeichnet (Abb. 8.1 und 8.2). Nun wird versucht, den Signal-Rausch-Abstand durch Anhebung bzw. Absenkung einzelner Frequenzen zu verbessern. Wie aus den beiden Abbildungen hervorgeht, wird das Sprachspektrum in Bereichen, die besonders stark gestört sind, im Schalldruck (Lautstärke) entsprechend stärker angehoben - beim Pkw mittels Bandpaßfiltern in zweigipfliger Charakteristik, beim Lkw in den unteren und mittleren Frequenzbereichen.

¹⁾ Die Spektren wurden dankenswerterweise von VDO und MAN zur Verfügung gestellt. Es ist anzumerken, daß die Innengeräuschspektren kleiner bis mittlerer Fahrzeuge sehr ähnlich sind.

²⁾ Wir danken der Firma Porsche, Weissach, für die freundliche personelle und instrumentelle Unterstützung.

Dabei wird der Versuch unternommen, das Sprachsignal durch die Anhebung nicht allzu stark zu verfälschen. Die Gesamtlautstärke der Meldung bleibt unverändert.

8.2.4. Versuchsaufbau

32 Satzpaare werden auf eine Tonspur aufgezeichnet, parallel dazu die Lkw- bzw. Pkw-Geräuschspektren (jeweils 4 x 4), in zufälliger Reihenfolge.

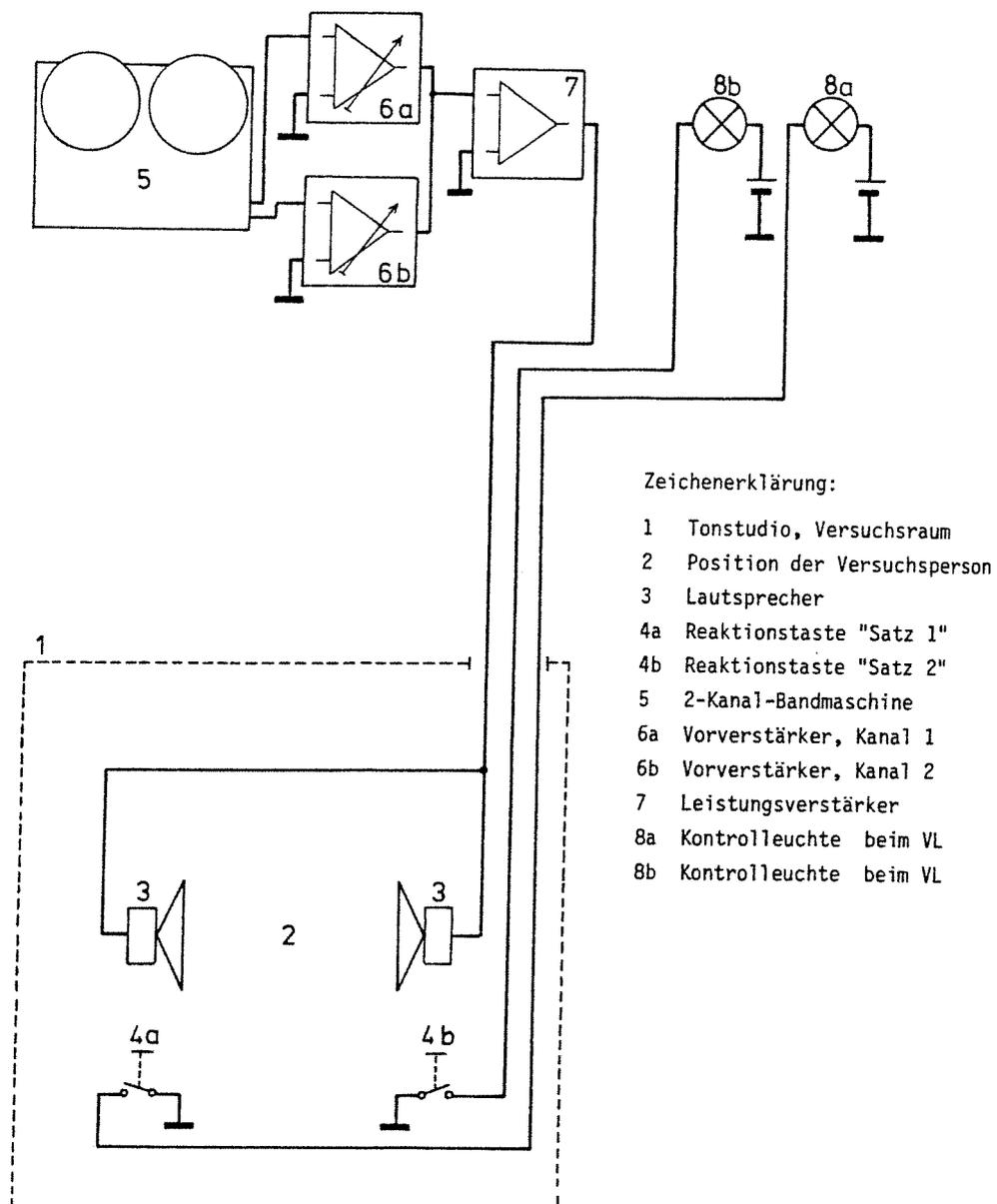


Abb. 8.3: Aufbau beim Versuch "Differentielle Lautstärkenanhebung"

Für die Reaktion stehen zwei Tasten, beschriftet mit "1. Satz" bzw. "2. Satz", zur Verfügung. Aufgabe der Versuchsperson ist es, jeweils ein Satzpaar zu beurteilen und mittels Tastendruck zu entscheiden, ob der erste oder der zweite Satz besser zu verstehen ist (forced choice). Die Wahl unterliegt keiner zeitlichen Beschränkung, das nächste Satzpaar wird erst vorgestellt, wenn sich die Versuchsperson entschieden hat. Abbildung 8.3 zeigt den Versuchsaufbau.

8.2.5. Stichprobenumfang

Das Experiment wird mit 30 Versuchspersonen durchgeführt. 15 Personen waren männlichen, 15 weiblichen Geschlechts.

8.3. Ergebnisse

Bei 30 Versuchspersonen und 4 Meldungen mit einem Pkw-Geräuschspektrum als Hintergrund ergeben sich pro Kombinationsmöglichkeit (vgl. Tab. 8.1) 120 Urteile. Tabelle 8.2 zeigt ihre Häufigkeitsverteilung:

a - a	a - na
"1. Satz besser verständlich": 48	"1. Satz besser verst.": 5
"2. Satz besser verständlich": 72	"2. Satz besser verst.": 115
na - a	na - na
"1. Satz besser verständlich": 117	"1. Satz besser verst.": 54
"2. Satz besser verständlich": 3	"2. Satz besser verst.": 66

Tab. 8.2: Häufigkeitsverteilung der Urteile, Geräuschspektrum Pkw,
a = angehobene Lautstärke,
na = nicht angehobene Lautstärke

Eine entsprechende Tabelle läßt sich für das Lkw-Geräuschspektrum aufstellen (Tab. 8.3):

a - a "1. Satz besser verständlich": 34 "2. Satz besser verständlich": 86	a - na "1. Satz besser verst.": 1 "2. Satz besser verst.": 119
na - a "1. Satz besser verständlich": 115 "2. Satz besser verständlich": 5	na - na "1. Satz besser verst.": 49 "2. Satz besser verst.": 71

Tab. 8.3: Häufigkeitsverteilung der Urteile, Geräuschspektrum Lkw,
a = angehobene Lautstärke,
na = nicht angehobene Lautstärke

Zunächst sollen die Satzpaare statistisch ausgewertet werden, bei denen ein Satz mit, der andere ohne differentiell angehobene Lautstärke präsentiert wurde (a - na; na - a). Die Hypothese, die Antworten seien bezüglich ihrer Auftretenshäufigkeit gleich, d.h. zwischen den Vorgabemodalitäten (angehobene / nicht angehobene Lautstärke) bestehe kein Unterschied, ist bei einer Prüfgröße von $\chi^2_{0,05; 3} = 7,81$ zu verwerfen, da sich für Pkw ein $\chi^2 = 108,03$, für Lkw ein $\chi^2 = 121,73$ ergibt. Zwischen den Vorgabemodalitäten besteht also ein signifikanter Unterschied.

Es wird jeweils der Satz mit der nicht differentiell angehobenen Lautstärke besser verstanden.

Die differentielle Lautstärkenanhebung einzelner, besonders gestörter Frequenzen des Sprachspektrums führt somit nicht zu einer Verbesserung der Verständlichkeit der Meldungen.

Um zu ermitteln, ob bei identischen Paaren (a - a ; na - na) die Reihenfolge zur bevorzugten Wahl führt, werden auch hier die χ^2 -Werte berechnet:

Pkw: $\chi^2 = 6$ nicht signifikant

Lkw: $\chi^2 = 26,58$ signifikant

Unter der Kontextbedingung Lkw wird bei objektiv gleichen Sätzen der zweite signifikant häufiger als "besser verständlich" eingestuft.

Keine Auswirkungen hat dagegen die Reihenfolge unter der Kontextbedingung Pkw.

Die Ursache für diese Einschätzung dürfte darin bestehen, daß unter schwierigen akustischen Bedingungen - und als solche sind Lkw-Innengeräusche

einzustufen - der zweite Satz tatsächlich besser zu verstehen ist als der erste.

Die in der Lautstärke differentiell angehobenen Sätze wurden mit einer Wahrscheinlichkeit von jeweils 0.5 als erster oder als zweiter Satz dargeboten, weshalb beim vorliegenden Ergebnis ein Versuchsartefakt auszu-schließen ist.

8.4. Zusammenfassung und Folgerungen

Ein Vergleich der Verständlichkeit von Meldungen, deren Lautstärke in besonders gestörten Frequenzbereichen angehoben wurde, mit solchen, die nicht verändert wurden, ergibt:

Bei insgesamt gleicher Lautstärke (dBA) ist die natürlich belassene Sprache, trotz des ungünstigen Signal-Rausch-Abstandes in einzelnen Frequenzbändern, besser verständlich.

Prinzipiell sollte daher bei Sprachausgaben die Sprachqualität so nahe wie möglich der natürlichen Sprache angeglichen werden.

9. Einfluß der Bandbreite des Frequenzspektrums auf die Verständlichkeit der Meldung

Beim gegenwärtigen Stand der Technik (vgl. Vorstudie) ist es äußerst schwierig, abzuschätzen, welche Wiedergabequalität die Sprachausgaben erreichen werden, und wie sich dies auf die Verständlichkeit der Meldungen auswirkt.

Im vorausgegangenen Experiment wurde deutlich, daß spektral differentielle Lautstärkenanhebung zu signifikant schlechterer Sprachverständlichkeit führt. Die nun folgende Durchsicht der einschlägigen Fachliteratur soll zeigen, welche Auswirkungen eine Begrenzung der oberen bzw. der unteren Frequenzen des Sprachspektrums auf die Verständlichkeit hat.

9.1. Definitorische Vorbemerkungen

Ein Hochpaßfilter läßt hohe Frequenzen passieren, während er niedrige abblockt. Ein Tiefpaßfilter sondert hohe Frequenzen aus und läßt tiefe hindurchtreten. Abbildung 9.1 zeigt die Erkennungsleistung von Silben als Funktion einer Hoch- bzw. Tiefpaßfilterung:

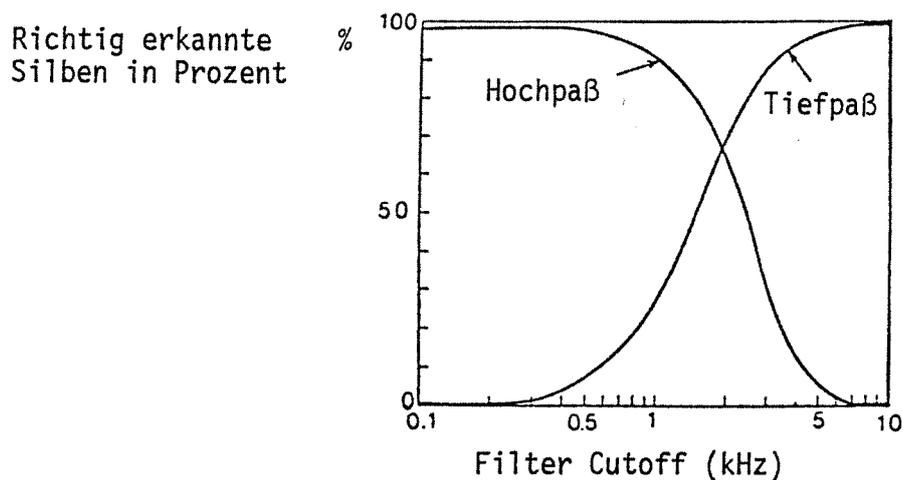


Abb. 9.1: Silbenverständlichkeit als Funktion einer Hoch- bzw. Tiefpaßfilterung (nach GELFAND, 1981, S. 342)

Setzen wir bei einem Hochpaßfilter den Cutoff beispielsweise bei 3 kHz, d.h. nur noch Frequenzen über 3 kHz können Filter passieren, so ist die Silbenverständlichkeit ca. 30 %. Werden dagegen nur Frequenzen, die tiefer als 1,5 kHz sind, abgeschnitten, so liegt die Silbenverständlich-

keit bei ca. 80 %.

Ein Tiefpaßfilter mit Cutoff bei 3 kHz (höhere Frequenzen werden ausgesondert) führt dagegen zu einer Silbenverständlichkeit von ca. 87 %.

Als Maßstab für die Verständlichkeit der Sprache dient häufig der "Articulation score", d.h. der Verständlichkeitsindex. Er gibt den Prozentsatz von Testeinheiten an, die der Hörer korrekt wiedergibt.

Als Testmaterial dienten in den hier besprochenen Untersuchungen Logatom-Tests (sie arbeiten mit sinnleeren Silben, die nach dem Muster Konsonant-Vokal-Konsonant, CVC, aufgebaut sind) oder Reim-Tests (hier werden einsilbige Wörter verwendet, die einen bekannten Sinn besitzen und ebenfalls den Aufbau Konsonant-Vokal-Konsonant aufweisen, z.B. Sieb, lieb, Dieb, gib, Hieb, schieb). Bei KÜNDIG (1973) findet sich eine weiterführende Übersicht über die Methoden zur Ermittlung der Sprachübertragungsqualität. In manchen Untersuchungen finden auch Ziffern von 0 bis 9 und "Sätze", bestehend aus fünf Hauptwörtern, die mit "the" und "of" verbunden werden, Verwendung (z.B. bei MILLER et. al., 1951).

"Zum Maßstab der Verständlichkeitswerte", bemerkt REICHARDT (1968), "daß eine Silbenverständlichkeit von 80 bis 70 % für den Fernsprechverkehr gut ausreicht, eine nennenswerte Erschwerung der Nachrichtenübermittlung tritt erst bei einer Silbenverständlichkeit von 50 bis 40 % ein... Offenbar wird ein erheblicher Prozentsatz der zu übermittelnden Nachricht erraten." (S. 404).

Mit hoher Wahrscheinlichkeit kann diese für den Fernsprechverkehr getroffene Festlegung auf die Verständlichkeit des Sprachausgabesystems im Kraftfahrzeug übertragen werden, wenn dem Fahrer die Möglichkeit des Kennenlernens aller gespeicherten Meldungen eingeräumt wird.

9.2. Ergebnisse bei ungefilterter Sprache

Um eine Basis für Vergleiche zu schaffen werden zunächst Ergebnisse für ungefilterte Sprache referiert.

Allgemein gilt, daß die Verständlichkeit von Logatomen gering ist, bei isolierten Wörtern, in Sätzen eingebetteten Wörtern, Sätzen und Ziffern jedoch stetig zunimmt.

Den Zusammenhang zwischen dem objektiven, aber künstlichen Maß "Artikulationsindex" und der für die Praxis bedeutsamen Größe "Prozent richtig verstandener Sätze bzw. Wörter" gibt Abbildung 9.2 wieder. Hieraus wird deutlich, daß ab einem Artikulationsindex von 0.4 bei Sätzen kaum noch eine Steigerung der Verständlichkeit möglich ist.

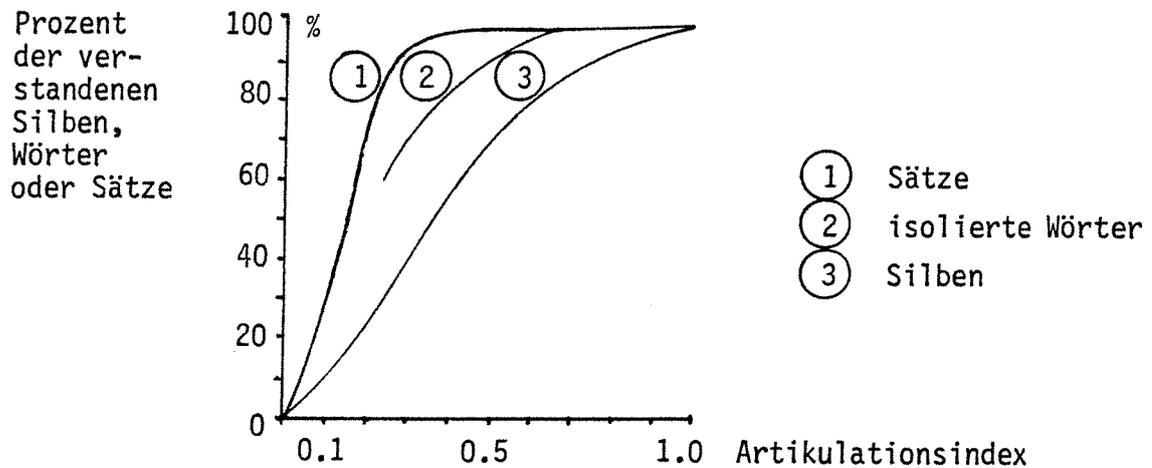


Abb. 9.2: Angenäherte Beziehung zwischen Artikulationsindex und subjektiver Sprachverständlichkeit (nach FRENCH & STEINBERG, 1947, S. 113)

Abbildung 9.3 zeigt den Prozentsatz richtig wiedergegebener Wörter bei verschiedenen Verhältnissen von Signal und Rauschen:

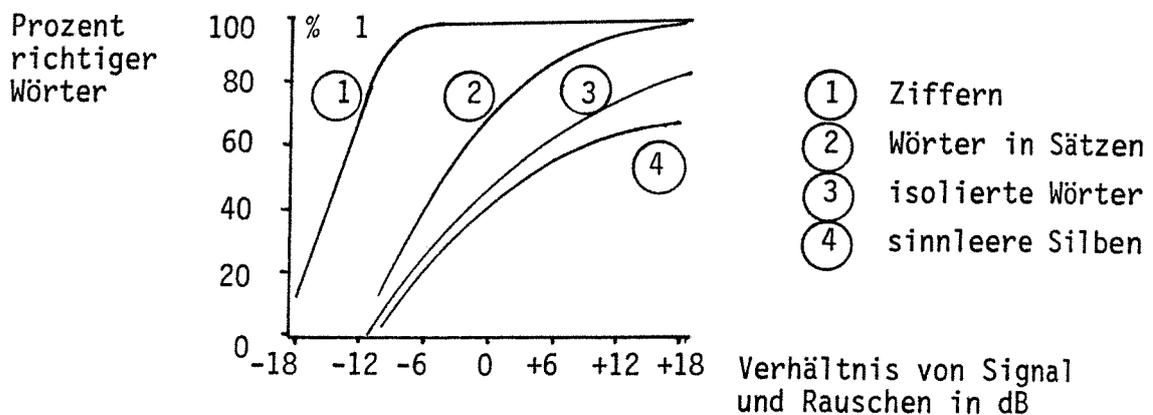


Abb. 9.3: Sprachverständlichkeit bei verschiedenen Signal-Rausch-Verhältnissen (nach MILLER, HEISE & LICHTEN, 1951, S. 330 und S. 334)

Wie aus Abbildung 9.3 ersichtlich ist, werden Wörter, die in Sätze eingebettet sind, bei einem Signal-Rausch-Abstand von 6 dB zu ca. 90 % richtig wiedergegeben.

Soweit die Störgeräusche nicht überhand nehmen, haben folglich Sprachausgaben aufgrund ihrer Satzform eine hohe Wahrscheinlichkeit, bei ungefilterter Sprache gut verstanden zu werden.

9.3. Ergebnisse bei einseitiger Beschneidung des Frequenzspektrums

Die folgenden Abbildungen zeigen die Auswirkung von einseitiger Hoch- und Tiefpaßfilterung auf den Artikulationsindex:

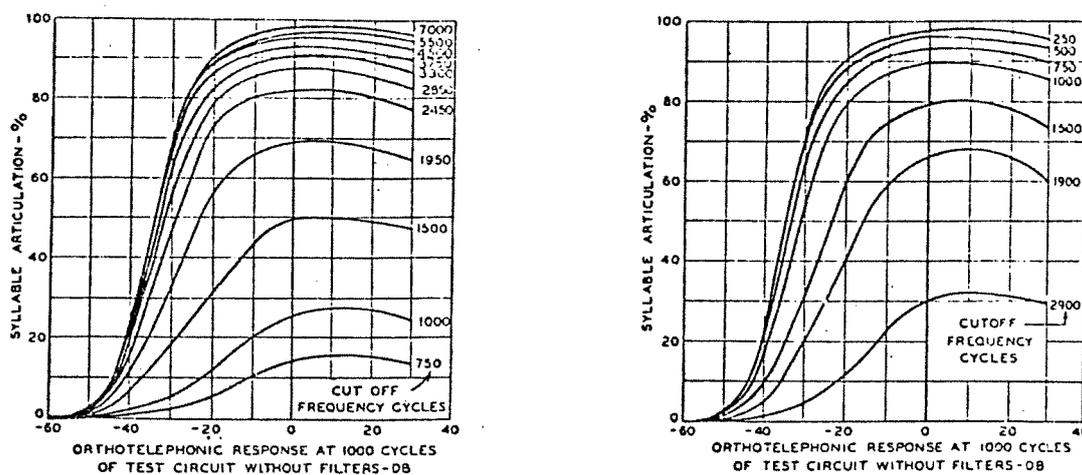


Abb. 9.4: links Tiefpaß-, rechts Hochpaßfilterung; geglättete Ergebnisdarstellung in Kurvenform (aus FRENCH und STEINBERG, 1947, S. 101)

Auf der Ordinate ist der Prozentsatz richtig wiedergegebener Silben aufgetragen, die Abszisse dokumentiert den "Orthotelephonic response" bei 1000 Zyklen des Testumlaufs vor Einsatz des Filters.

Orthotelephonic response ist ein Maß für die Sprachverständlichkeit in Abhängigkeit von der Intensität der Sprache bei der Übermittlung durch ein Kommunikationssystem. Ein Telefonsystem hat per Definition einen Orthotelephonic response von 0 dB, wenn es durch eine Luftlinie von einem Meter zwischen Sprecher und Hörer ersetzt werden kann und sich die Lautstärke der empfangenen Sprache bei jeder Frequenz dadurch nicht verändert (vgl. FRENCH & STEINBERG, 1947, S. 98).

Aus der Beschriftung der Kurven geht der Cutoff hervor: so bedeutet 750

bei der linken Abbildung, daß Frequenzen von 0 bis 750 Durchlaß fanden, während der Rest ausgefiltert wurde. Der Wert 2900 in der rechten Abbildung (Hochpaßfilterung) bedeutet: alle Frequenzen über 2900 Hz konnten passieren, die tieferen wurden abgeschnitten.

9.4. Ergebnisse bei zweiseitiger Beschneidung des Frequenzspektrums

Die technische Realisierung von Sprachausgaben wird aus Kostengründen von einem Frequenzspektrum ausgehen, das gegenüber der natürlichen Sprache begrenzt ist.

Eine Darstellung aus FRENCH & STEINBERG (1947, S. 104) zeigt den Verlauf der Sprachverständlichkeit bei zweiseitiger Beschneidung des Frequenzspektrums.

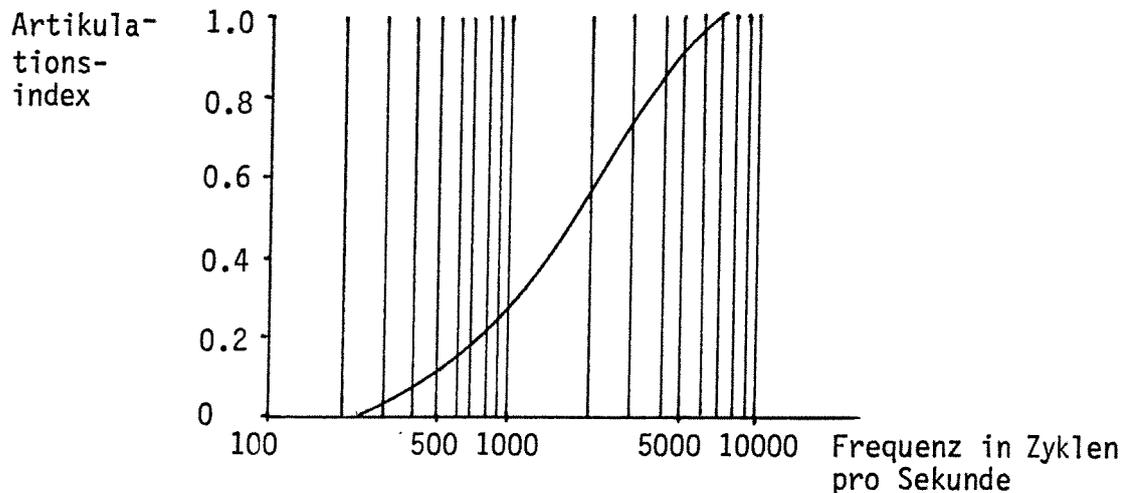


Abb. 9.5 : Verständlichkeitsindex beim jeweiligen Frequenz-Cutoff (nach FRENCH & STEINBERG, 1947)

In Tabelle 9.1 ist der Frequenzbereich zwischen 250 und 7000 Hz in 20 Bänder unterteilt, wobei jedes Band den Verständlichkeitsindex um 5% erhöht (männliche und weibliche Stimmen zusammengefaßt).

Die Analysen von FRENCH und STEINBERG lassen für unser Anwendungsgebiet folgende Schlüsse zu:

Ist in einem Frequenzbereich von 250 bis 1515 Hz ein auf sinnleere Silben bezogener Verständlichkeitsindex von 40 % zu erwarten, so müßten Sätze in diesem Frequenzbereich bereits mit einer Wahrscheinlichkeit von 97 % verstanden werden (Tab. 9.1 und Abb. 9.2). Bei 250 - 1130 Hz (Artikulationsindex 30 %) läge die Wahrscheinlichkeit bei ca. 93 %.

Band	Frequenzgrenzen	Artikulationsindex
1	250 - 375	5 %
2	375 - 505	10 %
3	505 - 645	15 %
4	645 - 795	20 %
5	795 - 955	25 %
6	955 - 1130	30 %
7	1130 - 1315	35 %
8	1315 - 1515	40 %
9	1515 - 1720	45 %
10	1720 - 1930	50 %
11	1930 - 2140	55 %
12	2140 - 2355	60 %
13	2355 - 2600	65 %
14	2600 - 2900	70 %
15	2900 - 3255	75 %
16	3255 - 3680	80 %
17	3680 - 4200	85 %
18	4200 - 4860	90 %
19	4860 - 5720	95 %
20	5720 - 7000	100 %

Tab. 9.1: Artikulationsindex für den Frequenzbereich von 250 bis 7000 Hz (nach FRENCH & STEINBERG, 1947, S. 105)

Allerdings gelten diese Aussagen nur für Umfeldbedingungen ohne Störgeräusche. Auch die Annehmlichkeit des Sprachklanges ist hier noch keineswegs berücksichtigt.

Die Untersuchungen von FRENCH und STEINBERG sind älteren Datums, doch werden ihre Ergebnisse durch MEYER und NEUMANN (1979) bestätigt: Bei einer Grenzfrequenz von 2000 Hz wird die Hälfte aller Logatome richtig verstanden, während durch Ausdehnung des Frequenzbandes auf 7 kHz eine ebenso gute Silbenverständlichkeit erzielt werden kann wie beim direkten Hören ohne Frequenzbegrenzung.

Über die Auswirkung niederer Frequenzen auf die Verständlichkeit von Kon-

sonanten berichten ROSENTHAL, LANG und LEVITT (1975), daß eine signifikante Verbesserung durch Hinzufügen niederfrequenter Bänder zu einem Bereich von 1100-2200 Hz erreicht wird. Am günstigsten wirkt sich ein Band von 220 - 440 Hz aus, gefolgt von 110 - 220 Hz und 55 - 110 Hz. Niedere Frequenzen beinhalten demzufolge bedeutende Informationen zum Sprachverstehen.

9.5. Ergebnisse bei zweiseitiger Beschneidung des Frequenzspektrums unter Berücksichtigung von Störgeräuschen

EGAN und WIENER (1946) untersuchen die Erkennbarkeit der Sprache bei verschiedenen Frequenzbändern in Abhängigkeit von Störgeräuschen. Sie gehen davon aus, daß der mittlere Frequenzbereich eine wichtigere Rolle für die Verständlichkeit spielt, und führen gleichzeitig Hoch- und Tiefpaßfilterungen durch.

Zunächst werden die Ergebnisse für ein Maskierungsgeräusch von 100 - 8000 Hz Frequenzumfang, wobei jede Frequenz mit 45 dB gleich stark vertreten ist (Gesamtstörpegel 84 dB, ungefiltert), dargestellt:

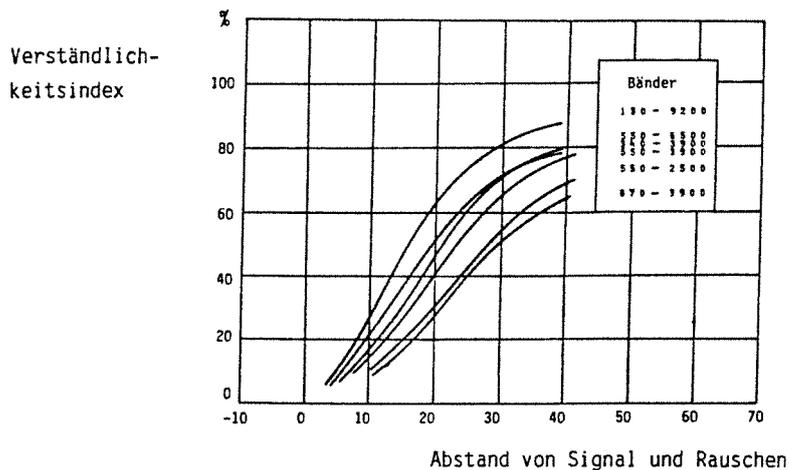


Abb. 9.6: Verständlichkeitsindex (in %) bei verschiedenen Signal-Rausch-Abständen. Maskierungsgeräusch 100 - 8000 Hz, Gesamtstörpegel 84 dB (nach Abbildungen von EGAN & WIENER, 1946, S. 437)

Diese Versuchsbedingungen mit zweiseitig eingegrenztem Frequenzspektrum des Signals und ungefiltertem Störgeräusch dürften der Situation im Kraftfahrzeug entsprechen.

Ein Vergleich der in Abbildung 9.6 skizzierten Verläufe zeigt, daß die Frequenzbänder von 130 - 9200 und 340 - 3900 Hz bei geringen Signal-Rausch-Verhältnissen den höchsten Verständlichkeitsindex aufweisen. Beide Bänder haben eine Mittenfrequenz (geometrisches Mittel der beiden Eckfrequenzen) von ca. 1000 Hz. Bei einer Differenz zwischen Signal und Rauschen von ca. 12 dB wird ein Index, bezogen auf sinnleere Silben, von 25 bis 30 Prozent erreicht. Dies entspricht einem Satzverständnis von über 90 %.

Mit zunehmendem Signal-Rausch-Abstand können mit immer mehr Frequenzbändern befriedigende Verständlichkeitsindices erreicht werden, doch ist dies aus der Sicht des Benutzers nicht sinnvoll. Schon ein Signal-Rausch-Abstand von 20 dB würde bei einem Innengeräusch von 72 dB zu einer extremen Belästigung durch die Sprachausgabe führen. Für den Einsatz von Sprachausgabesystemen im Kraftfahrzeug wird unter dem Gesichtspunkt der Ökonomie und der Verständlichkeit ein Frequenzbereich von 340 - 3900 Hz als ausreichend und günstig angesehen.

Sollten die technischen Möglichkeiten eine Ausdehnung auf weitere Frequenzbänder erlauben, so ist dies, schon wegen der Annehmlichkeit des Sprachklanges, unbedingt zu befürworten.

Als letzter Punkt ist die Störung des Signals durch Rauschen derselben Bandbreite zu besprechen. EGAN & WIENER (1946) bringen experimentell in Erfahrung, daß der hieraus resultierende Verständlichkeitsindex geringfügig höher ist als bei einem Breitbandrauschen.

Der Verständlichkeitsindex, fassen die Autoren zusammen, sei primär eine Funktion des Sprache-Geräusch-Verhältnisses. Auf der selben Frequenz wie die Sprachkomponente liegende Störgeräusche maskieren ebenso, wie außerhalb des Frequenzbandes liegende. EGAN & WIENER halten die Ausdehnung der Maskierung vor allem bei niederfrequenten Komponenten des Lärms für höchst bemerkenswert. Dies steht im Einklang mit den Ergebnissen des Versuchs "Differenzielle Lautstärkeanhebung" (vgl. Kap. 8.), bei dem das niederfrequente Lkw-Fahrgeräusch die Verständlichkeit der Sprachausgabe stärker beeinträchtigte als das Pkw-Innengeräusch.

Durch den vom Benutzer einstellbaren größeren Signal-Rausch-Abstand (größere Lautstärke der Sprachausgabe) kann dies jedoch ausgeglichen werden.

10. Laborexperiment zur Informationsverarbeitung in komplexen Situationen

10.1. Zielsetzung

Definiertes Ziel der Sprachausgabe im Kraftfahrzeug ist, primär zur Erhöhung der Verkehrssicherheit beizutragen. Die Informationsübermittlung auf akustischem Wege soll die bereits stark beanspruchte optische Verarbeitungskapazität entlasten. Was geschieht nun aber in Situationen, in denen Sprachausgaben zeitlich mit komplexen optischen und akustischen Reizkonfigurationen, wie sie in kritischen Momenten im Straßenverkehr auftreten können, zusammentreffen? Kann der Fahrer in diesem Falle noch adäquat auf das Verkehrsgeschehen reagieren? Um diese Frage zu beantworten, wurde als erster Schritt ein Experiment im Fahrsimulator durchgeführt.

10.2. Versuchsdesign

10.2.1. Versuchsablauf und -aufbau

Die Versuchsperson hat eine komplexe Fahraufgabe zu erfüllen, wobei sie durch Lenken, Gasgeben, Bremsen und Blinken einem per Film eingespielten Fahrzeug zu folgen hat (Beschreibung des Versuchsaufbaus in 5.2.4.). Zusätzlich wird eine Wahlreaktionsaufgabe gestellt: 20 Dias von Verkehrszeichen werden peripher eine Sekunde lang eingeblendet, wobei auf 12 Zeichen (rote, dreieckige Schilder) durch Betätigen der Hupe zu reagieren ist:

Reaktion	hupen	nicht hupen
Darbietung		
während einer Sprachausgabe	5	3
sonst	7	5
Verkehrszeichen	rot, dreieckig	anderes

Tab. 10.1: Periphere Signale

Die peripheren Signale treten in ähnlichen Verkehrssituationen (Bremsituationen) auf.

Der akustische Kanal wird, neben einem realistischen Fahrzeuginnengeräusch von 64 dBA (Audi 100), beansprucht durch die Unterhaltung von zwei Mitfahrern, die auch an den Fahrer Fragen richten. Das Gespräch begleitet den gesamten Versuch, wird allerdings nach der Vorankündigung der Sprachausgaben unterbrochen. In zwei Phasen des Versuchs tritt Kinderlärm auf, der jedoch realitätsgemäß während den Sprachausgaben nicht unterbrochen wird.

Abbildung 10.1 dokumentiert den Versuchsablauf, Abbildung 10.2 den Versuchsaufbau und Abbildung 10.3 den zugehörigen Schaltplan.

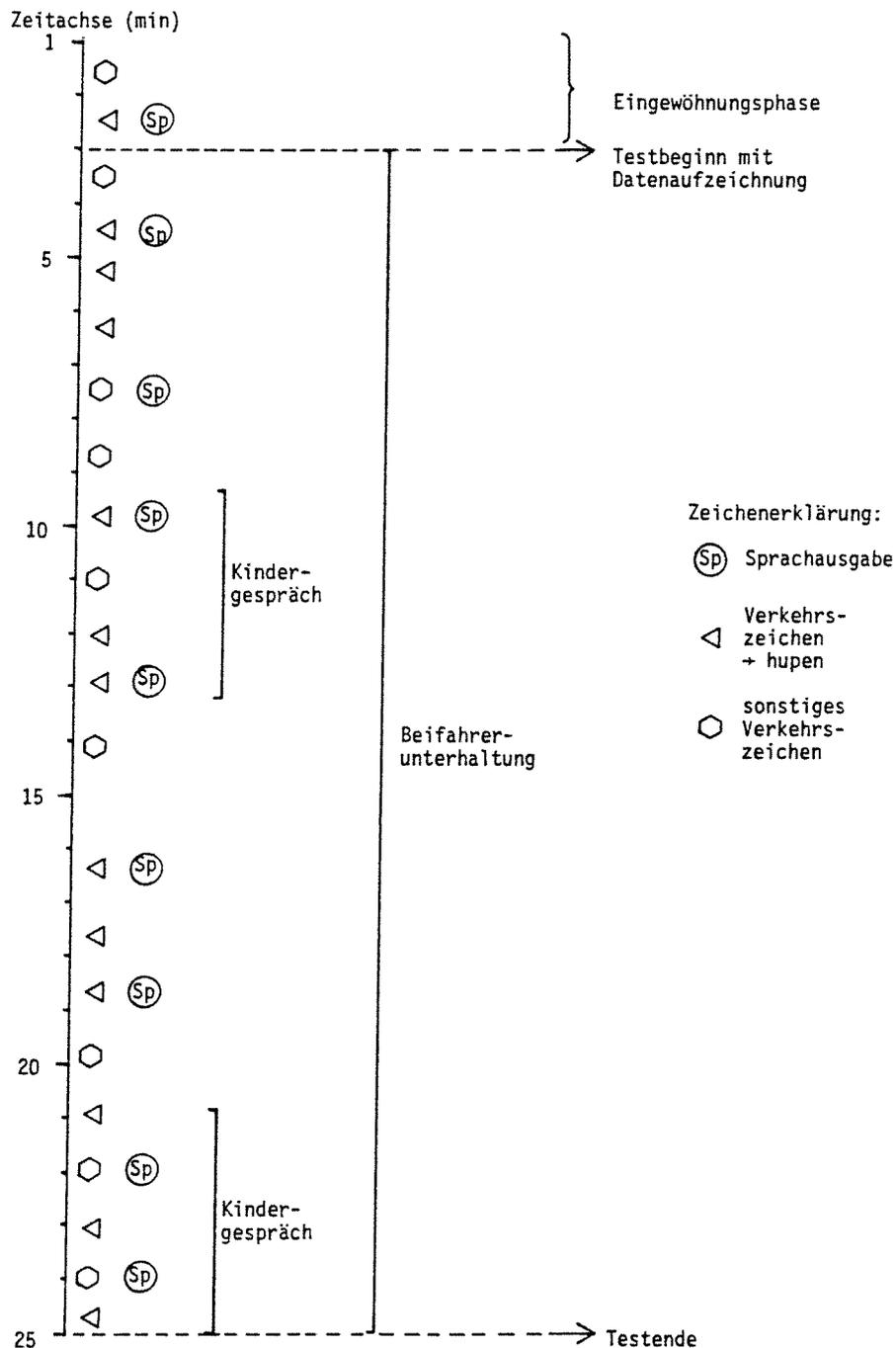


Abb. 10.1: Versuchsablauf beim Experiment "Informationsverarbeitung"

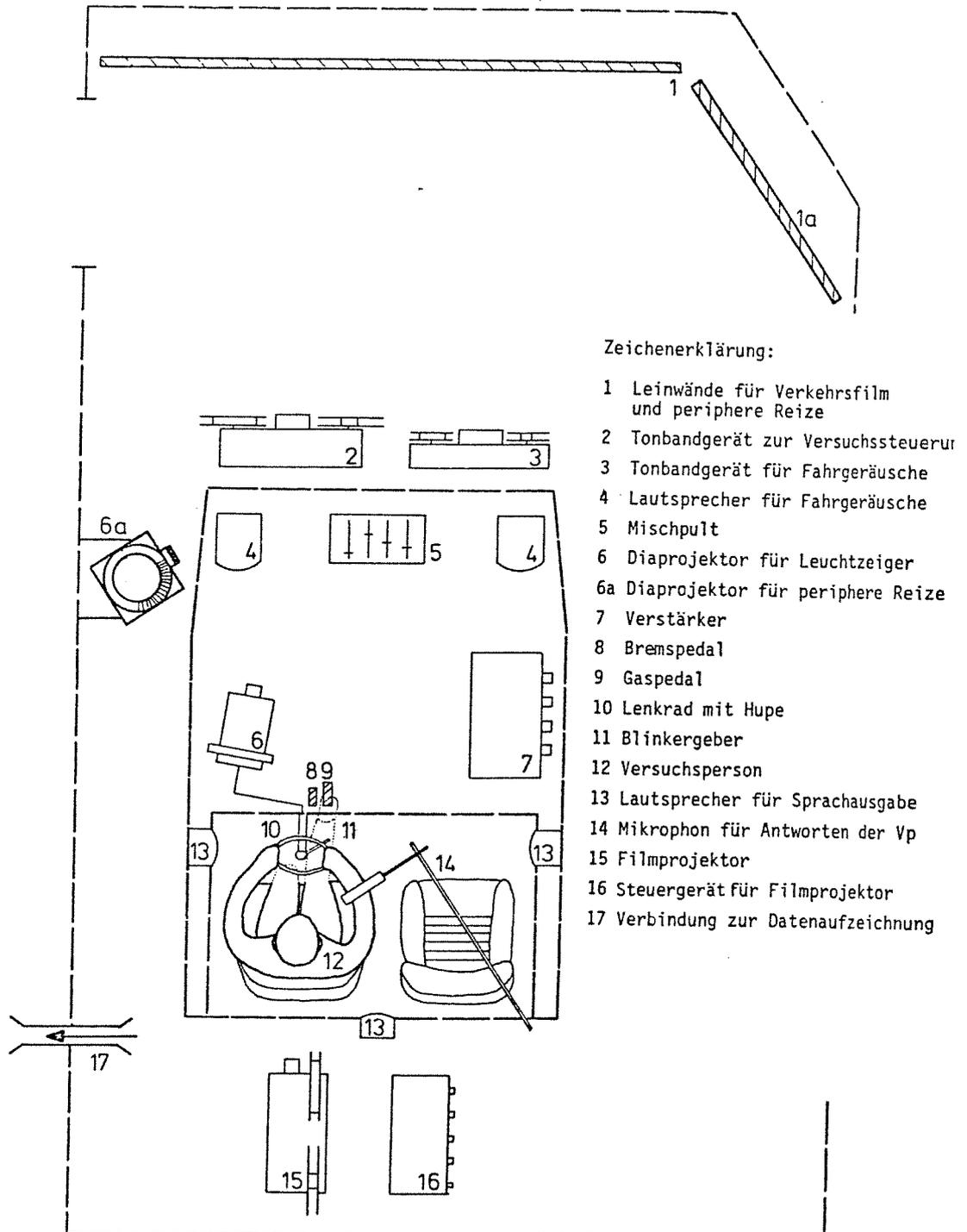
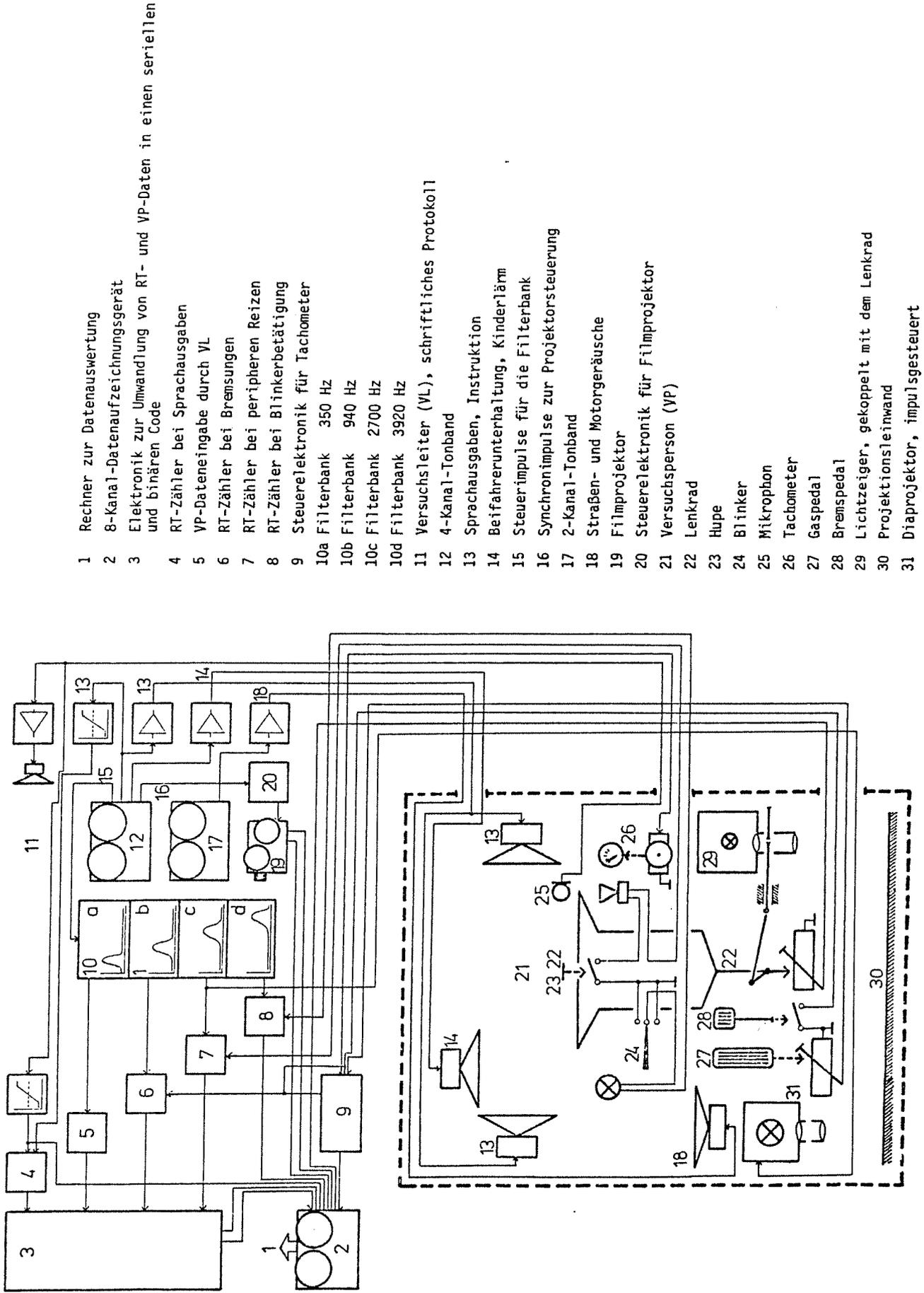


Abb. 10.2: Versuchsaufbau beim Experiment "Informationsverarbeitung"



- 1 Rechner zur Datenauswertung
- 2 8-Kanal-Datenaufzeichnungsgerät
- 3 Elektronik zur Umwandlung von RT- und VP-Daten in einen seriellen und binären Code
- 4 RT-Zähler bei Sprachausgaben
- 5 VP-Dateneingabe durch VL
- 6 RT-Zähler bei Bremsungen
- 7 RT-Zähler bei peripheren Reizen
- 8 RT-Zähler bei Blinkerbetätigung
- 9 Steuerelektronik für Tachometer
- 10a Filterbank 350 Hz
- 10b Filterbank 940 Hz
- 10c Filterbank 2700 Hz
- 10d Filterbank 3920 Hz
- 11 Versuchsleiter (VL), schriftliches Protokoll
- 12 4-Kanal-Tonband
- 13 Sprachausgaben, Instruktion
- 14 Beifahrerunterhaltung, Kinderlärm
- 15 Steuerimpulse für die Filterbank
- 16 Synchronimpulse zur Projektorsteuerung
- 17 2-Kanal-Tonband
- 18 Straßen- und Motorgeräusche
- 19 Filmprojektor
- 20 Steuerelektronik für Filmprojektor
- 21 Versuchsperson (VP)
- 22 Lenkrad
- 23 Hupe
- 24 Blinker
- 25 Mikrophon
- 26 Tachometer
- 27 Gaspedal
- 28 Bremspedal
- 29 Lichtzeiger, gekoppelt mit dem Lenkrad
- 30 Projektionsleinwand
- 31 Diaprojektor, impuls gesteuert

Abb. 10.3: Schaltplan zum Versuch "Informationsverarbeitung"

10.2.2. Vorwarnsignal

Da dieses Experiment so realitätsnah wie möglich durchgeführt werden soll, wird der Sprachausgabe als Vorwarnsignal ein Dreiklang-Gong (Beschreibung der Signalcharakteristik 1.2.1.) vorangestellt.

10.2.3. Sprachausgaben

Sprachausgaben mit impliziten Handlungshilfen erfordern aufgrund ihrer zeitlichen Dauer größere Verarbeitungskapazität als Sprachausgaben ohne Handlungshilfen. Die Hypothese, durch Sprachausgaben werde dem optischen Bereich Aufmerksamkeit entzogen, wird strenger überprüft, wenn beim Experiment Sprachausgaben mit Handlungshilfen verwendet werden. Sollte die Hypothese abgewiesen werden, so gilt auch für kürzere Sprachausgaben Unbedenklichkeit hinsichtlich der Informationsverarbeitungskapazität.

Die im Versuch verwendeten Sprachausgaben lauten:

0. Die Batterie wird nicht geladen. Fahren Sie zur nächsten Tankstelle.
(Eingewöhnungsphase)
1. Die Öltemperatur ist zu hoch. Lassen Sie den Wagen ausrollen und prüfen Sie den Ölstand! Fahren Sie nicht weiter, da sonst der Motor gefährdet ist.
2. Ein Bremskreis ist ausgefallen. Die Bremswirkung ist verringert.
Fahren Sie vorsichtig zur nächsten Werkstatt.
3. Die Kühlwassertemperatur ist zu hoch. Halten Sie an und lassen Sie den Motor im Stand laufen. Kontrollieren Sie die Kühlflüssigkeit.
4. Der Reifendruck ist zu niedrig. Fahren Sie langsam zur nächsten Tankstelle.
5. Das Antiblockiersystem ist ausgefallen. Fahren Sie vorsichtig zur nächsten Werkstatt.
6. Die Servobremse ist defekt. Zum Bremsen ist sehr großer Kraftaufwand nötig.
7. Der Öldruck ist zu niedrig. Lassen Sie den Wagen ausrollen und prüfen Sie den Ölstand! Fahren Sie nicht weiter, da sonst der Motor gefährdet ist.
8. Die Servolenkung ist defekt. Zum Lenken ist großer Kraftaufwand nötig.

Die Meldungen werden mit einer Lautstärke von 71 dBA ausgegeben, sie liegen damit um ca. 1 dB über der Mitfahrerunterhaltung (70 dBA) und um ca. 3 dB über dem Fahrzeuginnengeräusch (68 dBA).

Die Versuchsperson hat zur Aufgabe, nach Beendigung der Meldung das erforderliche Verhalten zu beschreiben. Damit soll sichergestellt werden, daß die Probanden der Meldung zuhören und sie kognitiv verarbeiten. Die Antworten werden, ebenso wie die Reaktionszeiten, vom Versuchsleiter protokolliert.

10.2.4. Zeitliche Abfolge von Sprachausgabe und peripherem Reiz

Von den 20 peripheren Reizen treten 8 parallel zu einer Sprachausgabe auf (vgl. Tab. 10.1 und Abb. 10.1). Der zeitliche Ablauf ist in Abbildung 10.4 dargestellt:

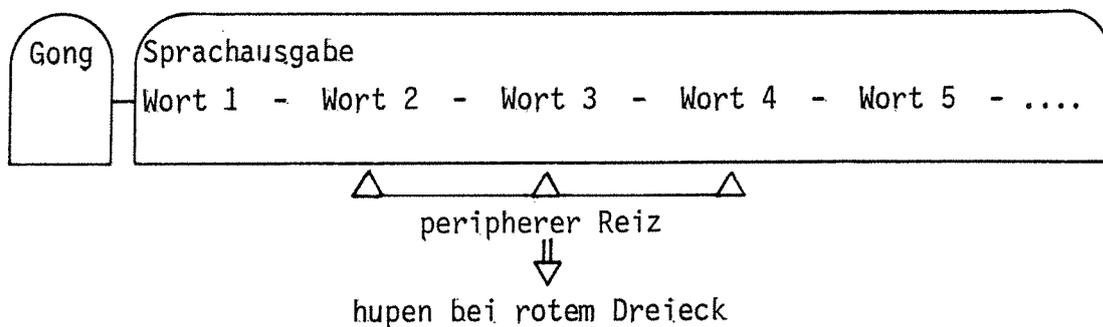


Abb. 10.4: Zeitliche Abfolge des peripheren Reizes

Zunächst ertönt der Gong, nach einer halben Sekunde folgen die ersten Wörter der Sprachausgabe. Zwischen dem zweiten und dem vierten Wort tritt der periphere Reiz auf (Dauer: 1 Sekunde), auf den die Versuchsperson durch Hupen zu reagieren hat, soweit ein rotes, dreieckiges Verkehrszeichen gezeigt wird. Unbeeinflusst davon läuft die Sprachausgabe weiter.

10.2.5. Stichprobenumfang

Das Experiment wird mit 31 Personen einzeln durchgeführt. 11 Probanden gehören der Altersgruppe der 18 - 29-jährigen an, 14 Personen sind zwischen 30 und 49, sechs zwischen 50 und 64 Jahre alt.

17 Versuchspersonen sind männlichen, 14 weiblichen Geschlechts, wobei die Aufteilung bezüglich der Altersgruppierung relativ ausgeglichen ist.

10.2.6. Abhängige Variablen

Abhängige Variablen sind:

1. Wahrnehmung der Meldung
2. Zeitbedarf für die Verarbeitung der Meldung (Reiz-Offset/Antwortbeginn)
3. Güte der Fahraufgabe
4. Reaktionszeit und -güte bei den peripheren Reizen
5. Teilnahme an der Mitfahrerunterhaltung

10.3. Ergebnisse

10.3.1. Reaktionen auf Sprachausgaben

In 5 von 248 Fällen (31 Vpn x 8 Sprachausgaben pro Versuch) wird seitens der Versuchsperson nicht auf die Ausgabe einer Meldung reagiert.

Die Ausfallquote beträgt demnach 2,02 Prozent.

Es entfallen auf die Altersgruppe 1 (18-29-jährige) 0 %, auf die Altersgruppe 2 2,68 % und auf die Gruppe 3 (50-64-jährige) 4,17 %.

Die Befragung der Versuchspersonen im Anschluß an den Versuch erbrachte keine wesentlichen Erkenntnisse über die Ursache der Nichtreaktionen (Antworten: "das habe ich wohl vergessen", "es war so viel los, kann schon sein, daß ich nicht zum Antworten kam").

Insgesamt gesehen ist eine Quote von 2,02 % jedoch so gering, daß sie vernachlässigt werden kann.

10.3.2. Reaktionszeit auf Sprachausgaben

Bei Sprachausgaben ergibt sich, über alle Versuchspersonen, eine mittlere Reaktionszeit von 1.810 msec.

Wird der Versuch in zwei Teile zerlegt, wobei die erste Testhälfte die Sprachausgaben 1 bis 4, die zweite Testhälfte die Sprachausgaben 5 bis 8 umfaßt, so ist für die erste Testhälfte eine mittlere Reaktionszeit von 1.641 msec, für die zweite 2.048 msec zu ermitteln. Die Reaktionszeiten der zweiten Testhälfte sind signifikant länger als die der ersten Test-

hälfte ($|t| = 2,08 > t_{0,05; 30} = 1,70$).

Dieses Ergebnis könnte bedeuten, daß sich Personen auch bei häufigem Auftreten von Sprachausgaben nicht an dieses Medium gewöhnen - wobei Gewöhnung hier als reaktionsschnelle Koppelung von Reiz und Handlung zu verstehen ist. Eine andere Interpretationsmöglichkeit bietet die Annahme, die Probanden lernen in der Versuchssituation (Fahrstand), daß eine langsame Antwortreaktion keine Konsequenzen zeigt, d.h. sie reagieren mit größerer Gelassenheit auf die Meldungen.

10.3.3. Güte der Fahraufgabe

Die Fahraufgabe setzt sich zusammen aus

- Anpassung der Geschwindigkeit an das Tempo des vorausfahrenden Fahrzeugs
- Betätigung des Bremspedals, sobald die Bremslichter des Vorausfahrenden aufleuchten
- durch entsprechende Lenkbewegungen dem vorausfahrenden Fahrzeug folgen (Rückmeldung erfolgt durch einen mit dem Lenkrad gekoppelten Leuchtzeiger).

Die Geschwindigkeitsanpassung ist durch einen korrelativen Zusammenhang zwischen Vorgabe (Soll-Wert) und Regelleistung der Versuchspersonen (Ist-Wert) zu erfassen (Maßzahlenkorrelation):

	Mittlere Korrelation der Geschwindigkeit während der Sprachausgaben	
		sonst
Altersgruppe 1	0.57	0.69
Altersgruppe 2	0.55	0.70
Altersgruppe 3	0.62	0.66
über alle Vpn	0.57	0.69

Tab. 10.2: Mittlere Korrelation zwischen Ist- und Soll-Wert bei der Geschwindigkeitsanpassung

Wie bereits die Gegenüberstellung in Tabelle 10.2 vermuten läßt, ist die Geschwindigkeitsanpassung während Sprachausgaben signifikant verschieden von den Versuchsbedingungen ohne Sprachausgabe

($|t| = 3,07 > t_{30; 0,005} = 2,75$).*)

Auch die Zeiten, die die Versuchspersonen für Bremsreaktionen benötigen,

sind beim Laborexperiment während Sprachausgaben signifikant länger ($|t| = 5,64 > t_{30; 0,0005} = 3,65$).*)

Aufgrund der signifikant größeren Varianz bei Bremsreaktionszeiten während Sprachausgaben, verglichen mit Sequenzen ohne Sprachausgaben ($|t| = 3,85 > t_{30; 0,005} = 2,75$), ist davon auszugehen, daß ein Teil der Personen gut mit der zusätzlichen kognitiven Verarbeitung einer Sprachausgabe zurecht kommt, während beim anderen Teil die Konzentration auf die akustische Aufgabe zu Lasten der Verarbeitungsschnelligkeit im optischen Bereich geht.*)

Wird der Versuch in zwei Testhälften aufgeteilt, so sind die Bremsreaktionen in Phasen ohne Sprachausgaben in der zweiten Testhälfte signifikant besser als in der ersten Testhälfte ($|t| = 3,54 > t_{0,05; 30} = 1,70$). Bremsreaktionen, die während Sprachausgaben erfolgen, weisen keine Unterschiede auf ($|t| = 1,64 < t_{0,05; 30} = 1,70$). Während sich also bei normalen Bremsmanövern im Verlaufe des Versuchs Übungseffekte einstellen, gibt es nach vier Sprachausgaben noch keinen meßbaren Übungseffekt bei der kombinierten Aufgabe "Bremsen und Sprachausgabe beachten".

Für die Ermittlung der Lenkübereinstimmung wird ein Differenzmaß zwischen Soll- und Ist-Wert gewählt.

Hier ist zu berücksichtigen, daß Sprachausgaben nicht in Phasen extremer Lenkbewegungen (z.B. scharfe Kurven) fallen, während diese Bedingung in Zeiten ohne Sprachausgabe durchaus auftritt. Diese Versuchskonstellation ist zur Reduktion möglicher Einflußgrößen gewählt.

Die Mittelwerte der Lenkleistung betragen

$$\begin{array}{l} \bar{x}_{\text{während Sprachausgaben}} = 615 \\ \bar{x}_{\text{sonst}} = 653. \end{array}$$

Bei zweiseitiger Fragestellung ($H_1: \mu_{\text{Spr.}} \neq \mu_{\text{sonst}}$) unterscheiden sich die Mittelwerte nicht signifikant voneinander ($|t| = 1,70 < t_{29; 0,05} = 2,05$). Prüft man jedoch die Hypothese, die mittlere Lenkleistung sei während

*) Um Mißverständnissen vorzubeugen, weisen wir bereits an dieser Stelle darauf hin, daß diese Ergebnisse in den beiden Feldexperimenten (Kapitel 11. und 12.) nicht bestätigt werden konnten. Möglicherweise stehen die Ergebnisse im Zusammenhang mit der starken Beanspruchung und Gewöhnungsbedürftigkeit des Fahrstandes.

Sprachausgaben besser (was aufgrund der oben genannten Bedingung erwartet werden kann), so resultiert ein t-Wert von 1,7, d.h., die Hypothese ist nicht zurückzuweisen.

Die Standardabweichung, die sich bei Regelleistungen während Sprachausgaben ergibt, ist deutlich größer als die ohne Sprachausgaben.

$$\begin{aligned} s_{\text{während Sprachausgaben}} &= 238 \\ s_{\text{sonst}} &= 158. \end{aligned}$$

Wie bereits bei den Bremsreaktionen festzustellen war, kommen manche Personen gut mit der zusätzlichen Aufgabe, der Verarbeitung einer Sprachausgabe, zurecht, während andere die Regelaufgabe vernachlässigen.*)

Allerdings stellt das Verhalten im Fahrstand nur eine Analogie zur realen Situation im Straßenverkehr dar - die Ergebnisse der Feldexperimente dürfen also mit großem Interesse erwartet werden.

10.3.4. Reaktion der Versuchspersonen auf die peripheren Reize

Pro Versuchsperson werden 20 Dias mit Verkehrszeichen peripher dargeboten. Bei 31 Probanden sind dies insgesamt 620 Reize. Die Fehlerzahl streut zwischen 0 und 6 (durchschnittlich 1,48 Fehler pro Person), insgesamt sind 46 (= 7,42 %) Fehlreaktionen zu verzeichnen.

Die wichtigste Frage ist, ob die Fehlerzahl bei peripheren Reizen, die während Sprachausgaben erfolgen, gesteigert ist, verglichen mit einer Versuchssituation ohne Sprachausgaben. Die statistische Prüfung ergibt, daß während den Sprachausgaben signifikant mehr Fehler auftreten ($\chi^2 = 17,26 > \chi^2_{1; 0,001} = 10,8$). Dies gilt sowohl für Nichtreaktionen (kein Hupen bei roten, dreieckigen Verkehrszeichen) ($\chi^2 = 5,26 > \chi^2_{1; 0,05} = 3,84$), als auch für Falschreaktionen (Hupen bei sonstigen Zeichen) ($\chi^2 = 10,09 > \chi^2_{1; 0,05} = 3,84$).

Der prozentuale Anteil der Fehler beträgt in der Altersgruppe 18-29jähriger 6,82 %, in der Gruppe 30-49jähriger 6,43 % und bei den über 50jährigen 10,83 %. Dieser Häufigkeitsunterschied ist jedoch statistisch nicht signifikant ($\chi^2 = 2,37 < \chi^2_{2; 0,05} = 5,99$).

Gliedert man den Versuch in zwei Abschnitte und vergleicht diese miteinander, so fällt auf, daß in der ersten Testhälfte signifikant mehr Fehler auf periphere Reize auftreten als in der zweiten ($\chi^2 = 10,52 > \chi^2_{1; 0,001} = 6,64$).

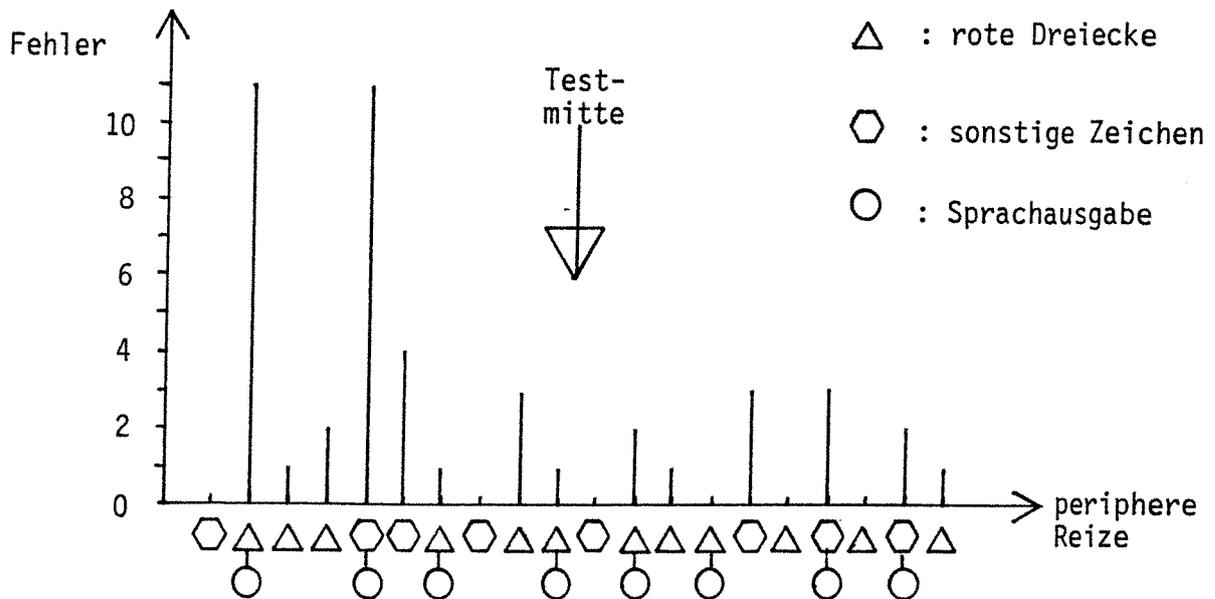


Abb.10.5: Häufigkeit der Fehler auf periphere Reize (n = 31 Vpn)

Dies bedeutet, daß nach einer Zeitspanne von ca. 14 Minuten bei diesem Maß eine Gewöhnung eintritt, und Fehlreaktionen auf periphere Signale seltener werden.

In diesem Zusammenhang interessiert die Frage, ob in der zweiten Testhälfte gleich viele Fehler auf Situationen mit und solche ohne Sprachausgabe entfallen. Die Hypothese ist statistisch nicht zurückzuweisen ($\chi^2 = 1,68 < \chi^2_{1; 0,05} = 3,84$), weshalb die Annahme begründet ist, daß Sprachausgaben nach einer Phase des Kennenlernens und Gewöhnens keine negativen Auswirkungen auf die richtige Reaktion bei peripheren Reizen haben.

Auswirkungen von Kinderlärm auf Fehlreaktionen sind nicht nachzuweisen ($\chi^2 = 4,96 < \chi^2_{1; 0,01} = 6,64$).

Wie verhält es sich nun mit den Reaktionszeiten der Versuchspersonen auf periphere Reizvorgaben?

Für die Gesamtstichprobe gilt: Die Reaktionszeiten bei Darbietungen im peripheren Bereich sind in Phasen, in denen keine Sprachausgaben erfolgen, signifikant kürzer als in Phasen mit Sprachausgaben ($|t| = 5,18 > t_{0,0005;30} = 3,65$).*) Die Varianzunterschiede weisen darauf hin, daß ein Teil der

*) Ergebnis konnte im kontrollierten Feldexperiment nicht bestätigt werden.

Probanden sehr gut mit der Situation zurecht kommt, während ein anderer bei dieser komplexen Aufgabe mit Schwierigkeiten zu kämpfen hat ($|t| = 3,03 > t_{0,005; 30} = 2,75$).

Werden die Versuchspersonen drei Altersgruppen zugewiesen, so sind die Reaktionszeiten bei Personen der jüngeren und der mittleren Altersgruppe in Zeiten ohne Sprachausgabe ebenfalls signifikant kürzer ($t_{\text{jüngere}} = 2,45 > t_{10; 0,05} = 1,81$; $t_{\text{mittlere}} = 4,44 > t_{13; 0,05} = 1,77$).

Lediglich bei Personen über 50 Jahren ergeben sich keine signifikanten Reaktionszeitunterschiede auf periphere Reize ($|t| = 1,59 < t_{5; 0,05} = 2,01$). Allerdings bestand diese Gruppe nur aus 6 Personen, weshalb die Aussage nicht verallgemeinert werden sollte.

Wird der Versuch in zwei Testhälften unterteilt, so ist die Reaktion auf periphere Reize in Phasen ohne Sprachausgabe in der zweiten Testhälfte besser ($|t| = 1,74 > t_{0,05; 30} = 1,70$), während dieser Effekt in Perioden mit Sprachausgaben nicht auftritt ($|t| = 1,66 < t_{0,05; 30} = 1,70$).

Der allgemein zu beobachtende Übungseffekt tritt für die Bedingung "Sprachausgabe" also nicht ein.

10.3.5. Beteiligung der Versuchspersonen an der Mitfahrerunterhaltung

Während des Versuchs unterhalten sich zwei Mitfahrer, die auch an die Versuchsperson 5 Fragen richten. Die Antworthäufigkeit liegt zwischen vier und fünf Reaktionen (durchschnittlich 4,87), wobei keine Unterschiede zwischen jüngeren und älteren Probanden festzustellen sind.

Gewichtet man die Komplexität der Fahraufgabe, so ist die Beteiligung der Versuchspersonen an der Mitfahrerunterhaltung und somit ihre Aufmerksamkeitszuwendung als sehr hoch einzustufen.

10.4. Zusammenfassung und Diskussion

Bei diesem Experiment ist die Versuchsperson einer Vielzahl von optischen und akustischen Reizen ausgesetzt - es wurde der Versuch unternommen, bezüglich der Komplexität eine kritische Verkehrssituation zu simulieren.

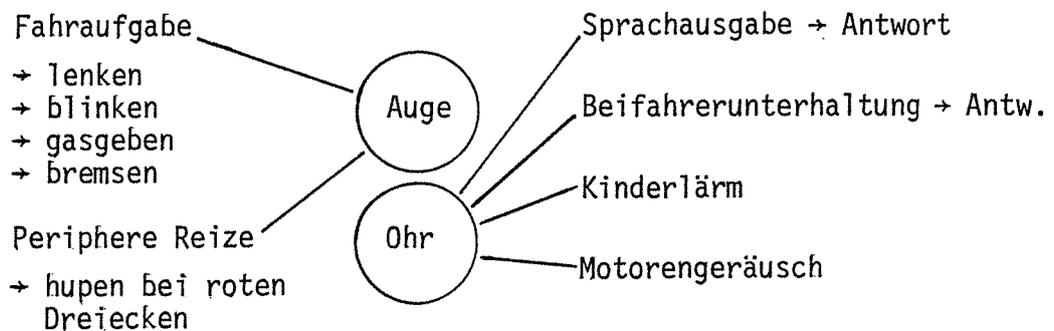


Abb. 10.6: Optische und akustische Reize

Folgende Detailergebnisse sind zu berichten:

Die Wahrnehmung der Sprachausgaben kann als sehr gut eingestuft werden, da selbst in dieser schwierigen Versuchssituation nur in 2 % der Fälle keine Reaktion seitens der Versuchsperson erfolgte.

Die Probanden beteiligten sich rege an der Mitfahrerunterhaltung: durchschnittlich wurden 4,87 von 5 gestellten Fragen beantwortet.

Die Fehlerzahl bei Reaktionen auf periphere optische Signale ist zwar, betrachtet man den Gesamtversuch, in Phasen mit Sprachausgabe signifikant höher, doch ist dies auf die Fehlerhäufungen in der ersten Testhälfte zurückzuführen. Bereits nach ca. 14 Minuten tritt Gewöhnung ein: in der zweiten Testhälfte ist das Fehlerniveau mit und ohne Sprachausgabe gleich.

Die Geschwindigkeitsanpassung ist in Situationen mit Sprachausgaben signifikant von Verkehrssituationen ohne Meldung verschieden. Bremsreaktionen erfolgen während Sprachausgaben langsamer als sonst. Sowohl bei der Geschwindigkeitsanpassung als auch bei den Bremsreaktionen tritt zwischen den Versuchspersonen eine starke Variation auf. Diese Varianz bedeutet, daß ein Teil der Probanden gut mit der Zusatzaufgabe "Sprachausgabe" zurecht kommt, während andere die Fahraufgabe zurückstellen. Beim Lenken sind hingegen keine negativen Auswirkungen zu verzeichnen.

Wie die Ergebnisse des Versuchs zeigen, ist es gelungen, eine derart komplexe Situation zu konstruieren, daß die Grenzen der Verarbeitungskapazität erreicht werden. In Situationen mit großem Informationsangebot geht die Verarbeitung der akustischen Information zu Lasten der optischen, d.h. der akustische Kanal ist gegenüber dem optischen dominant. Ein Teil der Probanden kommt mit der simultanen Verarbeitung optischer und akustischer Reize besser zurecht, während bei anderen die Grenzen der Verarbeitungskapazität früher erreicht sind. Diese individuelle Variable muß daher mit den folgenden Feldexperimenten stärker als bisher berücksichtigt werden.

Die geringere Güte der Fahraufgabe während Sprachausgaben konnte teilweise in der zweiten Hälfte des Versuchs durch zunehmende Übung kompensiert werden. Dies verdeutlicht, daß eine Gewöhnung an die Wahrnehmung von Sprachausgaben durchaus denkbar ist. Auch diesem Punkt muß daher in der Feldstudie besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Um einer Über- oder Fehlinterpretation der bisher vorliegenden Daten vorzubeugen, ist folgendes anzumerken: Das Ziel der Laborexperimente war, Problembereiche der Sprachausgabe im Kraftfahrzeug zu eruieren und zu definieren, um sie im Feld experimentell abzuklären. Da ein Modell für die Übertragung von Ergebnissen aus Fahr simulatoren auf den Straßenverkehr nicht vorliegt, können die Resultate über die Auswirkungen von Sprachausgaben auf die Güte der Fahraufgabe, und damit die Verkehrssicherheit, noch nicht als für die reale Verkehrssituation gültig betrachtet werden. Dies ist erst nach Abschluß der beiden Feldstudien zulässig.

11. Feldexperiment I

Nachdem viele Fragestellungen auf theoretischer Basis oder im Laborexperiment behandelt wurden, soll nun der erste Schritt in den praktischen Fahrbetrieb gewagt werden. Zur Validierung der bisherigen Ergebnisse und zur Klärung weiterer Fragestellungen eignet sich ein kontrolliertes Feldexperiment, das die Möglichkeit eröffnet, realitätsnahe Situationen herbeizuführen, ohne den normalen Verkehr zu beeinträchtigen.

11.1. Ziel des Experiments

Die positiven Auswirkungen, die die Nutzung des auditiven Kanals auf den Kraftfahrer haben können (Entlastung des optischen Kanals, schnellere und sicherere Informationsaufnahme, umfassendere Information durch Handlungshilfen), wurden bereits an anderer Stelle (vgl. FAT Schriftenreihe Nr. 23) besprochen.

In Analogie zum wissenschaftstheoretischen Prinzip der Falsifizierung soll nun die Wirkung von Sprachausgaben einer möglichst strengen Prüfung unterzogen werden. Sprachausgaben werden hierzu in ungünstigen Merkmalskonstellationen, d.h. in kritischen Fahrsituationen, dargeboten. Treten bei dieser Prüfung keine bedenklichen Ergebnisse auf, so sind sie auch in normalen Fahrsituationen nicht nur als unproblematisch, sondern sogar als sinnvoll und hilfreich zu erachten.

Folgende Fragen soll das Experiment im einzelnen klären:

Beeinträchtigen zusätzliche akustische Informationen in Form von Sprachausgaben die Fahrleistung (verzögerte Bremsreaktionen, abrupte Änderung der Geschwindigkeit oder des Lenkwinkels) oder die Entdeckungsleistung peripherer Signale?

Führt die zusätzliche Information zu einer erhöhten Beanspruchung des Fahrers, die sich in der Veränderung des physiologischen Maßes "Pulsfrequenz" nachweisen läßt?

Sind eventuell auftretende Auswirkungen abhängig von leistungsmäßigen (Wahrnehmungsschnelligkeit) oder anderen persönlichkeitspezifischen Merkmalen?

Findet ein Prozeß der Gewöhnung an Sprachausgaben statt und falls ja, wie wirkt er sich aus?

Welche subjektiven Wirkungsweisen haben Sprachausgaben auf Kraftfahrer?
Kann der Fahrzeugführer sie akzeptieren, oder fühlt er sich bevormundet?

Empfindet er sie als Entlastung oder als Überforderung, hängt dies mit einer generellen Befürwortung bzw. Ablehnung von Sprachausgabegeräten zusammen?

11.2. Hypothesen

Die interessierenden Fragestellungen führen zur Aufstellung von sechs Hypothesen:

H₁ (Belastung durch Sprachausgaben):

Die Belastung, die in Situationen mit Sprachausgaben auftritt, ist anders, als die in Situationen ohne Sprachausgaben.

H₂ (Auswirkung der Einstellung):

Personen, die den Einbau eines Sprachausgabesystems in ihr Fahrzeug wünschen, kommen mit der zusätzlichen akustischen Information besser zurecht, als Personen, die dies nicht wünschen.

H₃ (Auftrittshäufigkeit von Sprachausgaben):

Kraftfahrer gewöhnen sich an Sprachausgaben, wenn diese häufiger auftreten.

H₄ (Wahrnehmungsschnelligkeit):

Personen, die über eine gute Wahrnehmungsgeschwindigkeit und Auffassungsfähigkeit (im optischen Bereich) verfügen, haben weniger Probleme mit der Verarbeitung einer zusätzlichen akustischen Information.

H₅ (Strebtoleranz):

Die Verarbeitung einer zusätzlichen akustischen Information wirkt sich auf "strebtolerante" Personen anders aus als auf "streßintolerante".

H₆ (Fahrgüte):

Die Verarbeitung einer zusätzlichen akustischen Information wirkt sich auf Personen mit hoher Fahrgüte (eingestuft nach Versuchsleiter-Urteil) anders aus als auf Personen mit geringer Fahrgüte.

11.3. Auswahl der Versuchspersonen und Stichprobenzusammensetzung

11.3.1. Erste Auswahlkriterien

Personen, die sich auf eine Zeitungsanzeige melden, werden zu folgenden Punkten befragt:

- o Haben Sie den Führerschein Klasse 3?
- o Übersteigt Ihre Fahrerfahrung 20.000 km, gemessen ab Führerscheinwerb?
- o Verfügen Sie selbst über ein Fahrzeug?
- o Handelt es sich bei diesem Fahrzeug um einen Mittelklassewagen mit H-Schaltung?

Wir gehen dabei von der Annahme aus, daß eine Person, die diese Bedingungen erfüllt, die Grundvoraussetzungen für das sichere Führen des Versuchsfahrzeugs besitzt.

Die in Betracht kommenden Autofahrer werden zu einer Vorbesprechung eingeladen, bei der sie nähere Informationen über Ort und Ablauf der Versuchsfahrt erhalten. Außerdem nehmen sie an folgenden Testverfahren teil:

11.3.2. Vortests

- o TAVT (tachistoskopischer Auffassungs-Verkehrstest):
Bei diesem Verfahren werden dem Probanden Dias von Verkehrssituationen mit variierender Komplexität dargeboten, und er gibt auf einem Antwortblatt an, was er wahrgenommen hat. Dieses Testverfahren mißt die optische Wahrnehmungsgeschwindigkeit und Auffassungsfähigkeit komplexer Verkehrssituationen.

- o STOL (Streßtoleranzfragebogen):
nach KASTNER (1983) lassen sich mit diesem Fragebogen "streßtolerante" von "streßintoleranten" Kraftfahrern unterscheiden. Wir würden die beiden Pole eher als "forsche", gegenüber "vorsichtige, risikovermeidende" Autofahrer definieren.
- o Sehtest:
für die Teilnahme am Versuch wird ausreichendes Sehvermögen (Visus beidäugig > 0.7) vorausgesetzt.

11.3.3. Entscheidung über die Teilnahme am Fahrversuch

Keiner der 70 Teilnehmer an den Vortests mußte aufgrund unzureichenden Sehvermögens ausgeschieden werden. So werden die Personen entsprechend ihren Testergebnissen in TAVT und STOL neun Gruppen zugeordnet, wie Tabelle 11.1 verdeutlicht:

Testergebnisse im TAVT	Testergebnisse im STOL		
	"Streßtolerante"		"Streßintolerante"
	0-26	27-34	35-74 Punkte
PR 70 - 100 (hohe W.)	++	0	+-
PR 41 - 69	0	0	0
PR 0 - 40 (geringe W.)	--	0	--

Tab. 11.1: Gruppenbildung nach Vortestergebnissen

Personen, die einer mit "0" bezeichneten Gruppe angehören, werden ausgeschieden. 38 Probanden aus den mit "+ +", "+-", "-+", "--" gekennzeichneten Zellen werden für den Fahrversuch ausgewählt. Bei dieser Entscheidung gehen wir von folgenden Überlegungen aus:

Bei der vorliegenden Stichprobengröße ist es nicht sinnvoll, die Versuchspersonen zufällig den Experimental- bzw. der Kontrollgruppe zuzuweisen. Vielmehr ist eine gezielte Auswahl und Parallelisierung der Versuchspersonen nach theoretischen Kriterien erforderlich. Zeigen sich keine Unterschiede zwischen den Extremgruppen "++", "--" und den Mischgruppen "+-", "-+", so ist eine Generalisierung auf den mittleren Bereich zulässig. Diese Vorgehensweise ist ökonomisch und erlaubt außerdem die Überprüfung verschiedener Hypothesen (Zusammenhang zwischen Wahrnehmungs-

fähigkeit bzw. persönlichkeitspezifischen Merkmalen einer Person und den Auswirkungen von Sprachausgaben).

11.3.4. Stichprobenumfang und -zusammensetzung

Insgesamt nehmen 38 Personen am Versuch teil. Davon entfallen 17 auf Stichprobe 1, 17 auf Stichprobe 2 und vier auf die Kontrollgruppe. 10 Teilnehmer sind weiblichen, 28 männlichen Geschlechts.

Die Versuchspersonen sind zwischen 20 und 68 Jahre alt.

11.4. Versuchsdurchführung

Dieses Experiment findet als Fahrversuch auf einer abgesperrten Strecke mit speziell ausgerüsteten Forschungsfahrzeugen statt. Neben der Ausführung definierter Fahraufgaben (11.4.3.) müssen die Probanden auf periphere Signale (11.4.4.) reagieren. Bei eingespielten Sprachausgaben (11.4. 2.) sollen sich die Versuchspersonen so verhalten, wie sie dies im Normalfalle, unterwegs mit ihrem eigenen Fahrzeug auch tun würden. Während der gesamten Fahrt werden Pulsfrequenz und Fahrzeugparameter, wie gefahrene Geschwindigkeit, Lenkwinkel und Bremsreaktionszeiten automatisch aufgezeichnet (vgl. 11.5.). Der Versuch gliedert sich in vier Abschnitte (11.4.7.): Eingewöhnungsphase, Testphase I, Zwischenphase, Testphase II. Im Anschluß an die Eingewöhnungsphase schätzen die beiden Versuchsleiter das Fahrkönnen der Versuchsperson ein (Checkliste siehe Anhang A). Ist die Versuchsfahrt beendet, wird der Teilnehmer gebeten, einen Fragebogen (siehe Anhang B) auszufüllen, der sich auf das Fahrerleben und die Wirkung der Sprachausgaben bezieht.

11.4.1. Experimentelles Design

Die Überprüfung der Hypothese, durch verstärkten Umgang mit Sprachausgaben stelle sich ein Gewöhnungseffekt ein, erfordert die Bildung von zwei Stichproben, die sich bezüglich der Übung mit Sprachausgaben unterscheiden. Um die Wirkung der Sprachausgaben zu testen, ist die Bildung

einer Kontrollgruppe erforderlich.

Es ergibt sich folgendes Versuchsdesign:

Stichprobe 1	Stichprobe 2	Kontrollgruppe
Eingewöhnung	Eingewöhnung	Eingewöhnung
Testphase I	Testphase I	Testph. I, <u>ohne</u> Spr.
Zwischenphase <u>mit</u> Sprachausg.	Zwischenphase <u>ohne</u> Sprachausg.	---
Testphase II	Testphase II	---

Tab. 11.2: Versuchsdesign, Feldexperiment I

Mit diesem Design können die eingangs gestellten Fragen beantwortet werden. Der Versuchsablauf ist in 11.4.7. ausführlich dargestellt, auch sind dort die oben eingeführten Begriffe wie Eingewöhnungsphase, Testphase, etc. erläutert.

11.4.2. Vorsignal und Sprachausgaben

Als Vorsignal wird ein Zweiklang-Gong verwendet. Zwischen Gong und Sprachausgabebeginn liegt ein Zeitraum von 500 ms.

Die vier Sprachausgaben für die Testphasen I und II lauten:

- o "Das Antiblockiersystem ist ausgefallen. Die Lenkfähigkeit beim Bremsen ist beeinträchtigt."
- o "Bitte lösen Sie die Handbremse."
- o "Die Kühlwassertemperatur ist zu hoch. Halten Sie an und lassen Sie den Motor im Stand laufen. Kontrollieren Sie die Kühlflüssigkeit."
- o "Der Blinker ist ausgefallen."

In der Zwischenphase gewinnen die der Stichprobe 1 zugeordneten Fahrer Übung in Form von Wegleit- und Schaltinformationen, die mittels Sprachausgaben ausgegeben werden. Sie lauten:

- o "Bitte geradeaus fahren." (2 mal)
- o "Bitte rechts abbiegen." (6 mal)
- o "Bitte links abbiegen." (5 mal)
- o "Bitte hochschalten." (je nach Fahrstil 2 - 5 mal)
- o "Bitte herunterschalten." (dito)

11.4.3. Fahraufgaben

Die Testphasen I und II umfassen jeweils vier Fahraufgaben (siehe Abbildung 11.1):

1. Durchfahren einer enger werdenden, mit Pylonen ausgesteckten Kurve. Nach Möglichkeit sollen keine Tore umgestoßen werden.
2. Einhalten eines definierten Abstandes zu einem vorausfahrenden Fahrzeug, das zwei Bremsmanöver durchführt, auf die ebenfalls angemessen zu reagieren ist.
3. Überholen eines Fahrzeugs, das nach links ausschert, sobald das Versuchsfahrzeug zum Überholen ansetzt.
4. Rückwärtsfahren in einer vorgegebenen, zweifach gewundenen Spur. Auch hier sollen möglichst wenig Pylonen umgestoßen werden.

11.4.4. Periphere Signale

Während jeder Testphase werden 11 periphere Signale, eines davon zu Übungszwecken, dargeboten. Auf dem Armaturenbrett, etwa in der Mitte des Beifahrerbereiches, ist eine kleine Ampel installiert. Die drei Lampen, eine rote, eine gelbe, eine grüne, haben einen Durchmesser von 1,9 cm. Die Leuchtdauer beträgt maximal 2 sec, falls das Signal nicht vorher durch die Reaktion der Versuchsperson gelöscht wird.

Der Fahrer ist instruiert, ausschließlich auf das rote Signal durch Hupen zu reagieren. Die dazu benötigte Zeit wird automatisch registriert. Wie die schematische Darstellung der Versuchsstrecke (Abbildung 11.1) zeigt, leuchtet jeweils ein rotes Signal während den Fahraufgaben 1 und 3, und ein grünes Signal bei Fahraufgabe 2 auf.

Zeitpunkt der Darbietung	Periphere Signale		Summe
	rot	gelb/grün	
während der Sprachausgabe	2	1	3
sonst	3	5	8
Summe	5	6	11

Tab. 11.3: Auftreten der peripheren Signale

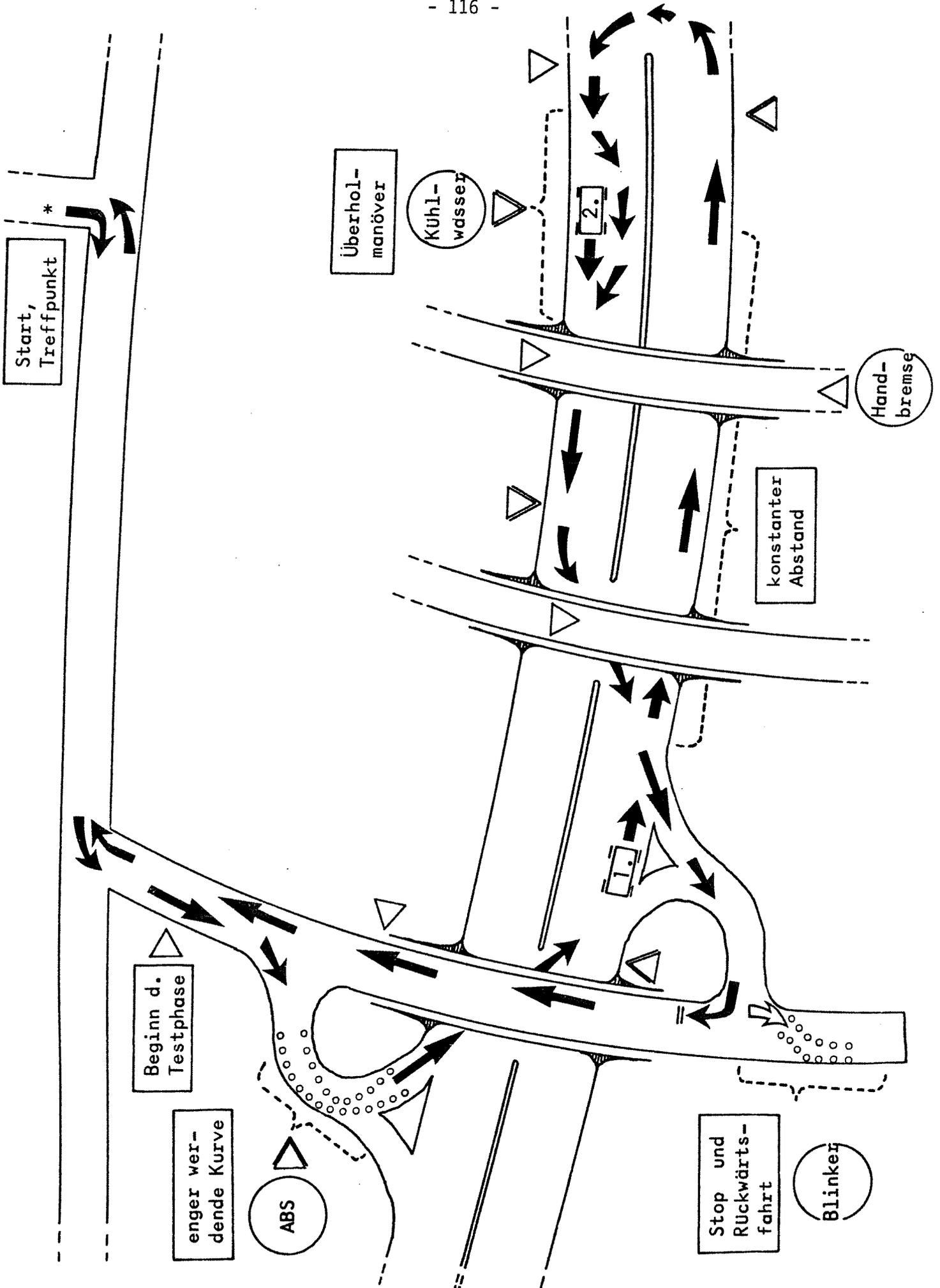
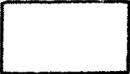


Abb. 11.1: Versuchsstrecke bei Feldexperiment I (Zeichenerklärung siehe nächste Seite)

11.4.5. Die Versuchsstrecke

Die Versuchsstrecke hat eine Länge von ca. 1,8 km und führt über ein Autobahnstück, das noch nicht dem Verkehr übergeben wurde. Abbildung 11.1 zeigt den Fahrbahnverlauf, die Einteilung von Fahraufgaben, Sprachausgaben und peripheren Signalen.

Zeichenerklärung zu Abbildung 11.1:

-  : Fahraufgabe
-  : Sprachausgabe
-  : peripheres Signal
gelb oder grün
-  : peripheres Signal
rot (hupen!)
-  : Fahrtroute
-  : Rückwärtsfahrt
-  : Pylonenreihen
-  : Fahrzeug, dem mit konstantem Abstand zu folgen ist
-  : Fahrzeug, das zu überholen ist

11.4.6. Die Versuchsfahrzeuge

Bei diesem Experiment sind drei Fahrzeuge eingesetzt:

- o das Video-Meßfahrzeug der Bundesanstalt für Straßenwesen
- o ein Mercedes T
- o das speziell ausgerüstete Forschungsfahrzeug des Psychologischen Instituts.

Video-Meßfahrzeug:

Dieses Fahrzeug ist mit einem Videorecorder und einer Zentraleinheit (Display, Terminal zur Dateneingabe, etc.) ausgestattet und erlaubt die parallele Aufnahme von Fahrzeugparametern (Geschwindigkeit, Lenkwinkel, Bremse), zusätzlichen Meßwerten (z.B. Pulsfrequenz, Reaktionszeiten), Ton im Fahrzeug (z.B. Äußerungen der Versuchsperson oder des Versuchsleiters) und Bild (gefahrenere Strecke).

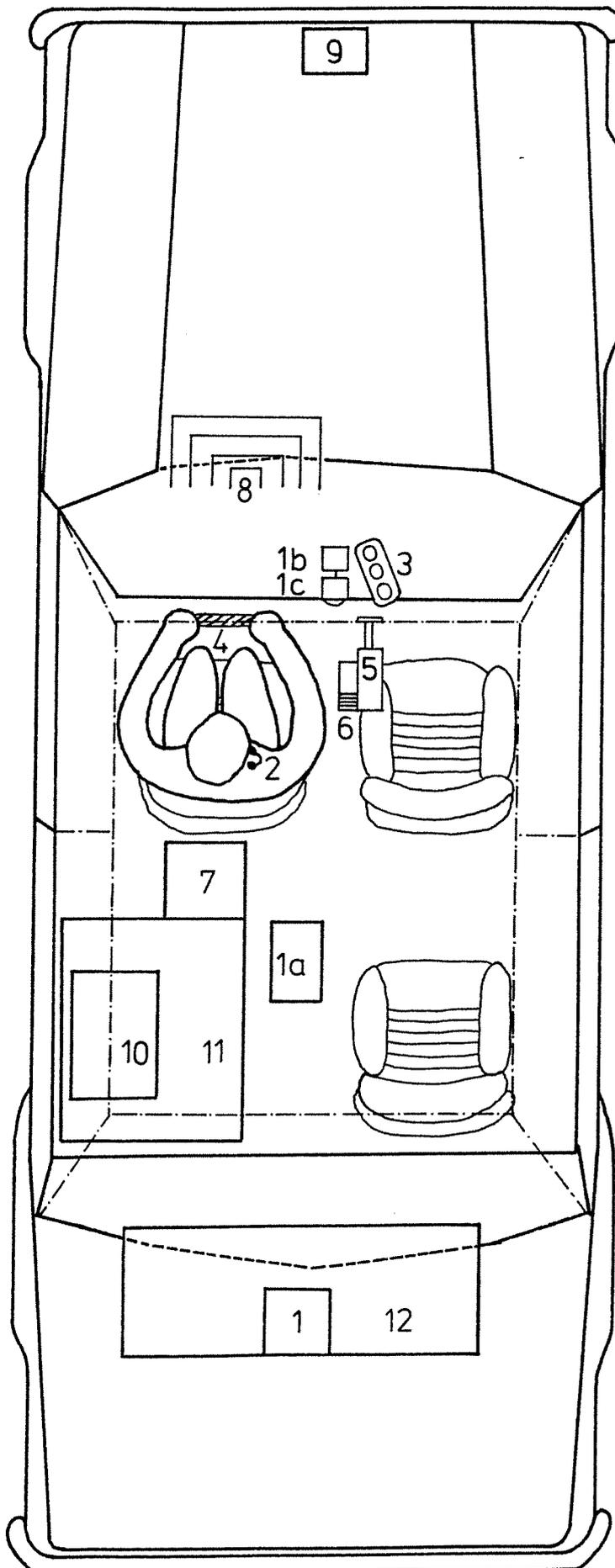
Zusätzlich wurde

- o das Sprachausgabesystem
- o eine Schaltung zur Steuerung der peripheren Signale
- o die Hupe (Reaktion auf rote periphere Signale)
- o und ein Empfänger für das Bremssignal an das System angekoppelt.

Das Video-Meßfahrzeug wird von der Versuchsperson gefahren, der Versuchsleiter nimmt den Beifahrersitz ein, hinter ihm sitzt der für die Technik zuständige Versuchsleiter, der die gesamte Steuerung und Aufzeichnung überwacht. In Abbildung 11.2 ist die Anordnung im Versuchsfahrzeug schematisch dargestellt.

Forschungsfahrzeug des Psychologischen Instituts:

Dieser Wagen ist zunächst für die Fahraufgabe "konstanter Abstand" eingesetzt. Während die Versuchsperson versucht, eine gleichbleibende Distanz einzuhalten, bremst das Forschungsfahrzeug zweimal. Zur exakten Übermittlung des Bremssignals ist in diesem Fahrzeug ein Telemetrie-Sender eingebaut, dessen Signal vom Video-Meßfahrzeug empfangen und auf Band gespeichert wird. Auf diese Weise können bei der Auswertung die Bremsreaktionszeiten der Versuchsperson zu den Bremssignalen des Vorausfahrenden in Beziehung gesetzt werden. Das Forschungsfahrzeug wird in Testphase I weiterhin bei der Fahraufgabe "Überholmanöver" eingesetzt.



Zeichenerklärung:

- 1 : Sprachausgabesystem
- 1a: Sprachausgabe-Steuergerät
und Lautstärkeregelung
- 1b: Schalter zum Unterdrücken
des Autoradios
- 1c: Autoradio plus Lautsprecher
- 2 : Pulsabnehmer
- 3 : Periphere Signale
- 4 : Hupe
- 5 : Videokamera
- 6 : Mikrophon
- 7 : Bildschirm (Videoaufnahme)
- 8 : Meßwertaufnehmer für
- Geschwindigkeit
- Lenkwinkel
- Bremse
- 9 : Empfänger für Bremssignal
- 10 : MASYS-Schaltung für pe-
riphere Signale
- 11 : Zentraleinheit mit
- Terminal zur Datenein-
gabe
- Video-Magnetbändern
- 12 : Wandler 12 V / 220 V \approx

Abb. 11.2: Versuchsfahrzeug bei
Feldexperiment I

Mercedes der T-Reihe:

Damit der Ablauf in den Testphasen I und II der Versuchsperson nicht gleich erscheint, tritt beim Überholmanöver in Testphase II der Mercedes an die Stelle des Forschungsfahrzeugs.

Alle Fahrzeuge stehen durch CB-Funk in Verbindung.

11.4.7. Versuchsablauf und Instruktionen

Am Startpunkt erklärt der Versuchsleiter dem Probanden die Besonderheiten des Fahrzeugs, die Registrierung des Pulses per "Ohrclip", weiterhin, daß das Fahrzeug über ein Sprachausgabesystem verfügt, welches eventuell auftretende Störungen akustisch mitteilt. Der Fahrer solle in diesem Falle handeln, als sei er mit seinem eigenen Fahrzeug unterwegs. Außerdem wird die Versuchsperson instruiert, die Hupe zu betätigen, sobald sie das Aufleuchten des roten Lämpchens bemerkt - jedoch nicht zu reagieren, wenn ein gelbes oder grünes Licht erscheint. Diese Reaktion wird mit dem Probanden eingeübt.

Eingewöhnungsphase:

Jede Versuchsperson hat Gelegenheit, sich mit der Handhabung des Fahrzeugs vertraut zu machen. Dazu wird eine Strecke befahren, die über Landstraßen und durch zwei Ortschaften führt. Es besteht keine Zeitbegrenzung.

Beurteilung der Fahrleistung:

Gegen Ende der Eingewöhnungsphase erfolgt durch zwei Versuchsleiter unabhängig voneinander die Beurteilung der Fahrleistung des Probanden. Zu diesem Zwecke steht ihnen ein Kriterienkatalog (siehe Anhang A) zur Verfügung.

Testphase I:

Im Anschluß an die Eingewöhnungsphase wird die Teststrecke befahren. Hier hat jede Versuchsperson vier Fahraufgaben auszuführen und auf 11 periphere Signale adäquat zu reagieren. Pulsfrequenz und Fahrparameter werden gespeichert. Die Personen der Stichproben 1 und 2 hören außerdem Sprachausgaben, auf die sie so reagieren sollen, wie sie dies bei normalen Fahrten auch tun würden. Der Versuchsleiter protokolliert die Richtigkeit der Ausführung der Fahraufgabe und das Verhalten bei den Sprachausgaben. Reaktionen auf periphere Signale, Pulsfrequenz, Fahrzeugparameter (Lenken, Bremsen, Geschwindigkeit) und Zeitbedarf pro Aufgabe werden

automatisch registriert. Für Personen der Kontrollgruppe, die keine Sprachausgaben hören, sonst aber identische Bedingungen vorfinden, ist nach diesem Durchgang der Versuch beendet.

Zwischenphase:

Fahrer, die Stichprobe 1 zugeordnet sind, haben nun Gelegenheit, sich stärker an das Sprachausgabesystem zu gewöhnen, das ihnen Richtungs- und Schaltinstruktionen situationsgerecht vermittelt. Im Gegensatz dazu haben Personen der Stichprobe 2 keine Möglichkeit der Übung. Der Versuchsleiter instruiert sie über den Fahrtablauf. Die Strecke ist für beide Gruppen identisch und deckt sich mit der der Eingewöhnungsphase. Die Fahrdauer beträgt ca. 15 Minuten.

Testphase II:

Sie entspricht im Verlauf der Testphase I. Nach Abschluß der zweiten Testphase ist der Fahrversuch beendet. Es folgt nun die Befragung der Probanden.

11.4.8. Befragung der Probanden

Nach dem Fahrversuch werden die Probanden gebeten, einen Einschätzungsbogen (siehe Anhang B) auszufüllen. Er rekapituliert die Sprachausgaben und befragt die Versuchsperson,

- o ob sie sich entlastet oder überfordert fühlte
- o ob sie die Sprachausgaben akzeptieren konnte oder
- o sich bevormundet fühlte
- o ob sie sich stärker auf die Sprachausgabe, die Fahraufgabe, oder auf beides gleich stark konzentrierte
- o ob sie gern ein Sprachausgabegerät in ihrem Fahrzeug hätte.

Nun werden die vier Fahrsituationen aufgeführt und durch Fotos veranschaulicht. Die Versuchsperson wird gebeten, die Beanspruchung jeder Situation und ihre Möglichkeit der Kontrolle über die jeweilige Situation einzuschätzen.

11.5. Abhängige Variablen

Als abhängige Variablen werden erfaßt:

- Güte der Fahrleistung, bestehend aus
 - o Bremsreaktionen
 - o Lenkwinkel
 - o Geschwindigkeit
- Reaktion auf periphere Signale (Reaktionszeit, Richtigkeit der Reaktion)
- Pulsfrequenz (Baseline und Pulsfrequenz während der Sprachausgabe)
- Erfüllung der Fahraufgabe bzw. Analyse der Fehler
- Handlung der Versuchsperson, als Folge der Sprachausgabe.

Erfassung der Bremsreaktionen:

Bei Fahraufgabe 2 (konstanter Abstand) hat die Versuchsperson die Aufgabe, zu bremsen, sobald sie die Bremslichter des vorausfahrenden Fahrzeugs wahrnimmt. Pro Testphase treten zwei Bremssignale auf, das erste ohne, das zweite in Kombination mit einer Sprachausgabe. Berechnet werden Mittelwertsvergleiche für unabhängige (z.B. 4. Hypothese) oder abhängige (z. B. 5. Hypothese) Stichproben.

Erfassung des Lenkwinkels:

Bei der Aufgabe "enger werdende Kurve" wird berechnet, ob mit Einsetzen der Sprachausgabe Lenkunruhe eintritt, mit anderen Worten, ob der Fahrer unkontrollierte Lenkbewegungen ausführt. Bei den anderen Fahraufgaben ist diese Berechnung nicht sinnvoll, da die Fahraufgaben für einen Soll-Ist-Vergleich nicht genau genug definiert sind. Die Berechnung der Lenkabweichung geht von der Überlegung aus, daß ein perfekter Fahrer das Lenkrad bis zum Scheitelpunkt der Kurve zunehmend nach links einschlägt, und ab hier das Fahrzeug nach rechts steuern muß. Ein weniger guter oder abgelenkter Fahrer führt hingegen Lenkkorrekturen, d.h. Links-Rechts-Bewegungen, aus.

Die Messung der Lenkunruhe beginnt bei der Experimentalgruppe mit dem Beginn der Sprachausgabe und wird bis zum Ende der Ausgabe, maximal jedoch über eine Distanz von 30 Metern durchgeführt. Da die gefahrene Geschwindigkeit zwischen den einzelnen Versuchsteilnehmern stark variiert, konnten während der Dauer der Sprachausgabe auch Strecken unter 30 Metern

durchfahren werden. Kürzere Strecken bedingen jedoch auch weniger Lenkabweichungen, weshalb für alle Personen die Berechnung auf 30 Meter normiert wurde. Um Artefakte auszuschließen, wurden nur Lenkwinkeländerungen, die mindestens 1 Grad betragen, berücksichtigt. Da zudem über die Lenkcharakteristik des Versuchsfahrzeugs nichts bekannt war, wurden die Lenkwinkeländerungen für 9 Stufen, d.h. für Abweichungen von 2 - 10 Grad berechnet.

Erfassung der Geschwindigkeit:

Für die Analyse einer unangepaßten Geschwindigkeitsänderung beim Auftreten von Sprachausgaben bieten sich zwei Fahrsituationen an: das Überholmanöver und die enger werdende Kurve.

Mit besonderem Interesse dürfen die Ergebnisse beim Überholmanöver erwartet werden, da hier die Instruktion, ein Fahrzeug zu überholen, der Anweisung der Sprachausgabe, den Wagen ausrollen zu lassen, entgegensteht. Bei Fahraufgabe 2 ist die Geschwindigkeitsänderung durch die Aufgabe vorgegeben, da das vorausfahrende Fahrzeug beim Ertönen der Sprachausgabe abbremst.

Beim Rückwärtsfahren war die gefahrene Geschwindigkeit meist sehr gering, weshalb keine Aufschlüsse zur Geschwindigkeitsänderung erwartet werden können.

Eine Vorprüfung hat ergeben, daß im Falle des Auftretens von Geschwindigkeitsänderungen diese in einem Zeitraum bis zu drei Sekunden nach Beginn der Sprachausgabe zu finden sind. Daher werden bei den Aufgaben "Kurve" und "Überholmanöver" die Geschwindigkeitsänderungen in diesem Zeitraum gemessen und aufsummiert. Bei der Kontrollgruppe wird der Abschnitt gewählt, in dem bei den Experimentalgruppen die Sprachausgabe auftrat.

Reaktionshäufigkeit und Reaktionszeit auf periphere Signale:

Ausführliche Information über das Auftreten peripherer Signale findet sich in 11.4.4. Für die Auswertung ist entscheidend, ob der Fahrer auf ein rotes peripheres Signal reagiert und wenn ja, in welcher Zeit (Beginn der Messung: Auftreten des Signals).

Erfassung der Pulsfrequenz:

Um festzustellen, ob die Versuchspersonen durch die Aufnahme und Verarbeitung von Sprachausgaben einer besonderen Belastung ausgesetzt sind, wird das für diese Zwecke am besten geeignete physiologische Maß abgegriffen: die Pulsfrequenz. Dazu wird ein spezieller "Ohrclip" entwickelt, der die Versuchsperson beim Fahren nicht behindert. Die Aufzeichnung

erfolgt während den Testphasen I und II automatisch mit einer Aufzeichnungsrate von 10 Hz.

Erfüllung der Fahraufgabe bzw. Analyse der Fehler:

Der Versuchsleiter protokolliert, ob die Fahraufgaben (siehe 11.4.3.) richtig durchgeführt werden. Für die spätere Beurteilung können auch die Videobänder herangezogen werden. Fehler, etwa umgeworfene Pylonen, werden numerisch erfaßt.

Handlung der Versuchsperson als Folge der Sprachausgabe:

Die Handlung, die die Versuchsperson nach der Sprachausgabe durchführt, wird vom Versuchsleiter notiert und bei der später erfolgenden Analyse als richtig oder falsch eingestuft.

11.6. Prüfung von Voraussetzungen

Vor der statistischen Auswertung der im Experiment gewonnenen Daten sind zunächst einige grundlegende Voraussetzungen zu prüfen:

- Entstammen die beiden Stichproben der gleichen Population?
- Stimmen die beiden Versuchsleiter in ihrer Einschätzung überein?
- Unterscheiden sich die vier Fahraufgaben im Schwierigkeitsgrad signifikant voneinander?
- Tritt in Testphase II bei den Fahraufgaben ein Übungseffekt auf?
- Bestehen statistische Zusammenhänge zwischen den einzelnen Test- und Erhebungsverfahren?

Stichprobenüberprüfung:

Zunächst ist sicherzustellen, daß die beiden Stichproben der gleichen Population entstammen. Die Einschätzungen der Versuchspersonen bezüglich Beanspruchung und Kontrollierbarkeit in den 4 Fahrsituationen und die Güte der Handlungen nach Sprachausgaben in Testphase I zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Die Personen beider Stichproben dürften daher derselben Population entstammen.

Überprüfung der Versuchsleiterübereinstimmung:

Die Fahrgüte einer Versuchsperson wird durch zwei Versuchsleiter eingeschätzt. Ein Kriterienkatalog (siehe Anhang A) soll die Beurteilung erleichtern. Ein Vergleich der Einschätzungen der beiden unabhängig voneinander arbeitenden Versuchsleiter zeigt in 89,5% der Fälle dieselben

Ergebnisse. Die Versuchsleiterübereinstimmung ist damit zufriedenstellend.

Unterscheiden sich die Fahraufgaben?

Für die Auswertung ist es bedeutsam, festzustellen, ob die Fahraufgaben verschiedene Schwierigkeitsstufen aufweisen. Ist dies der Fall, so können beispielsweise die Wirkungen von Sprachausgaben in unterschiedlich belastenden Situationen verglichen werden.

Aus der Einschätzung, die die Versuchspersonen im Anschluß an den Fahrversuch auf einer Fünf-Punkte-Skala geben, resultieren folgende Mediane bezüglich der Beanspruchung in den einzelnen Situationen:

Median = 1 bei "Kurve" (Situation 1)
Median = 2 bei "konstanter Abstand" (Situation 2)
Median = 3 bei "Überholen" (Situation 3)
Median = 3 bei "Rückwärtsfahren" (Situation 4)

Bei einer FRIEDMAN-Rangvarianzanalyse stellen sich die Unterschiede in der Beanspruchung bei den vier Situationen als statistisch signifikant heraus ($\chi^2 = 9,4 > \chi^2_{0,05;3} = 7,81$).

Bei Einstufung der Kontrollierbarkeit von 1 (gut) bis 5 (schlecht) ergibt sich für die einzelnen Situationen ein Median von:

Median = 1 bei "Kurve" (Situation 1)
Median = 2 bei "konstanter Abstand" (Situation 2)
Median = 2,5 bei "Überholen" (Situation 3)
Median = 2 bei "Rückwärtsfahren" (Situation 4)

Auch hier konnten bestehende Unterschiede zwischen den Situationen mit Hilfe der FRIEDMAN-Rangvarianzanalyse statistisch abgesichert werden ($\chi^2 = 8,9 > \chi^2_{0,05;3} = 7,81$).

Kombiniert man Belastung und Kontrollierbarkeit zu einem Maß, das als "Schwierigkeit" oder "Komplexität der Fahrsituation" charakterisiert werden kann, so resultiert folgende Rangordnung mit aufsteigender Schwierigkeit:

- "Kurve" (Fahrsituation 1)
- "konstanter Abstand" (Fahrsituation 2)
- "Rückwärtsfahren" (Fahrsituation 4)
- "Überholen" (Fahrsituation 3)

Übungseffekt bei den Fahraufgaben?

Um Vergleiche bezüglich der Wirkung von Sprachausgaben anstellen zu können, benötigen wir einerseits die gleichen Fahraufgaben in den Testphasen I und II, andererseits könnten - trotz der Zwischenphase - Übungseffekte auftreten und die Aufgaben bei der zweiten Testphase leichter werden. Um dies zu prüfen wird ein Vergleich der Testphasen I und II bezüglich der Erfüllung der Fahraufgaben durchgeführt. Bei allen vier Fahraufgaben konnten keine signifikanten Veränderungen bzw. Verbesserungen von Testphase I zu Testphase II festgestellt werden. Die vier Fahraufgaben verlieren also auch in der zweiten Testphase nicht an Schwierigkeit.

Prüfung des Zusammenhangs zwischen den verschiedenen Test- und Erhebungsverfahren:

Durch die Vortests (vgl. 11.3.2.) sollten Versuchspersonen mit bestimmten Eigenschaften, die für das Autofahren von besonderer Bedeutung sind, gefunden werden. Wir wollen nun feststellen, ob die Art der Auswahl sinnvoll war, d.h. ob das Testergebnis mit dem Fahrverhalten korrespondiert. Aus diesem Grunde werden die Leistungen im TAVT und im STOL (Vortests) mit der Einschätzung der Fahrgüte durch zwei unabhängige Versuchsleiter, verglichen. Bei dieser Prüfung zeigt sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen TAVT und Fahrgüte. Das Auswahlkriterium "extremer Wert im TAVT" war also günstig, um sowohl gute wie schlechte Fahrer an dem Experiment teilnehmen zu lassen. Zwischen STOL und Fahrgüte besteht zwar kein signifikanter Zusammenhang, doch kann durch den STOL Varianz beim Verhalten in kritischen Situationen aufgeklärt werden, wie sich in 11.7. noch zeigen wird. Der Einsatz beider Verfahren zur Vorauswahl von Probanden war demnach sinnvoll.

Weitere Überprüfung von Zusammenhängen:

Hypothesen	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	H ₆
H ₁ Wahrnehmung	x	Vb	0=0,37	Vb	Vb	0=0,43
H ₂ Streßtoleranz		x	n.sig.	Vb	Vb	n.sig.
H ₃ Fahrgüte			x	Vb	n.sig.	n.sig.
H ₄ Belastung				x	Vb	n.sig.
H ₅ Vertrautheit					x	n.sig.
H ₆ Einstellung						x

Tab. 11.4: Prüfung verschiedener Zusammenhänge.

Dabei bedeutet: Vb : aufgrund des Versuchsdesigns ist die Überprüfung des Zusammenhangs nicht sinnvoll

Wie Tabelle 11.4 zeigt, besteht neben dem bereits besprochenen Zusammenhang zwischen Wahrnehmungsfähigkeit und Fahrgüte ein weiteres signifikantes Ergebnis:

In unserer Stichprobe geht gutes Abschneiden im TAVT einher mit dem Wunsch der Versuchsperson, ein Sprachausgabegerät in ihrem Fahrzeug zu haben. Probanden mit schlechterer Wahrnehmungsfähigkeit sagen dagegen dreimal häufiger "nein" zum Sprachausgabegerät als "ja". Andere Zusammenhänge, etwa der zwischen Wahrnehmungsfähigkeit und Streßtoleranz, wären hier nicht sinnvoll zu ermitteln (Abkürzung in Tab. 11.4: Vb = Versuchsbedingt), da die Auswahl der Versuchspersonen gerade verschiedenartige Ausprägungen in diesen Testverfahren voraussetzte.

11.7. Ergebnisse der Hypothesenprüfung

Tabelle 11.5 gibt einen Überblick über die Ergebnisse der Hypothesenprüfung mittels t-Tests.

abhängige Variablen Hypothesen	Bremsreaktionen (konst. Abstand)	Lenkabweichungen (Kurve)	Geschwindigkeitsänder. (Kurve / Überholen)	Reakt.zeit auf periph. Signale	Reakt.häuf. auf periph. Signale	Pulsfrequenz	Erfüllung der Fahraufgabe	Handlung nach Sprachausg.
H ₁ Belastung durch Sprachausgaben	nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.	-----
H ₂ Auswirkung der Einstellung	nicht sign.	Befürworter lenken bess.	Befürworter beschleunig. beim Überholen, Gegner bremsen	nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.	Befürworter handeln öfter richtig
H ₃ Wirkung von Vertrautheit	Vertrautheit verbessert Brems-RT	nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.
H ₄ Wahrnehmungsschnelligkeit (TAVT)	TAVT + reagieren schneller	nicht sign.	TAVT + beschleunig. beim Überh., TAVT- brems.	nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.
H ₅ Strestoleranz (STOL)	nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.	Strestoler. entdecken mehr periphere Reize	Strestoler.: niedrigerer Puls beim Überholen	nicht sign.	nicht sign.
H ₆ Einschätzung der Fahrgüte durch 2 Vers.Leiter	positiv eingestufte reagieren schneller	nicht sign.	pos. eingest. beschleunig. negative bremsen	nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.	pos. eingest erfüllen Fahraufgabe besser	positiv eingestufte handeln häufiger richtig

Tab. 11.5: Überblick über die Ergebnisse bei Feldexperiment I

11.7.1. Belastung durch Sprachausgaben?

Besonders wichtig ist, ob sich Sprachausgaben auf den Fahrer belastend auswirken. Hierzu werden die Personen der Experimentalgruppen, die Sprachausgaben hörten, zusammengefaßt und den Probanden der Kontrollgruppe, die herkömmliche Anzeigen zur Verfügung hatten, aber keine Sprachausgaben hörten, gegenübergestellt. Verglichen werden jeweils die abhängigen Variablen (Bremsreaktionen, ..., Erfüllung der Fahraufgabe) der Testphase I. Bei keiner der Variablen ist das Ergebnis auf dem 5%-Niveau signifikant, d.h. Sprachausgaben haben keine negative Auswirkung auf das Fahrverhalten, die Reaktion auf periphere Signale, die Pulsfrequenz des Fahrers und die Erfüllung der Fahraufgabe.

11.7.2. Auswirkung der Einstellung zu Sprachausgaben

Personen, die im Einschätzungsbogen angaben, den Einbau eines Sprachausgabegerätes in ihr Fahrzeug zu wünschen, wollen wir der Einfachheit halber "Befürworter" nennen, die anderen "Gegner". Ein Vergleich dieser beiden Gruppen zeigt, daß "Befürworter" in der Kurve (Aufgabe 1) besseres Lenkverhalten zeigen und bei Aufgabe 4 (überholen) länger beschleunigen, d.h., sie versuchen, das vor ihnen ausscherende Fahrzeug zu überholen, während die "Gegner" frühzeitig abbremsen (siehe hierzu 11.7.4., Auswirkung der Wahrnehmungsschnelligkeit). Nach Sprachausgaben handeln "Befürworter" signifikant häufiger richtig als "Gegner". Die Ergebnisse für die anderen Variablen sind nicht signifikant.

11.7.3. Auswirkung der Vertrautheit mit Sprachausgaben

Hier interessiert uns, ob die Häufigkeit der Sprachausgaben einen positiven oder negativen Effekt hat.

Verglichen wird Testphase I mit Testphase II. Trifft unsere Hypothese, Kraftfahrer gewöhnen sich an Sprachausgaben, wenn diese häufiger auftreten, zu, so ist bei Stichprobe 1 die Differenz zwischen beiden Testphasen signifikant, da diese Personen in der Zwischenphase verstärkte Übung mit Sprachausgaben hatten (vgl. Versuchsdesign, 11.4.1.). Bei Stichprobe 2

dürfen nach dieser Hypothese keine signifikanten Unterschiede auftreten. Bei Überprüfung aller Variablen ist festzustellen, daß sich die verstärkte Übung mit Sprachausgaben (Stichprobe 1) positiv auf die Bremsreaktionszeiten auswirkt. Die anderen t-Test-Vergleiche erbrachten keine signifikanten Unterschiede.

11.7.4. Welchen Einfluß hat die Wahrnehmungsschnelligkeit?

Mit Hilfe des im Vortest (vgl. 11.3.2.) durchgeführten TAVT werden zwei Extremgruppen gebildet: Personen mit hoher Wahrnehmungsfähigkeit (gekennzeichnet mit einem +) und solche mit geringer (-). Diese beiden Gruppen sind zu vergleichen.

Personen mit hoher Wahrnehmungsschnelligkeit (TAVT Prozentrang 70 - 100) zeigen signifikant kürzere Bremsreaktionszeiten als Versuchspersonen mit geringer Wahrnehmungsschnelligkeit.

Sie beschleunigen auch bei Aufgabe 3, d.h. sie versuchen, das vor ihnen ausscherende Fahrzeug noch zu überholen, während Probanden mit geringerer Wahrnehmungsschnelligkeit frühzeitig abbremsen.

Mancher Leser wird sich über die Parallele zu den Ergebnissen in 11.7.2., Auswirkung der Einstellung zu Sprachausgaben, wundern. Analysiert man jedoch die Mitglieder der einzelnen Gruppen näher, so wird das Ergebnis verständlich: Personen der Gruppe TAVT+ und Befürworter von Sprachausgabesystemen sind weitgehend identisch.

Bezüglich der anderen Variablen ergeben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Personen mit hoher und Personen mit geringer Wahrnehmungsschnelligkeit.

11.7.5. Auswirkungen der Streßtoleranz

Zur Prüfung der Hypothese, die Verarbeitung einer akustischen Information wirke sich auf "streßtolerante" Personen anders aus als auf "streßintolerante", werden zwei Extremgruppen gebildet, wobei die Ergebnisse im STOL (siehe Vortest, 11.3.2.) ausschlaggebend sind.

Kraftfahrer, die aufgrund des STOL als "streßtolerant" zu bezeichnen sind, entdecken mehr periphere Reize als streßintolerante Versuchspersonen, was möglicherweise auf ein ausgeprägteres Scanning-Verhalten und damit einen größeren Wahrnehmungsumfang der Erstgenannten zurückzuführen ist. Ihre Pulsfrequenz ist beim Überholmanöver (Aufgabe 3) signifikant niedriger.

Ansonsten sind keine Signifikanzen zu verzeichnen.

11.7.6. Auswirkungen der Fahrgüte

Hier werden Personen, deren Fahrgüte in der Eingewöhnungsphase des Fahrversuchs von den Versuchsleitern positiv eingeschätzt wurde, Probanden gegenübergestellt, die eine negative Wertung bekamen. Die positiv eingestuftten zeigen wesentlich kürzere Bremsreaktionszeiten, sie beschleunigen beim Überholmanöver länger, führen die Fahraufgaben häufiger richtig aus und handeln nach Sprachausgaben häufiger richtig als Personen, deren Fahrgüte negativ eingestuft wurde.

Die Hypothesenprüfungen bei den vier anderen Variablen ergaben keine Besonderheiten.

11.7.7. Anmerkungen zur Reaktionshäufigkeit

Die Entdeckungsrate peripherer Reize kann als Maß für den Wahrnehmungsumfang der Fahrer herangezogen werden. Zunächst ist von Interesse, ob Versuchspersonen in Situationen mit Sprachausgaben weniger periphere Reize wahrnehmen als ohne Sprachausgaben. Dies ist mit einer statistischen Sicherheit von 95 % nicht der Fall ($\chi^2 = 2,66 < 3,84 = \chi^2_{1; 0,05}$).

11.8. Befragungsergebnisse

Die in 11.4.8. besprochene Befragung der Probanden im Anschluß an die Versuchsfahrt erbrachte folgende Resultate:

Entlastung / Überforderung:

Auf die Frage, ob sie sich durch die Sprachausgaben entlastet oder überfordert fühlen, antworten von 34 Versuchspersonen

11 (32 %) mit "entlastet",
21 (62 %) mit "weder noch",
2 (6 %) mit "überfordert".

Die beiden Personen, die sich überfordert fühlten, hatten sowohl im TAVT als auch in der Einschätzung der Fahrgüte negative Werte.

Akzeptanz / Bevormundung:

Die Frage "Konnten Sie die Sprachausgabe akzeptieren oder fühlten Sie sich bevormundet?", wurde von 30 Versuchsteilnehmern (88 %) mit "ich konnte sie akzeptieren" beantwortet, vier (12 %) kreuzten "weder noch" an, niemand fühlte sich bevormundet.

Aufmerksamkeitsverteilung:

Auf die Frage "Als Sie die Sprachausgabe hörten, waren Sie zur gleichen Zeit mit einem Fahrmanöver beschäftigt. Worauf konzentrierten Sie sich stärker?" erhielten wir folgende Antworten:

22 mal "auf das Fahrmanöver" (65 %),
2 mal "auf die Sprachausgabe" (6 %),
10 mal "auf beide gleich stark" (29 %).

Nach der Einschätzung der Versuchspersonen, und dies wird auch durch die in 11.7. besprochenen Ergebnisse unterstrichen, wird die Aufmerksamkeit durch Sprachausgaben nicht wesentlich vom Fahrgeschehen abgelenkt.

Sprachausgabegerät im eigenen Kfz, ja oder nein?

Der Wunsch nach einem Sprachausgabegerät im eigenen Fahrzeug wurde von 14 Personen geäußert, weitere zwei befürworteten den Einbau, jedoch nur zum Zwecke der Verkehrsleitung. Somit würden 47 % der Versuchsteilnehmer ein Sprachausgabesystem in ihr Kraftfahrzeug einbauen lassen, wenn die Möglichkeit dazu bestünde.

11.9. Zusammenfassung

In Feldexperiment I fahren die Testpersonen auf einem abgesperrten Autobahnteilstück, wo sie vier, im Schwierigkeitsgrad verschiedene, Fahraufgaben zu meistern haben. Dies sind: Durchfahren einer enger werdenden Kurve, Einhalten eines konstanten Abstands zu einem vorausfahrenden Fahrzeug, das abrupt bremst, Überholen eines Fahrzeugs, das während des Überholvorganges plötzlich ausschert, Rückwärtsfahren in einer vorgeschriebenen Spur.

Durch die gezielte Vorauswahl von Probanden aufgrund soziodemographischer Daten und verkehrspsychologischer Tests sowie die Bildung von Extremgruppen ist es möglich, umfangreiche und generalisierbare Aussagen auf der Basis einer relativ kleinen Stichprobe zu treffen. So konnten durch einen Test zur Wahrnehmungsschnelligkeit sowohl gute als auch weniger gute Fahrer gezielt in die Untersuchung aufgenommen werden. Diese Unterscheidung wird neben der Versuchsleitereinschätzung aufgrund des Testergebnisses durch kürzere Bremsreaktionszeiten und ein anderes Beschleunigungsverhalten untermauert. Fahrer, die laut Testergebnis als "streßtolerant" einzustufen sind, zeigen bei der Entdeckung peripherer Reize einen größeren Wahrnehmungsumfang, ihre Pulsfrequenz ist beim Überholen niedriger.

Diese Ergebnisse zeigen nicht nur, daß es gelungen ist, Personen mit unterschiedlichen verkehrsrelevanten Fähigkeiten und Verarbeitungsmechanismen in den Versuch mit einzubeziehen, sondern auch, daß die im Versuch erhobenen Beanspruchungsmaße sensibel genug sind, unterschiedliche Belastungen aufzuzeigen. Trotzdem konnten beim Auftreten von Sprachausgaben keinerlei zusätzliche Belastungen, die sich in schlechteren Lenk-, Brems- oder Wahrnehmungsleistungen bzw. einer höheren Pulsfrequenz wiederfinden, festgestellt werden.

Zwei wichtige Aspekte im Zusammenhang mit Sprachausgaben sind nach den bisherigen Ergebnissen hervorzuheben:

1. Größere Vertrautheit mit dem Medium Sprachausgabe wirkt sich positiv auf die Reaktionszeit beim Bremsen aus. Entgegen der früher vertretenen Ansicht (vgl. FAT Schriftenreihe Nr. 23) sollten Sprachausgaben daher keine extrem seltenen Ereignisse darstellen. Es ist günstiger, die Gewöhnung an Sprachausgaben durch gelegent-

liches Auftreten zu fördern.

2. Eine positive Einstellung des Fahrers (hier gemessen an dem Wunsch, ein Sprachausgabesystem im eigenen Fahrzeug zu haben) wirkt sich günstig auf das Verhalten aus: so handeln Personen, die den Einbau eines Sprachausgabegeräts befürworten, häufiger richtig als diejenigen, die ihn ablehnen.

Neben den Ergebnissen, die auf objektiven Daten basieren, sind die subjektiven Empfindungen der Versuchsteilnehmer von Interesse: Nur sechs Prozent fühlten sich durch die Sprachausgaben überfordert, dagegen bedeuteten für 32 % Sprachausgaben eine Entlastung. 65 % der Versuchsteilnehmer konzentrierten sich während der Sprachausgabe stärker auf den Straßenverkehr, nur 6 % stärker auf die Sprachausgabe, der Rest auf beides gleich stark.

Trotz der Neuheit und des geringen Vertrautheitsgrads konnten 88 % der Befragten diese Art der Fahrerinformation akzeptieren, 12 % waren unentschieden, niemand fühlte sich durch Sprachausgaben belästigt. Schließlich würden immerhin 47 % der Versuchsteilnehmer ein Sprachausgabesystem in ihr Fahrzeug einbauen lassen.

12. Feldexperiment II

Wie im ersten Feldexperiment geht es um die Ermittlung der Auswirkungen von Sprachausgaben im Kraftfahrzeug. Während bei Feldexperiment I die Fahrten auf abgesperrtem Gelände durchgeführt wurden, findet Feldexperiment II im normalen Verkehrsgeschehen statt. Eine exakte Planung von Fahrsituationen ist hier schwerlich durchzuführen, auch sind kritische Situationen nicht beliebig herzustellen, sollen andere Verkehrsteilnehmer nicht gefährdet werden. Diese Einschränkungen bedeuten allerdings keinen zufälligen Fahrtablauf. Vielmehr wurde ein "Drehbuch" erarbeitet, das die Möglichkeit erschließt, Situationen, in denen Sprachausgaben auftreten, in ihrem Schwierigkeitsgrad für die einzelnen Versuchspersonen vergleichbar zu gestalten und damit der Auswertung zugänglich zu machen.

12.1. Ziel des Experiments

Diese letzte Versuchsserie dient einerseits der Validierung der Ergebnisse früherer Untersuchungen, andererseits der Erprobung sprachlicher Informationssysteme im normalen Fahrbetrieb.

Daher werden als abhängige Variablen neben Leistungs- und physiologischen Werten auch Beobachtungs-, Befragungs- und Einstellungsdaten erhoben.

Von besonderem Interesse ist, wie sich Personen, die unter Streß stehen, bei Sprachausgaben verhalten. Sind sie beispielsweise in der Lage, auf eine Handlungsanweisung angemessen zu reagieren?

Um auch den ungünstigen Fall eines Systemfehlers und seine Auswirkungen auf den Benutzer zu testen, soll das Verhalten von Personen bei Fehlermeldungen, die permanent auftreten, analysiert werden. Reagieren die Fahrer überhaupt, und wenn ja, wie? Werden sie von den Wahl- bzw. Abwählmöglichkeiten, die das Sprachausgabegerät bietet (vgl.12.4.3.), Gebrauch machen? Oder werden sie das Gerät abschalten? Um diese Frage zu beantworten, muß ein Sprachausgabegerät zur Verfügung stehen, das die ergonomischen Gesichtspunkte bei der Konstruktion berücksichtigt (siehe 12.4.2.).

Ebenfalls in der Realsituation ist zu prüfen, ob Sprachausgaben unterschiedliche Auswirkungen haben, je nachdem, ob sie häufiger oder sehr selten auftreten, wie dies die Ergebnisse der Bremsreaktions-Analyse bei Feldexperiment I nahelegen (vgl. 11.7.1.).

Im Versuchsdesign (vgl. 12.4.1.) ist daher die Aufteilung der Versuchsgruppe in zwei Stichproben vorgesehen, die sich durch die Anzahl der auftretenden Sprachausgaben unterscheiden.

Sprachausgaben sollen sich für Personen mit guter und solche mit schlechter Wahrnehmungsschnelligkeit eignen, ebenso für Fahrer mit hoher und niedriger Streßtoleranz. Daher wird die Auswahl der Versuchspersonen ebenso wie in Feldexperiment I vorgenommen.

Die Problematik herkömmlicher Anzeigen (Fehlermeldungen durch Lämpchen o. ä. werden z.T. gar nicht oder erst nach sehr langer Zeit bemerkt, die Meldung wird häufig falsch interpretiert, usw.) wurde an anderer Stelle ausführlich dargelegt (FAT Schriftenreihe Nr. 8 und 12). Sie zu untersuchen ist daher nicht definiertes Ziel dieser Studie. Es scheint uns jedoch von großem Interesse, das Verhalten von Fahrern im gleichen Experiment, einmal mit herkömmlichen Anzeigen, einmal mit Sprachausgaben, zu vergleichen, auch wenn diesem Vergleich nur exemplarischer Charakter zukommen kann.

12.2. Hypothesen

Entsprechend den gesteckten Zielen werden folgende Hypothesen aufgestellt:

H_1 (Auswirkung der Einstellung):

Personen, die den Einbau eines Sprachausgabesystems in ihr Fahrzeug wünschen, kommen mit der zusätzlichen akustischen Information besser zurecht, als Personen, die dies nicht wünschen.

H₂ (Einstellungswandel durch Erleben der Sprachausgaben):

Bei Personen, die Gelegenheit haben, Sprachausgaben im Praxisbetrieb zu erleben, zeigt sich ein Wandel in der Einstellung zu Sprachausgaben.

H₃ (Reaktion unter Streß):

Personen, die unter Streß stehen, sind dennoch in der Lage, angemessen auf Sprachausgaben zu reagieren, wenn diese nach optimalen Kriterien (siehe 4. Theoretische Kriterien...) erstellt sind.

H₄ (Defekt des Systems):

Im Fahrverhalten treten Änderungen auf, wenn permanent Fehlermeldungen, bedingt durch einen Systemfehler, ausgegeben werden.

H₅ (Aufretenshäufigkeit von Sprachausgaben):

Sind Sprachausgaben extrem seltene Ereignisse, so wirkt sich dies negativ auf das Fahrverhalten (z.B. auf die Bremsreaktion) des Fahrers aus.

H₆ (Wahrnehmungsfähigkeit):

Personen, die über eine gute Wahrnehmungsgeschwindigkeit und Auffassungsfähigkeit (im optischen Bereich) verfügen, haben weniger Probleme mit der Verarbeitung einer zusätzlichen akustischen Information.

H₇ (Streßtoleranz):

Die Verarbeitung einer zusätzlichen akustischen Information wirkt sich auf "streßtolerante" Personen anders aus als auf "streßintolerante."

H₈ (Fahrgüte):

Die Verarbeitung einer zusätzlichen akustischen Information wirkt sich auf Personen mit hoher Fahrgüte (eingestuft nach Versuchsleiter-Urteil) anders aus als auf Personen mit negativer Fahrgüte.

H₉ (Sprachausgaben versus herkömmliche Anzeigen):

Das Verhalten von Personen, die ein Fahrzeug mit herkömmlichen Anzeigen führen, ist anders als das Verhalten von Fahrern, die Informationen durch Sprachausgabe hören.

12.3. Stichprobe und Auswahl der Versuchspersonen

Die Auswahl der Versuchspersonen erfolgt nach den gleichen Kriterien wie bei Feldexperiment I (vgl. 11.4.). Es werden wieder Personen mit sehr guter bzw. relativ schlechter Wahrnehmungsgeschwindigkeit, in Kombination mit hoher bzw. niedriger Streßtoleranz einbezogen. Die Entscheidungskriterien für eine Teilnahme am Fahrversuch sind aus Tabelle 11.1. zu ersehen. Demzufolge setzt sich die Versuchsgruppe aus Paarlingen mit folgenden Merkmalen zusammen:

- o gute Wahrnehmungsgeschwindigkeit und hohe Streßtoleranz (++)
- o gute Wahrnehmungsgeschwindigkeit und geringe Streßtoleranz (+-)
- o geringe Wahrnehmungsgeschwindigkeit und hohe Streßtoleranz (--)
- o geringe Wahrnehmungsgeschwindigkeit und geringe Streßtoleranz (--)

Pro Merkmalskonstellation wird jeweils eine Person Stichprobe 1 bzw. Stichprobe 2 zugeteilt (vgl. 12.4.1.). Personen, die mit herkömmlichen Anzeigen fahren, weisen die Merkmalskonstellation "++" und "+-" auf. Die Versuchspersonen liegen im Alter zwischen 20 und 50 Jahren, drei sind weiblichen, sieben männlichen Geschlechts.

12.4. Versuchsdurchführung

Die Versuchsfahrt findet im normalen Verkehrsgeschehen auf einer ausgewählten Strecke (12.4.5.), statt. Um die Situationen, in denen Sprachausgaben auftreten, zu parallelisieren, wurde für den Fahrtablauf ein Drehbuch erarbeitet (12.4.6.). Wie bei Feldexperiment I kommen speziell ausgerüstete Fahrzeuge (12.4.4.) zum Einsatz. In allen relevanten Situationen werden die Pulsfrequenz des Fahrers und Fahrzeugparameter wie Geschwindigkeit und Lenkwinkel aufgezeichnet.

Wie Abbildung 12.1 verdeutlicht, sind drei Versuchsabschnitte zu unterscheiden: Eingewöhnungsphase, Testphase unter normalen Verkehrsbedingungen, Testphase unter Streßbedingungen.

Die Versuchspersonen werden ausführlich zu ihrer Meinung über Sprachausgaben befragt (12.4.7.), außerdem erhalten sie einen Einschätzungsbogen, in dem sie die Eigenschaften, die Sprachausgaben ihrer Meinung nach haben, einstufen sollen (12.4.8.).

12.4.1. Experimentelles Design

Die Versuchsfahrt gliedert sich in fünf Situationen, in denen jeweils Sprachausgaben auftreten. Die Situationen 1 - 3 sind im Kontext "Fahrt unter normalen Bedingungen" zu sehen. Vor der vierten Situation wird der Proband unter Zeitdruck gebracht, die Kontextbedingung lautet also "Fahrt unter Streß". In der fünften Situation wird ein Systemdefekt simuliert. Eine detaillierte Beschreibung des Ablaufs findet sich in 12.4.6.

Die Versuchsgruppe wird in zwei Stichproben unterteilt, wobei die Probanden nach ihren Ergebnissen in TAVT und STOL zu Paarlingen zusammengestellt werden. Diese Aufteilung ist jedoch nur zur Prüfung der 5. Hypothese relevant, da sich die Stichproben lediglich in der Anzahl der Meldungen, die die Probanden erhalten, unterscheiden. Stichprobe 1 erhält zwei Meldungen (Blinker, Öltemperatur), Stichprobe 2 hört vier Meldungen (Handbremse, Tankinhalt, Blinker, Öltemperatur). Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß die Problematik herkömmlicher Anzeigen nicht Inhalt dieser Studie sein kann. Ein exemplarischer Vergleich des Verhaltens von Fahrern bei herkömmlichen Anzeigen versus Sprachausgaben im gleichen Fahrexperiment scheint uns jedoch von großem Interesse. Aus zeitlichen und versuchstechnischen Gründen fahren nur zwei Personen mit herkömmlichen Anzeigen, anstelle von Sprachausgaben. Die Analyse dieser Daten und Verhaltensweisen kann daher nur eingeschränkt auf statistischer Basis erfolgen, sie sind eher als "Fallstudien" zu verstehen.

Abbildung 12.1 bietet einen Überblick über das Versuchsdesign.

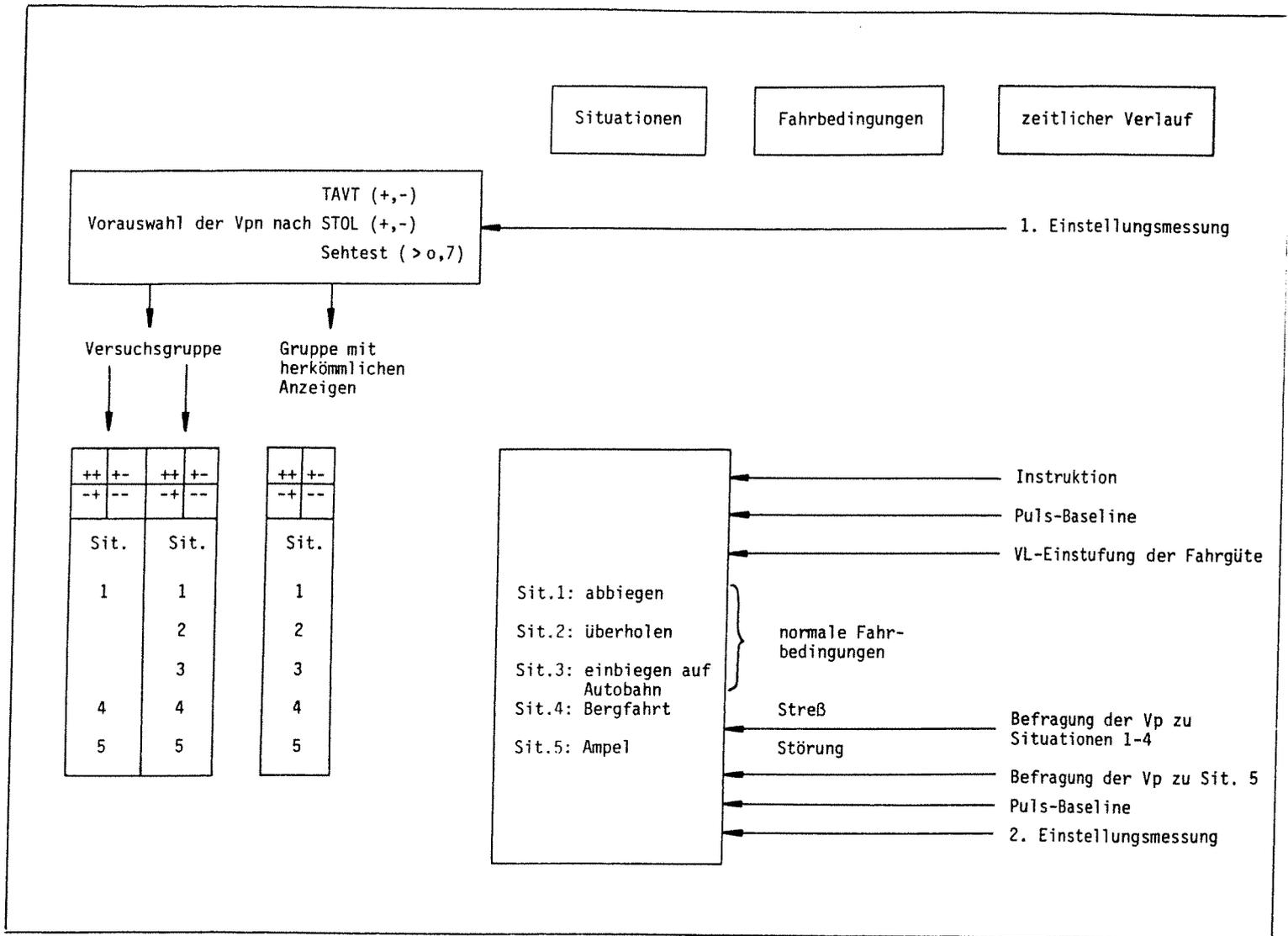


Abb. 12.1: Experimentelles Design bei Feldexperiment II

12.4.2. Sprachausgabegerät

Bei der ergonomischen Gestaltung des Sprachausgabegeräts sind die in der Vorstudie (FAT Schriftenreihe Nr. 23) begründeten Forderungen realisiert. So verfügt das Gerät über:

- o einen Ein-/Ausschalter mit Kontrolleuchte
- o eine Wiederholungstaste (durch sie kann die zuletzt gehörte Meldung nochmals abgerufen werden)
- o automatische, geschwindigkeitsabhängige Lautstärkeanpassung (sie garantiert einwandfreie Verständlichkeit bei unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten)
- o die Möglichkeit der individuellen Grundlautstärkeregelung durch ein Stufenpotentiometer, wodurch die Einstellung leicht vorzunehmen, jedoch nicht unbeabsichtigt veränderbar ist
- o drei Tasten zur Auswahl von Sprachausgabe-Clustern, die individuell zu- oder abschaltbar sind, für
 - o "Fahrzeugdefekte" (z.B. Antiblockiersystem)
 - o "Remember" / Dinge, die man manchmal vergißt (z.B. Handbremse lösen)
 - o "Verkehrsleitung" (sie kommt allerdings bei Feldexperiment II nicht zum Einsatz).

Einzelheiten zum Design des Sprachausgabegeräts (siehe Abbildung 12.2):

- o Das Bedienungselement mißt 11 x 6 x 3 cm.
- o Damit das Gerät beim nachträglichen Einbau in das Versuchsfahrzeug gut einsehbar und bedienbar ist, wird es auf einem flexiblen Ständer befestigt, der seinerseits auf der Mittelkonsole angebracht ist.
- o Gerät und Tastatur weisen eine matte Oberfläche auf, wodurch Lichtreflexionen vermieden werden.
- o Gehäuse, Tasten und Drehknopf sind schwarz.
- o Um einen guten Kontrast herzustellen sind die Tasten mit gelb-grüner Farbe (555 Nanometer) umrandet.
- o Auch für die Beschriftung der Tasten, die eingefräst und damit abriebfest ist, wird gelbgrüne Farbe gewählt.

- o Die Piktogramme sind beleuchtet, sobald das entsprechende Sprachausgabe-Cluster eingeschaltet wird. Dies geschieht durch Betätigung der Drucktasten, die einrasten und per Knopfdruck wieder gelöst werden können.
- o Die Wiederholungstaste ist auf der Oberseite des Gehäuses angebracht, um die Möglichkeit des raschen Zugriffs zu geben. Diese Taste ist auch erheblich größer als die anderen, sie mißt 3 x 1 cm.
- o Damit das Gerät nicht unbeabsichtigt ausgeschaltet wird, ist der Ein-/Ausschalter als kleiner Schiebeschalter auf der rechten Seitenwand ausgeführt.
- o Die Kontrollleuchte (in Form einer Leuchtdiode) zeigt an, ob das Gerät in Betrieb ist.

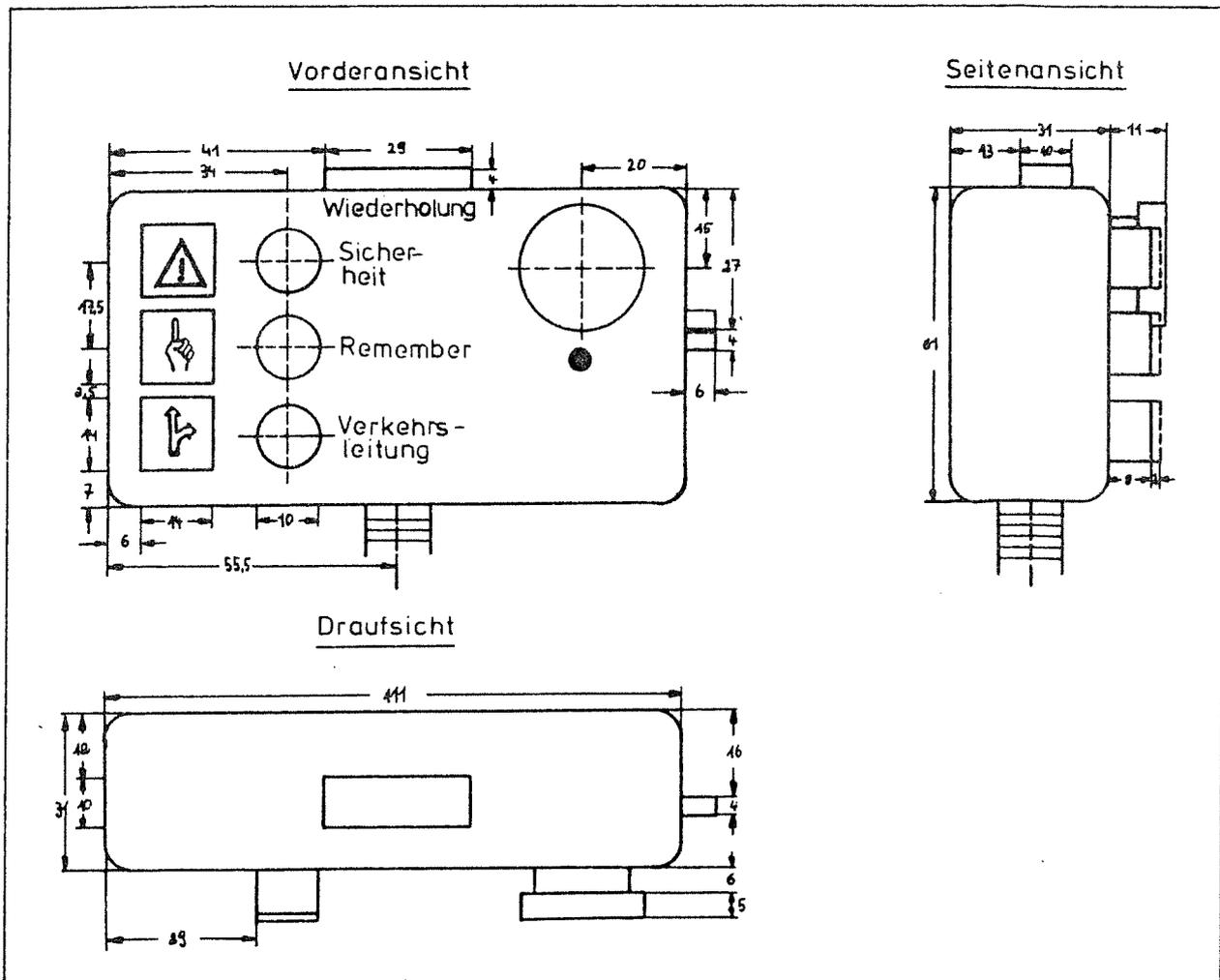


Abb. 12.2: Entwurf eines Sprachausgabegeräts für Feldexperiment II

12.4.3. Vorsignal und Sprachausgaben

Die Meldungen werden durch einen Zweiklang-Gong eingeleitet und lauten im einzelnen:

- o "Guten Tag. Hier spricht Ihr Sprachausgabesystem."
Diese Meldung dient dazu, die Stimme des Sprechers kennenzulernen und in Zukunft identifizieren zu können (vgl. FAT Schriftenreihe Nr. 23). Sie wird beim Einschalten der Zündung ausgegeben, ist ebenso, wie alle anderen Meldungen, wiederholt abrufbar, und gibt der Versuchsperson die Möglichkeit, eine ihr angenehme Grundlautstärke einzupegeln.
- o "Bitte lösen Sie die Handbremse." (nur bei Stichprobe 2)
- o "Der Treibstoff reicht noch für höchstens zwanzig Kilometer."
(nur bei Stichprobe 2)
- o "Der Blinker ist ausgefallen."
- o "Die Öltemperatur ist zu hoch. Lassen Sie den Wagen ausrollen und prüfen Sie den Ölstand! Fahren Sie nicht weiter, da sonst der Motor gefährdet ist."
- o "Bitte lösen Sie die Handbremse. Bitte lösen Sie die Handbremse. Bitte"
Die Meldung wird so lange wiederholt, bis der Fahrer Maßnahmen ergreift, die die weitere Ausgabe der Meldung verhindern (Drücken der "Remember"-Taste oder Ausschalten des Sprachausgabegeräts).

12.4.4. Ausrüstung der Versuchsfahrzeuge

Als Versuchsfahrzeug wird das Video-Meßfahrzeug der Bundesanstalt für das Straßenwesen eingesetzt. Neben der bereits beschriebenen Standardausrüstung (Aufzeichnung von Bild und Ton, gefahrene Geschwindigkeit, Lenkwinkel, Bremsbetätigung, Speicherung der Pulsfrequenz der Versuchsperson) wird das Fahrzeug mit dem Sprachausgabesystem ausgestattet.

Um den Versuchspersonen nicht den Eindruck zu vermitteln, die Sprachausgaben seien willkürlich und hätten mit dem wirklichen Fahrzeugzustand nichts zu tun, werden vor bzw. während der Fahrt am Fahrzeug folgende Manipulationen vorgenommen:

Vor Auslösen der Meldung "Bitte lösen Sie die Handbremse" zieht der Versuchsleiter die Handbremse um einen Zahn an. Dies kann unbemerkt geschehen, da die Versuchsperson in diesem Moment gerade in eine vorfahrtberechtigte Straße einbiegt und sich durch einen Blick nach links vergewissert, ob der fließende Verkehr dies zuläßt. Die Kontrolllampe für die Handbremse wurde für die Probanden der Experimentalgruppe abgeklemmt. Die beiden Probanden, die keine Sprachausgaben hören, sondern mit herkömmlichen Anzeigen fahren, erhalten natürlich wieder eine intakte Kontrolllampe.

Die Meldung "Der Treibstoff reicht noch für höchstens zwanzig Kilometer." wird glaubwürdig, da der Tank nur noch wenig Benzin enthält und das Fahrzeug nach ca. 20 Kilometern stehen bliebe, würde es durch die Versuchsperson nicht rechtzeitig aufgetankt. Die Benzinanzeige bleibt in Funktion, so daß der Fahrer auch ohne Meldung feststellen könnte, daß der Treibstoff zu Ende geht.

Das Zuleitungskabel zum linken Blinkerbirnchen wird durch einen Zwischenschalter unterbrochen. Beim Ertönen der Sprachausgabe "Der Blinker ist ausgefallen." betätigt der technische Versuchsleiter den Schalter und löst ihn wieder, sobald die Versuchsperson das Blinkerbirnchen ausgewechselt hat. Personen, die mit herkömmlichen Anzeigen fahren, können den Blinkerdefekt theoretisch am schnelleren Ticken des Blinkergebers bemerken.

Mit der akustischen Meldung "Die Öltemperatur ist zu hoch..." wird die optische Anzeige des Öldruckmessers auf "0" geschaltet und somit eine Überhitzung des Öls aufgrund zu geringen Ölstands simuliert. Der Anschlag des Ölstabs wird mit einer ca. 1 cm langen Hülse verlängert. Kontrolliert nun die Versuchsperson den Ölstand, so wird ihr der Eindruck vermittelt, der Ölstand sei tatsächlich zu niedrig. Verhält sie sich nicht gemäß den Anweisungen der Sprachausgabe, oder bemerkt eine Person, die nur die herkömmliche Anzeige zur Verfügung hat, den Defekt nicht, so kann die Fahrt ohne Schädigung des Motors fortgesetzt werden.

Bei der Störung "Bitte lösen Sie die Handbremse. Bitte lösen Sie die Handbremse. Bitte ..." wird keine Manipulation am Fahrzeug vorgenommen, da ein Systemdefekt simuliert werden soll, auf den der Fahrer normalerweise keinen Einfluß nehmen kann. Bei Personen, die nur herkömmliche Anzeigen zur Verfügung haben, leuchtet die Handbremskontrollampe auf.

Da die Sprachausgabe "Der Treibstoff ..." während eines Überholmanövers erfolgt, ist ein zweites Fahrzeug im Versuch eingesetzt.

Die beiden Fahrzeuge sind durch CB-Funk miteinander verbunden.

12.4.5. Die Versuchsstrecke

Die Versuchsstrecke ist in Abbildung 12.3 dargestellt.

Sie beginnt im Stadtbereich Tübingen, führt über eine zunächst zweispurige Landstraße, die für einige Kilometer vierspurig ausgebaut ist (Überholmanöver), durch kleinere Ortschaften (mit Tankstellen), über eine Autobahnstrecke, in den Stadtbereich Stuttgart und über eine längere Steigung (Ölmeldung) zurück nach Tübingen.

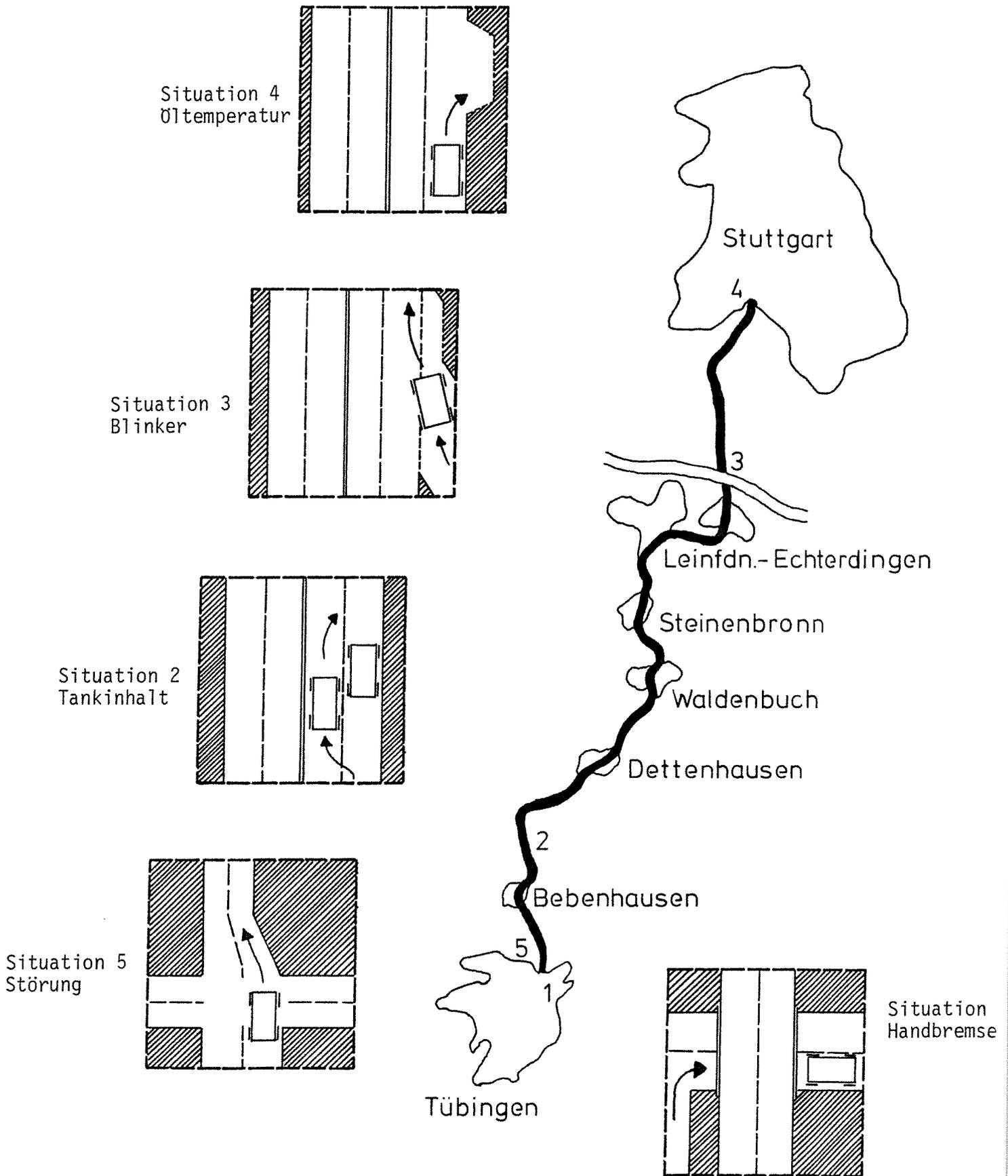


Abb. 12.3: Die Versuchsstrecke in Feldexperiment II

12.4.6. Versuchsablauf und Instruktion

Die Versuche werden jeweils vormittags durchgeführt, dauern drei bis vier Stunden und haben folgenden Ablauf:

Die Versuchsperson macht sich zunächst mit dem Fahrzeug vertraut und erhält das Faltblatt "Informationen zum Sprachausgabe-System" (siehe Anhang C). Hierin sind die Funktionen des Geräts und die Zuordnung der Meldungen zu den Tasten "Fahrzeugdefekte" bzw. "Remember" beschrieben. Bei Unklarheiten steht der Versuchsleiter für Erläuterungen zur Verfügung.

Sobald die Versuchsperson die Zündung einschaltet, stellt sich das Sprachausgabesystem vor: "Guten Tag. Hier spricht Ihr Sprachausgabesystem." Der Proband wird aufgefordert, eine ihm angenehme Grundlautstärke einzupegeln.

Nun beginnt die Fahrt auf der in 12.4.5. beschriebenen Strecke mit einer Eingewöhnungsphase, entsprechend dem in Abbildung 12.1 (Versuchsdesign) dargestellten Ablauf.

Der Versuchsleiter, der neben der Versuchsperson auf dem Beifahrersitz Platz genommen hat, gibt die erforderlichen Wegleitinformationen. Er führt auch ein exaktes Protokoll über die von der Versuchsperson gezeigten Verhaltensweisen.

Probanden der Stichprobe 2 hören kurz nach der Einfahrt in eine vorfahrtberechtigte Straße die Meldung "Bitte lösen Sie die Handbremse."

An einer vierspurig ausgebauten Steigungsstelle wird das Versuchsfahrzeug von einem zweiten Wagen, einem Mercedes 190 E, erwartet. In beiden Fahrzeugen ist das Funkgerät eingeschaltet. Durch vorher abgesprochene Äußerungen erfährt der Fahrer des zweiten Wagens, in welcher Position sich das Forschungsfahrzeug befindet. So kann er, von einem Parkplatz einbiegend, den Fahrer des Versuchsfahrzeugs durch langsames Fahren zu einem Überholmanöver veranlassen. Hat das Versuchsfahrzeug das Heck des zweiten Wagens erreicht, beschleunigt dieser, um den Überholvorgang zu erschweren. In dieser Situation hoher Belastung wird die Sprachausgabe "Der Treibstoff reicht noch für höchstens zwanzig Kilometer." ausgelöst. Im Verlauf der Fahrt passieren wir einige Tankstellen, an welchen der Fahrer tanken könnte.

Die Meldung "Der Blinker ist ausgefallen." ist kurz nach dem Befahren der Richtungsspur einer Autobahn zu hören. Es folgen zwei Parkplätze - der Fahrer könnte somit anhalten, die Blinkeranlage überprüfen und das "defekte" Birnchen auswechseln.

Die Fahrt führt nun durch das Stadtgebiet von Stuttgart. An einer Telefonzelle bittet der Versuchsleiter den Fahrer, anzuhalten, da er ein Telefongespräch zu führen habe. Im Anschluß an das Telefongespräch teilt er dem Fahrer mit, man müsse nun auf dem schnellsten Wege nach Tübingen zurückkehren, die Angelegenheit sei sehr dringend. Kurze Zeit später, es wird gerade eine längere Steigungsstrecke befahren, ist die Meldung zu hören: "Die Öltemperatur ist zu hoch. Lassen Sie den Wagen ausrollen und prüfen Sie den Ölstand! Fahren Sie nicht weiter, da sonst der Motor gefährdet ist." Die Straße ist an dieser Stelle zwar vierspurig ausgebaut, jedoch ist das Verkehrsaufkommen sehr stark. Soll das Fahrzeug kein Verkehrshindernis darstellen, muß es zur Überprüfung des Ölstands vom Fahrer in eine Parkbucht am Straßenrand manövriert werden.

Auf einem ruhigen und verkehrsarmen Streckenabschnitt findet das Gespräch zwischen Versuchsleiter und Versuchsperson statt (siehe 12.4.7. Befragung).

Nach Erreichen des Stadtgebiets von Tübingen - einige stark frequentierte Kreuzungen erfordern die Aufmerksamkeit des Fahrers - wird das Auftreten einer Störung, verursacht durch einen externen Sensor, simuliert. D.h., die Meldung "Bitte lösen Sie die Handbremse." läßt sich nicht durch Lösen der Handbremse abstellen, sondern wird so lange ausgegeben, bis die Versuchsperson den Bereich "Remember" oder das gesamte Sprachausgabegerät ausschaltet.

Am Endpunkt der Fahrt verläßt der Versuchsleiter rasch das Fahrzeug (er muß zu einem dringenden Termin) und der technische Versuchsleiter übernimmt die weitere, auf die Störung bezugnehmende Befragung der Versuchsperson. Anschließend wird der Proband gebeten, den Einschätzungsfragebogen auszufüllen (vgl. 12.4.8.).

12.4.7. Befragung der Versuchspersonen

Die erste Befragung der Versuchspersonen findet in Form eines offenen Interviews statt, das der Versuchsleiter anhand eines Gesprächsleitfadens auf der Rückfahrt, jedoch noch vor dem Eintritt der Störung durchführt. Nach einigen Fragen äußerten sich die Probanden von sich aus zum eben Erlebten. Die folgenden Fragen wurden daher nur gestellt, wenn sie von den Versuchspersonen nicht thematisiert worden waren.

- o Wie fanden Sie die Sprachausgaben?
- o Waren die Sprachausgaben für Sie vergleichbar mit Radio hören, also etwas völlig normales?
- o Hatten Sie bei irgendeiner Sprachausgabe Probleme?
Wenn ja, welche Probleme hatten Sie?
Worauf führen Sie dies zurück?
- o Wie würden Sie für sich persönlich die Wirkung der Sprachausgaben einstufen, entlastend oder überfordernd?
War dies bei allen Sprachausgaben gleich?
Welche Sprachausgabe beanspruchte Sie am stärksten?
Worauf führen Sie dies zurück?
- o Als Sie die Sprachausgaben hörten, waren Sie zur gleichen Zeit vom Verkehrsgeschehen in Anspruch genommen. Worauf konzentrierten Sie sich? Auf die Sprachausgaben, auf den Verkehr oder auf beides gleich stark? War dies bei allen Meldungen gleich?
- o Die Sprachausgaben wurden durch einen Gong angekündigt. Woran dachten Sie, als Sie den Gong hörten?
War dies bei allen Meldungen gleich?
- o Hatten Sie das Gefühl, durch die Sprachausgaben bevormundet zu werden?
- o Konnten Sie die Sprachausgaben akzeptieren?
- o Hätten Sie gerne ein Sprachausgabegerät in Ihrem Fahrzeug?
Wenn ja, aus welchem Grunde?
Wenn nein, aus welchem Grunde?
- o Möchten Sie noch etwas dazu sagen?

Nach Abschluß der Fahrt befragt der technische Versuchsleiter die Versuchsperson nach ihren Eindrücken bezüglich der aufgetretenen Störung. Die Fragen lauten:

- o Ist Ihnen bei der letzten Sprachausgabe etwas aufgefallen?
Wenn nein: Haben Sie bemerkt, daß der Sensor für die Handbremse defekt war?
- o Wann haben sie den Defekt bemerkt?
- o Wissen Sie noch, wie Sie sich während dieser Störung verhalten haben? Warum haben Sie sich so verhalten?
- o Hätte man sich auch anders verhalten können?
- o Als Sie die Störung hörten, waren Sie zur gleichen Zeit mit dem Verkehrsgeschehen beschäftigt. Worauf haben Sie sich stärker konzentriert? Auf den Verkehr, auf die Störung, oder auf beides gleich stark?
- o Wie stark wurden Sie von dieser Situation in Anspruch genommen? Ordnen Sie bitte das Ausmaß der Inanspruchnahme einer Zahl zwischen 0 und 10 zu. 10 entspricht einer sehr starken Beanspruchung, 0 entspricht keiner Beanspruchung.

12.4.8. Einstellungsmessung bezüglich der Sprachausgaben

Bei verschiedenen Versuchspersonen, die an Feldexperiment I teilnahmen, fiel auf, daß die Akzeptanz der Sprachausgaben hoch war, die Fahrer jedoch kein Sprachausgabegerät für ihr Fahrzeug wollten. Wir entschlossen uns daher, die Gründe der positiven und/oder negativen Bewertung des neuen Mediums in Feldexperiment II genauer zu untersuchen.

Ein dazu gut geeignetes Erhebungsinstrumentarium ist das "Semantische Differential". Unter diesem Begriff versteht man eine Liste von bipolaren Einstellungs paaren, deren Endpunkte aus gegensätzlichen Adjektiven bestehen (z.B. gut - schlecht) (vgl. STROEBE, 1980). Für unsere Erhebung wurden folgende, von SCOTT (1967) und SCOTT & ROWCAND (1970) entwickelte Adjektivpaare verwendet:

(1)	angenehm	-	unangenehm
(2)	berechtigt	-	unberechtigt
(3)	positiv	-	negativ
(4)	sinnvoll	-	sinnlos
(5)	erleichternd	-	erschwerend
(6)	gut	-	schlecht
(7)	zweckmäßig	-	unzweckmäßig
(8)	wichtig	-	unwichtig
(9)	nötig	-	unnötig
(10)	angenehm	-	unangenehm
(11)	nützlich	-	unnützlich
(12)	sicher	-	unsicher
(13)	perfekt	-	unvollständig
(14)	entlastend	-	belastend
(15)	langweilig	-	erregend
(16)	vernünftig	-	unvernünftig
(17)	wirksam	-	unwirksam
(18)	förderlich	-	hinderlich

Die Versuchspersonen erhalten eine Liste dieser Wortpaare und sollen nun auf einer siebenstufigen Skala ihre persönliche Meinung zu Sprachausgaben im Kraftfahrzeug ausdrücken.

Zum Beispiel: "Sprachausgabe im Kraftfahrzeug" ist...

angenehm 3 - 2 - 1 - 0 - 1 - 2 - 3 unangenehm

Hält ein Proband Sprachausgaben für sehr angenehm, so kreuzt er die Ziffer +3 bei "angenehm" an, hält er sie für weder angenehm, noch unangenehm, so kreuzt er 0 an, etc.

Um eine Veränderung der Einstellung erfassen zu können, muß die Versuchsperson diese Einschätzung zweimal abgeben, es sind zwei Meßwertreihen erforderlich. Die erste Erhebung findet im Anschluß an die Vortests (vgl. 12.4.) mit allen Personen, die für die Vorauswahl der Versuchspersonen eingeladen waren (n = 28), statt. Von diesen 28 Personen konnten 8 im Fahrversuch Erfahrung mit Sprachausgaben sam-

meln; sie bekamen den Bogen im Anschluß an die Fahrt ein zweites Mal vorgelegt. Nun kann gegrüßt werden, in wieweit Erfahrung mit dem System die Einstellung des Benutzers verändert.

12.5. Abhängige Variablen

Als abhängige Variablen werden erhoben:

- o Güte der Fahrleistung, bestehend aus
 - o Lenkgüte
 - o Geschwindigkeitsänderung
- o Pulsfrequenz
- o Art der Handlung nach der Sprachausgabe / nach der optischen Anzeige
- o Zeit bis zum Einsetzen der Handlung nach der Sprachausgabe / nach der optischen Anzeige
- o Reaktionszeit und Art der Handlung bei Auftreten der Störung
- o Befindlichkeit der Versuchsperson (Befragung)
- o Einstellung der Versuchsperson zum Sprachausgabesystem (Semantisches Differential).

Analyse der Lenkgüte:

Bei den Laborexperimenten und zum Teil auch noch bei Feldexperiment I war ein Vergleich des optimalen Lenkwinkels mit dem im Versuch realisierten möglich. Im Experiment unter normalen Verkehrsbedingungen ist die Straßen- und Verkehrssituation bei jedem Versuch etwas unterschiedlich. Ein Fahrer weicht beispielsweise einem Kanaldeckel oder einer Wasserpfütze aus, ein anderer tut dies nicht, etwa weil gerade ein Fahrzeug entgegenkommt. Eine exakter Vergleich von Ist- und Sollwert ist daher unmöglich. Anhand des Videobildes und der Beobachtung des Versuchsleiters kann jedoch festgestellt werden, ob die Lenkbewegungen situationsangemessen sind, oder ob zu Beginn oder während der Sprachausgabe ein deutlicher Lenkausschlag, der nicht durch Gegebenheiten der Verkehrssituation bedingt ist, stattfindet (eventuelle Schreckreaktion).

Analyse der Geschwindigkeitsänderung:

Die Geschwindigkeit wird kontinuierlich aufgezeichnet und für die relevanten Stellen ausgeplottet.

Eine Voranalyse zeigt, daß Veränderungen bis zu einem Zeitraum von drei Sekunden nach Beginn der Sprachausgabe von Interesse sein könnten. Als Referenzmaß wird die mittlere Geschwindigkeitsänderung drei Sekunden vor Beginn der Sprachausgabe gewählt. Führen Sprachausgaben zu plötzlichen Beschleunigungs- oder Bremsmanövern, so müßte der Differenzbetrag der Geschwindigkeitsänderungen 3 Sekunden vor Beginn der Sprachausgabe - 3 Sekunden nach Beginn der Sprachausgabe deutlich von Null unterschieden sein.

Analyse der Pulsfrequenz:

Der Puls wird als Peak-to-Peak-Messung in jeder relevanten Situation erhoben und aufgezeichnet. Für jede Versuchsperson wird zudem in zwei ruhigen Fahrsituationen (einmal vor Beginn der Meldungen, einmal gegen Versuchsende) eine Baseline-Messung durchgeführt.

Ein Vergleich der Pulsfrequenz im Zeitraum unmittelbar vor Einsetzen der Sprachausgabe und während der Sprachausgabe ermöglicht eine Einschätzung der Belastung, die durch die zusätzliche akustische Information bedingt ist. Die Berücksichtigung der individuellen Baseline eröffnet zudem die Möglichkeit, Vergleiche zwischen verschiedenen Versuchspersonengruppen anzustellen.

Art der Handlung:

Der Versuchsleiter protokolliert die Verhaltensweisen der Versuchspersonen, um sie einer späteren Analyse zugänglich zu machen. Dabei wird das Verhalten der Versuchsperson als richtig oder falsch klassifiziert (z. B. ist die richtige Handlung bei der Ölmeldung: sofort anhalten, Öl nachfüllen). Anhand dieser Klassifikation können Häufigkeiten gebildet und für die verschiedenen Hypothesen überprüft werden.

Reaktionszeitmessung:

Ermittelt wird die Zeit zwischen Ende der Zustandsmeldung (z.B. "Die Öltemperatur ist zu hoch."/ Beginn der Zeitmessung / "Lassen Sie den Wagen ...") und Eintreten der Handlung (hier z.B. Anhalten des Fahrzeugs). Wir gehen dabei von der Überlegung aus, daß der Informationscharakter des ersten Satzes mit einer entsprechenden optischen Anzeige vergleichbar ist. Von den fünf Meldungen (Handbremse, Tankinhalt, Blinker, Öltemperatur, Störung) sind die Ausgaben zu Tankinhalt

und Blinker nicht zeitkritisch. Sinnvoll auswertbar sind aber nur die Reaktionszeiten der zeitkritischen Meldungen, d.h. von Handbremse, Öltemperatur und Störung.

Befindlichkeit der Versuchsperson:

Sie wird durch die Befragung während und nach der Fahrt ermittelt (vgl. 12.4.7.).

Einstellungsmessung:

Die Einstellung der Versuchsperson zu Sprachausgaben wird erstmalig bei der Vortesterhebung mit Hilfe eines semantischen Differentials (vgl. 12.4.8.) erfaßt, zum zweiten Mal im Anschluß an die Versuchsfahrt. Dadurch ist feststellbar, ob sich durch die Erprobung des Sprachausgabesystems in der realen Situation eine Änderung in der Einstellung der Versuchsperson vollzogen hat.

12.6. Ergebnisse der Hypothesenprüfung

Tabelle 12.1 gibt einen Überblick über die Ergebnisse der Hypothesenprüfung mittels t-Tests.

12.6.1. Auswirkung der Einstellung zu Sprachausgaben

Die Hypothese lautet:

Personen, die den Einbau eines Sprachausgabesystems in ihr Fahrzeug wünschen, kommen mit der zusätzlichen akustischen Information besser zurecht, als Personen, die dies nicht wünschen.

Wir ordnen die Probanden der Versuchsgruppe, die bei der Befragung angaben, den Einbau eines Sprachausgabesystems zu bejahen, den "Befürwortern", und diejenigen, die kein Sprachausgabegerät möchten, den "Ablehnern" zu.

Nun werden die Beobachtungs- und Meßwerte, die bei den abhängigen Variablen (Lenkgüte, Geschwindigkeitsänderung, Pulsfrequenz, Handlung nach der Meldung, Reaktionszeiten auf die Meldung) bei "Befürwortern" und "Ablehnern" auftraten, mittels t-Test verglichen.

Hypothesen	abhängige Variablen	Lenkgüte	Geschwindigkeitsänderung	Pulsfrequenz	Handlung nach der Meldung	Reaktionszeiten auf die Meldung	
H ₁	Auswirkung der Einstellung der Versuchspersonen	keine Auffälligkeiten	nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.	
H ₃	Reaktion in einer Streßsituation a) Versuchsg. herk. Anz. b) Vergleich mit normaler Situation		nicht sign. nicht sign.	nicht sign. Puls in der Streßsit. niedriger	nicht sign. nicht sign.	----- -----	
H ₄	Systemstörung a) Versuchsg. herk. Anz. b) Vergleich mit normaler Situation		nicht sign. nicht sign.	nicht sign. Puls bei Störung niedriger	nicht sign. nicht sign.	----- -----	
H ₅	Auftretenshäufigkeit der Sprachausgaben		nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.	-----	
H ₆	Wahrnehmungsschnelligkeit (TAVT)		nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.	
H ₇	Streßtoleranz (STOL)		nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.	
H ₈	Fahrgüte (Versuchsfahrgüte)		nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.	
H ₉	Sprachausgaben kontra herkömmliche Anzeigen		nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.	mehr richtige Handlungen bei Sprachausgaben	-----

Tab.: 12.1: Überblick über die Ergebnisse bei Feldexperiment II

Keines der Ergebnisse ist auf dem 5%-Niveau signifikant, das heißt, die Einstellung der Versuchsperson hat keine Auswirkung auf die genannten Variablen.

12.6.2. Reaktion auf Sprachausgaben in einer Streßsituation

Wir prüfen die folgende Hypothese:

Personen, die unter Streß stehen, sind dennoch in der Lage, angemessen auf Sprachausgaben zu reagieren, wenn diese nach optimalen Kriterien erstellt sind.

Es bieten sich zwei Vergleichsmöglichkeiten:

- a) Die Versuchsgruppe, bestehend aus den Stichproben 1 und 2, wird mit der Gruppe, die mit herkömmlichen Anzeigen fährt, verglichen, und zwar in der Situation 4 (Ölmeldung), vor der die Versuchspersonen unter Zeitdruck und damit unter Streß gebracht wurden.

Im t-Test-Vergleich sind keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen festzustellen, d.h., die Verschiedenartigkeit der Informationsübermittlung wirkt sich in der Streßsituation nicht aus.

- b) Es können auch, innerhalb der Versuchsgruppe, die Situationen 1, 2, und 3 (unter normalen Fahrbedingungen) mit der Situation 4 (unter Streßbedingungen) verglichen werden.

Während bei den Variablen Lenkgüte, Geschwindigkeitsänderung und Handlung nach der Meldung keine Auffälligkeiten zu verzeichnen sind, ist die Pulsfrequenz in der Streßsituation erstaunlicherweise signifikant niedriger als bei den vorher aufgetretenen Sprachausgaben. Vermutlich geht dies auf einen Gewöhnungseffekt zurück.

12.6.3. Auswirkungen eines Systemdefekts

Wir haben uns die Frage zu stellen, was im Falle permanent auftretender Fehlermeldungen, die durch einen Systemdefekt bedingt sind, geschieht.

Die Daten sind auf zwei Arten analysierbar:

a) Betrachten wir zunächst, ob sich Meßwerte und Verhalten von Personen, die mit Sprachausgaben, und solchen, die mit herkömmlichen Anzeigen fahren, unterscheiden.

Die t-Test-Berechnung zeigt, daß keine signifikanten Unterschiede auftreten.

b) Werden innerhalb der Versuchsgruppe die Situationen 1, 2, und 3 (normale Verkehrssituation) der Situation 5 (Systemdefekt) gegenübergestellt, so ist als einziges signifikantes Ergebnis festzuhalten: die Pulsfrequenz ist während der Störung niedriger als bei den Situationen 1 bis 3. Wir führen dies darauf zurück, daß sich die Probanden mittlerweile so gut an Sprachausgaben gewöhnt haben, daß auch eine permanent wiederkehrende Störung nicht zur Erhöhung der Pulsfrequenz führt.

Von besonderem Interesse ist das Verhalten der Versuchspersonen bei Auftreten der Störung.

Lediglich zwei Probanden verhielten sich spontan richtig: Nach Überprüfung der Handbremse wählten sie, durch Drücken der "Remember"-Taste, dieses Cluster ab. Einer drückte erst die Taste "Sicherheit", dann "Remember", ein weiterer versuchte einen komplizierten Weg: aus / ein / "Sicherheit" aus / aus / ein / "Remember" aus. Auch die Kombination: aus / ein / Wiederholungstaste / "Remember" aus, trat auf. Eine Versuchsperson schaltete das Gerät sofort ab, eine andere regelte die Lautstärke nach unten, da sie jedoch parallel das Radio laufen hatte und dies bei jeder Meldung stummgeschaltet wurde, entschied sie sich letztlich doch für das Ausschalten. Ein Proband steuerte auf dem schnellsten Wege eine Werkstatt an, um die Handbremse reparieren zu lassen - er erkannte die Störung nicht als solche. Die drei Personen, die letztlich nicht zu einer sinnvollen Lösung gelangt waren, sahen keine Verhaltensalternative.

Ein Viertel der Probanden konnte die Meldung spontan dem richtigen Cluster zuordnen. 5 von 8 Fahrern kamen nach kurzer Zeit zu einer korrekten Lösung, obwohl sie das erste Mal mit dieser neuen Technologie konfrontiert und damit noch wenig mit ihr vertraut waren.

Die Störung wurde von 7 Personen (88 %) der Versuchsgruppe und von einem Probanden, der mit herkömmlichen Anzeigen fuhr, als solche erkannt.

Die zweite Person aus der Gruppe mit herkömmlichen Anzeigen nahm die rote Handbremskontrollampe überhaupt nicht wahr.

12.6.4. Welche Rolle spielt die Auftretenshäufigkeit der Meldungen?

Um zu prüfen, ob sich extrem selten auftretende Sprachausgaben negativ auswirken, etwa auf das Fahrverhalten des Fahrers, wurde die Versuchsgruppe in zwei Stichproben unterteilt. Stichprobe 1 erhielt zwei Sprachausgaben, Stichprobe 2 vier Sprachausgaben im Laufe des Versuchs.

Ein Vergleich der beiden Stichproben hinsichtlich Fahrparametern wie Lenkgüte und Geschwindigkeitsänderung, Pulsfrequenz der Probanden und Handlung nach der Meldung ergibt keine signifikanten Unterschiede. Demzufolge scheint die Auftretenshäufigkeit der Meldungen keine entscheidende Rolle zu spielen.

12.6.5. Welchen Einfluß hat die Wahrnehmungsschnelligkeit?

Die zur Diskussion stehende Hypothese lautet: Personen, die über eine gute Wahrnehmungsgeschwindigkeit und Auffassungsfähigkeit (im optischen Bereich) verfügen, haben weniger Probleme mit der Verarbeitung einer zusätzlichen akustischen Information. Ein Vergleich der Personen, die im TAVT gute Leistungen gezeigt hatten, mit denjenigen, deren Wahrnehmungsgeschwindigkeit gering war, erbrachte hinsichtlich der genannten Variablen keine signifikanten Unterschiede.

Eine zusätzliche akustische Information wird im realen Verkehrsgeschehen offensichtlich von beiden Gruppen ohne Probleme verarbeitet.

12.6.6. Auswirkungen der Streßtoleranz

Stellen wir Personen, die nach dem Streßtoleranzfragebogen (STOL) als "streßtolerant" zu gelten haben, solchen gegenüber, die nach diesem Kriterium als "streßintolerant" bezeichnet werden, so sind bezüglich der Variablen Lenkgüte, Geschwindigkeitsänderung, Pulsfrequenz, Handlung nach der Meldung und Reaktionszeiten auf die Meldung keine signifikanten Unterschiede feststellbar.

Sprachausgaben können sowohl von "Streßtoleranten" als auch von "Streß-intoleranten" problemlos verarbeitet werden.

12.6.7. Auswirkungen der Fahrgüte

Nach einer Phase der Eingewöhnung wird die Fahrgüte der Versuchsperson von den beiden Versuchsleitern (Kriterienkatalog siehe Anhang A) als positiv oder negativ eingestuft. Vergleicht man die abhängigen Variablen von positiv Eingestuften mit negativ Eingestuften, so ergeben sich keine signifikanten Unterschiede. Gute wie schlechte Fahrer kommen demzufolge mit Sprachausgaben zurecht.

12.6.8. Sprachausgaben versus herkömmliche Anzeigen

Werden die Werte der Versuchsgruppe mit den Personen verglichen, die mit herkömmlichen Anzeigen fahren, verglichen, so ergeben sich bei den Variablen Lenkgüte, Geschwindigkeitsänderung und Pulsfrequenz keine signifikanten Unterschiede.

Personen, die ihre Informationen durch das Sprachausgabesystem erhalten, zeigen jedoch signifikant mehr richtige Handlungen nach der Meldung, als Personen, die auf herkömmliche Art von Defekten erfahren.

12.6.9. Anmerkungen zur Reaktionszeit und -häufigkeit

In Abbildung 12.4. sind die Reaktionszeiten der einzelnen Versuchspersonen für die Meldungen zur Handbremse, zur Öltemperatur, und zur Störung aufgetragen. In 2 von 20 Fällen (10 %) treten bei der Versuchsgruppe Nicht-Reaktionen auf (ein Fahrer behauptet nach einem Blick auf die Handbremse, sie sei gelöst, ein anderer unternimmt nichts gegen die Störung).

Deutlich höher ist jedoch der Prozentsatz von Nicht-Reaktionen bei Fahrern mit herkömmlichen Anzeigen: er beträgt 50 Prozent (2 von 4 Fälle). Einer der Fahrer gibt bei der Befragung an, er habe zwar bemerkt, daß der Öldruck auf Null gefallen sei, aber das störe ihn nicht, er könne trotzdem weiterfahren. Der andere bemerkt das rote Licht der Handbremskontrollampe lange Zeit nicht; auf Befragung gibt er an, die Lampe zu ignorieren, da er wisse, daß die Handbremse gelöst sei (keine manuelle Kontrolle).

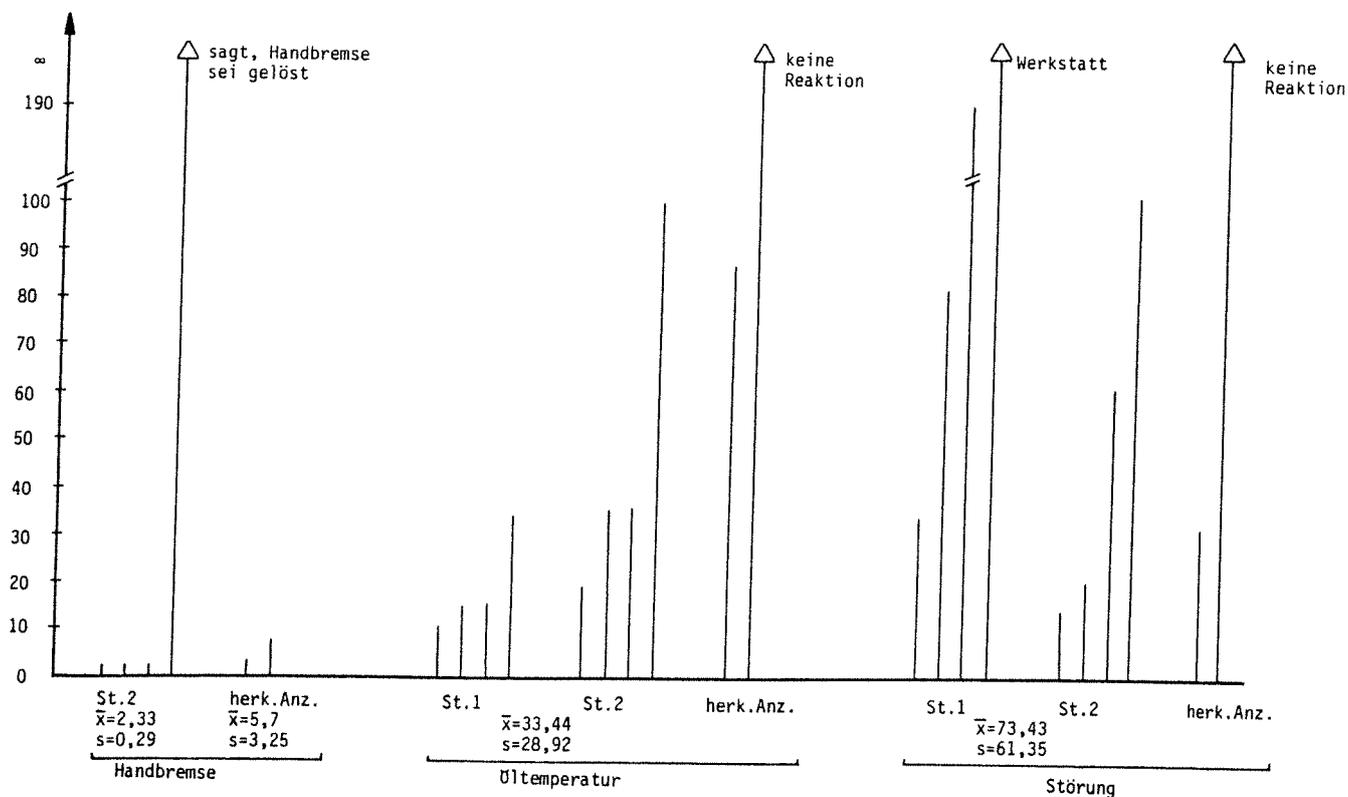


Abb.12.4: Reaktionszeiten auf Sprachausgaben bzw. herkömmliche Anzeigen bei den verschiedenen Versuchspersonen

12.7. Ergebnisse der Befragung

Die Befragung der Versuchspersonen, wie sie in 12.4.7. dargelegt ist, bringt interessante Aufschlüsse:

Von 8 Versuchspersonen fanden 5 (63 %) Sprachausgaben prinzipiell gut, drei (37 %) waren in ihrem Urteil unentschieden. Überraschenderweise möchten nur zwei Personen, von denjenigen, die Sprachausgaben prinzipiell gut finden und eine von den unentschiedenen selbst gerne ein Sprachausgabegerät in ihrem Fahrzeug. Wie begründen die Probanden ihre Haltung?

Zunächst sollen die drei Probanden zu Wort kommen, die Sprachausgaben im Prinzip gut finden, jedoch selbst kein Gerät wollen:

(VP 3) "Sprachausgaben sind vernünftig und wirkungsvoller als Lämpchen. Ich lasse mir nur nicht gerne etwas sagen, auch nicht, wenn es zutreffend ist. Außerdem habe ich ein schlechtes Gewissen, wenn mir gesagt wird, ich solle die Handbremse lösen. So etwas darf nicht passieren. Jeder, der mitfährt, denkt, was für ein Idiot!"

(VP 7): "Ich finde die Sprachausgabe gut, weil man direkt informiert wird, wenn etwas passiert ist. Aber ich möchte sie nicht im Auto haben. Mir wären Lämpchen lieber, die ich kontrollieren könnte. Das sind keine Vernunftsgründe, sondern gefühlsmäßige Gründe."

(VP 2): "Ich fand die Sprachausgaben sehr informativ. Aber die Ölmeldung hat mich schockiert: der Ton war verhältnismäßig befehlend. Es würde mich von vornherein stören, weil es eine Maschine ist und kein Mensch. Man könnte es von einer Frau sprechen lassen, dann wäre es für einen Mann angenehmer."

Die drei Personen sprechen ein wichtiges Problem an: herkömmliche Anzeigen vermitteln ihnen offensichtlich das Gefühl, selbst in kontrollierender Position zu sein, die Information durch Sprachausgaben empfinden sie als Kontrollverlust, eventuell sogar als Nachweis eines begangenen Fehlers, was besonders im Beisein von Beifahrern zu einer Selbstwertproblematik zu führen scheint.

Der Vorschlag eines Fahrers, mit einer weiblichen Stimme zu arbeiten, dürfte jedoch nicht den gewünschten Effekt erzielen, da es für viele Männer sicherlich nicht leichter ist, von einer Frau Versäumnisse oder Defekte am Fahrzeug gemeldet zu bekommen, als von einem Mann, dem das Stereotyp "technisches Verständnis" eher anhaftet. Eine Möglichkeit, die angesprochenen Probleme zu entschärfen, wären "weiche-

re" Formulierungen der Sprachausgaben. Beispielsweise anstelle von "Bitte lösen Sie die Handbremse." "Bitte prüfen Sie die Handbremse.". Bei der Meldung zur Öltemperatur könnte der Handlungshinweis lauten: "...Falls Sie den Motor nicht beschädigen wollen, lassen Sie den Wagen ausrollen und prüfen Sie den Ölstand." Allerdings verstößt dieser Satzaufbau gegen wesentliche Kriterien für gute Verständlichkeit, etwa die Vermeidung von Negationen, die Verwendung der einfachen Satzstruktur, den Beginn der Sätze mit Funktionswörtern (vgl. 4. Theoretische Kriterien für eine optimale Gestaltung von Meldungen). Die Folge müßte logischerweise eine Verlängerung der Perzeptions- und Reaktionszeit sein. Fraglich ist, ob dies gerade bei zeitkritischen Meldungen wünschenswert ist.

Im folgenden wird die Meinung der beiden Probanden wiedergegeben, die Sprachausgaben gut finden und selbst ein Gerät möchten:

(VP 1): "Sprachausgaben entlasten in gewisser Weise. Ich fühlte mich zwar ein klein wenig bevormundet, aber das ist hier ein Vorteil. Man kommt ja selbst nicht auf diese Störung. Ich hätte den Öldruck sicher erst viel später bemerkt. Wenn sich die Kosten in Grenzen halten, etwa wie beim Autoradio, hätte ich gern ein solches Gerät."

(VP 9): "Ich finde Sprachausgaben gut, weil man akustisch mehr mitbekommt als bei visuellen Anzeigen. Im dichten Straßenverkehr kann ich der Instrumentierung nicht so viel Aufmerksamkeit widmen. Da kann man die Informationen mit dem Ohr besser aufnehmen. Ich hätte gern ein Sprachausgabegerät, weil es entlastet."

Weitere Meinungen:

(VP 5): "Ich finde Sprachausgaben nicht unbedingt nötig, hätte aber schon gerne ein Gerät."

(VP 8): "In meinem Auto kann ich auf Sprachausgaben verzichten, weil ich weiß, wieviel Öl in meinem Wagen ist, ob mein Blinker funktioniert, wie voll der Tank ist. Sprachausgaben empfinde ich eher als belastend, weil ich nicht weiß, ob die Aussagen, die die Maschine macht, auch stimmen."

(VP 4): "Ich fand die Sprachausgaben witzig - ein Gerät, das zu mir spricht (lacht). Ich fühle mich bevormundet. Es ist so ähnlich, als hätte man einen Beifahrer, der sofort immer alles weiß. Ich bin ...

gegen eine Weiterförderung des privaten Verkehrs, deshalb erübrigen sich Sprachausgaben." Zum Argument, Sprachausgaben könnten auch im öffentlichen Verkehr eingesetzt werden, sagt die Versuchsperson: "Ja, gut. O.k."

Bei Personen, die Sprachausgaben im persönlichen Gebrauch ablehnen, kommt deutlich eine gewisse "Maschinen-Angst" zum Tragen. Es wird nicht realisiert, daß vom technischen Standpunkt aus betrachtet kein Unterschied besteht, ob eine anliegende Information durch ein optisches oder ein sprachliches Signal gemeldet wird. Dem Sprachsignal wird eine "höhere Wertung", ein Aufforderungscharakter, dem man sich schlechter entziehen kann, zugeordnet.

Befürworter sehen dagegen die Vorteile des Systems in der raschen und direkten Information über vorliegende Defekte.

Weitere Befragungsergebnisse:

7 (88 %) Teilnehmer fanden, Sprachausgaben seien etwas ganz normales, vergleichbar mit Radiohören, eine Person fand die beiden Situationen nicht ganz vergleichbar, da man bei den Sprachausgaben persönlich angesprochen werde.

Auf die Frage, welche Sprachausgaben entlastend, welche überfordernd wirken, ergaben sich die in Tabelle 12.2 dargestellten Häufigkeiten:

Sprachausg. wirken	entlastend	weder noch	überfordernd
Handbremse	4	4	0
Tankinhalt	5	3	0
Blinker	4	3	1
Öltemperatur	4	3	1
Summe	17 (53 %)	13 (41 %)	2 (6 %)

Tab. 12.2: Antworthäufigkeiten (Entlastung/Überforderung)

Die beiden Fahrer, die sich jeweils bei einer Meldung überfordert fühlten, gehören zum Personenkreis der weniger leistungsfähigen.

Befragt, ob sie sich stärker auf die Sprachausgabe, die Verkehrssituation oder auf beides gleich stark konzentrierten, antworteten die Probanden:

Konzentration auf	Sprachausg.	beides gleich	Verkehrssit.
bei Handbremse	0	4	4
bei Tankinhalt	0	4	4
bei Blinker	1	2	5
bei Öltemperatur	1	4	3
Summe	2 (6 %)	14 (44 %)	16 (50 %)

Tab. 12.3: Häufigkeit der Antworten bezüglich der Konzentration

Zwei der acht Probanden fühlten sich durch die Sprachausgaben nicht bevormundet, zwei fühlten sich zwar bevormundet, sahen dies aber positiv, vier begründeten die negativ empfundene Bevormundung wie folgt: Die Ölmeldung sei zu befehlsmäßig (2), der "Maschine" könne man nicht glauben (1), bei der Meldung "Bitte lösen Sie die Handbremse." werde man vor dem Beifahrer bloßgestellt (1).

Trotz dieser zunächst negativ scheinenden Bilanz können sieben der acht Versuchspersonen die Sprachausgaben akzeptieren.

Die Beziehung unserer Versuchsteilnehmer zu Sprachausgaben ist ambivalent: einerseits werden Sprachausgaben oft als prinzipiell wünschenswert, als etwas Normales wie Radio hören, das keine besondere Konzentration erfordert, das eher entlastend wirkt, kaum jedoch überfordert, das man akzeptieren kann, empfunden - und dennoch werden sie vielfach als Bevormundung erlebt!

Eine Umformulierung der Meldungen stößt, wie gesagt, an die Grenzen guter Verständlichkeit und damit schneller Reaktionsmöglichkeit, sie kommt daher nur bei zeitunkritischen Meldungen in Betracht.

Eine weitere Möglichkeit, die darauf abzielt, dem Benutzer die "Maschinen-Angst" zu nehmen, besteht in einer ausführlichen Informationskampagne über die Funktionsweise und die Vorzüge des Systems.

Bei der am Ende der Versuchsfahrt auftretenden Störung verschob sich die Konzentration stärker auf die Sprachausgaben:

3 Personen konzentrierten sich voll auf die Meldungen, 2 weiterhin auf die Verkehrssituation, 3 auf beides gleich stark.

Sprachausgabesysteme sollten daher nur eingeführt werden, wenn sie einen technischen Stand erreicht haben, der höchste Zuverlässigkeit auch unter extremen Bedingungen garantiert.

12.8. Ergebnisse der Einstellungsmessung

Uns interessiert zunächst die Einstellung von Personen, die keine praktische Erfahrung mit dem Sprachausgabesystem haben. Sie liegt, nach unseren Befragungsergebnissen, im neutralen Bereich von -1,1 bis 0,7 (vgl. Abb. 12.5).

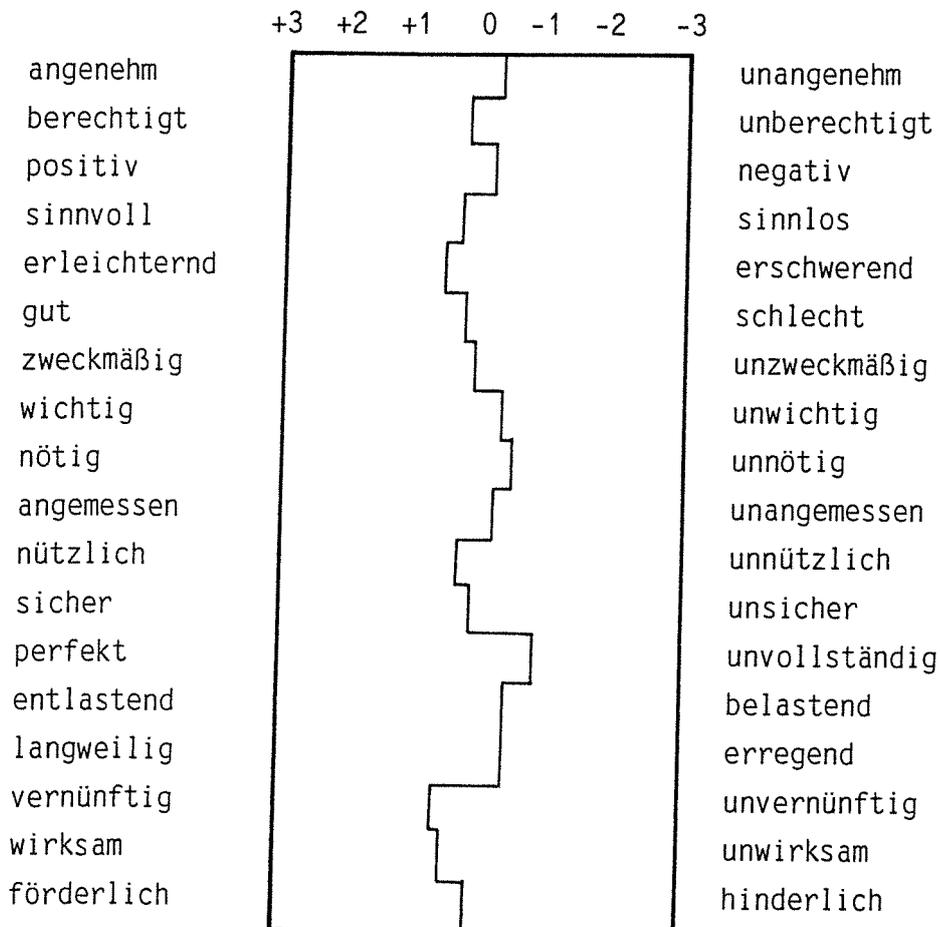


Abb. 12.5: Einschätzungen von Personen ohne spezifische Vorerfahrung mit Sprachausgaben (N=28)

Um die Einstellungsänderungen durch die Erfahrungen mit dem Sprachausgabesystem während des Versuchs zu testen, werden die Skalenwerte von Vor- und Nachtest der 8 Versuchsteilnehmer mit t-Tests verglichen.

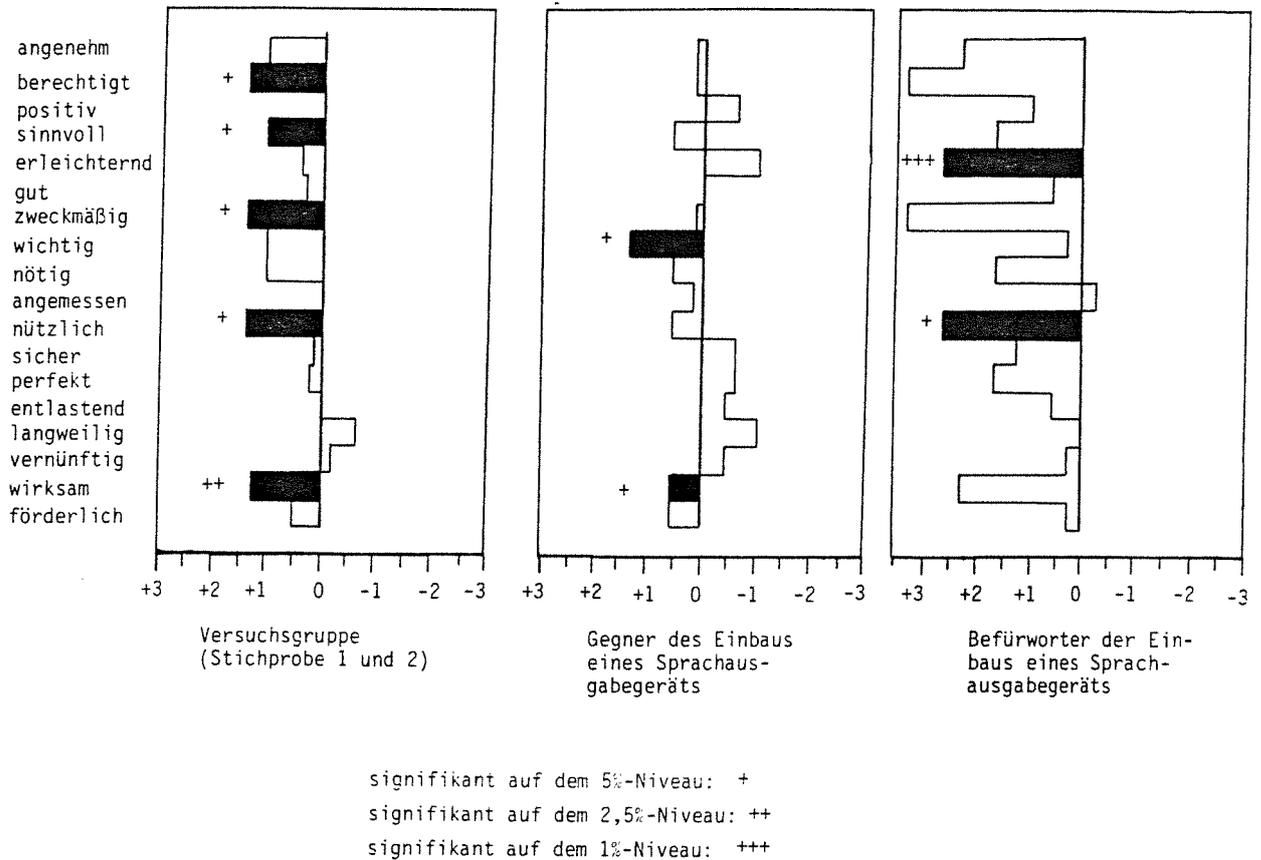


Abb. 12.6: Graphische Darstellung der Einstellungsänderung der Versuchspersonen, bedingt durch praktische Erfahrung mit dem Sprachausgabesystem, n=8, (Vergleich der Mittelwerte)

Wie Abbildung 12.6 gut erkennen läßt, sind in der Gesamtgruppe der 8 Befragten sowie bei den Befürwortern fast ausnahmslos positive Einstellungsänderungen durch den Umgang mit dem System zu verzeichnen. Dieses Ergebnis ist sehr bemerkenswert, da die zweite Einschätzung erst vorgenommen wurde, nachdem der "Systemfehler" im Sprachausgabegerät aufgetreten war. Bei Personen, die gegen den Einbau von Sprachausgabegeräten sind, halten sich positive und negative Einstel-

lungsänderungen in etwa die Waage, jedoch sind nur positive Veränderungen signifikant.

Für alle Versuchsteilnehmer sind signifikant positivere Einschätzungen bei den Adjektiven "berechtigt", "sinnvoll", "zweckmäßig", "nützlich" und "wirksam" beim Nachtest zu beobachten. Auch Gegner von Sprachausgabesystemen revidieren nach ersten Erfahrungen ihre Meinung bezüglich "Wichtigkeit" und "Wirksamkeit". Neben der Nützlichkeit bewerten Befürworter vor allem die Entlastung ("erleichternd") durch akustische Anzeigesysteme positiver.

Die Befragung zeigt noch ein weiteres interessantes Ergebnis: Befürworter von Sprachausgaben weisen signifikant positivere Einstellungsänderungen auf als Gegner; d.h. sie sind leichter positiv gegenüber der neuen Technologie zu stimmen als Personen, die den Einbau eines Sprachausgabesystems ablehnen.

Faktorenanalyse:

Das Semantische Differential, durch welches wir die Einstellung der Versuchspersonen zum Sprachausgabesystem erfassen konnten, umfaßt in der vorliegenden Form 18 Items.

Durch eine Faktorenanalyse soll nun versucht werden, diese Vielzahl von Daten nach dem Kriterium der Ähnlichkeit auf wenige Beurteilungsdimensionen (Faktoren) zu reduzieren.

Die Analyse (nach der Hauptachsenmethode mit anschließender Varimaxrotation) führt zu drei Dimensionen:

o Bewertung (Faktor I):

Hohe Korrelationen mit diesem Faktor weisen die Items "positiv" (0.90), "angenehm" (0.90), "gut" (0.79) und "berechtigt" (0.71) auf.

o Funktionalität (Faktor II):

Hier zeigen die Items "sinnvoll" (0.71), "nötig" (0.73), "wirksam" (0.78), "nützlich" (0.65) und "zweckmäßig" (0.61) hohe Korrelationen.

o Aktivität (Faktor III):

Die Items "entlastend" (0.66) und "förderlich" (0.63) zeigen die höchsten Korrelationen.

Vergleicht man die Ausprägungen, die die einzelnen Personen auf den drei Faktoren "Bewertung", "Funktionalität" und "Aktivität" vor ihren Erfahrungen mit dem Sprachausgabesystem haben, mit den Ausprägungen, die nach dem Kennenlernen des Sprachausgabesystems anzutreffen sind, so zeigen sich signifikante Änderungen in positiver Richtung in allen drei Dimensionen (vgl. Tabelle 12.4):

Faktor	Prüfung	Entscheidung
"Bewertung"	$t=2.9 > t_{0,025;7} = 2.36$	signifikant
"Funktionalität"	$t=3.0 > t_{0,001;7} = 3.00$	signifikant
"Aktivität"	$t=2.7 > t_{0,025;7} = 2.36$	signifikant

Tabelle 12.4: t-Test für Änderungen der Faktorenwerte

Der Umgang mit Sprachausgaben führt also nicht nur zu positiverer Bewertung (Faktor I), sondern auch zu höherer Einschätzung ihrer Bedeutsamkeit. Eine ebenso günstige Veränderung erfährt der Gesichtspunkt der entlastenden Wirkung von Sprachausgaben.

12.9. Zusammenfassung der Ergebnisse

Die letzte Versuchsserie im realen Straßenverkehr dient einerseits der Validierung der Ergebnisse früherer Untersuchungen, zum anderen der Erprobung der Tauglichkeit sprachlicher Informationssysteme im täglichen Fahrbetrieb. Wegen des großen-zeitlichen und versuchstechnischen Aufwands wird die Stichprobe auf 10 Personen beschränkt. Aufgrund der Erfahrungen und Ergebnisse der Laborexperimente und des Feldexperiments I sind diese Personen so gezielt ausgewählt, daß trotzdem weitgehend generalisierbare Aussagen getroffen werden können.

Waren bei den bisherigen Versuchen die Situationen oder die Aufgaben der Versuchspersonen noch etwas künstlich, um spezifische Variablen kontrollieren und testen zu können, so liegt nun das Hauptaugenmerk auf der Realitätsnähe. Es werden daher nur Sprachphrasen ausgegeben, die in der Situation sinnvoll und von der Versuchsperson überprüfbar sind. Es sind dies: "Bitte lösen Sie die Handbremse.", "Der Tankinhalt reicht noch für 20 Kilometer.", "Der Blinker ist ausgefallen.", und "Die Öltemperatur ist zu hoch...".

Aufgrund technischer Eingriffe am Fahrzeug können optische Anzeigen und Fahrzeugzustände mit den Meldungen in Einklang gebracht werden - Störungen sind von den Fahrern nachprüfbar und behebbar.

Die Versuchstrecke beinhaltet Stadtverkehr, Landstraße und Autobahnfahrt, die Versuchsdauer beträgt drei bis vier Stunden. Vergleichbarkeit zwischen den Personen und Situationen wird erreicht durch die Erstellung eines "Drehbuchs", das festlegt, unter welchen Umgebungsbedingungen Sprachausgaben vom Versuchsleiter ausgelöst werden. So wird beispielsweise die Meldung über den Tankinhalt bei einem komplizierten Überholmanöver, die Meldung "Öltemperatur" an einer Steigung ausgegeben.

Da auch beim letzten Experiment Wirkung und Nutzen sprachlicher Informationssysteme unter ungünstigen Bedingungen getestet werden sollten, wurde eine Streßsituation und ein Systemdefekt erzeugt. Der "Systemdefekt" bewirkt gegen Ende des Versuchs eine permanente Wiederholung der Meldung "Bitte lösen Sie die Handbremse.". Hier könnte die Versuchsperson das Cluster "Remember" abwählen oder sich der Störung durch Ausschalten des Geräts entziehen. Streß wurde vom Versuchs-

leiter ausgelöst, indem er den Probanden im zweiten Drittel des Versuchs unter Zeitdruck brachte.

Weitere wesentliche Ziele des Feldexperiments II bestanden in der Überprüfung der Wirkungen verschiedener Auftretenshäufigkeiten, des Einflusses von personenspezifischen Variablen auf die Verarbeitung akustischer Informationen und der Einstellung gegenüber der neuen Technologie "Sprachausgabe" und ihrer Veränderung als Folge praktischer Erfahrungen.

Als abhängige Variablen wurden einerseits objektive Maße wie Lenk- und Geschwindigkeitsanpassung, Pulsfrequenz und Reaktionszeiten erhoben, andererseits Beobachtungsverfahren zur Beschreibung des Verhaltens, Befragungen und Selbsteinschätzungen der Versuchspersonen zu Einstellung, Befindlichkeit und Akzeptanz.

Zur Einschätzung einiger Wirkungsweisen von Sprachausgaben ist es sinnvoll, sie mit herkömmlichen Anzeigen zu vergleichen - obwohl dies nicht das Anliegen dieser Studie ist. In den Versuch wurden daher zwei Versuchspersonen, die nur herkömmliche Anzeigen zur Verfügung hatten, einbezogen.

Die Analyse der objektiven, verkehrssicherheitsrelevanten Parameter wie Lenkung (Spurhalten) und Geschwindigkeitsanpassung zeigt keinerlei signifikante Ergebnisse. Ebenso konnten bei der Reaktionsschnelligkeit auf zeitkritische Sprachausgaben keine Unterschiede zwischen einzelnen Personengruppen festgestellt werden.

Ein positiver Effekt der Gewöhnung an Sprachausgaben kann durch den Vergleich der beiden Stichproben, die sich nur durch die Anzahl der Meldungen unterscheiden, zunächst nicht nachgewiesen werden. Nimmt man jedoch die Ergebnisse von Feldexperiment I und die Pulsfrequenz bei den letzten beiden Situationen mit Sprachausgaben in Feldexperiment II zusammen, so scheint es günstiger, wenn Sprachausgaben nicht allzu seltene und damit außergewöhnliche Ereignisse darstellen. Der Vergleich von herkömmlichen Anzeigen und Sprachausgaben zeigt deutlich die Überlegenheit des neuen Mediums wenn es darum geht, richtig zu reagieren.

Bei Störungen des Sprachausgabesystems kamen 63 % der Versuchsteilnehmer zu einer adäquaten Problemlösung, kein Fahrer reagierte hektisch oder mit verkehrsunsicherem Verhalten. Die zusätzliche Aufnahme akustischer Informationen führte weder nach der Einschätzung der meisten Versuchspersonen noch nach den Ergebnissen objektiver Maße zu Überforderung oder geringerer Konzentration gegenüber dem Verkehrsgeschehen. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß diese Aussage nur für Systeme gilt, die in allen Bereichen gut gestaltet sind.

Die Versuchsteilnehmer schätzten den Nutzen und die Notwendigkeit von Sprachausgabesystemen unterschiedlich ein: Zwar stufen 63 % das System als positiv und nützlich ein, jedoch stehen dem Wunsch nach einem Einbau zum Teil emotionale Gründe entgegen. Hier werden vor allem der subjektiv empfundene Kontrollverlust und das Gefühl der Bevormundung genannt (Sprachausgaben seien zu ultimativ, gäben weniger Entscheidungsmöglichkeiten als optische Anzeigen, Fehler des Fahrers würden offensichtlich). Ob eine veränderte sprachliche Gestaltung hier Abhilfe schaffen kann ist nicht sicher. Auch ist sie aus Gründen schlechterer Verständlichkeit (siehe sprachliche Gestaltung) zumindest für zeitkritische Meldungen abzulehnen.

Eine Messung der Einstellungen und Einstellungsänderungen zu Sprachausgaben im Kraftfahrzeug durch das Semantische Differential zeigt zudem, daß Erfahrung zu einer positiveren Bewertung führt. Auch ihre Bedeutsamkeit und die entlastende Wirkung von Sprachausgaben wird signifikant positiver eingeschätzt. Einschränkend muß allerdings angemerkt werden, daß entschiedene Gegner ihre Meinung zu dieser Technologie auch aufgrund eigener praktischer Erfahrungen nur wenig ändern.

13. Literaturverzeichnis

CLARK, Herbert H.: Semantics and comprehension. The Hague, Netherlands, 1976.

EGAN, J.P. & F.M. WIENER: On the intelligibility of bands of speech in noise. The Journal of the acoustical Society of America, Vol. 18, 2, 1946, 435 ff.

FÄRBER, Berthold & Brigitte FÄRBER: Grundlagen und Möglichkeiten der Nutzung sprachlicher Informationssysteme im Kraftfahrzeug, Vorstudie. FAT Schriftenreihe, Frankfurt, 23, 1982

FÄRBER, Berthold & Brigitte FÄRBER: Sprachausgaben im Kraftfahrzeug - ein Handbuch für Anwender. FAT Schriftenreihe, Frankfurt, 40, 1984

FRENCH, N.R. & J.C. STEINBERG: Factors governing the intelligibility of speech sounds. The Journal of the acoustical Society of America, Vol. 19, 1, 1947, 90-119.

GELFAND, S.A.: Hearing, an introduction to psychological and physiological acoustics. New York, 1981.

GORA, Evelyn & Günter ROTHBAUER: Stimmwarnsysteme in Luftfahrzeugen - Literaturrecherche zum Stand der Forschung. Berichte aus dem Institut für Psychologie und Erziehungswissenschaften der Technischen Universität München, Lehrstuhl für Psychologie, 6, 1980.

GREGORY, Richard L.: Auge und Gehirn. Zur Psychophysiologie des Sehens, Frankfurt a.M., 1972.

HÖRMANN, Hans: Psychologie der Sprache. Berlin, Heidelberg, New York, 1977/2.

- KASTNER, Michael: Beanspruchung von Kraftfahrern im kontrollierten Feld. Forschungsbericht der Bundesanstalt für das Straßenwesen, FP 7707/2, Teil II, 1980.
- KRAISS, K.-F. & J. MORAAL (Eds.): Introduction to human engineering. Köln, 1976.
- KÜNDIG, Albert: Subjektive Versuche zur Ermittlung der Sprachübertragungsqualität. Technische Mitteilungen PTT. Hrsg.: Schweizer. Post-, Telefon- und Telegrafengebiete. Bern, 6, 1973, 230-241.
- MEIER, Helmut: Deutsche Sprachstatistik, 1. Band. Hildesheim, 1964.
- MEYER, E. E.-G. NEUMANN: Physikalische und technische Akustik. Braunschweig, Wiesbaden, 1979.
- MILLER, G.A., HEISE, G.A. & W. LICHTEN: The intelligibility of speech as a function of the context of the test materials. J. Exp. Psych., 41, 1951, 329-335.
- MCCORMICK, Ernest J.: Human factors engineering. New York, 1964.
- POLS, L.C.W.: Hearing, speech and auditory displays. In: KRAISS, K.-F. & MORAAL (Eds.): Introduction to human engineering. Köln, 1976.
- REICHARDT, W.: Grundlagen der technischen Akustik. Leipzig, 1968.
- ROSENTHAL, Ruth, LANG, James & Harry LEVITT: Speech reception with low-frequency speech energy. J. Acoust. Soc. Am., Vol. 57, 4, 1975, 949-955.
- SCOTT, W.E.: The development of semantic differential scales as measure of "morale". Personal Psychology, 1967, 20, 179-198.

- SCOTT, W.E. & K.M. ROWLAND: The generality and significance of semantic diff. scales as measure of "morale". *Organizational Behavior and Human Performance*, 1970, 5, 576-591.
- SIMPSON, Carol A.: Occurational experience with a specific phraseology: group differences in intelligibility for synthesized and human speech. Paper presented at the 19th meeting of the Acoustical Society of America, San Francisco, November 5, 1975.
- SIMPSON, Carol A. & Sandra G. HART: Required attention for synthesized speech perception for three levels of linguistic redundancy. Paper presented at the 93rd meeting of the Acoustical Society of America, State College, Pennsylvania, 7-10 June, 1977.
- STROEBE, Wolfgang: *Grundlagen der Sozialpsychologie I*, Stuttgart, 1980.
- SCHMIDTKE, Heinz: *Lehrbuch der Ergonomie*, München, 1981.
- STEVENS, S.S. & Fred WARSHOFKY: *Schall und Gehör*. Reinbeck, 1980/3.

Checkliste zur subjektiven Einschätzung
der Fahrleistung durch den Versuchsleiter

Vp Nr.

Item

positiv

negativ

Verständnis / Reaktion

Vp versteht die Instruktion schnell

ja nein

Auf eine Frage des V1 antwortet die Vp
nicht oder mit zitternder Stimme

nein ja

Vegetative Anzeichen

Schweißperlenbildung

nein ja

Beim Umfassen des Lenkrads treten die
Knöchel weiß hervor

nein ja

Unruhige und/oder verkrampfte Sitz-
haltung

nein ja

Entscheidungsregel: zwei oder mehr Items
negativ → vegetative Labilität

stabil

labil



Fahrleistung

Gibt ruckartig Gas

nein ja

Lenkt ruckartig

nein ja

Bremst ruckartig

nein ja

Schaltleistung angepaßt

ja nein

Geschwindigkeit angepaßt

ja nein

Fährt sicher

ja nein

Entscheidungsregel: zwei oder mehr Items
negativ → schlechte Fahrleistung

gut

Fahrleistung

schlecht



Bemerkungen:

Einschätzungsbogen

Stichprobe VP Nr.

Sie hörten folgende Sprachausgaben:

1. Das Antiblockiersystem ist ausgefallen. Die Lenkfähigkeit beim Bremsen ist beeinträchtigt.
2. Bitte lösen Sie die Handbremse.
3. Die Kühlwassertemperatur ist zu hoch. Halten Sie an und lassen Sie den Motor im Stand laufen. Kontrollieren Sie die Kühlflüssigkeit.
4. Der Blinker ist ausgefallen.

Fühlten Sie sich durch diese Sprachausgaben entlastet oder überfordert?

Ich fühlte mich entlastet weder noch überfordert

Konnten Sie die Sprachausgaben akzeptieren oder fühlten Sie sich bevormundet?

Ich konnte sie akzeptieren weder noch fühlte mich bevormundet

Als Sie die Sprachausgabe hörten, waren Sie zur gleichen Zeit mit einem Fahrmanöver beschäftigt. Worauf konzentrierten Sie sich stärker?

- auf die Sprachausgabe
- auf das Fahrmanöver
- auf beide gleich stark

Hätten Sie gern ein Sprachausgabe-Gerät in Ihrem Fahrzeug?

ja nein

Sie haben beim Versuch 4 Situationen erlebt:

Situation 1 : Sie fahren durch eine enger werdende Kurve.

Situation 2 : Sie folgten dem Mercedes mit einem bestimmten Abstand.

Situation 3 : Sie versuchten, den Mercedes zu überholen.

Situation 4 : Sie fahren rückwärts.

Schätzen Sie bitte ein, wie stark Sie jede der Situationen beansprucht hat:

Situation 1 (Kurve):
hat mich stark mittel wenig beansprucht

Situation 2 (Abstand):
hat mich stark mittel wenig beansprucht

Situation 3 (überholen):
hat mich stark mittel wenig beansprucht

Situation 4 (rückwärts):
hat mich stark mittel wenig beansprucht

Wie hoch war Ihre Möglichkeit der Kontrolle über die einzelnen Situationen?

Situation 1 (Kurve):
die Situation war gut mittel schwer kontrollierbar

Situation 2 (Abstand):
die Situation war gut mittel schwer kontrollierbar

Situation 3 (überholen):
die Situation war gut mittel schwer kontrollierbar

Situation 4 (rückwärts):
die Situation war gut mittel schwer kontrollierbar

Sind Sie bereit, an weiteren Versuchen teilzunehmen? ja nein

Falls ja: Name _____

Adresse _____

Telefon _____ Urlaub _____

Sehr geehrte FahrerIn!
Sehr geehrter Fahrer!

In dieses Fahrzeug ist ein Sprachausgabe-System eingebaut. Meldungen, die Ihnen bisher über Kontrollämpchen oder Anzeigen signalisiert wurden, erhalten Sie nun auf akustischem Wege.

Die Sprache, die Sie hören werden, klingt noch nicht ganz natürlich, aber sie ist gut verständlich.

Wir wollen Ihnen zunächst die Bedienungselemente des Sprachausgabe-Geräts erklären:

Ein-/Aus-Schalter: Er befindet sich an der rechten Seitenwand.

Lautstärke-Regler: Drehknopf an der Frontseite.

Kontrollleuchte: Sie leuchtet, wenn das Gerät eingeschaltet ist und befindet sich unterhalb des Lautstärke-Reglers.

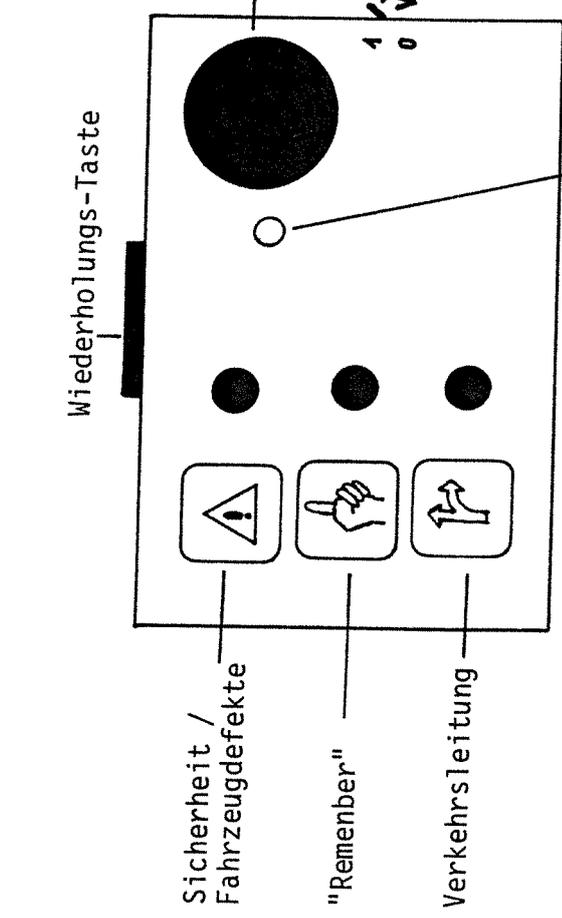
Wiederholungs-Taste: Hat das Sprachausgabesystem eine Meldung ausgegeben und Sie möchten sie nochmals hören, drücken Sie bitte auf die Wiederholungs-Taste. Sie befindet sich auf der Oberseite des Geräts.

Wahltasten für 3 Arten von Meldungen:

- Fahrzeugdefekte
- Dinge, die man manchmal vergißt: "Remember"
- Verkehrsleitung

Wenn Sie die die auf der Frontseite links befindlichen Tasten für Fahrzeugdefekte, "Remember" und Verkehrsleitung drücken (= ein), so leuchtet das Symbol daneben auf. Sie haben somit immer unter Kontrolle, was eingeschaltet ist.

Wenn Sie die Meldungen über Fahrzeugdefekte, "Remember" oder Verkehrsleitung nicht hören wollen, schalten Sie bitte die jeweilige Taste aus.

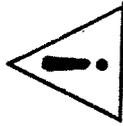


Sobald Sie den Zündschlüssel umdrehen (und Ihr Sprachausgabe-System eingeschaltet ist) hören Sie:

"Guten Tag. Hier spricht Ihr Sprachausgabe-System".

Bitte benutzen Sie diese Meldung, um die Lautstärke einzuregeln!
Sie können diese Meldung, wie jede andere auch, beliebig oft wiederholen lassen, indem Sie die Wiederholungs-Taste drücken.

Fahrzeugdefekte



Diese Meldungen hören Sie, wenn die Taste "Fahrzeugdefekte" gedrückt ist und eine entsprechende Störung auftritt:

- Die Öltemperatur ist zu hoch ...
- Der Öldruck ist zu niedrig ...
- Die Kühlwassertemperatur ist zu hoch ...
- Das Antiblockiersystem ist ausgefallen ...
- Ein Bremskreis ist ausgefallen ...
- Die Servolenkung ist defekt ...
- Die Servobremse ist defekt ...
- Die Bremsbeläge müssen erneuert werden.
- Die Batterie wird nicht geladen ...
- Der Reifendruck ist zu niedrig ...
- Ein Scheinwerfer ist ausgefallen.
- Ein Bremslicht ist ausgefallen.
- Ein Rücklicht ist ausgefallen.
- Der Blinker ist ausgefallen.
- Die Beleuchtung des Nummernschildes ist ausgefallen.

... bedeutet:

Ihr Sprachausgabe-System sagt Ihnen bei diesen Meldungen auch noch, welche Maßnahmen Sie bei diesem Defekt ergreifen sollten.

"Remember"



Wenn die Taste "Remember" gedrückt ist können folgende Meldungen auftreten:

- Bitte stellen Sie den Choke zurück.
- Bitte lösen Sie die Handbremse.
- Der Treibstoff reicht noch für höchstens 20 Kilometer.

Verkehrsleitung



Die Taste "Verkehrsleitung" ist zur Zeit noch nicht in Funktion.

Anhang D

F A T - A K 2 "Der Mensch als Fahrzeugführer"

(Stand:Sept. 84)

Herrn
Dr.rer.nat. Rainer Fritz *)
Dr.Ing.h.c.F. Porsche AG
Abt. EE
Postfach 1140

7251 Weissach

Herrn
Dr.-Ing. Josef Temming
Volkswagenwerk AG
Abt. 1776-0
Postfach

3180 Wolfsburg 1

Herrn
G. Hahlganß
VDO A. Schindling AG
Abt. G-E
Postfach 6140

6231 Schwalbach/Ts.

Herrn
Dipl.-Ing. Frieder Heintz
Robert Bosch GmbH
Abt. K/EVW
Sophienstraße 187

7500 Karlsruhe 21

Herrn
Dipl.-Ing. F. Krärner
A. Opel AG
Abt. PEK-N 20/Vorausentwicklung
Postfach 1560

6090 Rüsselsheim

Herrn
Ing. D. Schneider
Ford-Werke AG
Abt. MC/PG
Postfach 604002

5000 Köln 60

Herrn
Dipl.-Des. W. Kraus
M A N AG
Abt. TKNF
Postfach 500620

8000 München 50

Herrn
Dr.-Ing. Manfred Vötter
Zahnradfabrik Friedrichshafen AG
Postfach 1340

7070 Schwäbisch Gmünd

Herrn
Dr.-Ing. K. Niemann
Daimler-Benz AG
Abt. E 6 W
Postfach 202

7000 Stuttgart 60

Herrn
Dr. Petra
B M W AG
Abt. ES - 50
Postfach 400240

8000 München 40

Herrn
Dr.phil.Hans-Dieter Sömen
Bundesanstalt f. Straßenwesen (BASt)
Postfach 100150

5060 Bergisch-Gladbach

Herrn
Dipl.-Ing. Zuckmantel
Westfälische Metall Industrie
Hueck & Co.KG
Abt. ZE
Postfach 2840

4780 Lippstadt

*) **Obmann**

Bisher in der FAT-Schriftenreihe erschienen:

Nr. 1	Immissionssituation durch den Kraftverkehr in der Bundesrepublik Deutschland	vergriffen
Nr. 2	Systematik der vorgeschlagenen Verkehrslenkungssysteme	DM 20,-
Nr. 3	Literaturstudie über die Beanspruchung der Fahrbahn durch schwere Kraftfahrzeuge	DM 30,-
Nr. 4	Unfallforschung / Westeuropäische Forschungsprogramme und ihre Ergebnisse / Eine Übersicht	vergriffen
Nr. 5	Nutzen/Kosten-Untersuchungen von Verkehrssicherheitsmaßnahmen	DM 60,-
Nr. 6	Belastbarkeitsgrenze und Verletzungsmechanik des angegurteten Fahrzeuginsassen	DM 50,-
Nr. 7	Biomechanik des Fußgängerunfalls	DM 30,-
Nr. 8	Der Mensch als Fahrzeugführer	vergriffen
Nr. 9	Güterfernverkehr auf Bundesautobahnen	DM 50,-
Nr. 10	Recycling im Automobilbau – Literaturstudie	DM 50,-
Nr. 11	Rückführung und Substitution von Kupfer im Kraftfahrzeugbereich	DM 50,-
Nr. 12	Der Mensch als Fahrzeugführer	DM 50,-
Nr. 13	Sicherheitsmaßnahmen im Straßenverkehr Sammlung, Beschreibung und Auswahl für die Anwendung der Nutzen/Kosten-Analyse	DM 60,-
Nr. 14	Tierexperimentelle und epidemiologische Untersuchungen zur biologischen Wirkung von Abgasen aus Verbrennungsmotoren (Otto- und Dieselmotoren) – Literaturstudie	DM 60,-
Nr. 15	Belastbarkeitsgrenzen des angegurteten Fahrzeuginsassen bei der Frontalkollision	DM 50,-
Nr. 16	Güterfernverkehr auf Bundesautobahnen – Ein Systemmodell 2. Teil	DM 50,-
Nr. 17	Ladezustandsanzeiger für Akkumulatoren	DM 50,-
Nr. 18	Emission, Immission und Wirkungen von Kraftfahrzeugabgasen	DM 30,-
Nr. 19	Sicherheitsmaßnahmen im Straßenverkehr Ergebnisse einer Nutzen/Kosten-Analyse von ausgewählten Maßnahmen	vergriffen
Nr. 20	Aluminiumverwendung im Automobilbau und Recycling	DM 50,-
Nr. 21	Fahrbahnbeanspruchung und Fahrsicherheit ungelenkter Dreiachsaggregate in engen Kurven	DM 50,-
Nr. 22	Umskalierung von Verletzungsdaten nach AIS – 80 (Anhang zu Schrift Nr. 15)	DM 50,-
Nr. 23	Grundlagen und Möglichkeiten der Nutzung sprachlicher Informationssysteme im Kraftfahrzeug	DM 50,-
Nr. 24	Altteilverwendung im Automobilbau	DM 50,-
Nr. 25	Energie für den Verkehr Pilotstudie zur Beschreibung des Systems Wirtschaft – Energie – Verkehr und zur Abschätzung der langfristigen Energieversorgung des Verkehrs	DM 60,-
Nr. 26	Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Aluminium im Lkw-Bau	DM 50,-
Nr. 27	Außere Sicherheit von Lkw's und Anhängern	DM 60,-
Nr. 28	Dämpfung und Tilgung von Torsionsschwingungen im Triebstrang von Kraftfahrzeugen	DM 50,-
Nr. 29	Wirkungsgradmessung an Getrieben und Getriebeelementen	DM 50,-
Nr. 30	Fahrverhalten von Lastzügen und hierbei insbesondere von Anhängern	DM 50,-
Nr. 31	Entwicklung, Aufbau und Test eines Ladezustandsanzeigergerätes für Bleiakkumulatoren in Elektrostraßenfahrzeugen	DM 50,-
Nr. 32	Rollwiderstand und Lenkwilligkeit von Mehrachsanhängern mit Zwillings- und Einzelbereifung	DM 60,-
Nr. 33	Fußgängerschutz am Pkw – Ergebnisse mathematischer Simulation –	DM 60,-
Nr. 34	Verfahren zur Analyse von Unfallursachen – Definitionen, Erfassung und Bewertung von Datenquellen –	DM 75,-
Nr. 35	Untersuchungen über kraftstoffsparende Investitionsmaßnahmen im Straßenbau	DM 75,-
Nr. 36	Belastbarkeitsgrenzen und Verletzungsmechanik der angegurteten Fahrzeuginsassen bei Seitenaufprall. Phase I: Kinematik und Belastungen im Vergleich Dummy/Leiche	DM 60,-
Nr. 37	Konstruktive Einflüsse auf das Fahrverhalten von Lastzügen	DM 50,-
Nr. 38	Studie über Energieeinspeisungsgeräte zur Mitführung im Kraftfahrzeug (Bordlader)	DM 30,-
Nr. 39	Grundlagen und Möglichkeiten der Nutzung sprachlicher Informationssysteme im Kraftfahrzeug – Hauptstudie –	DM 60,-
Nr. 40	Sprachausgaben im Kraftfahrzeug – Ein Handbuch für Anwender –	DM 25,-
Nr. 41	Auswertung von Forschungsberichten über: Die Auswirkung der Nutzfahrzeugkonstruktion auf die Straßenbeanspruchung	DM 30,-