

FORSCHUNGSVEREINIGUNG AUTOMOBILTECHNIK EV

FAT

SCHRIFTEN REIHE NR.23

**Grundlagen und Möglichkeiten
der Nutzung sprachlicher
Informationssysteme im
Kraftfahrzeug**

Vorstudie

Grundlagen und Möglichkeiten der Nutzung sprachlicher Informationssysteme im Kraftfahrzeug

Vorstudie

Forschungsprojekt der
Forschungsvereinigung Automobiltechnik eV
und der
Bundesanstalt für Straßenwesen

Forschungsnehmer:
Psychologisches Institut
der Universität Tübingen

Verfasser:
Berthold Färber
Brigitte Färber

Copyright 1982
Forschungsvereinigung Automobiltechnik eV (FAT)
Westendstraße 61 · 6000 Frankfurt/M. 17
Postfach 17 42 49 · Telefon (06 11) 75 70 – 1

Druckerei und Verlag Franz Jos. Henrich KG
Rheinlandstraße 62
6000 Frankfurt am Main-Schwanheim

Vorwort

Bereits im Jahre 1973 hat die FAT gemeinsam mit der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) ein Forschungsvorhaben zur „Informationsaufnahme und -verarbeitung durch den Menschen“ veranlaßt, an das sich als zweite Phase das Projekt „Bewertungskriterien der Informationsbelastung – visuelle und auditive Informationsübertragung im Vergleich“ anschloß. Das wesentlichste Ergebnis dieser Arbeiten, die in der FAT-Schriftenreihe als Nr. 8 und Nr. 12 veröffentlicht wurden, war, daß eine deutliche Verbesserung der Erkennungsleistung beim Kraftfahrer erzielt werden kann, wenn bei wichtigen Informationen neben den heute üblichen optischen Anzeigen zusätzliche akustische Signale im Kraftfahrzeug verwendet werden.

Aufgrund der zwischenzeitlich fortgeschrittenen Entwicklung von Sprachausgabesystemen eröffnet sich die Möglichkeit, dem Autofahrer akustische Informationen in Sprachform zu übermitteln. Neben technischen Gesichtspunkten müssen Grundlagen für eine ergonomische und nach Sicherheitsaspekten orientierte Systemgestaltung erarbeitet werden. Die Beschreibung und Betreuung des Forschungsvorhabens erfolgte durch den Arbeitskreis „Der Mensch als Fahrzeugführer“ (AK 2), dessen Mitglieder im Anhang genannt sind.

Die FAT hat gemeinsam mit der BAST das Psychologische Institut der Universität Tübingen mit der Durchführung dieses Forschungsprojekts beauftragt.

Diese Vorstudie enthält die Ergebnisse einer Literaturrecherche und beschreibt das für die hier vorliegende Problematik bedeutsame Umfeld hinsichtlich Fahrzeug und Straße, das in Diskussionen mit dem Arbeitskreis erarbeitet wurde. Sie zeigt, welche Möglichkeiten die Sprachausgabe im Kraftfahrzeug voraussichtlich bietet, weist jedoch deutlich darauf hin, daß noch eine Fülle ungelöster Fragen der Untersuchung bedarf. Hierzu wurde zwischenzeitlich ein zweijähriges Folgeprojekt begonnen, das die verschiedenen Gestaltungsformen von Sprachausgabesystemen und ihre Auswirkungen auf die Führung eines Kraftfahrzeugs in Simulation und Feldexperimenten untersuchen wird.

Frankfurt am Main, im August 1982

FORSCHUNGSVEREINIGUNG AUTOMOBILTECHNIK EV (FAT)

Grundlagen und Möglichkeiten
der Nutzung sprachlicher In-
formationssysteme im Kraft-
fahrzeug

- Vorstudie -

Berthold Färber
Brigitte Färber

Forschungsprojekt der
Forschungsvereinigung Automobiltechnik EV
und der
Bundesanstalt für Straßenwesen

Tübingen, 1981

Inhaltsverzeichnis

	Seite
0. Szenario	1
1. Zusammenfassung	2
1.1. Personenunspezifische Gesichtspunkte beim Einsatz von Sprachausgabe im Kfz	2
1.2. Spezielle Probleme einzelner Personengruppen	4
1.3. Ausführungsgesichtspunkte: Hypothesen und geplante Überprüfung	5
2. Sprachausgabe im Kraftfahrzeug - einige einführende Überlegungen	8
3. Technische und psychophysische Voraussetzungen der Sprachausgabe im Kraftfahrzeug	10
3.1. Gegenwärtiger Stand der Technik bei Sprachausgabegeräten	10
3.1.1. Datenverdichtungsverfahren	10
3.1.2. Syntheseverfahren nach Sprachparametern	13
3.1.3. Übersicht über verfügbare Spracherzeugungssysteme	16
3.2. Grundlegendes zur Hörwahrnehmung	17
3.3. Probleme bei der Hörwahrnehmung	19
3.3.1. Verdeckungs- und "Party"-Effekt	19
3.3.2. Die Latenzzeit	28
3.3.3. Die Lautstärkenadaptation	28
3.3.4. Lärmempfindungen und ihre Auswirkungen	29
4. Personenspezifische psychologische Probleme bei der Einführung akustischer Informationssysteme im Kfz	31
4.1. Problemerkis: Ältere Fahrzeugführer	31
4.1.1. Absolute Wahrnehmungsschwellen	31
4.1.2. Sprachwahrnehmung im Alter	32
4.1.3. Sprachverstehen unter anstrengenden Hörbedingungen	33
4.1.4. Dichotisches Hören im Alter	33
4.1.5. Verarbeitung auditiver Informationen im Alter	35
4.2. Problemerkis: Unerfahrene Fahrzeugführer	36
4.3. Problemerkis: Fremdsprachige Fahrzeugführer	38
4.4. Problemerkis: Gehörlose bzw. schwerhörige Kraftfahrer	39

	Seite
5.	Personenunspezifische psychologische Probleme bei der Einführung akustischer Informationssysteme im Kfz 40
5.1.	Problemkreis: Akzeptanz der Sprachausgabe 40
5.2.	Problemkreis: "Geteilte" Aufmerksamkeit zwischen optischem und akustischem Input - Ablenkung durch akustische Informationssysteme 43
6.	Akustische Rückmeldungen und ihre Gestaltung 45
6.1.	Informationen für sprachliche Rückmeldung 45
6.2.	Clusterbildung und Prioritätenlogik der Meldungen 49
6.3.	Darbietungsmöglichkeiten 53
6.3.1.	Häufigkeit der Darbietung einer Meldung 53
6.3.2.	Meldungen auf Abruf 54
6.3.3.	Pre-Drive-Check 55
6.4.	Gestaltung der Sprachausgabe 56
6.4.1.	Vorwarnreiz 56
6.4.2.	Aufbau und inhaltliche Gestaltung der Sprachausgabe 59
6.5.	Stimmqualität des Sprechers 62
6.6.	Ergonomische und technische Anforderungen an ein Sprachausgabegerät 64
7.	Planung des weiteren Forschungsvorhabens 68
7.1.	Planung des 1. Teils der Hauptuntersuchung 69
7.2.	Planung des 2. Teils der Hauptuntersuchung 86
8.	Literaturverzeichnis 89
9.	Anhang 92

0. Szenario

Die zunehmende Komplexität des motorisierten Straßenverkehrs stellt immer höhere Anforderungen an die Informationsaufnahme und -verarbeitung der Verkehrsteilnehmer. Industrie und öffentliche Hand bemühen sich daher, durch Optimierung vorhandener Anzeigentechnologien und Entwicklung neuer Informationssysteme (z.B. Informations-, Warn- und Verkehrsleitsysteme) die vermehrten Anforderungen den psychischen und physischen Voraussetzungen der Kraftfahrer anzupassen und damit eine sichere und ökonomische Fahrweise zu erleichtern.

Bisherige, von BAST und FAT getragene Projekte erbrachten einerseits Erkenntnisse zur Auslastung des visuellen Kanals und zeigten andererseits Entlastungsmöglichkeiten der visuellen Wahrnehmung durch akustische Signale ansatzweise auf (FAT-Berichte 1978, 1979).

Schließlich ist die Technologie der Sprachsynthese und -generierung inzwischen soweit vorangeschritten, daß in den nächsten Jahren mit dem praktischen Einsatz sprachlicher Informationssysteme im Kraftfahrzeug zu rechnen ist.

Das vorliegende Forschungsvorhaben bietet die Chance, anstelle einer ungenügend reflektierten, lediglich technologische und Kostenaspekte berücksichtigenden Vorgehensweise bereits in der Konzeptionsphase auf wissenschaftlicher Basis die Einsatzmöglichkeiten eines Sprachausgabesystems im Kfz zu prüfen und eine optimale, den psychischen und physischen Voraussetzungen des Verkehrsteilnehmers entsprechende Systemgestaltung zu erarbeiten, die sich an Kriterien der Verkehrssicherheit, der Ergonomie und der Fahrökonomie orientiert.

Die Vorteile des Mediums "Sprache" (zuverlässige Wahrnehmbarkeit, sichere und schnelle Entscheidung und Reaktion) sowie die zusätzlichen Möglichkeiten sprachlicher Informationssysteme (z.B. gezielte Handlungshinweise), die nach dem derzeitigen Kenntnisstand sichtbar sind, müssen jedoch vor einer Einführung sorgfältig abgewogen und geprüft werden gegenüber eventuellen Nachteilen wie z.B. Ablenkung oder Überforderung der Informationsspeicherungs- und verarbeitungskapazität des Fahrers.

Ziel dieser Vorstudie, an die sich eine zweijährige Folgeuntersuchung anschließen soll, ist daher:

- Klassifikationskriterien der wichtigsten im Kraftfahrzeug anfallenden Informationen zu erarbeiten
- alle wesentlichen Problembereiche sprachlicher Informationssysteme im Kraftfahrzeug zu analysieren
- Lösungen, soweit sie aus der Literatur ableitbar sind, vorzuschlagen und
- Untersuchungspläne für die Erforschung der ungelösten Probleme aufzustellen.

Wegen des Umfangs der oben skizzierten Fragestellung wurde der Bereich der Optimierung optischer Anzeigen - gemäß Projektdefinition - ausklammert. In diesem Zusammenhang wird auf die FAT-Berichte Nr. 8 und Nr.12 verwiesen.

1. Zusammenfassung

1.1. Personenunspezifische Gesichtspunkte beim Einsatz von Sprachausgabe im Kfz

Sprachliche Meldungen im Kraftfahrzeug stellen akustische Wahrnehmungen unter erschwerten Hörbedingungen dar. So treten zum einen Verdeckungseffekte durch Fahrgeräusche auf, zum anderen kann es zum sogenannten Party-Effekt durch Rundfunksendungen oder Mitfahrergespräche kommen.

Um Verdeckungseffekte durch Umgebungsgeräusche zu kompensieren und zu jedem Zeitpunkt ein günstiges Signal-Rausch-Verhältnis zwischen Sprachausgabe und Lärmpegel des Kfz zu gewährleisten, sollte das Sprachausgabegerät mit einer automatischen Lautstärkeanpassung ausgestattet sein. Wegen der Lautstärkenadaptation des menschlichen Ohres müßte allerdings eine gewisse Trägheit der störabhängigen Lautstärkeanpassung vorgesehen werden (das Ohr ist z.B. nach längeren Autobahnfahrten mit hohem Lärmpegel anders adaptiert als nach einer Phase relativer Ruhe).

Die unterschiedliche Hörfähigkeit verschiedener Personen verlangt - neben einer Lautstärkegrundeinstellung für das jeweilige Fahrzeug und der störabhängigen Lautstärkeanpassung - die Lautstärke durch den Benutzer individuell regelbar zu machen.

Bei der als "Party-Effekt" bezeichneten Hörsituation, in der beide Ohren unterschiedliche Informationen derselben Qualität empfangen (z. B. zwei Gespräche), ist die Verständlichkeit beider Darbietungen reduziert. Für das Radio ist daher für die Dauer der Sprachausgaben eine Stummschaltung zu empfehlen. Experimentell geklärt werden sollte in diesem Zusammenhang die optimale Zeitspanne der Stummschaltung vor bzw. nach der Sprachausgabe, um eine einwandfreie Verständlichkeit (keine inhaltlichen Interferenzen zwischen den beiden Informationen) und eine möglichst kurze Unterbrechung der Radiosendung (evtl. anliegende Verkehrsdurchsagen) zu gewährleisten.

Ein Versuch im Rahmen dieser Vorstudie mit einer kleinen Stichprobe zum Einfluß der Position des Lautsprechers auf die Verständlichkeit von Sprachausgaben zeigte folgendes Ergebnis:

Die Verwendung des am weitesten von den Mitfahrern abgewandten Lautsprechers (des linken Türlautsprechers) zur Sprachausgabe scheint nicht zu gewährleisten, daß die beiden Ohren als getrennte Inputkanäle fungieren und damit die Wahrnehmung der sprachlichen Informationen verbessert wird.

Die Sprachausgabe sollte daher über alle vorhandenen Lautsprecher des Kfz erfolgen. Wie sehr sich Mitfahrerunterhaltungen generell auf die Verständlichkeit von Sprachausgaben auswirken, muß im Rahmen der Hauptstudie mit einer größeren Stichprobe und unter extremeren Bedingungen als bisher getestet werden.

Die Akzeptanz sprachlicher Informationssysteme kann durch verschiedene Faktoren negativ beeinflußt werden. Wichtig ist z.B., daß sich der Fahrer durch das Gerät nicht bevormundet fühlt. Dies kann durch Gewähren maximaler Eingriffsmöglichkeiten (= Beherrschen des Geräts) erreicht werden, etwa wenn der Benutzer sich vor Fahrtantritt für die Ausgabe bestimmter Gruppen von Meldungen entscheiden kann.

Bei akustischen Informationssystemen wird ebenso wie bei optischen die Akzeptanz durch technische Zuverlässigkeit mitbedingt, was bei der Konstruktion und bei der Einführung derartiger Systeme unbedingt berücksichtigt werden sollte.

Auf Meldungen, die aus Gründen der Verkehrssicherheit zwar wünschenswert, aus psychologischer Sicht in ihrer Wirksamkeit jedoch äußerst zweifelhaft sind, möglicherweise sogar gegenteilige Effekte bewirken könnten, sollte

verzichtet werden.

Die ergonomisch günstige Gestaltung von Sprachausgabegeräten hat im Zusammenhang mit dem Bedienungskomfort einen nicht zu unterschätzenden Einfluß auf die Akzeptanz und ist wegen der Bedienungssicherheit bedeutsam für die Verkehrssicherheit. Eine optimale Systemgestaltung muß daher auch ergonomische Gesichtspunkte mit einbeziehen.

Die Ablenkung oder Überforderung, bedingt durch 'geteilte Aufmerksamkeit' zwischen optischem und akustischem Inputkanal, stellt eines der Kernprobleme sprachlicher Informationssysteme im Kraftfahrzeug dar. Ob durch Sprachausgaben eine Überforderung bzw. Überlastung der Verarbeitungskapazität des Fahrers entsteht, hängt in hohem Maße vom Informationsgehalt der Meldungen ab. Aus dem Alltagserleben ist z.B. bekannt, daß man lesen und daneben Musik hören kann, während gleichzeitiges Verfolgen der Nachrichtensendung und Studieren eines Fachbuchs nicht möglich ist. Die optimale inhaltliche Gestaltung von Sprachausgaben muß daher sicheres Verständnis ohne Beeinträchtigung der Fahr- und Orientierungsleistung des Kraftfahrers gewährleisten. Daher wird diesem Punkt im Rahmen der Hauptstudie besonderes Gewicht zukommen.

1.2. Spezielle Probleme einzelner Personengruppen

Um negative Auswirkungen auf die allgemeine Verkehrssicherheit zu vermeiden, müssen folgende Personengruppen aufgrund ihrer spezifischen Probleme bei der Einführung sprachlicher Informationssysteme besonders berücksichtigt werden:

- junge Kraftfahrer mit geringer Fahrerfahrung
- ältere Fahrer
- Personen mit Schädigungen des Gehörs
- fremdsprachige Fahrzeugführer.

Zwar ergeben sich aus dem Absinken der oberen Hörgrenze bei älteren Menschen (auf ca. 6000 Hz) keine Probleme für die Wahrnehmung von Sprache und somit für die Meldungen eines Sprachausgabegerätes, doch wird durch die reduzierte Hörfähigkeit im Alter die Forderung nach individueller Lautstärkeregelung unabdingbar. Um eine einwandfreie Ver-

arbeitung der Sätze auch für ältere Fahrer zu gewährleisten, soll die Sprechgeschwindigkeit nicht mehr als 140 Worte/Minute betragen.

Von konkreten Handlungshinweisen könnten ältere Kraftfahrer und Führerscheinneulinge profitieren, da sich dadurch komplizierte Entscheidungsprozesse, die andere Handlungen oder Informationsaufnahmen behindern, erübrigen. Zu berücksichtigen ist dabei allerdings, daß in spezifischen Grenzsituationen durch Handlungshinweise auch falsches Verhalten ausgelöst werden könnte. In der Hauptuntersuchung muß daher diese Fragestellung Berücksichtigung finden.

Damit Ausländer mit geringen Deutschkenntnissen Sprachausgaben hinreichend verstehen und beim Wechsel von einem Fahrzeug auf ein anderes (z.B. in Firmen) keine Probleme auftreten, sollte eine einheitliche Phraseologie für alle Fabrikate bestehen. Im Rahmen der Hauptstudie ist deshalb geplant, für alle im Augenblick sinnvoll erscheinenden Meldungen Vorschläge zu erarbeiten und sie hinsichtlich mehrerer Parameter zu optimieren.

Für schwerhörige bzw. gehörlose Autofahrer müßte untersucht werden, welche wichtigen Informationen weiterhin optisch erfolgen sollen bzw. welche Ersatzlösungen vorzuschlagen sind.

1.3. Ausführungsgesichtspunkte: Hypothesen und geplante Überprüfung

Aufgrund von theoretischen Überlegungen und Befragung von Experten erscheint vorerst eine Unterteilung in die drei Cluster 'Sicherheit' (Verkehrs- und Betriebssicherheit), 'Verkehrsleitung' und 'Wirtschaftlichkeit in Betrieb und Wartung' zweckmäßig. Es wird vorgeschlagen, daß der Benutzer die drei Gruppen unabhängig voneinander abschalten kann, um beispielsweise nur die Sicherheit betreffende Meldungen ausgeben zu lassen. Getrennt davon sollte im Stand ein Pre-Drive-Check auf Abruf möglich sein.

Für den Fall zweier oder mehrerer gleichzeitig zur Ausgabe anstehender Meldungen wurde eine Prioritätenlogik erarbeitet, die zeitkritische und sicherheitsrelevante Informationen vorrangig zur Ausgabe kommen läßt.

Wesentlich für die Qualität des Sprechers bzw. die Steuerung des Sprach-

ausgabesystems zur Optimierung der Verständlichkeit sind folgende Parameter: Silbendauer, Silbenintensität, Anteil der Sprechzeit an der Gesamtzeit, Sprachmelodie.

Neben den angesprochenen Gestaltungsvorschlägen für sprachliche Informationssysteme im Kfz bleibt eine Reihe von Problemen bestehen, die durch die Literaturstudie sichtbar wurden, deren Lösung aus bisherigen Forschungsergebnissen jedoch nicht abgeleitet werden kann.

Es wurden daher die im folgenden kurz zusammengefaßten Versuchspläne aufgestellt, die im Rahmen der Hauptuntersuchung (vgl. 7.) Lösungen für diese Probleme erbringen sollen:

Für die Gestaltung der Vorwarnung werden die günstigsten Worte zur Ankündigung einer Meldung aufgrund theoretischer Überlegungen festgelegt; die am besten geeigneten Töne werden empirisch ermittelt. In einem Entscheidungsexperiment zur optimalen Vorwarnung müssen Versuchspersonen verschiedene Worte bzw. Töne aus einem Kontext identifizieren und richtig darauf reagieren. Zudem wird die subjektive Annehmlichkeit der verschiedenen Vorwarnungen skaliert, um sowohl sichere Identifizierbarkeit als auch hohe Akzeptanz durch die Benutzer zu gewährleisten.

Die Frage nach der Notwendigkeit, Meldungen mit konkreten Handlungshinweisen zu koppeln, soll mit einer Erhebung über das Wissen von Verhaltensweisen bei Störungen am Fahrzeug geklärt werden.

Zur Optimierung der sprachlichen Informationen sind zunächst Statements nach sprachpsychologischen Kriterien zu formulieren und theoretisch bezüglich Verständlichkeit und Unterscheidbarkeit zu optimieren. Daran anschließend werden die theoretisch optimalen mit theoretisch nicht optimalen Informationen einem empirischen Vergleich unterzogen. Dies geschieht in einem Experiment (komplexe Fahraufgabe mit Folgetracking und Detektion peripherer Reize in einem Fahrsimulator), in dem die in 1.2. genannten Personengruppen (Fahrer mit geringer Fahrerfahrung, Ältere, etc.) besonders berücksichtigt werden.

Weiterhin ist zu prüfen, ob die Anhebung einzelner Frequenzen des Sprachspektrums zum Ausgleich spezifischer, störender Frequenzanteile eines Fahrzeugs die Verständlichkeit von Sprachausgaben entscheidend verbessern kann. Auch mögliche Auswirkungen auf die Qualität und Verständlichkeit sprachlicher Informationen durch eine Begrenzung der Bandbreite sollen experimentell geklärt werden.

Bei der Bestimmung der Darbietungshäufigkeit muß - ebenso wie bei der Optimierung anderer Parameter sprachlicher Informationen - sicheres Erfassen und Akzeptanz durch den Benutzer gleichermaßen berücksichtigt werden.

Die Auswirkungen sprachlicher Informationssysteme auf die Aufnahme- und Verarbeitungskapazität des Kraftfahrers unter extremen Bedingungen (starke Belastung des optischen und akustischen Kanals, komplexe Fahraufgabe) werden zunächst im Simulationsversuch im Labor analysiert. Bei dieser Untersuchung werden wiederum die spezifischen Problemgruppen (unerfahrene, ältere Kraftfahrer etc.) besonders berücksichtigt.

Die Ergebnisse der genannten Untersuchungen sollen im weiteren Verlauf der Studie in einem kontrollierten Feldexperiment validiert werden. Hier wird es Aufgabe der Probanden sein, eine standardisierte Strecke zu befahren und verschiedene Aufgaben zu erfüllen (z.B. Entdeckung optischer Signale innerhalb und außerhalb des Fahrzeugs).

In einer zweiten, abschließenden Serie von Feldexperimenten wird der praktische Einsatz eines Sprachausgabegerätes in realen Fahrsituationen erprobt. Es ist beabsichtigt, die verschiedenen Beanspruchungs- und Belastungsmaße sowie die Komplexität der Verkehrssituation mit dem Fahrerleistungs-Meßfahrzeug der Bundesanstalt für Straßenwesen zu erfassen.

Als Zeitbedarf für die Bearbeitung der oben skizzierten Fragestellungen und Untersuchungen werden zwei Jahre angesetzt.

2. Sprachausgabe im Kraftfahrzeug - einige einführende Überlegungen

Die wachsende Anzahl von Verkehrsteilnehmern, die steigende Komplexität des Verkehrsgeschehens, der Verkehrsleitung und der Beschilderung stellen zunehmend höhere Anforderungen an die Verarbeitungskapazität des Kraftfahrers. Daneben sind gestiegene Ansprüche der Benutzer, etwa nach vermehrter Sicherheit oder nach Rückmeldesystemen, die eine energiesparende Fahrweise ermöglichen, zu verzeichnen. Hieraus resultiert eine Zunahme von Aggregaten, deren Zustand und Funktionsfähigkeit angezeigt werden soll. Diese Anzeigen erfolgen bisher ausschließlich auf optischem Wege über Lämpchen, Symbole, analoge und digitale Anzeigeeinheiten.

Verkehrssicherheitsexperten *) weisen übereinstimmend darauf hin, daß die Informationsdichte im optischen Kanal zu hoch ist; eine weitere Zunahme optischer Anzeigen, die zu einem "Cockpit"-ähnlichen Arrangement führen würde, erscheint daher unter diesem Gesichtspunkt nicht mehr vertretbar.

Es stellt sich nun die Frage, wie das Dilemma, dem Fahrer möglichst viel Information zu vermitteln, seine Aufmerksamkeit jedoch nur wenig vom Verkehrsgeschehen abzuziehen, zu lösen ist. Aufgrund neuer technischer Entwicklungen bietet sich die Nutzung des akustischen Kanals an und zwar mittels eines Sprachausgabegerätes (weiteres hierzu siehe 3.1., Gegenwärtiger Stand der Technik bei Sprachausgabegeräten). Durch dieses Aggregat könnten nicht nur fahrzeugbezogene Informationen (z.B. Zustand der Bremssysteme), sondern auch Umgebungsinformationen (z.B. Abstandswarnung) und Informationen zur Verkehrsleitung übermittelt werden.

Vor Einsatz eines derartigen Systems bedarf es jedoch einer Überprüfung, ob der Zielsetzung, die Sicherheit im Straßenverkehr zu verbessern, entsprochen werden kann. Aus diesem Grunde wurde das Psychologische Institut der Universität Tübingen von der Forschungsvereinigung Automobiltechnik EV und der Bundesanstalt für Straßenwesen beauftragt,

*) beispielsweise auf der internationalen Konferenz für Verkehrssicherheit, CARDIFF/Wales, Sept. 1981.

Grundlagen und Möglichkeiten der Nutzung sprachlicher Informationssysteme zu analysieren. Ziel der hier vorliegenden Studie ist, die einschlägige Grundlagen- und anwendungsorientierte Literatur zu sichten, Klassifikationskriterien der wichtigsten, im Kfz anfallenden Informationen zu erarbeiten, die Eignung akustischer Systeme im Kfz-Verkehr einer vorläufigen Bewertung zu unterziehen und Versuchspläne für die im Anschluß geplante Hauptuntersuchung zu entwickeln, die die Gestaltung von Sprachausgaben und deren konkrete Auswirkung auf das Fahrverhalten und damit auch die Verkehrssicherheit betreffen.

3. Technische und psychophysische Voraussetzungen der Sprachausgabe im Kraftfahrzeug

3.1. Gegenwärtiger Stand der Technik bei Sprachausgabegeräten

Das am einfachsten mit vorhandenen Mitteln zu realisierende Sprachausgabesystem wäre ein binärer Festwertspeicher mit einem, über einen Wahlschalter angeschlossenen, D/A-Wandler und nachgeschaltetem Verstärker. Im Festwertspeicher (ROM) wurden die verschiedenen Botschaften, welche ausgegeben werden können, digital gespeichert, nachdem sie von analog nach digital gewandelt worden waren. Mit dem Wahlschalter wird der Speicherplatz bzw. werden die Speicherplätze eingestellt, in denen die gewünschte Botschaft abgelegt ist, die Daten werden nacheinander abgefragt, in analoge Signale umgewandelt und über Lautsprecher ausgegeben.

Dieses Verfahren würde (genügend hohe Auflösung bei der Digitalisierung vorausgesetzt) ein sehr natürlich klingendes Sprachsignal liefern. Leider scheitert es, selbst bei einer sehr kleinen Zahl kurzer Botschaften, an den relativ hohen Kosten für den Speicherplatz, da der Speicherbedarf bei Erhaltung der Sprecheridentität in der Größenordnung von 64 bis 96 kbit pro Sekunde für eine Sprachprobe liegt.

Um dieses Problem zu lösen oder zumindest zu verkleinern wurden bis heute zwei grundsätzlich unterschiedliche Verfahren bis zur Produktionsreife entwickelt:

1. Signalform- bzw. Wellenformcodierung mit Datenkompression
2. Syntheseverfahren aufgrund von Sprachparametern

3.1.1. Datenverdichtungsverfahren

Ausgangsmaterial ist eine Analogaufzeichnung der natürlichen Sprache. Sie wird digitalisiert und, mit aus der Nachrichtentechnik bekannten Methoden, komprimiert. Die verschiedenen Verfahren werden nachfolgend beschrieben; alle machen sich die Tatsache zunutze, daß die menschliche Sprache als universelles Kommunikationsmittel eine durchschnittliche Redundanz von ca. 50% hat. Bei der Verwendung von Sprache in hoch spezifi-

schen Feldern (z.B. Ausgabe von kurzen, emotionslosen Nachrichten, etc.) kann auf einen erheblichen Teil des Sprachsignals verzichtet werden, ohne daß die Verständlichkeit merkbar leidet.

Nach der Digitalisierung werden folgende Schritte durchlaufen:

Segmentierung:

Die Durchführung einer Fourier-Analyse erfordert eine Zahl von Digitalisierungspunkten je Analyseeinheit, die eine Potenz zur Basis 2 ist. Das digitalisierte Sprachsignal wird daher in aufeinanderfolgende Grundtonsegmente zerlegt und durch Extrapolation in Blöcke gleicher Schrittweite aufgeteilt. Somit ergeben sich Blöcke aus 32, 64, 128 ... Amplitudenwerten.

Phasenwinkerveränderung:

Es hat sich gezeigt, daß der Phasenwinkel ϕ , der in der Fourier-Entwicklung die Richtungskomponente der Sprachdaten angibt, nichts zur Sprachverständlichkeit beiträgt. Durch die Fourier-Analyse und die anschließende Rücktransformation wird das ursprüngliche Signal so umgewandelt, daß es symmetrisch zur Mitte des Blocks in doppelter Dichte von den höchsten Amplitudenwerten zu den niedrigsten nach beiden Seiten hin abfällt. Obwohl diese Signalform drastisch von der ursprünglichen abweicht, erzeugen beide denselben Klang.

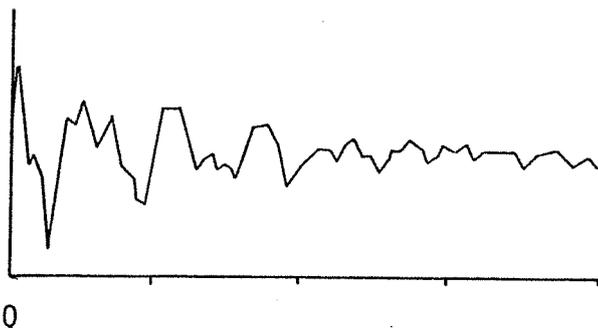


Abb. 3.1 : Signal nach Fourier-Analyse und Rücktransformation

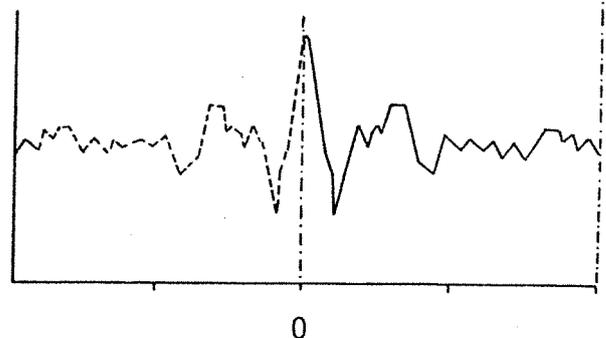


Abb. 3.2 : Signal nach Spiegelung und Komprimierung

Adaptive Deltamodulation:

Sprachsignale verlaufen relativ kontinuierlich, und die absoluten Unterschiede zwischen aufeinanderfolgenden Digitalisierungspunkten sind nur gering. Die Abspeicherung der relativen Unterschiede erfordert weniger Speicherplatz als die der absoluten Amplitudenwerte. Aus der Folge: 10, 12, 13, ... wird 10, 2, 1, ... Bei der Rücktransformation werden, beim Ausgangswert beginnend, die gespeicherten relativen Unterschiede fortlaufend addiert bzw. subtrahiert.

Half-period-zeroing:

Die oben dargestellte Phasenwinkelveränderung erbrachte ein Signal, dessen Randbereiche sehr niedrige Amplitudenwerte aufweisen. Diese tragen nicht wesentlich zur Sprachverständlichkeit bei und werden deshalb auf 'Null' gesetzt. Die Form des Signals wird damit zwar wieder erheblich verändert, die Qualität erfährt jedoch keine bedeutende Verschlechterung.

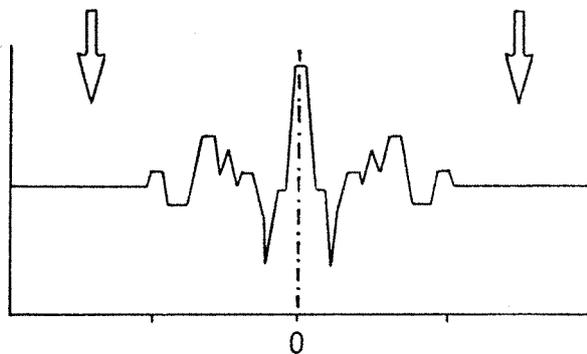


Abb. 3.3 : Signal nach Nullsetzen kleiner Amplitudenwerte (ohne adaptive Deltamodulation)

Wiederholungsfaktoren:

Abschließend werden alle Perioden, die gleich sind und nacheinander vorkommen, durch ein einziges Muster und einen Wiederholungsfaktor ersetzt.

Die in diesen Schritten gewonnenen Sprachdaten werden zusammen mit den Informationen über den Sprachformtyp, die Anzahl der Wiederholungen und die Ablageadressen der Sprachdaten (= Steuerinformationen) in Halbleiter-Festwertspeichern (ROM's) permanent abgelegt. Die Kapazität eines einzelnen Speicherchips mit 2 x 64 Kbit liegt bei 128 Ausgabeworten incl. der zugehörigen Steuerdaten.

Die Wiedergewinnung der gespeicherten Botschaften - sprich: 'Sprachausgaben' - und auch die Neukombination zu anderen als den ursprünglich gespeicherten ist ohne großen elektronischen Aufwand möglich. Nach Eingabe der gewünschten Startadresse in den Sprachprozessor, der den Festwertspeicher verwaltet, holt dieser aus dem ROM nacheinander die Steuerdaten und die Sprachdaten zurück. Durch geeignete Rückverwandlungsschritte werden digitale Sprachsignale erzeugt, deltamodulationsdekodiert, D/A-gewandelt und einem programmierbaren Analogverstärker zugeleitet. Da die Sprachdaten durch den Prozeß der adaptiven Deltamodulation differenziert wurden, ist es nötig, durch geeignete Tiefpaßfilterung die Verständlichkeit des Signals zu erhöhen. So klingt beispielsweise eine tiefe männliche Stimme besser, wenn die Grundfrequenz des Tiefpasses bei 100 Hz und eine weibliche, wenn sie bei ca. 300 Hz liegt.

Die zur Zeit auf dem Markt befindlichen Systeme besitzen eine Speicherkapazität von 32 bis 256 Wörtern. Außer Sprache können auch beliebige Töne und Geräusche gespeichert und wiedergegeben werden.

3.1.2. Syntheseverfahren nach Sprachparametern

Das eben erläuterte Verfahren ist im Prinzip eine Speicherung der nicht redundanten Anteile von Sprechproben natürlicher Sprecher mit anschließender Wiedergabe. Die im folgenden dargestellten Syntheseverfahren bedienen sich der Sprechproben nur noch zur Erzeugung von Parametern für Simulationsmodelle des menschlichen Lautbildungstraktes. Den menschlichen Lautbildungstrakt ersetzt ein lautformendes, steuerbares, digitales Filtersystem, das für stimmhafte Laute mit Impulsfolgen und für stimmlose mit Rauschen angeregt wird.

Diese Verfahren werden, je nach Tiefe der Codierungsebene, in halb- und vollsynthetische Spracherzeugungsverfahren unterteilt. Sie unterscheiden sich u.a. in der Flexibilität bei der Neukonstruktion von Satzteilen, Worten und Silben.

- Bei den 'halbsynthetischen' Verfahren wird zur Gewinnung der Steuerparameter die vom Menschen gesprochene Sprache herangezogen.

- Unter dem Begriff 'Vollsynthese' versteht man die Erzeugung eines völlig neuen Sprachsignals aus kleinsten Sprachelementen, den 'Phonemen', durch entsprechende Parameter.

Halbsynthetische Verfahren

Das ursprüngliche Sprachsignal wird wieder durch Abtasten und Digitalisieren in eine Zeitreihe von diskreten Werten verwandelt. Anschließend werden diese Zahlenreihen, wie in 3.1.1. beschrieben, segmentiert.

Die Weiterverarbeitung und Analyse zur Erzeugung der Parameter erfolgt danach ausschließlich im Frequenzbereich; der Segmentierung schließt sich also eine Fourier-Transformation an.

Im nächsten Schritt werden die Segmente nach 'stimmhaft' oder 'stimmlos' unterschieden. Anschließend werden allein die Spektrallinien-Hüllkurven der Segmente weiterverarbeitet, da die Feinstruktur unter den Hüllkurven nichts zur Verständlichkeit der Sprache beiträgt. Die Maxima dieser Hüllkurven werden als 'Formanten' bezeichnet und charakterisieren in Frequenz- und Amplitudenlage gemeinsam den zugehörigen Laut.

Zur weiteren Analyse dieser Daten haben sich mehrere Verfahren herauskristallisiert, die sich letztlich ähnlicher Analysegleichungen bedienen. Diese Verfahren sind unter verschiedenen Namen bekannt geworden:

- Wiener Filterung
- LPC (linear predictive coding)
- PARCOR (partial autocorrelation)

Alle diese Verfahren gehen von der Tatsache aus, daß sich Sprachsignale im Zeitverlauf relativ kontinuierlich entwickeln. Die Segmente durchlaufen nacheinander eine Reihe von linearen Gleichungssystemen, welche ihre Autokorrelationskoeffizienten und Crosskorrelationskoeffizienten zu vorangehenden bzw. nachfolgenden Segmenten ermitteln. Aus diesen Koeffizienten erfolgt eine Vorhersage der Frequenz- und Amplitudenentwicklung zukünftiger Segmente auf der Basis bereits analysierter. Da die gesamte Analyse über alle Segmente hinweg nacheinander erfolgt, werden die somit entwickelten Vorhersage-Parameter ständig kontrolliert und dem tatsächlichen Verlauf besser angepaßt.

Ergebnis dieser Analyse sind die Parameter zur Ansteuerung der Sprachsyntheseeinrichtungen. Man kann prinzipiell drei Arten solcher Parameter unterscheiden:

- Filterkoeffizienten zur Steuerung des digitalen Filters. Die moderne Filtertechnik bietet verschiedene Möglichkeiten, solche Filter zu simulieren. Üblicherweise kommen Lattice-Filter in mindestens 10-stufiger Ausführung zum Einsatz.

- Amplitudenschalter-Parameter bestimmen, ob die Anregungsquelle des Systems ein Rauschgenerator für stimmlose, oder ein passender Tongenerator für stimmhafte Laute ist.
- Pitch-Parameter bilden die niedrigste Periodizität des Sprachsignals ab, bestimmen somit den Klang der Sprache, d.h. den Hauptunterschied zwischen männlicher und weiblicher Stimme.

Bei der Parametergenerierung am Rechner kann das Sprachsignal erzeugt werden und man hat damit die Möglichkeit, die Steuerdaten fortlaufend zu kontrollieren und, falls nötig, zu verbessern. Abschließend werden die Parameter in einem Halbleiter-Festwertspeicher abgelegt.

Der bei der Ausgabe bzw. Synthese erzielbare Signalfluß liegt in Größenordnungen von 1,2 - 10 Kbit/sec; die Sprachqualität ist gut bis sehr gut.

Vollsynthese

Im Gegensatz zu dem bisher beschriebenen halbsynthetischen Verfahren erzeugt man bei der Vollsynthese ein völlig neues Sprachsignal unter Verwendung des nachgebildeten Sprachtraktes. Man ist damit in der Vielfalt der zu erzeugenden Texte nicht eingeschränkt. Außerdem besteht der Vorteil darin, daß das Textmaterial vorher nicht bekannt sein muß.

Phonemsynthetisatoren bilden den menschlichen Spracherzeugungsvorgang durch Aneinanderreihen kleinster Grundelemente der gesprochenen Sprache nach.

Die hierzu erforderlichen Lautdaten, die den zeitlichen Verlauf der Energieschwerpunkte (Formanten) kennzeichnen, sind den häufigsten Lautübergängen der deutschen Sprache entnommen. Außerdem können Melodie, Lautstärke und Sprechgeschwindigkeit gesteuert werden. Der Signalfluß für diese doch noch recht künstlich wirkende Sprache liegt bei minimaler Auslegung bezüglich der Verständlichkeit bei 200 bit/sec.

Anmerkung: Der Beitrag über den gegenwärtigen Stand der Technik bei Sprachausgabegeräten wurde in wesentlichen Teilen von Dipl.-Psych. M. M. Popp erstellt. Wir danken Herrn Dipl.-Ing. Zander, VW-Werk, für seine freundliche Unterstützung bei Absatz 3.1.

3.1.3. Übersicht über verfügbare Spracherzeugungssysteme

Eine Übersicht über alle zur Zeit verfügbaren Spracherzeugungssysteme zeigt Tabelle 3.1.

Bei den Verfahren bedeuten:

'Signalform'	=	Datenverdichtung
'LPC'	=	Sprachtraktsimulation
'Formant'	=	dto
'PARCOR'	=	dto
'Phonem'	=	Sprachbedeutungsträgersynthese

	Produkt	Hersteller	Verfahren					Kapazität/Sprachzeit	Erforderlicher Speicher
			Signalform	LPC	Formant	PARCOR	Phonem		
1	HD 38880 (3Chips)	Hitachi				x		200 Wörter (100s)	128-K-ROM (auf 16 ROMs erweiterbar)
2	LPC-10	AMI		x				132 Wörter	im Modul (20 KBit)
3	MEA 8000	Philips			x			benötigt für 25 Wörter (15 s) etwa 2 KByte	
4	MM 54 104 („Digitalker“)	NS	x					128 Wörter	128 KBit erweiterbar
5	MN 6401	Matsushita				x			32-KBit-ROM auf dem Chip extern erweiterbar
6	SC-01	Votrax					x	64 Phoneme	70 Bit/s
7	Serie II	TSI	x					24 oder 64 Wörter	im Modul
8	Serie III	TSI	x					bis 150 Wörter (ca. 100 s)	16...128 K
9	Speech-1000	TSI		x				200...300 s	bis 458 K
10	SP-0250	GI		x				je nach Speicher	1,6...2,4 KBit/s
11	SP-0256	GI		x				bis zu 3825 Phrasen	bis zu 419 KBit
12	TM 990/306	TI		x				160 Wörter auf dem Modul	
13	TMS 5100/ TMS 6000	TI		x				100 Wörter	TMS 6100 (128 KBit)
14	TMS 5200	TI		x				etwa 1 KBit/s	
15	UAA 1103	ITT	x					32 Wörter	im Baustein

Die Tabelle wurde nach Unterlagen der betreffenden Firmen zusammengestellt und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Tab. 3.1: Bausteine und Moduln zur Spracherzeugung (aus: ELEKTRONIK, 12, Juni 1981)

3.2. Grundlegendes zur Hörwahrnehmung

Entwicklungsgeschichtlich betrachtet, diente das Gehör des Menschen ursprünglich nicht in erster Linie der zwischenmenschlichen Verständigung, vielmehr war es Hilfe und Schutz im "Kampf ums Dasein". Überträgt man diese Funktion auf die Erfordernisse der Gegenwart (siehe hierzu die Ausführungen zur Ergonomie am Arbeitsplatz von LANC, 1977), so erscheint es sinnvoll, wichtige, im Kraftfahrzeug auftretende Signale, etwa bei Überschreiten eines kritischen Wertes oder Lebensgefahr, Signale also, die mit maximaler Wahrscheinlichkeit wahrgenommen werden sollen, durch akustische Informationsgeber zu melden.

Bei der Informationsaufnahme sind nach SCHMIDTKE und HOYOS (1970) zwei Aspekte voneinander abzuheben: einerseits das Leistungsspektrum der menschlichen Sinnesorgane, andererseits die physikalischen Parameter der Reize, die den Sinnesorganen zufließen.

Bezüglich des Leistungsspektrums der menschlichen Sinnesorgane ist festzustellen, daß der adäquate Reiz des Gehörs der durch Luft oder Körper übermittelte Schall ist, in der Regel bestehend aus periodischen Druckschwankungen bzw. Schwingungen, deren Frequenz zwischen etwa 20 und 20.000 Hz (Hertz, Schwingungen je Sekunde) liegt (nach STEVENS und WARSHOFISKY, 1980). Mit zunehmendem Alter wird dieser Bereich jedoch kleiner (vgl. 4.1.). Abbildung 3.4 zeigt die graphische Darstellung der Hörfläche des Menschen, wobei die Schmerzgrenze zwischen 120 und 140 dB (Dezibel) eingetragen ist. Nach CHOCHOLLE (1974) wird bereits eine Lautstärke von 110 bzw. 120 dB als unangenehm empfunden, andere Autoren setzten diesen Wert noch tiefer an und verweisen auf gravierende individuelle Unterschiede.

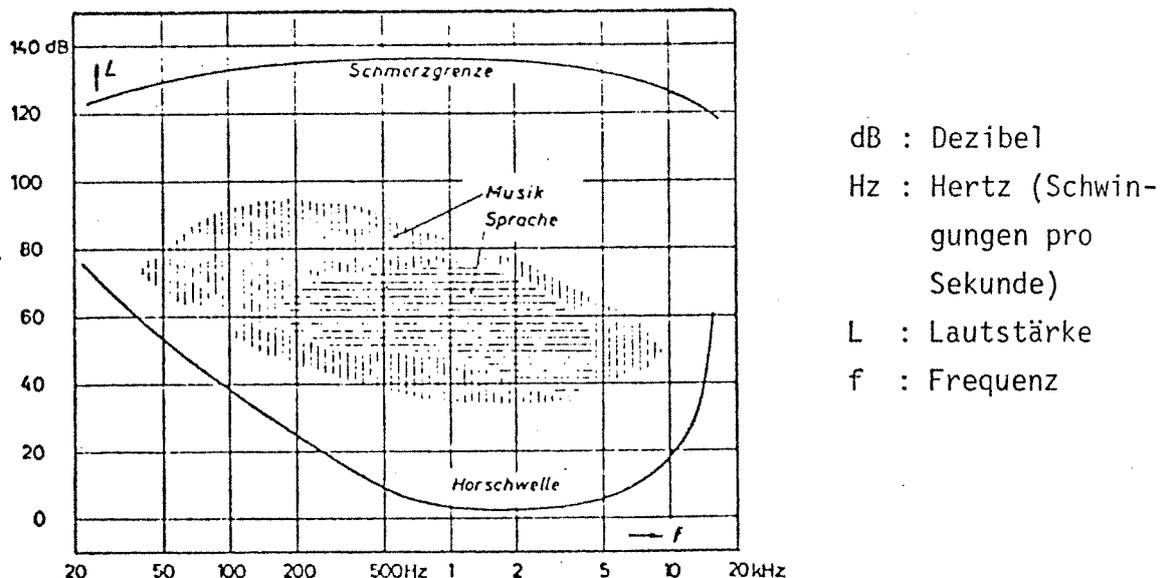


Abb. 3.4: Hörfläche des Menschen

(aus FELDTKELLER & ZWICKER, 1956, S.8)

Stellt man diesem Leistungsvolumen des menschlichen Gehörs nun die physikalischen Parameter der Reize gegenüber, die im Falle einer Sprachausgabe dem Sinnesorgan zufließen und berücksichtigt die Tatsache, daß ein Sprachausgabegerät mindestens Telefonqualität (300 bis 3.400 Hz) erreicht, so ist festzustellen, daß sich der Frequenzbereich des Signals und das Rezeptorsystem gut entsprechen.

Doch ergeben sich neben dieser grundsätzlichen Eignung des akustischen Systems für Sprachausgaben auch eine Reihe von Problemen, einerseits aus den spezifischen Eigenarten der menschlichen Gehörwahrnehmung, andererseits aus der psychischen und physischen Funktionsweise des Menschen. Im folgenden werden diese Probleme sowie Lösungsansätze diskutiert, unter Berücksichtigung der Erkenntnisse der Sinnesphysiologie, Wahrnehmungs-, Sprach- und Persönlichkeitspsychologie, Gerontologie und Verkehrssicherheitsforschung.

3.3. Probleme bei der Hörwahrnehmung

3.3.1. Verdeckungs- und "Party"-Effekt

Von einem Verdeckungseffekt spricht man, wenn Töne, Klänge oder Geräusche die empfundene Intensität anderer, gleichzeitig auftretender Laute reduzieren. Messen läßt sich dieser Effekt an der Erhöhung der Hörschwelle für den verdeckten Laut. "Der Verdeckungseffekt ist nicht beschränkt auf Nachbarfrequenzen des Störtones; er erstreckt sich auch auf immer weiter entfernte Frequenzen, wenn seine Intensität zunimmt." (CHOCHOLLE, 1974, S. 216). Verdeckungseffekte für eine Sprachausgabe im Kraftfahrzeug können sich nicht nur durch Fahr- oder Eigengeräusche des Kraftfahrzeugs ergeben, sondern auch durch Radiosendungen, Verkehrsdurchsagen oder Gespräche mit Mitfahrenden.

Bei den letztgenannten spricht man in der Fachliteratur auch vom "Cocktail-Party-Effekt" (im folgenden kurz Party-Effekt genannt), d.h. auf beiden Ohren treten unterschiedliche Informationen derselben Qualität (z.B. zwei verschiedene Texte) auf. Folge des Verdeckungseffektes oder des Party-Effekts kann eine Störung oder völliges Unverständnis der Mitteilung des Sprachausgabegerätes sein. POLS (1976) stellt fest: Um die Verständlichkeit einer Information sicherzustellen, sollten nicht mehrere Mitteilungen zur gleichen Zeit an einen Zuhörer herangetragen werden. Ist dies unvermeidbar, so könnten die beiden Ohren als unterschiedliche Sprachkanäle genutzt werden, etwa unter der Verwendung von Lautsprechern mit verschiedenen Einfallswinkeln oder frequenzselektierenden Filtern.

Für die drei Problemgruppen der Verdeckung von Sprachausgaben

- die Fahr- und Eigengeräusche des Fahrzeugs
- Radiosendungen und Verkehrsdurchsagen
- Gespräche mit Mitfahrern

ergeben sich unterschiedliche Lösungsansätze, die im folgenden besprochen werden sollen.

Fahr- und Eigengeräusche des Fahrzeugs:

Betrachtet man die Sprachausgabe als "Signal", das unter allen Umständen vom Fahrer verstanden werden soll, die anderen Geräusche im Fahrzeug dagegen als "Rauschen", so ist für die spezifische Situation Kraftfahrzeug ein signal-to-noise Verhältnis festzusetzen. POLS (1976) hält ein Signal-Rausch-Verhältnis von + 5 dB für die klare Hörbarkeit eines Signals als ausreichend. Lautere Signale könnten seiner Ansicht nach zu Schreck- und Angstreaktionen führen.

JANSEN (1970) stellt für die Situation im Arbeitsraum fest, daß bei einer Lautstärke von etwa 10 dB über dem Störpegel nur noch 50% des Mitgeteilten verstanden werden. Wenn eine gute Sprachverständlichkeit gewünscht werde, solle die Lautstärke der Sprache 12 dB über dem SIL (Speech Interference Level) liegen. Allerdings erfährt dieser Wert in der Praxis häufig dadurch eine Veränderung, daß die anderen Charakteristika der Sprache, etwa die Tonlage, die Sprachharmonie und das Sprachtempo, die Sprachverständlichkeit verbessern oder verschlechtern. Da die Sprachverständlichkeit auch von der Gerichtetheit des Angesprochenen abhängig ist, werden beispielsweise im industriellen Fertigungsbereich sogenannte "Codes" verwendet. Hierbei handelt es sich in der Regel um Tonsignale, wobei allerdings einzuschränken ist, daß der Mensch nur zur Unterscheidung von 6 bis 7 Signalen in der Lage ist, während er 40 bis 60 verschiedene Ausdrücke differenzieren kann, wenn sie ihm einzeln dargeboten werden (nach JANSEN, 1970).

BLEILEVEN und DE JONG (1970) fanden in einer Untersuchung über von Fahrern gewünschte Lautstärken bei Musik- bzw. Sprachsendungen im Autoradio für verschieden starke Lärmniveaus den in Abbildung 3.5 dargestellten Signal-Rausch-Abstand (gemessen in dB/C):

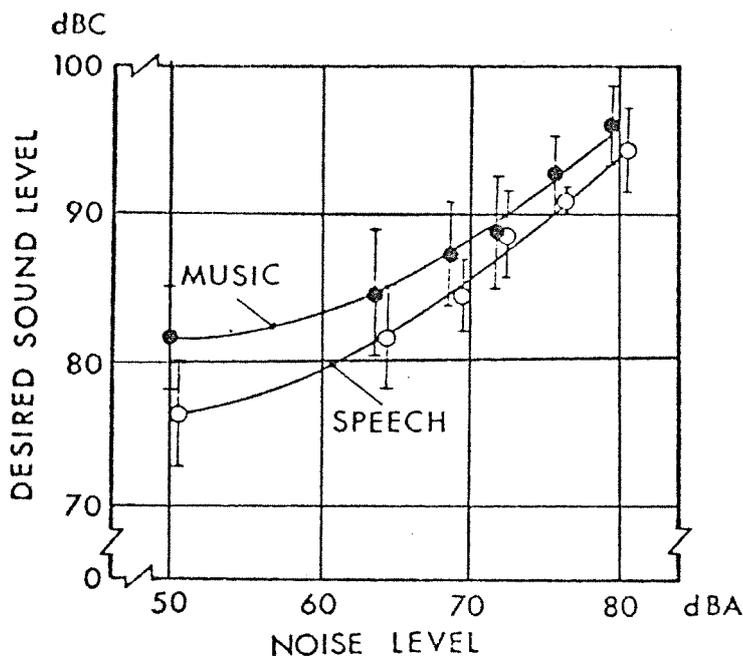


Abb. 3.5: Verhältnis zwischen gewünschter Lautstärke bei Musik- bzw. Sprachsendungen im Autoradio bei verschieden starkem Lärmniveau (nach BLEILEVEN & DE JONG, 1970)

Aus den zitierten Untersuchungen ist zu folgern:

- Ein Sprachausgabegerät sollte über eine automatische Lautstärkenanpassung an das Fahrzeuginnengeräusch verfügen. Voraussetzung hierfür ist ein Sensor, der die Lautstärkeintensität in der Umgebung des Fahrers mißt.
- Die von den Autoren festgestellten Werte bezüglich eines günstigen Signal-Rausch-Abstandes stimmen in keiner Weise überein. Es ist anzunehmen, daß hierfür verschiedenartige Versuchsbedingungen (z.B. Raumakustik, Frequenzanteile der Störgeräusche) oder starke individuelle Unterschiede in der Hörempfindlichkeit verantwortlich sind. Für Sprachausgabegeräte sollte daher in jedem Falle die Möglichkeit einer individuellen Programmierbarkeit der Basislautstärke vorgesehen werden (Siehe auch 5.1., Akzeptanz der Sprachausgabe).

Schließlich ist in Erwägung zu ziehen, ob der unterschiedlich starke Anteil verschiedener Frequenzen bei den einzelnen Fahrzeugtypen (z.B. Kleinwagen vs. Lkw) durch differentielle Anhebung des Lautstärkepegels einzelner Frequenzen ausgeglichen werden kann und damit die Verständlichkeit der Sprachausgabe verbessert wird. In der Hauptuntersuchung ist daher ein Experiment vorgesehen, bei welchem die Versuchspersonen die Verständlichkeit von differentiiell in der Lautstärke angehobenen Meldungen bzw. nicht angehobenen Meldungen unter verschiedenen Geräuschbedingungen zu beurteilen haben (vgl. Punkt 7., Versuch (H)).

Radiosendungen und Verkehrsdurchsagen:

Für diese zweite Gruppe von Reizen, die mit Sprachausgaben interferieren und damit zur Problematik des Party-Effekts führen könnte, wird folgendes vorgeschlagen: Während der Sprachausgabe werden Radiosendungen "stumm"-geschaltet, gleiches gilt für Verkehrsdurchsagen, falls ein zeitkritisches Ereignis zur Meldung durch das Sprachausgabegerät anliegt. Ist dies nicht der Fall, so haben Verkehrsdurchsagen Vorrang in der Meldepriorität (vgl. hierzu 6.2, Clusterbildung und Prioritätenlogik der Meldungen).

Ungeklärt ist bisher, welcher Zeitabstand zwischen "Stummschaltung" des Radios und Beginn der Sprachausgabe erforderlich ist, um einerseits schnellstmögliche Information, andererseits zweifelsfreie Verständlichkeit zu gewährleisten.

Beim folgenden Beispiel könnte es zu Verständnisschwierigkeiten wegen des Zusammentreffens zweier Meldungen kommen:

Radio: "Wie der Bundeskanzler in einem dpa-Interview mitteilte, gibt es Sprachausgabe: 'Achtung, Glatteisgefahr, nicht bremsen, Fuß vom Gas nehmen!'

Radio: bilaterale Beziehungen, die weiter intensiviert werden müssen."

Zur Lösung dieser Problematik sei auf die Diskussion in 6.4, Gestaltung der Sprachausgabe, hingewiesen.

Gespräche mit Mitfahrern:

Sie sind als Party-Problem, oder im weiteren Sinne als Problem dichotischen Hörens anzusehen, da zwei sprachliche Informationen simul-

tan anliegen und gleichzeitig verarbeitet werden müssen. Um die beiden Ohren als verschiedene Input-Kanäle zu benutzen, erscheint es sinnvoll, für die Sprachausgabe den linken Türlautsprecher zu verwenden, da das linke Ohr am weitesten von den Mitfahrern abgewandt ist und somit eine möglichst gute Aufnahme der Sprachausgabe gewährleistet wäre. Andererseits zeigen Experimente von BROADBENT & GREGORY (1964) zum dichotischen Hören (allerdings in der Hauptsache mit rechtshändigen Versuchspersonen), daß die Erkennungsleistungen des rechten Ohres besser als die des linken Ohres sind.

Eine Untersuchung von CLARK & KNOWLES (1973) mit 112 rechtshändigen Versuchspersonen im Alter von 15-74 Jahren bestätigt das Ergebnis von BROADBENT & GREGORY. Auch hier wurden die rechts dargebotenen Items signifikant besser wiedergegeben als links präsentierte.

Zu berücksichtigen ist jedoch, daß die genannten Resultate unter sehr spezifischen experimentellen Bedingungen zustande kamen: Die Darbietung der aus Einzelworten bestehenden Reize erfolgte über Kopfhörer - eine Konstellation, die mit der im Kraftfahrzeug wenig gemeinsam hat.

Um zu prüfen, ob mit einer günstigen Anordnung der Lautsprecherposition ein verbessertes Verständnis von Sprachausgaben unter der erschwerten Bedingung von Fahrgeräusch (Verdeckungseffekt) und zusätzlicher Mitfahrerunterhaltung (Party-Effekt) erreichbar ist, wurde im Rahmen dieser Studie folgendes Experiment durchgeführt:

In einem Fahrstand haben Versuchspersonen die Aufgabe, ihre Handlungen entsprechend einem "vorausfahrenden Fahrzeug" zu synchronisieren. Das "vorausfahrende Fahrzeug" wird über einen Filmprojektor eingespielt und die Vp muß Geschwindigkeit, Lenkung, Bremse und Blinker entsprechend der Vorgabe regeln. Zudem erfolgt die Einblendung peripherer Reize (Verkehrsschilder), von denen bestimmte durch hupen zu beantworten sind. Eine Unterhaltung von drei "Mitfahrern" wird über Lautsprecher (siehe Abb. 3.6) übertragen und ist von der Vp im Anschluß an den Versuch sinn gemäß wiederzugeben.

Während der Fahrt erfolgen 6 Sprachausgaben, die die Vp aus dem Gespräch heraushören und wörtlich wiederholen muß.

Die Sprachausgaben lauten im einzelnen:

- Bitte lösen Sie die Handbremse (Demonstrationsbeispiel)
- Ein Bremskreis ist ausgefallen - fahren Sie langsamer und halten Sie mehr Abstand
- Das linke Bremslicht ist defekt
- Der Bremsflüssigkeitsstand ist zu niedrig - Bremsflüssigkeit nachfüllen
- Die Kühlwassertemperatur ist zu hoch
- Die Stromversorgung durch die Lichtmaschine funktioniert nicht
- Der Tankinhalt ist im Reservebereich

Abbildung 3.6 verdeutlicht den Versuchsaufbau:

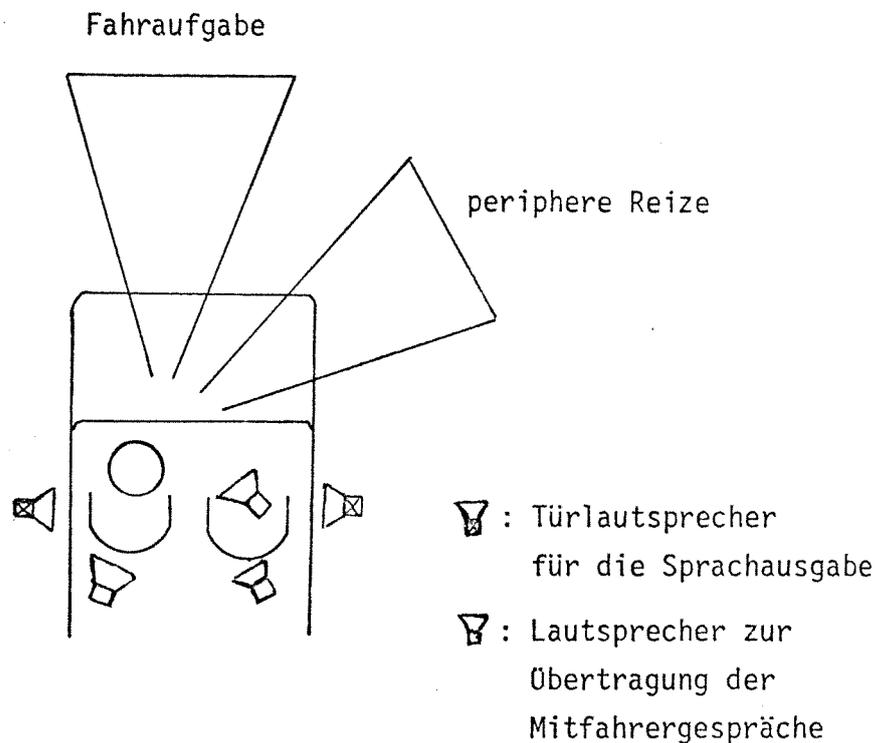


Abb. 3.6: Versuchsaufbau

Aufgaben der Versuchsperson:
Fahraufgabe
- Geschwindigkeit anpassen
- bremsen } wie Voraus-
- blinken } fahrender
- lenken
Reaktion auf periphere Reize durch hupen
Mitfahrgespräche verfolgen (drei Lautsprecher) und im Anschluß an den Versuch sinngemäß wiedergeben
Sprachausgabe wörtlich wiederholen

Tab. 3.2 : Aufgaben der Versuchsperson

Um mögliche Effekte der Händigkeit auszuschließen nahmen sowohl Linkshänder (5 Vpn) als auch Rechtshänder (6 Vpn) am Versuch teil.

Für jede Person wurden zwei Versuchsdurchgänge durchgeführt, wobei die Sprachausgaben einmal links und einmal rechts dargeboten wurden. Die Unterhaltung der "Mitfahrer" in den beiden Durchgängen hatte verschiedene Inhalte.

Dies führte zu einer Ausbalancierung der Variablen:

- Reihenfolge der Sprachausgaben
- Reihenfolge der Mitfahrgespräche
- Position der Lautsprecher, durch die die Sprachausgabe zu hören war (linker versus rechter Tür Lautsprecher).

Technische Daten:

- Fahrgeräusch, gemessen im Fahrzeuginnenraum: 63 - 66 dB
- Sprachausgabe: ca. 76 dB; gefiltert mit einem Bandpaßfilter 300 - 5000 Hz
- die "Mitfahrer" (60 - 70 dB) "unterhielten" sich während der Sprachausgabe weiter, sie wurden in der für die Wiederholung vorgesehenen Zeitspanne "stummgeschaltet".

In den Tabellen 3.3. bis 3.5. sind die wesentlichen Ergebnisse des Versuchs zur Position des Lautsprechers aufgelistet:

Händigkeit der Versuchsperson	Position des Türlautsprechers		Summe
	links	rechts	
linkshändig	1	2	3
rechtshändig	8	5	13
Summe	9	7	16

Tab. 3.3: Anzahl fehlender oder falscher Worte bei der Wiederholung der Sprachausgaben durch die Versuchspersonen (insgesamt waren pro Person 41 Worte zu wiederholen)

Händigkeit der Versuchsperson	Position des Türlautsprechers		Summe
	links	rechts	
linkshändig	1	2	3
rechtshändig	4	3	7
Summe	5	5	10

Tab. 3.4 : Anzahl falsch wiedergegebener Sprachausgaben (6 Ausgaben pro Versuchsdurchgang)

	Sprachausgabe		keine Sprachausgabe
	links	rechts	
mittlere Reaktionszeit (sec)	2.11	1.89	2.16
mittleres Abweichungsquadrat (MS)			
- zwischen den Personen	1.71		
- innerhalb der Personen	0.25		
- 'treatment' (Art der Sprachausgabe)	0.19		
- Residual	0.26		
$F = \frac{\text{treatment}}{\text{residual}} = 0.73$			
$F_{.95} (2.16) = 3.63$			

Tab. 3.5 : Güte der Fahraufgabe, gemessen an der Reaktionszeit auf das Bremslicht des "vorausfahrenden" Fahrzeugs.

Wie Tabelle 3.5 zeigt, konnte für links- als auch für rechtshändige Vpn (Alter 20 bis 30 Jahre) kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den verschiedenen Darbietungsweisen (Verwendung des linken bzw. rechten Türlautsprechers für die Sprachausgabe) festgestellt werden. Auffällig sind jedoch die großen interindividuellen Unterschiede zwischen den Personen.

Ein weiteres Problem, das in Kapitel 4.1, Problemkreis: ältere Fahrzeugführer, ausführlich behandelt wird, stellt sich mit der Abnahme der Hörfähigkeit etc. mit zunehmendem Alter.

3.3.2. Die Latenzzeit

Unter Empfindungszeit versteht man die Zeitspanne, die zwischen Einsetzen des Reizes und dem Beginn der durch den Reiz ausgelösten Empfindung liegt. Entsprechend der Reizintensität beträgt sie einige Millisekunden bis einige Dutzend Millisekunden.

Die Empfindung ist anfangs relativ schwach, sie steigt aber innerhalb von 100 bis 200 msec sehr schnell an, bis sie ihre Endstärke erreicht hat und eine sichere Wahrnehmung auslöst.

Im Gegensatz zur Empfindungszeit, die von der Reizintensität mitbedingt wird, scheint sich die Anstiegszeit bis zum Empfindungsmaximum in Abhängigkeit von der Intensität oder Frequenz des Reizes nur wenig zu verändern (nach CHOCHOLLE, 1974).

Es stellt sich die Frage, ob sich aus der Latenzzeit für die Sprachausgabe Konsequenzen ergeben. Hierzu ein hypothetisches Rechenexempel: Bewegt sich ein Kraftfahrer mit einer Geschwindigkeit von 100 km/h, so legt er in 200 msec, also dem Zeitraum zwischen Einsetzen des Reizes bis zum Beginn der Empfindung, etwa 5,6 m zurück. Nun bedeutet allerdings die Wahrnehmung einer Empfindung noch nicht, daß im selben Moment eine Reaktion erfolgen könnte. Der Zeitraum, der bis zum Einsetzen einer Handlung verstreicht, wird üblicherweise als "Schrecksekunde" bezeichnet, und ist - je nach individueller Reaktionsgeschwindigkeit - mit ein bis zwei Sekunden anzusetzen. In unserem Rechenbeispiel hat der Fahrer demzufolge 27,8 m bis 55,6 m zurückgelegt. Meldungen, auf die eine Reaktion in diesem Zeitraum erforderlich wären, müssen daher von vornherein als unsinnig ausgeschieden werden. Sollte es in Zukunft möglich sein, z.B. "Eisglätte", vor allem an Brücken zuverlässig zu diagnostizieren, so sind beim Aufstellungsort des Senders, der die Sprachausgabe initiiert, Latenzzeit und Schrecksekunde zu berücksichtigen.

3.3.3. Die Lautstärkenadaptation

Hat sich eine Gehörempfindung ausgebildet, so kommen Prozesse in Gang, um eine möglichst schnelle und vollständige Anpassung der Empfindung an den Reiz zu gewährleisten (vgl. hierzu CHOCHOLLE, 1974, S. 217).

Dies bedeutet einerseits, daß unser akustisches Wahrnehmungssystem in der Lage ist, sich auf die verschiedenartigsten Reize einzustellen (das Ohr stimmt sich sozusagen auf bestimmte Oberschwingungen ein), andererseits impliziert dies auch die Fähigkeit, einen zu lauten oder zu leisen Reiz in einen subjektiv annehmbaren Bereich zu transformieren, wobei dies auch für die Nachbarfrequenzen der Töne gilt, an die man sich adaptiert hat. In der Praxis kann dieser Sachverhalt in folgender Situation Bedeutung gewinnen:

Ein Autofahrer ist über längere Zeit auf der Autobahn unterwegs, sein Gehör hat sich inzwischen auf den bei größeren Geschwindigkeiten auftretenden stärkeren Geräuschpegel eingestellt. Verläßt er nun die Autobahn, so wird sich sein Sprachausgabegerät, das mit einem Sensor für Umgebungsgeräusche ausgestattet ist, an die nunmehr geringeren Geräusche anpassen. Ist in dieser Situation eine Sprachausgabe erforderlich, so hat sich das Gehör des Autofahrers noch nicht an den niedrigeren Lautstärkepegel adaptiert, weshalb ihm eine zum jetzigen Zeitpunkt erfolgreiche Sprachausgabe notwendigerweise als zu leise, evtl. sogar als unverständlich erscheinen muß. Als Lösung der Problematik kommt eine beabsichtigte Trägheit in der Lautstärkenregelung des Sprachausgabegerätes in Betracht. Allerdings muß man hierbei berücksichtigen, daß eine zu ausgeprägte Trägheit der Lautstärkenanpassung störend wirken kann, z.B. wenn das Fahrzeuginnengeräusch stark schwankt (etwa im Kurzstreckenverkehr) und dann die Nachführleistung des Gerätes als unzureichend empfunden wird.

Es müßte daher experimentell geprüft werden, welcher Verlauf der Lautstärkenadaptation unter den o.g. Gesichtspunkten sowie unter Berücksichtigung des Frequenzspektrums und der Lautstärke des Fahrzeuginnengeräusches optimal ist.

3.3.4. Lärmempfindungen und ihre Auswirkungen

Wie JANSEN (1974) treffend feststellt, gibt es keine physikalische Definition für den Begriff des "Lärms". Man kann lediglich definieren, welche Schallerscheinungen leichter als Lärm empfunden werden. Nach SADER (1966) sind für eine konkret empfundene Lautheit verschiedene

Faktoren verantwortlich, so z.B. die Reizdauer, die unterschiedliche Hörempfindlichkeit der Individuen, die psychische Einstellung des Hörenden zum Reiz (vgl. 5.1., Akzeptanz der Sprachausgabe) und zur gesamten Situation, wobei vor allem die körperliche, seelische und geistige Verfassung sowie die augenblickliche Tätigkeit eine entscheidende Rolle spielt. Generelle Aussagen zum Lärmerleben sind nach Ansicht verschiedener Autoren aufgrund der großen inter- und intraindividuellen Unterschiede kaum möglich; erschwerend kommt hinzu, daß es selbst beim einzelnen Individuum eine große Variabilität in den Reaktionen auf ein und denselben Reiz gibt (vgl. SADER, 1966). Immerhin sind ab etwa 65 dB verschiedene biologische und vegetative Reaktionen auf Lärm nachzuweisen (siehe dazu den Literaturbericht von HETTINGER, 1970). Entscheidend ist jedoch im hier bestehenden Sachzusammenhang, wie sich Lärm bezüglich der psychophysischen Leistungsfähigkeit auswirkt. Ein Experiment von SCHULZ & BATTMANN (1980), durchgeführt mit zwei Gruppen an Bildschirmarbeitsplätzen, wobei die eine Gruppe unter Ruhebedingungen arbeiten konnte, die andere Verkehrslärm von 68,4 dB ausgesetzt war, erbrachte folgende Ergebnisse: Suchoperationen werden unter der Lärmbedingung umständlicher und zeitaufwendiger, Prüfoperationen wurden gestört und Verarbeitungsoperationen wurden gemieden, besonders wenn sie schwierig waren. Zwar gelten die festgestellten Ergebnisse streng genommen nur für eine optische Aufgabe, doch läßt sich daraus generell für die Situation im Kraftfahrzeug folgende Schlußfolgerungen ziehen:

Da Fahren im Kraftfahrzeug sozusagen eine Tätigkeit unter Lärmbedingungen darstellen kann, sollte beim Einbau eines Sprachausgabegerätes darauf geachtet werden, daß die Bedienung des Gerätes einfach ist und das Gerät konkrete Handlungshilfen ausgibt, die keine größeren Verarbeitungsoperationen erfordern.

4. Personenspezifische psychologische Probleme bei der Einführung akustischer Informationssysteme im Kfz

4.1. Problemkreis: Ältere Fahrzeugführer

4.1.1. Absolute Wahrnehmungsschwellen

Die normale Wahrnehmungsleistung des Menschen liegt zwischen 20 und 20.000 Hertz. Allerdings ist mit fortschreitendem Alter ein Absinken der oberen Hörgrenze festzustellen. "Neueren Untersuchungen zufolge können die meisten Menschen im Alter von 30 Jahren Frequenzen über 15.000 Hz nicht mehr wahrnehmen. Der Prozeß des Hörverlustes beschleunigt sich mit zunehmendem Alter. Im Alter von 50 Jahren sinkt die obere Hörgrenze bei den meisten Menschen auf 12.000, mit 60 Jahren auf 10.000 und mit 70 Jahren auf 6.000 und liegt damit erheblich unterhalb der oberen Grenze bei normalem Sprechen." (STEVENS & WARSHOFISKY, 1980³, S. 160 f.)

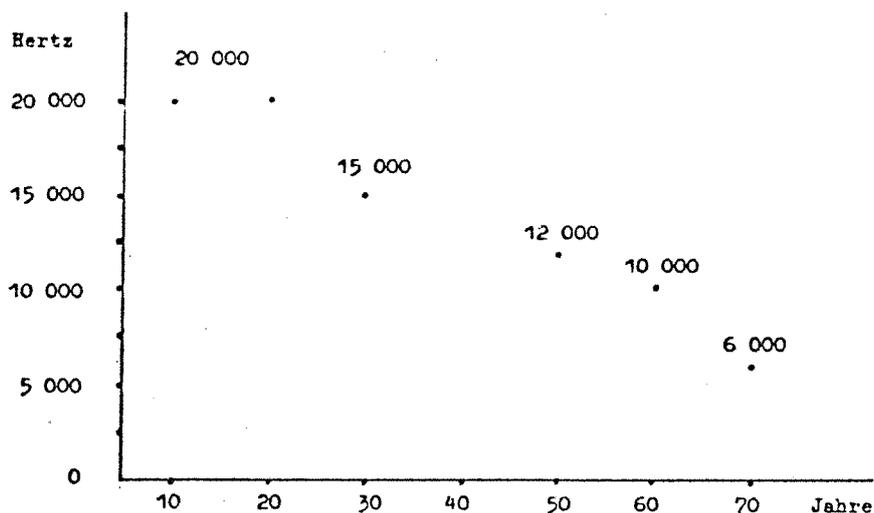


Abb. 4.1 : Absinken der oberen Hörgrenze mit zunehmendem Lebensalter

Für die Sprachausgabe ergibt sich aus dem Absinken der absoluten Hörschwelle auf 6.000 Hz jedoch kein Problem, da dieser Wert noch deutlich über der Frequenz liegt, die in absehbarer Zukunft von Sprachausgabegeräten erreicht werden kann und die für einwandfreies Sprachverständnis erforderlich ist.

Neben dem Nachlassen der Empfindlichkeit für hohe Frequenzen sinkt mit zunehmendem Alter auch die Wahrnehmungsschwelle. CORSO (1977) berichtet, daß für Frequenzen bis 1.000 Hertz für 30-jährige die Hörgrenze bei 15 dB, für 70-jährige bei ca. 35 dB liegt. Tabelle 4.1 zeigt die Werte für einen 3.000 Hertz-Ton:

Geschlecht	Alter		
	25 Jahre	70 Jahre	80 Jahre
männlich	5 dB	40 dB	60 dB
weiblich	5 dB	30 dB	45 dB

Tab. 4.1 : Hörgrenze bei einem 3.000 Hertz-Ton

Für Sprachausgabegeräte in Kraftfahrzeugen ist daher zu fordern, daß sie - neben der automatischen Lautstärkenanpassung - über eine variierbare Grundeinstellung verfügen.

4.1.2. Sprachwahrnehmung im Alter

Es ist vorzuschicken, daß die Datenbasis für ältere Personen relativ schmal ist. Beim Verstehen von Sprache muß prinzipiell zwischen Wahrnehmungsfähigkeit und Diskriminationsfähigkeit unterschieden werden.

Die Sprachwahrnehmungsschwelle wird mit Standardwortlisten festgestellt, indem man die Anzahl korrekt wiedergegebener Worte bei einer bestimmten Lautstärke bestimmt. Diese Schwelle lag bei Personen von 18 bis 74 Jahren ungefähr auf dem gleichen Niveau (CORSO, 1977).

Die Bestimmung der Diskriminationsfähigkeit mit einem Sprach-Diskriminations-Test bei einer Lautstärke von 78 dB erbrachte relativ stabile Werte für die Altersgruppe der 18 - 50-jährigen.

Im Alter von 80 Jahren sank die Diskriminationsfähigkeit von 2,3% auf 25%.

Obwohl über den Altersbereich von 50 - 80 Jahren keine Daten vorliegen, ist es plausibel anzunehmen, daß die Diskriminationsfähigkeit allmählich und nicht schlagartig abnimmt. Bezieht man weiterhin die allgemeine Beobachtung ein, daß die Leistungsfähigkeit im höheren Alter mit zunehmender Beschleunigung abnimmt, so kann die Fähigkeit zur Aufnahme und Unterscheidung sprachlicher Meldungen im Kraftfahrzeug bis ins Alter von ca. 75 Jahren als ausreichend angesehen werden.

4.1.3. Sprachverstehen unter anstrengenden Hörbedingungen

Unter anstrengenden Hörbedingungen sinkt das Sprachverständnis mit zunehmendem Alter.

Unterbrochene Sprache (wenn man beispielsweise bei geöffnetem Fenster an Alleebäumen oder einer Häuserfront entlangfährt) senkt das Sprachverständnis ab dem 40. Lebensjahr (CORSO, 1977).

Erhöht man die Sprachgeschwindigkeit, so können jüngere Versuchspersonen den damit einhergehenden Sprachverständnis-Verlust durch Lautstärkenerhöhung ausgleichen. Bei über 70-jährigen ist hingegen 100 %iges Verständnis nur noch bei Wortraten von 140 Worten pro Minute zu erreichen, vorausgesetzt, die Intensität ist hoch genug; bei Wortraten von 350 Worten pro Minute steigt die Verständlichkeit nie über 45 % (nach CORSO, 1977). Als Konsequenz ist zu folgern: um gute Sprachverständlichkeit zu erzielen, sollte eine Wortrate von 140 Wörtern pro Minute nicht überschritten werden. Die maximale Sprachgeschwindigkeit liegt damit etwas niedriger als die eines Nachrichtensprechers.

4.1.4. Dichotisches Hören im Alter

Bei Versuchen, bei welchen den Zuhörern gleichzeitig auf jedes der beiden Ohren eine andere Sprachinformation gegeben wurde, waren mit zunehmendem Alter schlechtere Wiedergabeleistungen beobachtbar. Diese Verschlechterung betrifft allerdings nur das linke (nicht dominante) Ohr. Daher wird vermutet, daß dieses Defizit eher auf Input-Versagen zurückzuführen ist, als auf Speicher- bzw. Wiederfindungsprobleme (vgl. CORSO, 1977).

Wie Abbildung 4.2 zeigt, kommen CLARK & KNOWLES (1973) bei der Untersuchung von 112 rechtshändigen Personen im Alter von 15 bis 74 Jahren zu entsprechenden Ergebnissen:

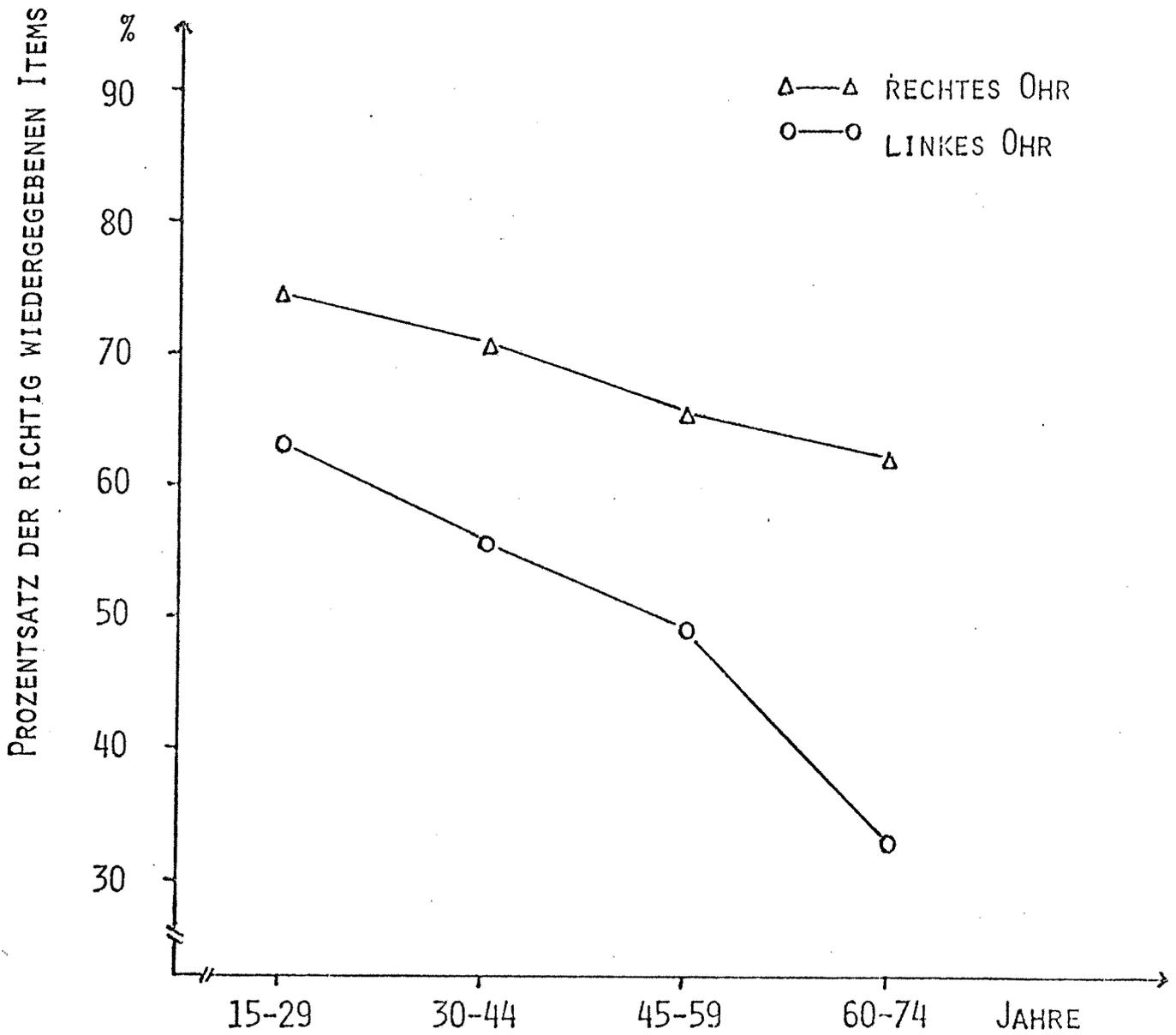


Abb. 4.2 : Interaktion zwischen Alter und Prozentsatz der richtig wiedergegebenen Items für das rechte bzw. linke Ohr (nach CLARK & KNOWLES, 1973, S. 176)

4.1.5. Verarbeitung auditiver Information im Alter

Bezüglich der Problemlösungsfähigkeit im Alter ist festzustellen: Bei Älteren herrscht die Tendenz zu "rigideren" oder "funktional fixierteren" Lösungen vor, d.h. die Flexibilität und die Fähigkeit, Wahrnehmungs- und Gedächtnisinhalte neu zu strukturieren, wird geringer. Als Ursache wird vermutet, daß ältere Menschen nicht mehr den gesamten Bereich aller Reaktionsmöglichkeiten ausschöpfen, sondern sich eher auf bewährte Wege stützen. Vereinbar hiermit ist das Ergebnis, daß mit einer wachsenden Anzahl verfügbarer Wahlmöglichkeiten die Reaktionszeit steigt. Daher sind Ältere bei schnellerer Darbietung nicht in der Lage, die gesamte verfügbare Redundanz in dem Maße wie Jüngere auszuschöpfen, weshalb die Fehlerzahl zunimmt (nach RABBITT, 1977). Um dieses Defizit für den Einsatz von Sprachausgabegeräten auszugleichen, schlagen wir vor, experimentell folgendes zu prüfen:

Das Sprachausgabegerät liefert nicht nur eine Beschreibung des Zustandes, (Beispiel: "Glatteisgefahr"!) sondern auch konkrete Handlungshinweise. Für unser Beispiel könnte die Ausgabe also lauten: "Achtung! Glatteisgefahr. Nehmen Sie den Fuß vom Gas, keinesfalls bremsen, ...". Der günstigste Wortlaut müßte erst noch erprobt werden (siehe 7. Planung des weiteren Forschungsvorhabens ; Problembereich: Inhaltliche Gestaltung der Sprachausgabe).

4.2. Problemkreis: unerfahrene Fahrzeugführer

In einer Untersuchung über die Auswirkungen der Fahrerfahrung stellten LISPER et.al. (1973) fest, daß während einer 3-stündigen Fahrt bei erfahrenen Autofahrern (mehr als 20.000 km/pro Jahr, zum Teil Taxifahrer) ein Absinken der Reaktionszeit auf einen 90 dB/1.000 Hz Ton zu verzeichnen ist, während bei den unerfahrenen Probanden (bisherige Fahrerfahrung weniger als 2.000 km) ein Anstieg in der Reaktionszeit auftrat. Dieser Unterschied ist signifikant ($p < 0,01$).

Ein weiteres Experiment von LAURELL & LISPER (1978) erbrachte für Probanden mit einer bisherigen Fahrerfahrung von durchschnittlich 8.000 km (wobei auf die letzten 12 Monate 1.400 gefahrene Kilometer entfielen), folgende Ergebnisse: Bei einer 3-stündigen Nachtfahrt waren Hindernisse auf der Fahrbahn zu entdecken sowie auf einen 93 dB/1.000 Hz Ton zu reagieren. Die Entfernung, bei der die Hindernisse entdeckt wurden, lag am Versuchsbeginn bei 30 Metern, gegen Ende bei 22 Metern, die Reaktionszeit auf den Ton stieg von 450 auf 500 msec an. Die Verschlechterung der Reaktion sowohl im optischen, wie auch im akustischen Bereich bei Fahranfängern dürfte u.a. auf ungünstigere oder noch nicht vorhandene Bewältigungsstrategien für derartige Belastungssituationen zurückzuführen sein.

Neben höheren Werten in der Reaktionszeit sind auch die deutlich erhöhten Unfallzahlen bei Fahranfängern und jugendlichen Kraftfahrern in die Überlegungen zur Einführung von Sprachausgabesystemen mit einzubeziehen:

Soweit Unfälle dieser Gruppe auf eine geringere vorausschauende Risikoeinschätzung zurückgehen, sind sie für die vorliegende Fragestellung ohne Bedeutung. Sind sie jedoch dadurch bedingt, daß unerfahrene Kraftfahrer noch kaum über Automatismen verfügen, somit kognitiv stärker beansprucht und folglich leichter überlastet sind, so stellt sich die Frage, ob Sprachausgabe zu einer zusätzlichen kognitiven Belastung dieser Personengruppe und damit zu einem erhöhten Unfallrisiko führt.

Gegen diese These spricht folgende Überlegung:

Wenn Sprachausgaben im Idealfall zu einer Entlastung, zumindest aber zu keiner stärkeren Belastung der Kraftfahrer führen, dürften auch für jüngere, unerfahrene Fahrer keine unerwünschten Effekte zu erwarten

sein. Um den Fall einer eventuell auftretenden zusätzlichen Belastung, die beim geübten Kraftfahrer unerheblich, d.h. ohne meßbare Folgen ist, beim unerfahrenen Fahrer jedoch Bedeutsamkeit erhält, angemessen zu berücksichtigen, wird in den Versuchen der Hauptstudie diesem Personenkreis besondere Aufmerksamkeit zukommen.

4.3. Problemkreis: fremdsprachige Fahrzeugführer

Um fremdsprachigen Fahrzeugführern, die ein Fahrzeug mit Sprachausgabegerät erwerben oder mieten, die Möglichkeit zu eröffnen, Sprachausgaben in ihrer Muttersprache zu hören, sollten Sprach-Chips in allen gängigen Sprachen angeboten werden.

Voraussetzung hierfür wäre die leichte Austauschbarkeit der Chips, was bei der Konstruktion des Sprachausgabegerätes zu beachten ist.

Da es andererseits unrealistisch ist, anzunehmen, daß die Sprachausgabe immer an die Muttersprache des jeweiligen Benutzers angepaßt werden kann (z.B. bei Firmenwagen mit häufig wechselnden nicht-deutschsprachigen Fahrern), sollte eine für alle Fahrzeuge einheitliche 'Phraseologie' gefunden werden.

Eine relativ geringe Anzahl von Sätzen mit reduziertem Wortschatz könnte von fast allen Benutzern verstanden werden und Ausländern evtl. bereits in der Fahrschule gelehrt werden (siehe hierzu die Ausführungen in Punkt 6.4, Inhaltliche Gestaltung).

4.4. Problemkreis: Gehörlose bzw. schwerhörige Kraftfahrer

Leider sind keine exakten Zahlen über den Prozentsatz gehörloser Autofahrer in Erfahrung zu bringen - vermutlich ist ihr Anteil an der Gesamtpopulation jedoch gering.

Für Gehörlose kommt ein Sprachausgabegerät nicht in Betracht.

Will man die Interessen dieser Gruppe mit berücksichtigen, so ist zu fordern: Für wichtige Rückmeldungen, die durch die Sprachausgabetechnologie neu in das Fahrzeug aufgenommen werden, sollte auch die Möglichkeit einer optischen Anzeige vorgesehen werden.

Allerdings ist dies nicht so zu verstehen, daß alles, was künftig akustisch rückgemeldet wird, auch optisch angezeigt werden muß - wir verweisen hier auf die eingangs aufgestellte Forderung nach Informationsreduktion. Vielmehr kann man davon ausgehen, daß Gehörlose oder stark Hörgeschädigte sich ihrer Behinderung wohl bewußt sind, daher verstärkt auf andere Reize achten und besonders vorsichtig fahren. Eine ganze Reihe von Meldungen, die für den normalen Kraftfahrer durchaus Sicherheitserhöhend wirken, sind demzufolge für den gehörlosen Autofahrer nicht unbedingt nötig.

5. Personenunspezifische psychologische Probleme bei der Einführung akustischer Informationssysteme im Kfz

5.1. Problemkreis: Akzeptanz der Sprachausgabe

Um die Akzeptanz des Gerätes durch den Fahrer zu gewährleisten, darf sich der Fahrer durch Sprachausgaben weder gestört noch bevormundet fühlen. Um den Bedürfnissen des künftigen Benutzers gerecht zu werden, sollten folgende individuelle Eingriffsmöglichkeiten bestehen:

- Bereits erwähnt wurde die Lautstärkeregelung, vor allem in Bezug auf die Grundeinstellung der Lautstärke. In der Praxis könnte dies wie folgt aussehen: Neben der werksseitigen Einstellung des Lautstärkepegels für den jeweiligen Fahrzeugtyp soll der Fahrer die Möglichkeit haben, die ihm optimal erscheinende Lautstärke zu wählen. Während der Fahrt wird die eingestellte Grundlautstärke entsprechend den Umgebungsgeräuschen durch die automatische Lautstärkenanpassung verändert. Selbstverständlich sollte der Benutzer auch während der Fahrt noch Eingriffsmöglichkeiten besitzen.
- Eine weitere Möglichkeit, beim Fahrer das Gefühl des Gestörtwerdens zu vermeiden, ist, ihm individuelle Auswahlmöglichkeiten über die rückzumeldenden Einheiten einzuräumen. Da es jedoch einerseits zu zeitaufwendig ist, vor jeder Fahrt die "Wunschliste" einzugeben, andererseits diese Wahlmöglichkeit eine komplizierte Technik und aufwendige Tastatur und Eingabeprozedur erfordert, ist in Erwägung zu ziehen, bestimmte Meldungen in Bereiche zusammenzufassen (siehe hierzu 6.2 Clusterbildung), die vom Fahrer ausgewählt werden können.
- Darüber hinaus kann in Betracht gezogen werden, nicht sicherheitsrelevante Meldungen nur auf Abruf, eventuell nur bei stehendem Fahrzeug auszugeben.

- Als nächster Gesichtspunkt ist die Abschaltbarkeit des Gerätes zu nennen. Ausschlaggebend für diese Überlegung ist, daß man dem Fahrer weiterhin größtmögliche Eigenverantwortlichkeit zubilligen will und muß. Auch wenn sich ein Sprachausgabegerät in dem von ihm geführten Kraftfahrzeug befindet, sollte er nicht gezwungen sein, Informationen dieses Gerätes anzuhören. Letztlich wird ein Fahrer, der sich als "Herr über die an Bord befindlichen Geräte" fühlt, eine wesentlich höhere Akzeptanz aufbringen, als ein Benutzer, der keinerlei Eingriffsmöglichkeiten sieht. Die wenigen, aus der Flugzeugtechnik übertragbaren Erkenntnisse über Sprachausgaben zeigen, daß gerade im Gefühl des 'Beherrschens des Gerätes' und nicht des 'Beherrschtwerdens durch das Gerät' ein wichtiger Aspekt der Akzeptanz zu sehen ist.

- Selbstverständlich besteht die Forderung nach höchster technischer Zuverlässigkeit des Geräts an sich, vor allem aber an die analogen, externen Meßwertaufnehmer und die Schnittstellen. Tritt zum Beispiel bei +20 Grad Celsius die Meldung "Achtung Glatteisgefahr" auf, so mag dies bei einmaligem Vorkommen noch zur Erheiterung der Insassen des Fahrzeugs beitragen, tauchen falsche Meldungen häufiger auf, so wird der Benutzer zu Recht an der Zuverlässigkeit des Geräts zweifeln und in der Folge korrekte und wichtige Meldungen ignorieren. Aus diesem Grunde sollte, falls ein System noch nicht ausgereift ist, vorerst auf dessen Einsatz verzichtet werden.

- Weiterhin kann die Akzeptanz des Gerätes stark negativ beeinflusst werden durch unnötige oder aversiv besetzte Meldungen. Wenn auch aus Gründen der Verkehrssicherheit eine Abstandswarnung sinnvoll ist, so zeigen doch Untersuchungen von HACKER (1975), daß Kraftfahrer seitens der Wahrnehmung in der Regel dazu fähig sind, den richtigen Sicherheitsabstand zum vorausfahrenden Fahrzeug zu halten. Ungenügender Abstand ist demnach eher ein Einstellungs- als ein Wahrnehmungsproblem. Wer aber aufgrund einer Fehleinstellung zu unzureichenden Sicherheitsabständen tendiert, kann sich durch eine akustische Abstandswarnung belästigt fühlen.

Ähnliche Überlegungen gelten für den Sicherheitsgurt. Dem Nicht-Anlegen liegt in der Regel eine negative Einstellung zugrunde und nicht ein "Vergessen" des Anschnallens an sich (vgl. hierzu die Ausführungen in 6.1.).

5.2. Problemkreis: "Geteilte" Aufmerksamkeit zwischen optischem und akustischem Input - Ablenkung durch akustische Informationssysteme

MASSARO & WARNER (1977) prüften experimentell die "Kanalkapazität" des Menschen, indem sie gleichzeitig oder nacheinander auditive und visuelle Reize darboten. Bei den Reizen handelt es sich um Töne (hoch / tief, daneben Maskierungston) und um zwei Buchstaben (U und V). Es zeigte sich folgendes Ergebnis: Wird jeweils ein auditiver und ein visueller Stimulus gleichzeitig (simultan) dargeboten, so nimmt die Wahrnehmung, verglichen mit der sequenziellen Darbietung, signifikant ab ($p < .005$). Daraus ist zu folgern, daß eine Trennung der Aufnahmekanäle (optisch und akustisch) nicht ohne weiteres eine Zunahme der Informations-Verarbeitungskapazität zur Folge hat. Es muß also unterschieden werden zwischen Informations-Aufnahme (Input) und Informations-Verarbeitung.

Tabelle 3.4 zeigt einige Fragestellungen, die sich aus der Trennung in Inputkanal und Verarbeitungsinstanz höherer Ordnung ergeben:

	visuelle Information	visuelle + auditive Information
Inputkanal	überlastet	Erweiterung der Aufnahmekapazität Problem: mögliche Beeinträchtigung anderer akustischer Informationen
Kurzzeit-speicher, Verarbeitungsinstanz	Gefahr des Vergessens von Informationen aus dem optischen Kanal	Problem: Vernachlässigung der vom optischen Kanal nahegelegten Handlungen durch exakte akustische Handlungshinweise Problem: Generelle Überforderung des Kurzzeitspeichers durch zuviel Informationsinput Problem: Gefühl der Überbeanspruchung mit der Folge generell schlechterer Handlungsstrategien

Tab. 3.4 : Inputkanal und Verarbeitungsinstanz

Ein Sprachausgabegerät im Kraftfahrzeug spricht zwar den noch relativ freien akustischen Kanal an, doch ist zu bedenken, ob die erforderliche Aufmerksamkeit zum Verständnis der Sprachausgabe zu Lasten der optischen Aufmerksamkeit geht, was möglicherweise zu kritischen Verkehrssituationen führen könnte.

BROWN et. al. (1969) stellten bei einem Fahrversuch, bei dem verschieden breite Tore zu durchfahren waren und außerdem über Lautsprecher logische Entscheidungsaufgaben an den Fahrer gestellt wurden, die er über Mikrofon zu beantworten hatte, fest, daß sich, verglichen mit Fahrten ohne akustische Aufgabe, die Zeit für die gefahrenen Runden signifikant erhöhte. Weiterhin stiegen die Fehlreaktionen sowie die Reaktionszeit für die akustische Aufgabe signifikant an.

Für die Einführung von Sprachausgabegeräten ergibt sich hieraus die Forderung, daß die Sprachausgabe keine komplizierte Entscheidung nach sich ziehen darf; - vielmehr sollte sie konkrete Handlungshilfen enthalten und somit den Fahrer entlasten. Allerdings ist dagegen einzuwenden, daß diese Hinweise zwar auf einen Großteil der Situationen zutreffen können, in spezifischen Grenzsituationen jedoch möglicherweise falsches Verhalten auslösen und dadurch Probleme herbeiführen können. Der Gesichtspunkt möglicher Interpretationen bedarf daher bei der inhaltlichen Gestaltung der Sprachausgaben besonderer Prüfung.

Erwähnenswert bleibt, daß bei Lenkbewegungen und Pedalbetätigungen in der oben genannten Studie keine signifikanten Veränderungen festgestellt werden konnten, auch ergaben sich zwischen jungen und älteren Fahrern (Stichprobe 21 - 57-jährige) keine Unterschiede.

Prinzipiell ist festzustellen, daß für die simultane Verarbeitung optischer und akustischer Signale Informationsgehalt, Redundanz und Qualität der Meldung ausschlaggebend sind (vgl. Kap. 6.).

6. Akustische Rückmeldungen und ihre Gestaltung

6.1. Informationen für sprachliche Rückmeldung

Um einen Überblick zu erhalten, welche im Kraftfahrzeug anfallenden Daten sinnvollerweise durch ein Sprachausgabegerät an den Fahrer übermittelt werden sollten, wurde eine Liste von Informationen erstellt, die folgende Bereiche umfaßt:

I. Fahrzeugbezogene Informationen

1. Elektrische Anlage
2. Motor
3. Bremssysteme und Lenkung
4. Reifen
5. Geschwindigkeit
6. Sonstige Meßwerte
7. Sicherheit

II. Fahrzeug/Umwelt-Informationen (z.B. Aquaplaning-Warnung)

III. Verkehrsleitung

1. Im Autobahnbereich
2. Im Stadtbereich

Eine Untergliederung der genannten Punkte findet sich im Anhang (Bewertungsliste).

Diese Listen wurden Experten der Bereiche Verkehrssicherheit, Fahrzeugbau und -entwicklung mit der Bitte um Beurteilung übersandt, wobei die Frage nach der momentanen technischen Realisierbarkeit und den Kosten (z.B. für Meßsensoren) außer acht gelassen werden sollte. Die in Tabelle 6.1 aufgeführten Informationen wurden von den Experten für eine akustische Meldung per Sprachausgabegerät als sinnvoll erachtet:

Bereich	Beschreibung der Information	Besonderheiten bei der Rückmeldung
I.1.	Defekt einer Lampe (Scheinwerfer/Bremslicht/Blinker/Kennzeichenbeleuchtung) Ladekontrolle im kritischen Bereich	Rückm. evtl. nur auf Abruf (siehe 6.3.2. Meld. auf Abruf)
2.	Öldruck zu niedrig Öltemperatur zu hoch Kühlwassertemperatur zu hoch Tankinhalt auf Reserve momentaner Benzinverbrauch Choke gezogen (bei warmem Motor)	auf Abruf
3.	Ausfall eines Bremskreises Bremsbeläge (Abrieb) Ausfall des Antiblockiersystems Handbremse angezogen (während der Fahrt) Bremservo funktionsunfähig Bremskontrolle vor Fahrtantritt Ausfall der Servo-Lenkung (bei Bussen und Lkw)	evtl. auf Abruf nur auf Abruf
4.	Reifendruck	evtl. im Extrembereich (bei Lkw !)
6.	Rückmeldung der Fahrzeit Aufforderung eine Pause einzulegen (bei Berufsfahrern)	evtl. auf Abruf evtl. (Meinungsbild: 1/2 für Rückmeldung, 1/2 dagegen), siehe Anmerkungen
7.	Anlegen des Sicherheitsgurtes Funktionsausfall des Airbags	-, siehe Anmerkungen, die der Tabelle folgen

wird
fortgesetzt

Fortsetzung		
Bereich	Beschreibung der Information	Besonderheiten bei der Rückmeldung
II.	Sprachausgabe-System in Funktion	im Rahmen eines Pre-Drive-Check (siehe 6.3)
	Funktionsprüfung des gesamten Kontrollsystems (Pre-Drive-Check)	auf Abruf
	Abstands-Warnung (Abstand zum Vorfahrenden)	evtl. auf Abruf, siehe Anmerkungen, die der Tabelle folgen
	Warnung vor Hindernissen auf der Fahrbahn (z.B. im Nebel)	
	Aquaplaning-Warnung	
III.1.	Schnee- und Eisglätte-Warnung (z.B. an Brücken)	
	individuelle Verkehrsleitung per Bordcomputer im Autobahnbereich	auf Abruf
III.2.	bei individueller Verkehrsleitung: zusätzliche Berücksichtigung der ARI-Meldungen durch den Bordcomputer	auf Abruf
	individuelle Verkehrsleitung im Stadtbereich per Bordcomputer, unter Verwendung eines Stadtplans auf Chip	auf Abruf
	bei individueller Verkehrsleitung: zusätzliche Berücksichtigung der ARI-Meldungen	auf Abruf

Tab. 6.1 : Informationen, die für eine akustische Meldung per Sprachausgabegerät als sinnvoll erachtet wurden

Anmerkungen:

Den Fahrer vor Fahrtantritt an das Anlegen des Sicherheitsgurtes zu "erinnern" wird von der überwiegenden Zahl der Befragten befürwortet. Doch ist aus psychologischen Untersuchungen bekannt, daß Personen, die

von der positiven Schutzwirkung der Sicherheitsgurte überzeugt sind, diese in jedem Falle anlegen, während die sogenannten "Gurtmuffel" bei eingebautem Warnsignal alle erdenklichen Tricks anwenden (z.B. Gurt über den Sitz spannen), um sich nicht anschnallen zu müssen.

Bezüglich der Abstands-Warnung (Abstand zum Vorfahrenden) sprach sich etwa die Hälfte der Befragten für eine akustische Rückmeldung aus. Wie bereits in 5.1. im Zusammenhang mit der Akzeptanz von Sprachausgabegeräten ausgeführt, ist die Abstandswarnung psychologisch gesehen nicht unproblematisch, da mangelnder Sicherheitsabstand auch auf Fehleinstellungen zurückgeht.

Positive Wirkung kann von einer akustischen Abstandswarnung erwartet werden, falls ein Kraftfahrer seine Verhaltensweisen ändern will und in der Übergangsphase von zu geringem auf normalen Sicherheitsabstand die Sprachausgabe als Selbstkontrolle verwendet. Falls eine Meldung über Abstandsverhalten eingeführt wird, sollte sie in jedem Falle getrennt abschaltbar sein.

Die gesplante Meinung der Experten über den Nutzen der Aufforderung zum Einlegen einer Pause (bei Berufsfahrern) spiegelt die (psychologisch begründete) Skepsis gegenüber der Wirksamkeit solcher Meldungen wider. Das Einhalten bzw. Nichteinhalten von Pausen ist durch eine Vielzahl von Problemen bedingt, die in diesem Rahmen keiner Lösung zugeführt werden können.

Für die Konstrukteure eines Sprachausgabesystems stellt sich prinzipiell die Frage, wie weit sie in den Bereich der Eigenverantwortung des Fahrers eingreifen wollen und möglicherweise durch eine wohlmeinende "Zeigefinger"-Pädagogik die Gesamtakzeptanz des Systems gefährden (vgl. 5.1.).

6.2. Clusterbildung und Prioritätenlogik der Meldungen

Die Bildung von Clustern von Meldungen hat 3 Vorteile:

- Cluster bilden die Struktur für die Prioritätenlogik
- sie ermöglichen ein schnelles und sicheres Erkennen und Verarbeiten von Meldungen, vor allem im Zusammenhang mit spezifischen Vorwarnungen (auch im optischen Bereich erleichtern Klassenmerkmale die Erkennung von Signalen)
- sie versetzen den Fahrer in die Lage, nur bestimmte Gruppen von Meldungen ausgeben zu lassen, während andere unterdrückt werden, ohne daß eine umfangreiche, eventuell ablenkende, schwer verständliche Tastatur nötig ist.

Sinnvoll erscheint bisher eine Clusterung in die Bereiche

- Sicherheit (Verkehrs- und Betriebssicherheit)
- Wirtschaftlichkeit in Betrieb und Wartung
- Verkehrsleitung.

Falls man sich für die Verwendung von Vorwarntönen oder -Worten entscheidet (siehe Diskussion in 6.4., Gestaltung der Sprachausgabe), könnten einzelne Gruppen von Meldungen durch unterschiedliche Töne bzw. Worte gekennzeichnet werden, beispielsweise das Wort "Achtung" für Meldungen aus dem Sicherheitsbereich und "Information" oder "Durchsage" zur Ankündigung von Verkehrsleitinformationen (vgl. 7., Planung des weiteren Forschungsvorhabens, (A) (D)).

Für den Fall zweier gleichzeitig zur Ausgabe anstehenden Informationen (Sprachausgabe(n)/Verkehrsleitung) wurde eine Prioritätenlogik entwickelt (Abbildung 6.1):

Das Programm zur Steuerung der Prioritätenlogik prüft zunächst, ob es sich bei beiden Meldungen um zeitkritische Ereignisse handelt. Wenn dies der Fall ist, werden sie nach folgender Hierarchie ausgegeben:

1. Priorität: bei Gefährdung der Verkehrs- oder Betriebssicherheit,
2. Priorität: bei Anliegen einer Verkehrsleitinformation,
3. Priorität: Meldungen, die sich auf Wirtschaftlichkeit in Betrieb und Wartung beziehen.

Betreffen die auszugebenden Meldungen dasselbe Cluster, so geht die Folgeschwere eines Ereignisses als Gewichtungsfaktor in die Priorität der Ausgabe mit ein. Für die zur Sprachausgabe vorgeschlagenen Meldungen (Tab. 6.1) ergibt sich demnach eine Liste der Meldeprioritäten, die in Tabelle 6.2 aufgeführt ist.

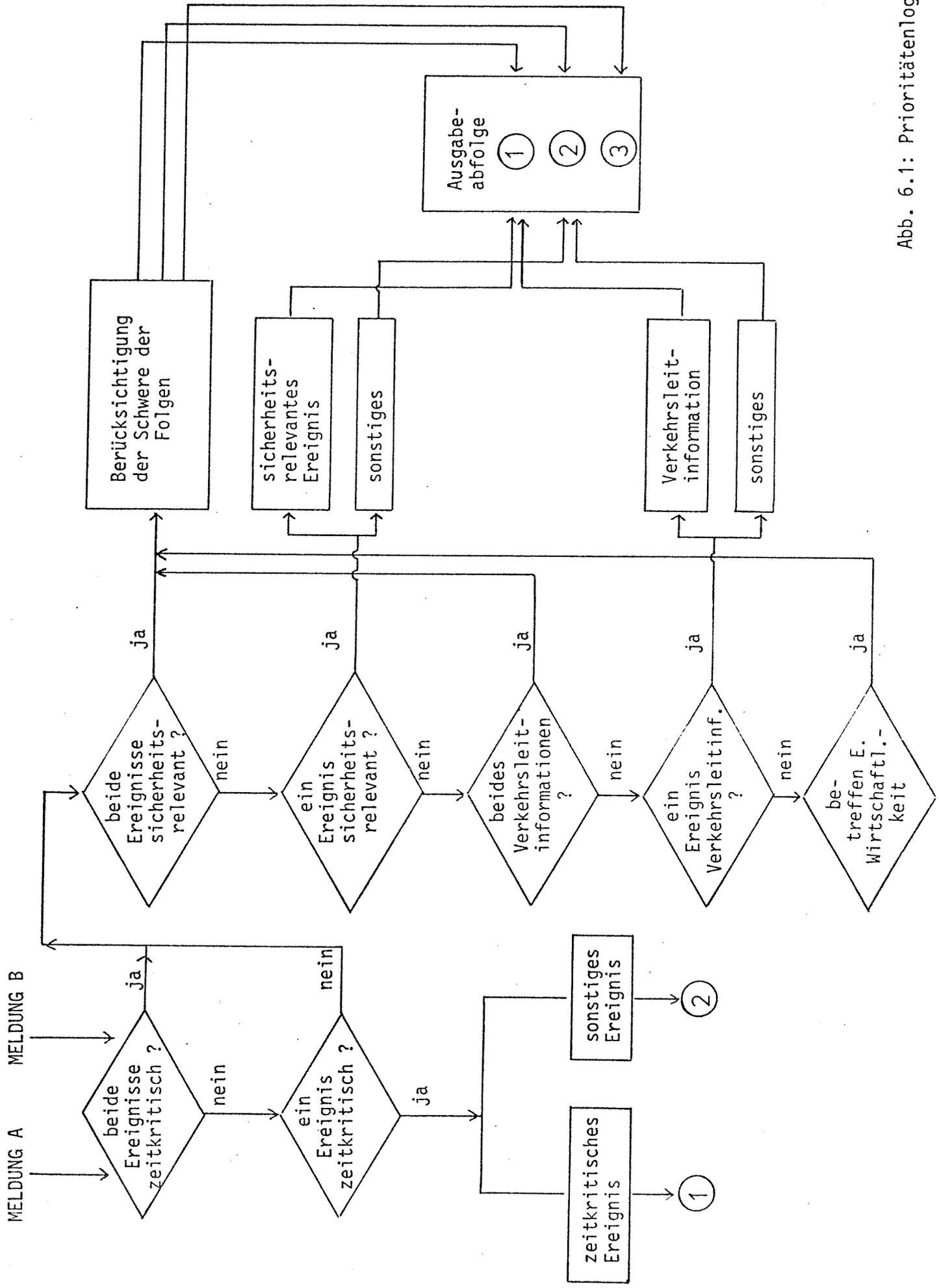


Abb. 6.1: Prioritätenlogik

Information

- Schnee- und Eisglätte-Warnung
- Aquaplaning Warnung
- Warnung vor Hindernissen auf der Fahrbahn
- Ausfall des Antiblockiersystems
- Bremservo funktionsunfähig
- Ausfall der Servolenkung (bei Bussen)
- Ausfall eines Bremskreises
- Reifendruck im Extrembereich
- Öldruck zu niedrig
- Funktionsausfall des Airbags
- Kühlwasser-Temperatur zu hoch
- Öltemperatur zu hoch
- Ladekontrolle im kritischen Bereich
- Defekt einer Lampe
- Handbremse angezogen (während der Fahrt)
- Tankinhalt auf Reserve
- Choke gezogen (bei warmem Motor)
- Aufforderung eine Pause einzulegen (bei Berufsfahrern)

Tab. 6.2: Möglichkeit einer Prioritätenliste für Meldungen, die während der Fahrt ausgegeben werden.

6.3. Darbietungsmöglichkeiten

6.3.1. Häufigkeit der Darbietung einer Meldung

Bezüglich der Darbietungshäufigkeit kommen folgende Möglichkeiten in Betracht:

- Die Information wird einmal ausgegeben. Vorteil dieser Methode ist ihre kurze Darbietungszeit - dies könnte sich jedoch ebenso als Nachteil erweisen, wenn die Meldung überhört oder falsch verstanden wird (siehe 7., Planung des weiteren Forschungsvorhabens, Abschnitt (J)).
- Die Information wird einmal dargeboten, jedoch verfügt der Fahrer oder der Beifahrer über die Möglichkeit, mittels einer Wiederholungstaste die Sprachausgabe nochmals abzurufen. Ungünstig könnte sich hier der verhältnismäßig hohe Zeitbedarf auswirken.
- Die Information wird einmal automatisch wiederholt. Dies könnte sich als günstig erweisen, wenn der Fahrer bei der ersten Sprachausgabe den Inhalt nicht verstanden hat. Allerdings könnte diese Maßnahme bei Fahrern, die die Information sofort aufgenommen haben, auf Unverständnis stoßen und stören.
- Permanente Wiederholung der Sprachinformation. Für das Flugzeugcockpit wurde empfohlen, die Information so oft zu wiederholen, bis der Schaden behoben ist, oder der Pilot eine Stoptaste betätigt (vgl. GORA & ROTHBAUER, 1980). Da die Situation im Cockpit jedoch eine gänzlich andere ist (die Meldung wird z.B. bei einem kritischen Unterschreiten der Flughöhe gegeben), dürfte dieser Vorschlag nicht einfach auf den Straßenverkehr übertragbar sein. Um eine zu starke Ablenkung des Fahrers auf visuellem Gebiet zu vermeiden, sollte diese Art der Rückmeldung nur für Extremsituationen, in denen das Leben des Fahrers unmittelbar bedroht ist, in Betracht gezogen werden. Wenn beispielsweise während eines Überholmanövers der Sprachausgabecomputer permanent meldet, daß der Tankinhalt im Reservebereich ist, und der Fahrer zusätzlich zum Überholen die Bestätigungstaste drücken muß, um die Ausgabe zu beenden, trägt dies sicher nicht zur Erhöhung der Verkehrssicherheit bei. Ob und in welchen Situationen eine permanente Rückmeldung wünschenswert wäre, sollte experimentell geprüft werden.

- Intervenierende Darbietung der Information; hierunter ist die Wiederholung einer Sprachausgabe nach definierten Zeiten zu verstehen. Als Vorteil dieser Methode wäre zu verzeichnen, daß der Fahrer immer wieder an wichtige Meldungen erinnert wird, jedoch ist bisher nicht abzuschätzen, ob Fahrzeugführer diese Art der Wiederholung akzeptieren, oder ob die Maßnahme letztlich zur Ablehnung des Gerätes führt.

6.3.2. Meldungen auf Abruf

Meldungen, die dem Expertenrating zufolge stören, wenn sie während der Fahrt ausgegeben werden, auf die aber nicht verzichtet werden soll, um den Autofahrer so umfassend wie möglich zu informieren, können auf Tastendruck, evtl. jedoch nur bei stehendem Fahrzeug übermittelt werden.

In Betracht könnten folgende Meldungen kommen:

- Funktionsfähigkeit des Sprachausgabegerätes
- Funktionsprüfung des gesamten Kontrollsystems
- Bremskontrolle vor Fahrtantritt
- Bremsbeläge (Abrieb)
- momentaner Benzinverbrauch
- Rückmeldung der Fahrzeit
- Verkehrsleitung im Autobahn- und Stadtbereich.

Sprachausgaben zur Verkehrsleitung erfordern eine alphanumerische Tastatur, durch die der Fahrer Stand- und Zielort eingeben kann. Von derartigen Verkehrsleitsystemen könnten entscheidende positive Impulse für den Verkehrsfluß und die Verkehrssicherheit ausgehen. Die Überlastung des optischen Systems von Kraftfahrern durch die Suche nach dem richtigen Weg wäre durch akustische Verkehrsleitsysteme wesentlich zu reduzieren.

Auf der anderen Seite ist zu überlegen, ob durch die Bedienung einer Tastatur für "Meldungen auf Abruf" während der Fahrt die Verkehrssicherheit negativ beeinflusst wird, da die Gefahr der Ablenkung des Fahrers vom Verkehrsgeschehen besteht.

6.3.3. Pre-Drive-Check

Aus den o.g. Gründen erscheint es sinnvoll, gewisse Informationen nur vor Antritt der Fahrt auszugeben. Hierfür kämen die ersten vier der in 6.3.2. genannten Punkte in Betracht (Prüfung der Funktionsfähigkeit des Sprachausgabe-, des gesamten Kontroll- und des Bremssystems), aber auch Meldungen über den technischen und wartungsmäßigen Zustand des Fahrzeugs. Hilfreich könnte dies z.B. vor Antritt einer längeren Reise sein, um abschätzen zu können, ob ein vorheriger Werkstattbesuch erforderlich ist.

Ein umfassender Pre-Drive-Check für alle wesentlichen Aggregate sollte nur auf Anforderung des Fahrers und nicht automatisch beim Einschalten der Zündung erfolgen, um Belästigungen des Fahrers vor allem im Kurzstreckenbetrieb durch einen kleinen und relativ unwesentlichen Defekt zu vermeiden (vgl. Akzeptanz).

6.4. Gestaltung der Sprachausgabe

6.4.1. Vorwarnreiz

Für die Gestaltung der Sprachausgabe stellt sich u.a. die Frage, ob vor der eigentlich zu vermittelnden Information (z.B. Bremsservo funktionsunfähig) eine Vorwarnung gegeben werden soll.

Diese Vorwarnung könnte

- aus einem oder mehreren Tönen bestehen, wie dies beispielsweise bei Verkehrsdurchsagen der Rundfunksender praktiziert wird, oder
- ein Vorwarnwort sein, z.B. "Achtung" oder "Warnung", bzw. eine längere Wortsequenz.

Für eine Vorwarnung spricht, daß dadurch die Aufmerksamkeit auf die Meldung gelenkt würde, z.B. durch Unterbrechen einer Unterhaltung mit Mitfahrern.

Ein weiteres Argument für eine Ankündigung der Meldung zielt darauf ab, daß das Ohr eine gewisse "Voreinstellung" benötigt, die einerseits der Adaptation, andererseits der Erkennung des Sprechers dient. Der Gesichtspunkt der Erkennung des Sprechers spricht für die Verwendung eines Vorwarnwortes anstelle eines Tones.

Gegen eine Ankündigung der Meldung mittels Vorwarnreiz spricht hingegen eine Verlängerung der Dauer der Sprachausgabe und damit eine eventuelle Verlängerung der Reaktionszeit, was in Situationen, die sofortiges Handeln erfordern, zu Problemen führen kann (Beispiel: Eiswarnung).

Zur Veranschaulichung der Problematik kann folgende Berechnung beitragen: Von drei verschiedenen langen Sätzen (mit und ohne Vorwarnung) wurde die Dauer gemessen und die dabei zurückgelegte Entfernung bei Geschwindigkeiten von 100 bzw. 120 km/h errechnet:

Art der Meldung	Dauer d. Meld.	Gefahrene Geschwindigk.	
		100 km/h	120 km/h
"Achtung" - Pause - "Hier besteht Glatt- eisgefahr"	5,3 sec.	147,2 m	176,7 m
"Hier besteht Glatteisgefahr"	3,2 sec.	88,9 m	106,7 m
"Achtung Glatteis- gefahr - Gas weg- nehmen - nicht bremsen"	6,0 sec.	166,7 m	200 m

Tab. 6.3 : Wegstrecke, die vom Beginn bis zum Ende der Meldung zurückgelegt wird

Wie das obige Rechenexempel verdeutlicht, verlängert sich der Weg, der zwischen Anfang und Ende der Sprachausgabe zurückgelegt wird, bei der Verwendung des Vorwarnwortes "Achtung" um den Faktor 1,7.

Beim Abwägen, ob eine Vorwarnung stattfinden soll oder nicht, ist der entstehende Schaden zu berücksichtigen - "Schaden" ist hier im Sinne mathematischer Entscheidungstheorie zu verstehen und kann monetärer, ideeller oder theoretischer Art sein.

	ohne Vorwarnung	mit Vorwarnung
Auffassen der Meldung	minimaler Schaden	geringer Schaden
Überhören der Meldung und Drücken der Wiederholungstaste	großer Schaden	maximaler Schaden

Tab. 6.4 : Schadensmatrix für Meldungen mit und ohne Vorwarnung

Nach Tab. 6.4 entsteht

- minimaler Schaden, wenn der Fahrer die Meldung ohne Vorwarnung aufnimmt und verarbeitet, da hier der Zeitbedarf am geringsten ist.
- Relativ gering ist der Schaden bei richtiger Auffassung der Meldung durch den Fahrer nach erfolgter Vorwarnung - der Zeitbedarf verlängert sich hier lediglich um die Dauer des Vorwarnreizes.
- Weitaus größerer Schaden entsteht, falls der Fahrer die Meldung nicht versteht und deshalb die Wiederholungstaste drücken muß. Der Zeitbedarf summiert sich wie folgt: zweimalige Meldung, plus Suche und Betätigung der Wiederholungstaste. Durch die Suche könnte auch die Aufmerksamkeit vom Verkehrsgeschehen abgezogen werden, was möglicherweise zu einer kritischen Situation führt, gerade in dem als Beispiel verwendeten Fall der Glatteiswarnung.
- Der größte Zeitbedarf und damit maximaler Schaden entsteht bei Überhören der Meldung mit Vorwarnung, Drücken der Wiederholungstaste und erneuter Ausgabe mit Vorwarnung.

Unberücksichtigt ist bisher in der Schadensmatrix die Auftretenswahrscheinlichkeit für das Auffassen bzw. Überhören der Meldung, mit bzw. ohne Vorwarnung. Diese Wahrscheinlichkeit müßte erst noch empirisch durch entsprechende Experimente ermittelt werden (vgl. 7., Planung, (A) bis (D)).

Für die Entscheidung, ob Ton- oder Wortreize besser als Vorwarnung geeignet sind, werden in der Arbeitspsychologie folgende Kriterien herangezogen (POLLS, 1976, S. 169):

Tonale Signale empfehlen sich, wenn

- es der Einfachheit dienlich ist
- die Zuhörer trainiert sind, kodierte Signale zu verstehen
- eine sofortige Aktion erforderlich oder gewünscht ist
- die Bedingungen für den Empfang von Sprachmitteilungen ungünstig sind
- die Sprachkanäle bereits völlig belegt sind (Tonsignale können durch die Sprache hindurch wahrgenommen werden), und
- Sprache andere Sprachsignale maskieren würde.

Ein Teil der angeführten Kriterien ist für die Situation im Kraftfahrzeug sicherlich zutreffend, wenn auch nicht in solch starkem Umfang wie etwa in einer industriellen Fertigungssituation. Um eine klare Aussage hinsichtlich dieses Gestaltungsgesichtspunktes zu ermöglichen - wobei auch die eingangs erwähnten Punkte Berücksichtigung finden (Adaptation, "Voreinstellung" des Hörers) - sind Experimente erforderlich (vgl. 7., Planung des weiteren Forschungsvorhabens, (A) bis (D)).

Aus Untersuchungen von GEBLEWICZOWA (1963) ist der optimale zeitliche Abstand zwischen Vorwarnreiz und Information ersichtlich: Von den Zeitabständen 0,5 sec, 1,5 sec und 2,5 sec zwischen Vorwarnung und Reiz erwies sich die zeitliche Differenz von 0,5 Sekunden als besonders günstig - hier traten die kürzesten Reaktionszeiten auf.

6.4.2. Aufbau und inhaltliche Gestaltung der Sprachausgabe

Die Sprachverständlichkeit wird sehr stark durch die Redundanz der Mitteilung beeinflusst.

Ähnlich wie der "Speech-Interference-Level" (SIL) ermöglicht der Artikulationsindex eine Bestimmung der Verständlichkeit von Sprache. Der Artikulationsindex hat jedoch gegenüber dem SIL den Vorteil, daß er über 20 Frequenzbänder bestimmt wird und daher Rauschen im Bereich der niedrigen Frequenzen besser berücksichtigt.

Mit dem Artikulationsindex und dem Verständlichkeits-Score (Prozentsatz

richtig wiedergegebener Zeichen) läßt sich zeigen, daß Sätze leichter verständlich sind als isolierte Worte und diese wiederum leichter verstanden werden als einzelne Silben (McCORMICK, 1964).

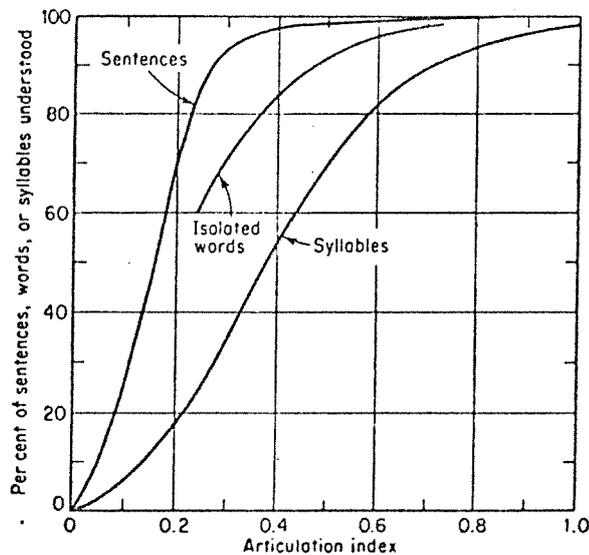


Abb. 6.1 : Zusammenhang zwischen Artikulationsindex und prozentualer Verständlichkeit von Sätzen, Worten und Silben (aus McCORMICK, 1964)

Neben dem Verständlichkeitsindex kann man auch die Reaktionszeiten als sinnvolles Maß für die Auffassung und Verarbeitung von Sprache verwenden. Die Reaktionszeit ist sowohl für ein-, wie auch für mehrsilbige Wörter im Satzzusammenhang kürzer. Eine Meldung, die aus einem Satz besteht, wird also, obwohl sie länger ist, schneller aufgenommen (SIMPSON, zit. nach GORA & ROTHBAUER, 1980).

Eine wesentliche Rolle bei der Sprachverständlichkeit spielt, neben der Redundanz der Mitteilung, der Bekanntheitsgrad der Sprache und des Gebietes, aus dem die Mitteilung stammt. Je kleiner der Umfang des bekannten Mitteilungssets ist, um so einfacher wird die Kommunikation (POLLS, 1976).

Für die formale Gestaltung der Sprachausgabe ist aus dem bisher Gesagten folgendes abzuleiten: Die Ausgabe muß eine bestimmte Länge besitzen,

um vom Hörer überhaupt identifiziert zu werden. Allerdings darf sie aber auch nicht zu lang konzipiert sein, damit der Fahrer adäquat und schnell auf die Information reagieren kann. Um hier eine Optimierung zu erzielen, sind in jedem Falle Experimente erforderlich. Wird kein Vorwarnreiz verwendet, so müssen die ersten Worte die Funktion übernehmen, den Fahrer auf die kommende Information einzustimmen. Um eine gute Sprachverständlichkeit zu gewährleisten sind längere Worte, die dem Fahrer bekannt sind, zu verwenden.

Zur inhaltlichen Gestaltung von Sprachausgaben liegen bisher lediglich Ergebnisse für den Flugbereich vor (vgl. GORA & ROTHBAUER, 1980), die wegen ihrer spezifischen Abstimmung auf Piloten, d.h. eine extrem ausgelesene und trainierte Stichprobe, auf den normalen Verkehrsteilnehmer nicht übertragbar sind. Bei der Planung des weiteren Forschungsvorhabens (vgl. 7., (E) bis (G)) wird diesem Bereich daher besondere Aufmerksamkeit gewidmet.

So ist zu klären, ob die Sprachausgabe Handlungshinweise enthalten soll, wie dies die Literaturanalyse nahe legt (vgl. 4.1.).

Weiterhin ist eine Optimierung der sprachlichen Gestaltung innerhalb einer Meldung vorgesehen, die eine schnelle und sichere kognitive Verarbeitung durch den Fahrer zum Ziel hat. Hierzu werden verschiedene, grammatikalisch sinnvolle Wortkonstellationen (Sätze versus plakative Statements) für jede vorgesehene Information zusammengestellt, Darbietungsschnelligkeit und Redundanz der Meldung berechnet und die sich ergebende Hierarchie experimentell überprüft.

Als nächster Schritt ist eine Optimierung der Unterscheidbarkeit verschiedener Meldungen vorgesehen, d.h., Ausgaben, die aufgrund syntaktischer oder phonetischer Parallelen zu ähnlich klingen und dadurch zu Verständnisschwierigkeiten führen können, müssen eliminiert werden.

Ziel dieser Experimente ist,

- zur Sprachausgabe vorgesehene Informationen inhaltlich und formal optimal zu gestalten, sowie
- eine Konstruktionsanweisung für möglicherweise neu hinzukommende Meldungen zu erarbeiten.

6.5. Stimmqualität des Sprechers

Beim Einsatz von Sprachausgabe im Kfz ist es von größter Wichtigkeit, daß der Sprecher schnellstmöglich als solcher wahrgenommen und erkannt wird, seine Stimme also nicht mit der eines Radiosprechers oder Mitfahrers verwechselt werden kann.

Unter dem Gesichtspunkt der Identifizierbarkeit und Unterscheidbarkeit von anderen sprachlichen Mitteilungen wurde für das Flugzeugcockpit die Verwendung von Sprache, die auf dem Syntheseverfahren basiert, in Erwägung gezogen. Nachteilig ist hierbei die wesentlich schlechtere Verständlichkeit verglichen mit natürlicher Sprache (GORA & ROTHBAUER, 1980). Dieser Effekt setzt bereits ein, wenn natürliche Sprache mit synthetischen Vokabeln versetzt wird (JANSEN, 1967).

Experimente von JANSEN (1967) zeigten, daß ein bereits bekannter Sprecher nach ein bis zwei Silben als Person identifiziert wird, und zwar am "timbre". Timbre stellt ein subjektives Merkmal von Tönen dar, dem auf der physikalischen Ebene die Bandbreite und die Form der Oberschwingungen entspricht. Einschränkend zu diesen Versuchen muß man anmerken, daß die Versuchspersonen vollständig auf diese Wiedererkennungsaufgabe eingestellt waren. Vermutlich wird der Identifikationsvorgang bei Autofahrern, die sich mit dem Verkehrsgeschehen auseinandersetzen, etwas länger dauern, was bei der Auswahl des Vorwarnreizes einzuplanen ist.

Die Qualität des Sprechers erlangt vor allem unter ungünstigen Hörbedingungen (starke Umgebungsgeräusche) eine wichtige Bedeutung. Die Charakteristika gut verständlicher Sprecher, die McCORMICK (1964) zusammenfaßt, sollten auch bei der Auslegung der Sprachausgabegeräte Berücksichtigung finden.

McCORMICK nennt folgende Charakteristika gut verständlicher Sprecher (im Vergleich zu schlecht verständlichen):

1. Silbendauer (in Sekunden): Die Gruppe der gut verständlichen Sprecher hatte eine längere durchschnittliche Silbendauer;
2. Die Silbenintensität (in dB) ist höher;
3. Der Anteil der Sprechzeit an der Gesamtzeit ist länger (proportional kürzere Pausenzeiten);
4. Frequenz-Änderung: Die besser verständliche Gruppe zeigte eine größere Variabilität im Muster der grundlegenden Tonfrequenzen.

Als weniger wichtige Merkmale (keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen) erwiesen sich:

- Variabilität der Intensität
- Totaler Frequenzbereich (Unterschied in Halbtönen zwischen den niedrigsten und höchsten verwendeten Frequenzen)
- Median der Frequenz.

McCORMICK weist darauf hin, daß Sprecher, die für schlechte Übertragungsbedingungen trainiert werden, nicht sehr stark in der Intensität variieren, sondern mit relativ stetiger Intensität sprechen sollten.

Geschlecht des Sprechers:

Bei der Frage, ob eine Männer- oder Frauenstimme verwendet wird, ist zu berücksichtigen:

Im Bereich der Luftfahrt spricht im Augenblick noch für eine Frauenstimme, daß sie im Funkverkehr seltener vertreten ist als eine Männerstimme und daher eine leichtere Unterscheidbarkeit zwischen Funkverkehr und Sprachausgabe gewährleisten könnte. Im Kraftfahrzeug sind weibliche Stimmen aufgrund von Rundfunksendungen und Gesprächen von Mitfahrern ungefähr gleich häufig wie Männerstimmen und bieten daher keinen Vorteil für die Sprachausgabe.

Da der Median der Frequenz eines Sprechers (also seine Tonlage) keine entscheidende Variable für die Güte der Verständlichkeit darstellt und männliche Stimmen leichter zu synthetisieren sind, wird man sich bei Sprachausgaben im Kraftfahrzeug wohl eher für eine männliche Stimme entscheiden.

6.6. Ergonomische und technische Anforderungen an ein Sprachausgabegerät

Für das Mensch-Maschine-System "Fahrer - Fahrzeug - Umwelt" lassen sich aus den anatomisch-physiologischen Voraussetzungen des Menschen folgende ergonomische Anforderungen für Sprachausgabegeräte ableiten:

- Das Gerät muß im unmittelbaren Blickfeld und Greifraum (Abbildung 6.3) des Fahrzeugführers installiert werden.
Begründung: Ohne gravierende Ablenkung des Fahrers vom Verkehrsgeschehen sollen Ein-/Ausschalter, Repeat-Taste, Abruf-Taste o.ä. einsehbar und erreichbar sein. Abbildung 6.2 zeigt das Gesichtsfeld des Fahrers - optimal wäre demzufolge eine Anbringung des Gerätes in der normalen Sichtlinie bei einer seitlichen maximalen Winkelauslenkung von 30 Grad, so daß für die optische Erfassung lediglich Augen-, nicht aber Kopfbewegungen erforderlich sind.

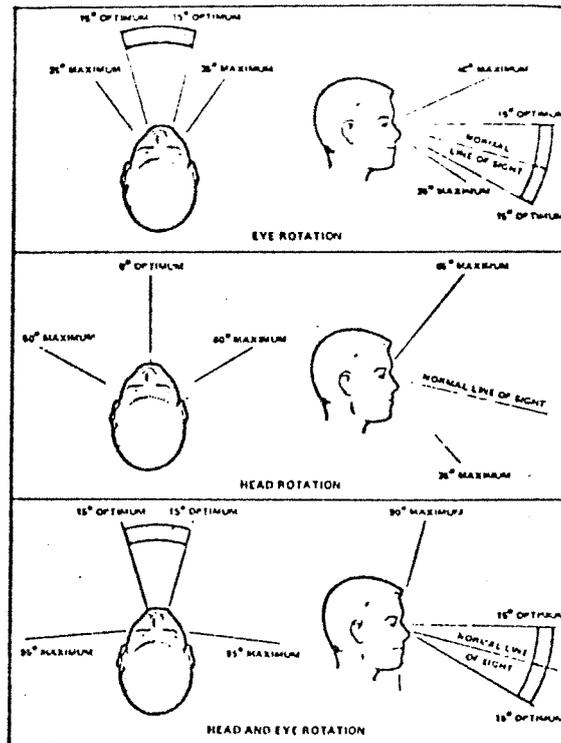


Abb. 6.2: Vertikales und horizontales Gesichtsfeld mit und ohne Kopfbewegung (aus KRAISS & MORAAL, 1976)

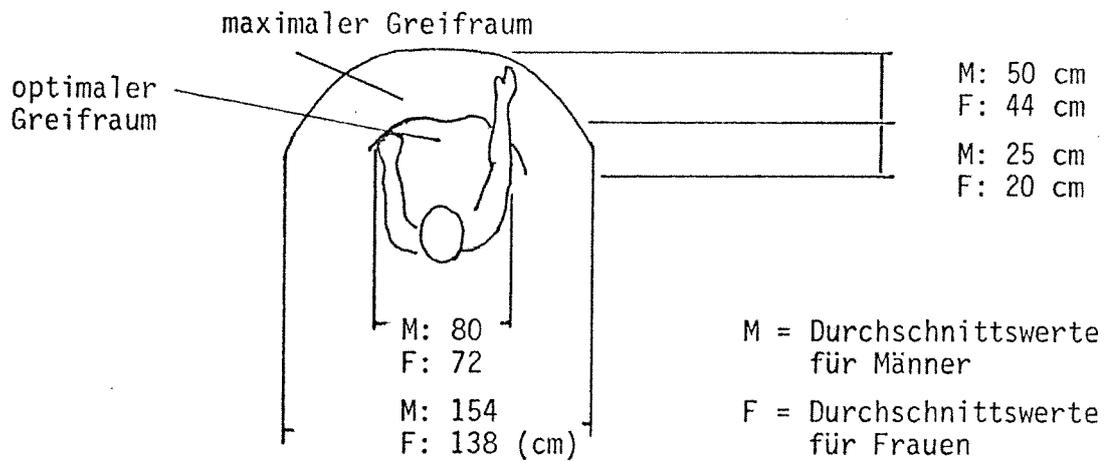


Abb. 6.3: Optimaler und maximaler Greifraum
(nach Maßangaben von RADL, 1980)

Die Unterbringung des Sprachausgabesystems in der Konsole erscheint nur dann sinnvoll, wenn das Fahrzeug nicht zu breit, bzw. Armaturenbrett und Konsole halbrund um den Fahrer angeordnet sind und so leicht erreicht werden können.

Weitere ergonomische Anforderungen sind:

- Einfachheit im Handling: Bereits mehrfach (z.B. im Zusammenhang mit der Ablenkungsproblematik) wurde auf die Forderung nach unkomplizierter Bedienbarkeit des Sprachausgabegerätes hingewiesen.
- Um Lichtreflexionen zu vermeiden, sollten Gerät und Tastatur eine matte Oberfläche aufweisen.

- Bei der Kennzeichnung der Tasten ist auf gute Lesbarkeit und Abriebfestigkeit zu achten. Falls sich für eine sinnfällige Beschriftung keine international gleichermaßen verständlichen Worte finden, ist der Verwendung von Symbolen der Vorzug zu geben.

Wählt man für die Beschriftung der Tasten Positivdarstellung, so ist wegen des guten Kontrastes die Verwendung schwarzer Zeichen auf weißem Hintergrund zu empfehlen, während bei Negativdarstellung (dunkler Hintergrund) aufgrund des Empfindlichkeits-Maximums des helladaptierten Auges bei 555 Nanometer (= gelb-grüne Farbe) gelb-grüne oder weiße Zeichen verwendet werden sollten (vgl. Abbildung 6.4).

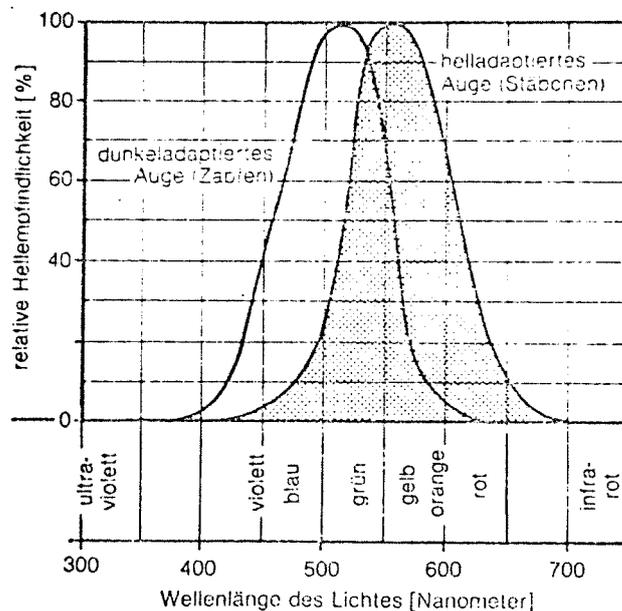


Abb. 6.4: Spektrale Empfindlichkeit des menschlichen Auges (aus RADL, o. J., S. 5)

Neben einer Lautstärkengrundeinstellung, die werksseitig vorgenommen wird und einen gewissen Lautstärkepegel bei eingeschaltetem Gerät garantiert, ist für eine einwandfreie Verständlichkeit unter unterschiedlichen Umgebungsgeräuschen eine automatische Lautstärkeanpassung vorzusehen.

Die individuelle Lautstärkeregelung sollte einerseits leicht einstellbar sein, andererseits nicht unbeabsichtigt verändert werden. Am besten scheint dies unserer Einschätzung nach durch ein Stufenpotentiometer, wie es z.B. bei Stereo-Receiver zum Einsatz kommt, erreicht zu werden.

Entscheidet man sich bei der Darbietungshäufigkeit für einmalige Darbietung mit Wiederholungsmöglichkeit durch "repeat-Taste", so sollte durch die Meldung einer Störung ein 'Flag' gesetzt werden, das durch das Abschalten der Zündung (= Ausschalten des Sprachausgabegeräts) gelöscht wird, so daß bei jedem neuen Start - falls der Fehler noch vorhanden ist - eine erneute Ausgabe erfolgt.

Um unbeabsichtigtes Ausschalten des Gerätes zu vermeiden, empfiehlt es sich, den Hauptschalter besonders zu sichern, z.B. durch einen Verriegelungsmechanismus.

7. Planung des weiteren Forschungsvorhabens

Die bisher angestellten theoretischen Überlegungen und die Ergebnisse der Literaturrecherche werfen eine Reihe von Fragen und Problemen auf, die der experimentellen Prüfung bedürfen.

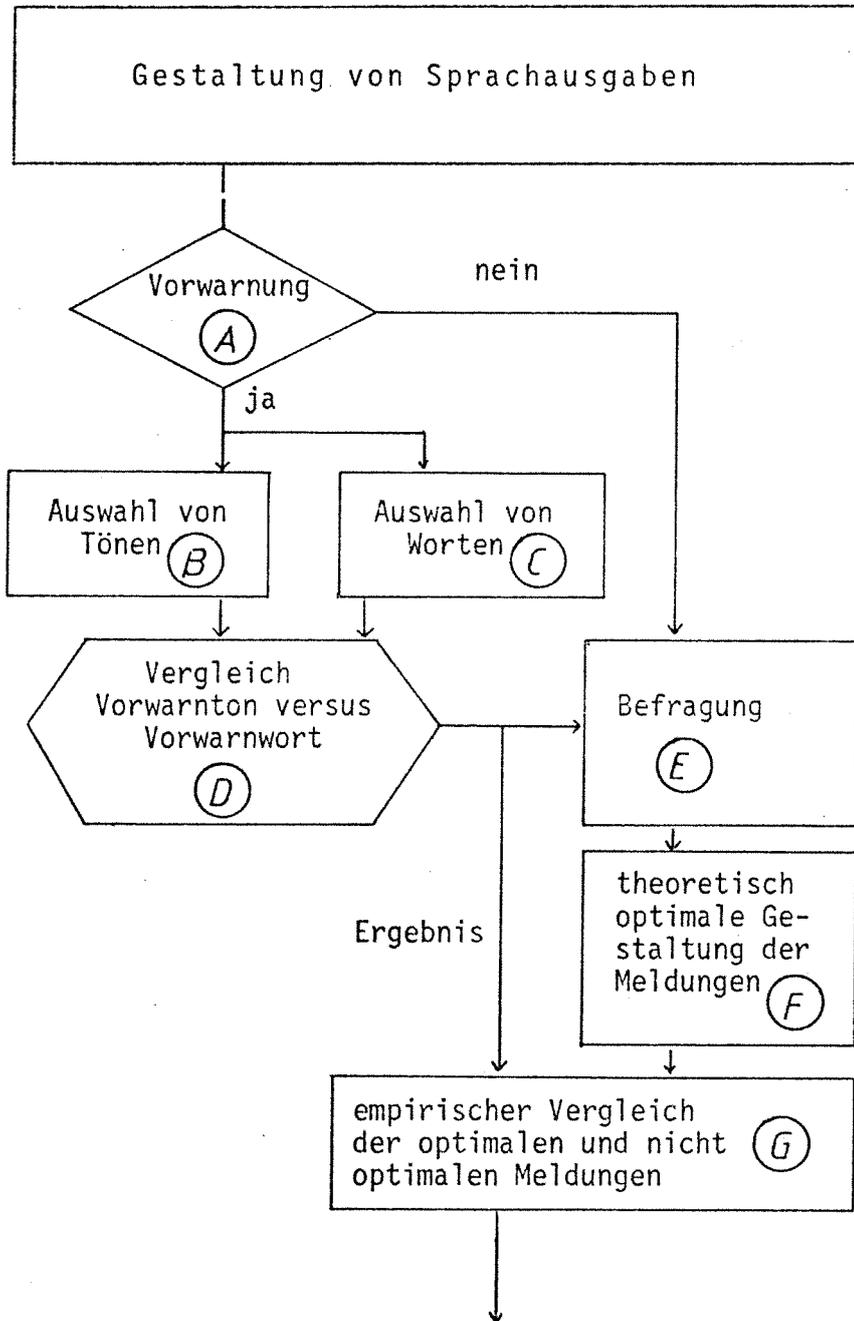
Die weitere Forschungsarbeit gliedert sich in zwei große inhaltliche Bereiche:

- Optimierung der Gestaltung der Sprachausgabe (Vorwarnung, sprachliche Inhalte, Wortkonstellationen, Zustandsbeschreibung / Handlungshinweise);
- Auswirkungen der Sprachausgaben (Optimierung von Verständlichkeit, Darbietungshäufigkeit, Prüfung möglicher negativer Effekte auf die Verkehrssicherheit, bedingt durch begrenzte Verarbeitungskapazität) für verschiedene Gruppen von Autofahrern.

Die einzelnen Schritte, gekennzeichnet durch die Buchstaben \textcircled{A} bis \textcircled{K} , sind auf den folgenden Seiten dargestellt. Neben einer Problemskizzierung finden sich dort Versuchspläne und Beschreibungen der Vorgehensweise.

Abbildung 7.1 vermittelt hierzu einen Überblick, Abbildung 7.4 zeigt den zeitlichen Ablauf des ersten Teils der Hauptuntersuchung (Dauer: 1 Jahr), der sich auf Laborexperimente, Befragungen etc. bezieht, während im zweiten Abschnitt der Hauptuntersuchung (Dauer: 1 Jahr) Untersuchungen im kontrollierten Feldexperiment vorgesehen sind.

7.1. Planung des 1. Teils der Hauptuntersuchung



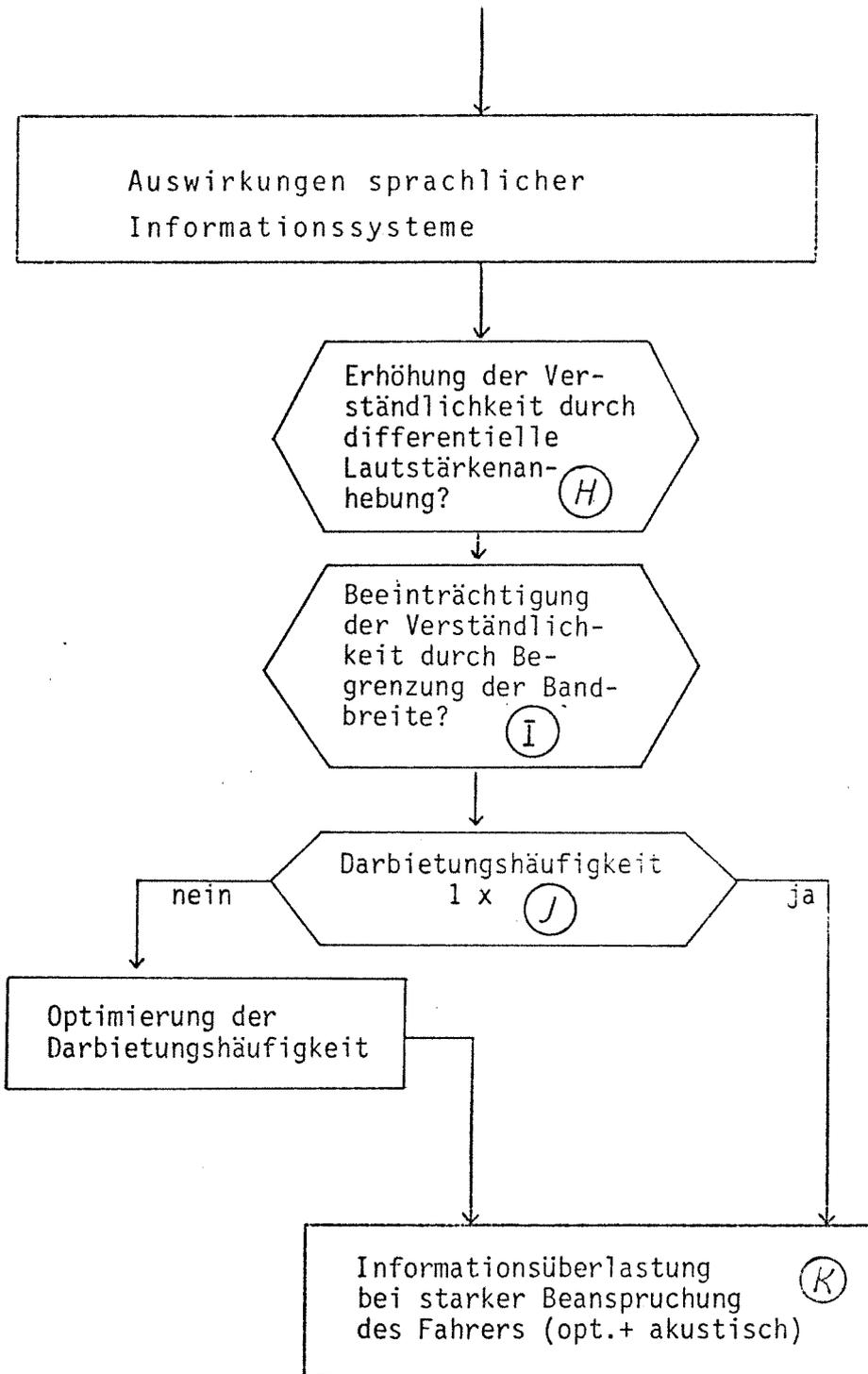


Abb. 7.1 : Überblick über den 1. Teil der Hauptuntersuchung

Problemereich: Vorwarnung

1. Soll generell eine Vorwarnung gegeben werden?

(A)

- pro: akustische und kognitive Voreinstellung des Fahrers (vgl. 3.3.)
- contra: insgesamt verlängerte Ausgabezeit (vgl. 6.4.1.)
Können jedoch in nächster Zukunft extrem zeitkritische Ereignisse, wie Glatteis- oder Aquaplaning-Warnung, wegen technischer Probleme nicht gemeldet werden, so ist es nach Abwägen aller Kriterien günstiger, der Meldung eine Vorwarnung vorzuschicken (vgl. auch Schadensmatrix, in 6.4.1.).

2. Art der Vorwarnung: Ton versus Wort

- Versuch zum Auffinden des günstigsten Vorwarntones:
siehe Beschreibung zum Versuch "Vorwarnton" (B)
- Auswahl geeigneter Vorwarnworte; Vorüberlegungen:
Für Meldungen, die die Sicherheit (Verkehrs- und Betriebssicherheit) betreffen, bietet sich z.B. das Vorwarnwort "Achtung" an, da es zwar Aufmerksamkeit erregt, aber vermutlich keine Schreckreaktion, wie etwa das Wort "Vorsicht", auslöst; (C)
Zur Ankündigung von Verkehrsleitinformationen könnte z.B. "Information", oder "Durchsage" verwendet werden.
Bei Informationen, die nur auf Abruf gegeben werden, ist keine spezielle Vorwarnung erforderlich.
- Entscheidungsexperiment: sollen Vorwarnworte oder Vorwarntöne verwendet werden? (D)
siehe Versuch "Vorwarnworte / Vorwarntöne"

Versuch: Vorwarnton

(B)

Fragestellung: Durch welchen Vorwarnton wird die höchste Aufmerksamkeit und eine gute Voreinstellung des Kraftfahrers auf die bevorstehende Meldung erzielt? Dabei ist die Annehmlichkeit des Tones für den Kraftfahrer zu berücksichtigen.

Ton Kontext	Rechteck 440 Hz	Rechteck 880 Hz	Sinus 440 Hz	Sinus 880 Hz	Gong
Klassische Musik					
Popmusik					
Volksmusik					
Werbung					
Nachrichten					

Versuch: Identifikation des Vorwarntons aus dem 'Kontext'

Aufgabe der Versuchsperson: - schnellstmögliche Reaktion auf den Vorwarnton durch Drücken einer Taste
- Im Anschluß an den Versuch soll die Vp von den 5 Tönen denjenigen auswählen, der ihr am angenehmsten und als Vorwarnton am besten geeignet erscheint.

Abhängige Variable: Reaktionszeit auf den Ton
Einschätzung der Annehmlichkeit der Töne

Stichprobenumfang: 30 Personen

Versuch: Vorwarnworte / Vorwarntöne

Fragestellung: Durch welche Vorwarnung (Ton, Wort, Ton + Wort) wird die höchste Aufmerksamkeit und eine optimale Voreinstellung des Kraftfahrers auf die bevorstehende Meldung erzielt?

Zu berücksichtigen sind Annehmlichkeit und Akzeptanz für bzw. durch den Kraftfahrer (es soll keine Schreckreaktion ausgelöst werden!).

Vorwarnung Kontext	Ton 1 für "Sicherheits- meldung"	Ton 2 für "Verkehrs- leitung"	Wort 1 für "Sicherheits- meldung"	Wort 2 für "Verkehrs- leitung"	Ton + Wort für "Sicher- heitsmeldung"
Klassische Musik Popmusik Volksmusik Werbesendung Nachrichten Unterhaltung					

Art der Untersuchung: Vigilanzuntersuchung, Wahlreaktionsaufgabe

- Aufgabe der Versuchsperson:
- aus dem Kontext Vorwarnung heraus-
hören und "Sicherheits-" bzw. "Ver-
kehrsleit-Taste" drücken.
 - Nebenaufgabe: optische Regelauf-
gabe per Fußpedal, damit die Hand
für die Betätigung der Reaktions-
taste frei bleibt.

- Abhängige Variable:
- Reaktionszeit und Anzahl richtiger Reak-
tionen auf die jeweiligen Vorwarnreize
 - Einschätzung der Annehmlichkeit der ver-
schiedenen Vorwarnreize

Versuchsdurchführung: Jede Versuchsperson erhält für jede Kontextvariable die Wort- bzw. Ton-Vorwarnungen in zufälliger Reihenfolge dargeboten und muß möglichst schnell die richtige Reaktionstaste drücken.

Stichprobenumfang: 20 Autofahrer, davon 10 ältere Führerscheininhaber

Problembereich: Inhaltliche Gestaltung der Sprachausgabe

1. Soll die Sprachausgabe Handlungshilfen enthalten, oder soll sie lediglich eine Beschreibung des Zustandes geben (vgl. hierzu 6.4.)?
 - pro: die Literaturanalyse legt konkrete Handlungshinweise nahe;
 - pro: die akustische Ausgabe bietet gegenüber optischen Anzeigen den Vorzug, Handlungshinweise anbieten zu können;
 - contra: Akzeptanzprobleme (werden Handlungshilfen vom Fahrer akzeptiert oder fühlt er sich bevormundet?).

Vorgehensweise: Befragung von Führerscheininhabern, wobei die verschiedenen Problemgruppen angemessen berücksichtigt werden. (E)

Stichprobengröße: 100 Führerscheininhaber

Aufgabe der Befragten: freie Beantwortung der Frage "Was würden Sie tun, wenn Sie von Ihrem Sprachausgabegerät die Meldung '....' bekämen?"

Es folgt eine Liste aller für Sprachausgabe in Betracht kommenden Meldungen (reine Zustandsbeschreibungen).

Das Entscheidungskriterium, ob ein Handlungshinweis erforderlich ist oder nicht, wird nach der Folgeschwere der Falsch-Antworten festgesetzt. (Beispiel: Einer falschen Antwort bei Meldung "Ausfall der Nummernschildbeleuchtung" wird geringe Wertigkeit zugeordnet, während eine falsche Antwort bei "Öl-druck zu niedrig" höher gewichtet wird.)

Abbildung 7.2 verdeutlicht die Vorgehensweise:

Spricht das Ergebnis der Befragung für die Verwendung von Meldungen mit Handlungshinweisen, so müssen die einzelnen Sprachausgaben bezüglich möglicher Fehlinterpretationen in spezifischen Situationen überprüft werden (vgl. 5.2.).

2. Optimierung der sprachlichen Gestaltung innerhalb einer Meldung: (F)

Ziel: Sichere und schnelle kognitive Verarbeitung der Meldung.

Vorgehensweise:

- Aufstellung verschiedener, grammatikalisch sinnvoller Wortkonstellationen (plakative Statements / vollständige Sätze von unterschiedlicher Länge) für jede vorgesehene Meldung. (Methode: Brainstorming);
- Berechnung von Redundanz (Methode: Bestimmung von Übergangswahrscheinlichkeiten) und Darbietungsschnelligkeit (Methode: Zeitmessung) bei einer Sprachgeschwindigkeit von 140 Worten pro Minute (vgl. 4.1.3.).

Ergebnis: Hierarchie der möglichen Darbietungsformen jeder Meldung.

3. Optimierung der Unterscheidbarkeit verschiedener Meldungen: (F)

Ziel: Eliminierung von Meldungen, die aufgrund syntaktischer oder phonetischer Ähnlichkeiten schwer unterscheidbar sind (Beispiel: "Die Kühlwassertemperatur ist zu hoch" und "Die Öltemperatur ist zu hoch"). Hier müßte für eine der beiden Meldungen auf eine zweitbeste Darbietungsform nach der Hierarchie der 'Optimierung innerhalb' zurückgegriffen werden.

4. Experiment: Empirischer Vergleich der theoretisch optimalen mit den theoretisch nicht-optimalen Formen der Sprachausgabe. (G)
Vorgehensweise: siehe Versuchsbeschreibung "Optimale Meldungen".

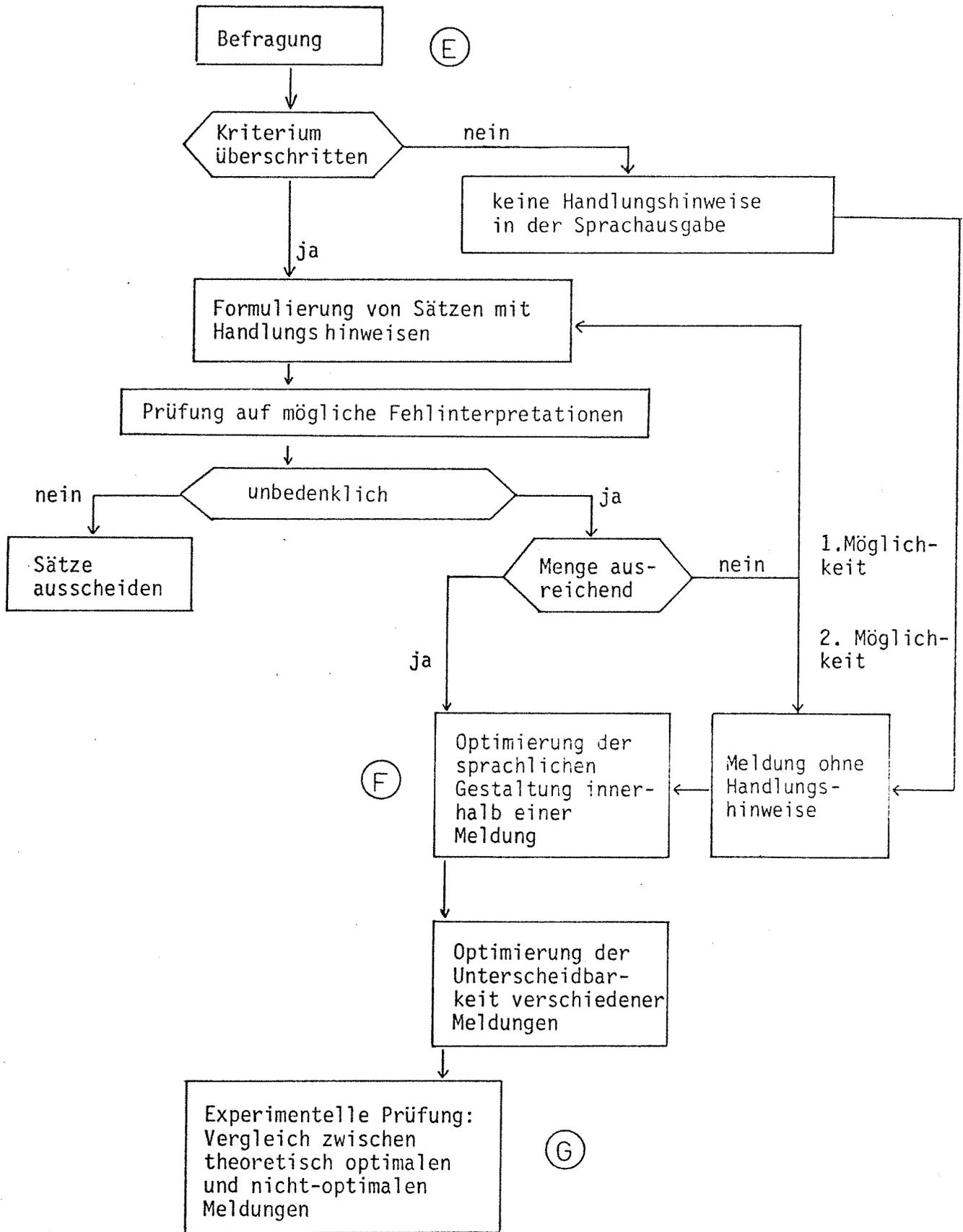


Abb. 7.2: Ablaufplan zum Problembereich "Inhaltliche Gestaltung der Sprachausgabe"

Versuch: Optimale Meldungen

Experiment: Empirischer Vergleich der theoretisch optimalen mit den theoretisch nicht-optimalen Formen der Sprachausgabe.

Ⓞ

Um möglichst viele Meldungen für unterschiedliche Fahrerpopulationen prüfen zu können, werden die Meldungen nach Zufall drei Teilgruppen zugeordnet:

Versuchspersonen Meldungen	Vpn-Gruppe 1 junge, unerfahrene Fahrer	Vpn-Gruppe 2 mittlere Altersgr. mit Fahrerfahrung	Vpn-Gruppe 3 ältere Fahrer mit Fahrerfahrung
Meldungen, die theoretisch als "optimal" gewertet wurden	Teil 1 der Meldungen	Teil 2 der Meldungen	Teil 3 der Meldungen
Meldungen, die theoretisch als "nicht-optimal" gewertet wurden	Teil 2 der Meldungen	Teil 3 der Meldungen	Teil 1 der Meldungen

Versuch: komplexe Fahraufgabe mit Folgetracking und Detektion peripherer Reize

Aufgabe der Versuchsperson: - jeweils nach ausgegebener Meldung Beschreibung der auszuführenden Handlung
- Fahraufgabe

Abhängige Variablen: - Güte der Fahraufgabe
- Richtigkeit der Beschreibung der auszuführenden Handlung

Auswertung: Varianzanalyse

Stichprobenumfang: 45 Vpn, je Gruppe 15

Folgerung: Sind die Unterschiede zwischen den Zeilen (Darbietungsart) größer als zwischen den Spalten (Versuchspersonen), so wird die theoretische Ableitung als empirisch bestätigt angesehen.

Problembereich: Verständlichkeit der Meldungen (1)

Kann die Verständlichkeit der Meldungen durch differentielle Lautstärkenanhebung einzelner Frequenzen des Sprachspektrums verbessert werden? (Fahrzeugspezifisch)



Versuch: spektral differentielle Lautstärkenanhebung

	Meldung bei differentiell angehobener Lautstärke a	Meldung ohne differentiell angehobener Lautstärke na
Meldung bei differentiell angehobener Lautstärke a	a - a	a - na
Meldung ohne differentiell angehobener Lautstärke na	na - a	na - na

Art der Untersuchung: Paarvergleich

Dargeboten werden 5 verschiedene Meldungen jeweils im Paarvergleich entsprechend den o.g. Variationsmöglichkeiten

Geräuschkenspektrum: Fahrzeuginnengeräusche eines Lkws und eines kleineren Pkws (Extrembedingungen), bei denen die Lautstärke der einzelnen Frequenzanteile verschieden ist.

Die Lautstärke der Sprachausgabe wird in den Frequenzbändern, die besonders stark vertreten sind, entsprechend angehoben. Die Gesamtlautstärke der Meldung bleibt jedoch unverändert.

Aufgabe der Versuchsperson: - die Versuchsperson muß beurteilen, ob die Verständlichkeit eines Vergleichspaares (z.B. a - a; na - a; na - na ...) gleich oder verschieden war;
- bei der Beurteilung als 'verschieden': Angabe, welcher Satz besser verständlich ist.

Stichprobenumfang: 30 Vpn

Problembereich: Verständlichkeit der Meldungen (2)

Welchen Einfluß auf die Sprachqualität und damit auf die Verständlichkeit hat eine Beschneidung der oberen Grenzfrequenz auf 3 kHz?

Ⓢ

Versuch: Vergleich der Verständlichkeit von Sprachausgaben in Abhängigkeit von der Bandbreite.

Unabhängige Variablen: 20 Worte, die den Vpn nach Zufall dargeboten werden.

Art der Darbietung: Natürliche Sprache wird auf eine Bandbreite von

a) 300 - 5000 Hz

b) 300 - 3000 Hz

begrenzt und mit weißem Rauschen überlagert.

Abhängige Variable: Anzahl richtig wiedergegebener Worte.

Statistischer Test: Mittelwertsvergleich zwischen den Darbietungsweisen.

Anzahl der Versuchspersonen: 20

Schlußfolgerung: Falls sich bei natürlicher Sprache durch die Bandbreitenbegrenzung negative Einflüsse zeigen, müssen weitere, außerhalb dieser Studie angesiedelte Versuche bezüglich der Parameter synthetischer Sprache gemacht werden.

Problembereich: Darbietungshäufigkeit der Meldungen

Soll eine Meldung so lange wiederholt werden, bis sie vom Fahrer durch Tastendruck quittiert wird?

ⓐ

- pro: Einfachheit des Systems
- pro: Die Wahrscheinlichkeit, daß eine Meldung überhört wird, ist minimal
- contra: Ablenkung vom Verkehrsgeschehen beim Suchen der Quittiertaste möglich und wahrscheinlich, (vgl. 6.3.1.)
- contra: Akzeptanzprobleme (läßt z.B. die Verkehrssituation ein Quittieren nicht zu, kann die Sprachausgabe als störend empfunden werden bzw. den Fahrer überfordern — Verkehrsgefährdung) (vgl. 5.1.)
- contra: Erwünschte Reaktion wird möglicherweise verzögert.

Entscheidungsstrategie:

Wurden beim Vergleich theoretisch optimaler versus nicht-optimaler Meldungen (ⓐ) als optimal eingestufte Meldungen überhört oder nicht richtig beantwortet, so muß die günstigste Darbietungshäufigkeit experimentell erprobt werden. Andernfalls kann die einmalige Darbietung mit Wiederholungsmöglichkeit per Tastendruck als ausreichend angesehen werden (vgl. 6.3.1.), (Entscheidungsstrategie siehe Abb.7.3).

Entscheidungsstrategie:

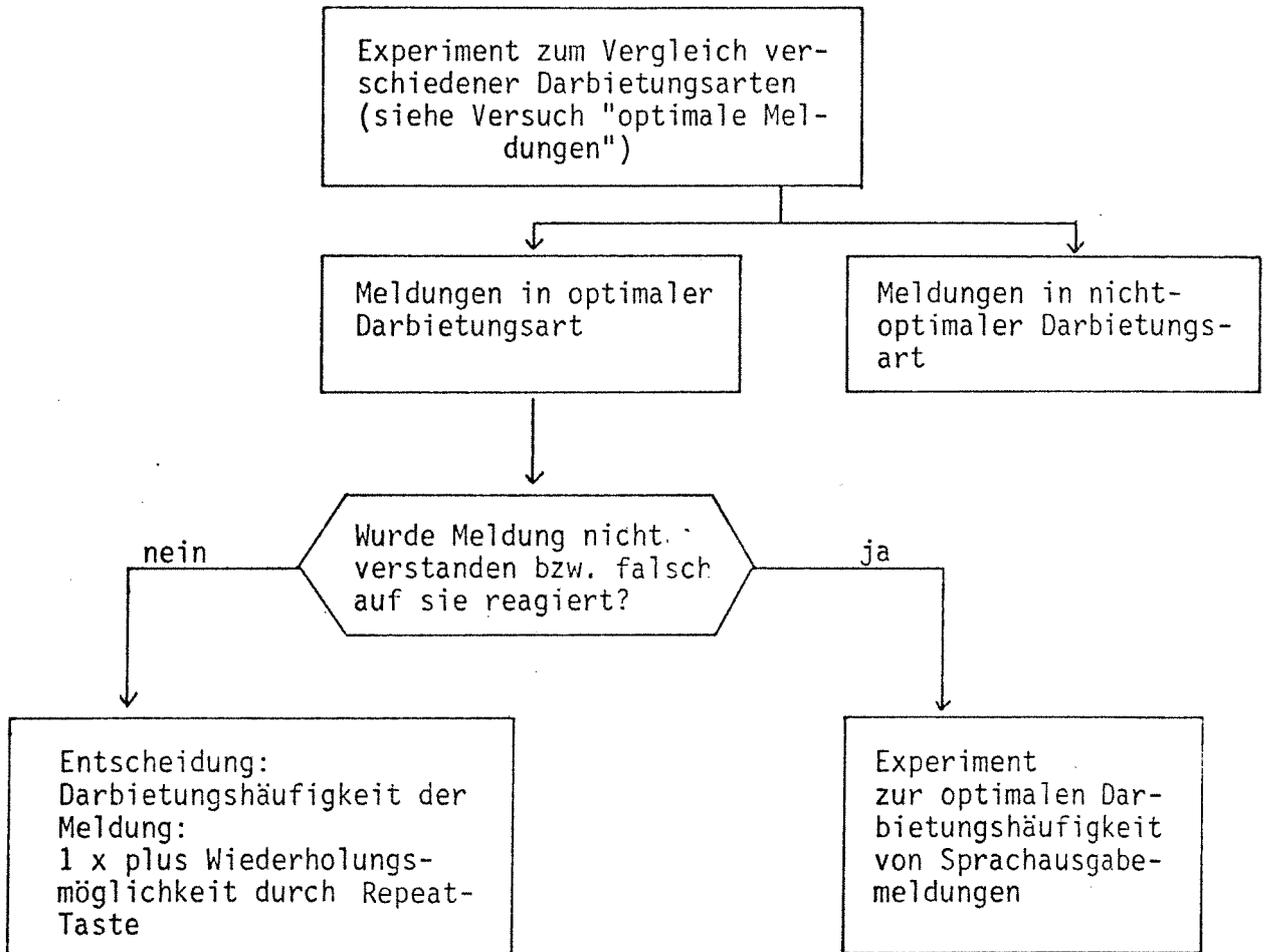


Abb. 7.3: Entscheidungsstrategie bei Festsetzung der Darbietungshäufigkeit

Problembereich: Kanalkapazität - Informationsüberlastung

(K)

Fragestellung: Bei starker Belastung des optischen Kanals (vergleichbar einer kritischen Situation im Straßenverkehr) und zusätzlicher akustischer Information sind drei Alternativen in Erwägung zu ziehen:

- Wird ein Kanal (optischer / akustischer) verarbeitungsmäßig bevorzugt?
- Sinkt die Verarbeitungskapazität beider Kanäle?
- Oder ergibt sich keine wechselseitige Beeinträchtigung der Verarbeitungsgüte beider Kanäle? (vgl. 5.2.)

Experiment:

Beschreibung des Versuchs:

- Komplexe Fahraufgabe mit Nebenaufgaben (Wahlreaktion auf periphere Reize)
- Radiosendung mit Nachrichtensprecher (wird 0,5 sec. vor der Sprachausgabe "stummgeschaltet"), zusätzlich Kindergespräche;
- oder
- Unterhaltung mit Mitfahrern (Antworten auf Fragen), zusätzlich Hintergrundmusik

	junge Fahrer		Fahrer mittleren Alters		ältere Fahrer	
	Sprachausg.	keine Sp.	Sprachausg.	keine Sp.	Sp.	keine Sp.
Nachrichtensendung plus Kindergespräch						
Unterhaltung mit Mitfahrern plus Musiksendung						

- Aufgabe der Versuchspersonen:
- Beschreibung der Handlungen, die aufgrund der Sprachausgabe angezeigt sind
 - Erfüllung der Fahr- und Nebenaufgabe
 - Teilnahme an der Unterhaltung

Abhängige Variablen: - Güte der Fahraufgabe
- Reaktionszeit auf periphere Reize
- Güte der Beschreibung der Handlungen

Stichprobenumfang: 45 Versuchspersonen,
pro Altersgruppe 15 Probanden

Auswertung: Varianzanalyse

Zeitliche Planung des 1. Teils der Hauptuntersuchung (Labor-
experimente, etc.)

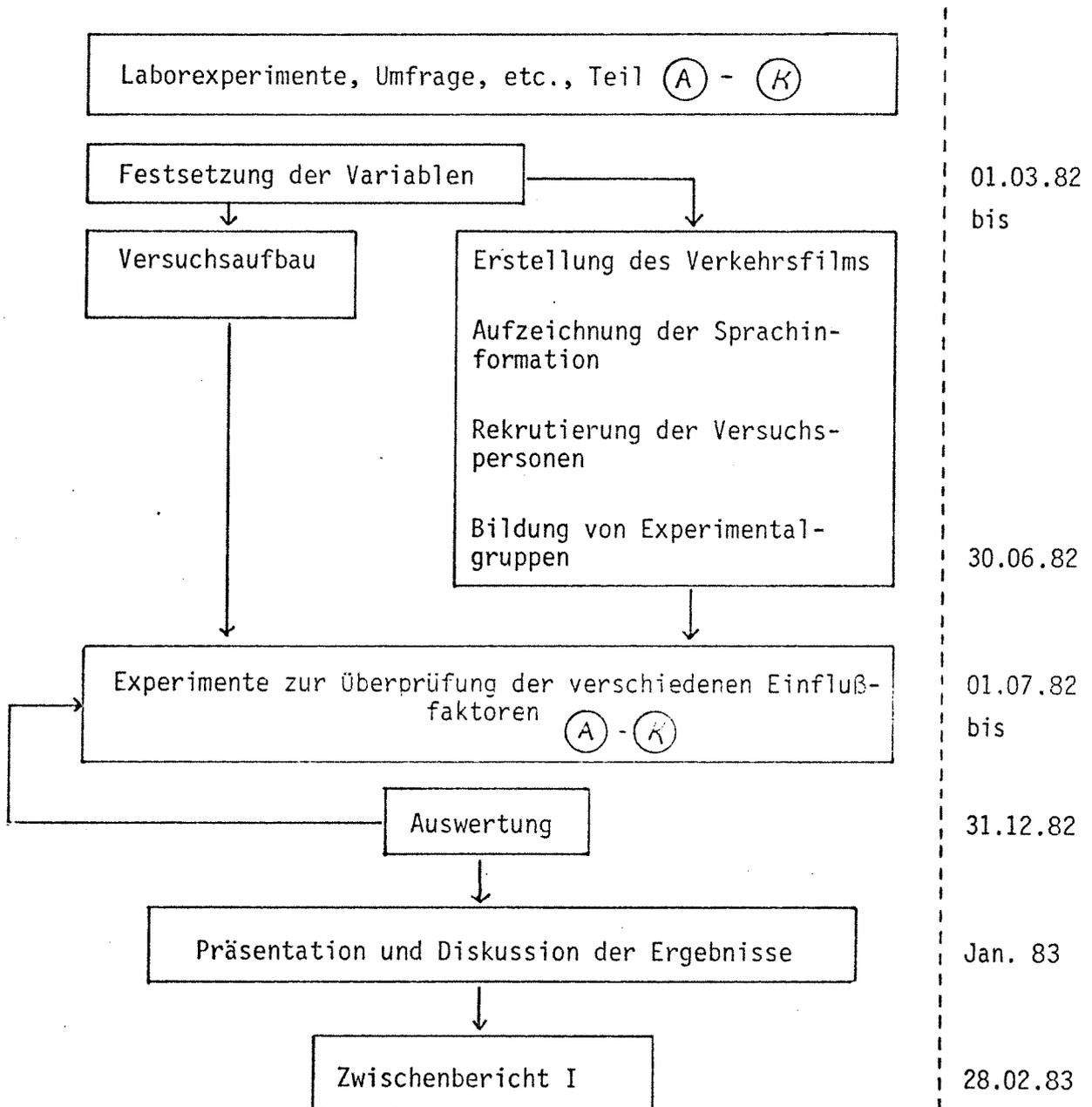


Abb. 7.4 : Zeitplan für den ersten Teil der Hauptuntersuchung

7.2. Planung des 2. Teils der Hauptuntersuchung (Feldexperimente)

Nach Abschluß des ersten Teils der Hauptuntersuchung bedürfen die Ergebnisse der Laborexperimente einer Validierung in kontrollierten Feldexperimenten und realen Fahrsituationen.

Die Versuchsdurchführung erfolgt entweder mittels eines speziell ausgerüsteten Forschungsfahrzeugs des Psychologischen Instituts der Universität Tübingen, das eine simultane Aufzeichnung von Straßenverlauf, optischem Umfeld, gefahrener Geschwindigkeit und Reaktionen der Vp auf die dargebotenen akustischen Informationen ermöglicht, oder mit dem Fahrerleistungs-Meßfahrzeug der Bundesanstalt für Straßenwesen.

Wie auch aus Abbildung 7.5 hervorgeht, gliedert sich dieser Teil der Studie in zwei Abschnitte:

Feldexperiment I:

Befahren wird eine standardisierte Strecke, wobei als erschwerende Bedingung etwa das Passieren enger Tore (vorwärts und rückwärts), das Einhalten einer definierten Geschwindigkeit o.ä. eingeführt werden kann. Der Fahrer hat die Aufgabe, auf eine definierte Anzahl von externen Reizen und fahrzeuginternen visuellen und auditiven Informationen zu reagieren. Faktoren, die sich in den Laborexperimenten als relevant erwiesen haben, werden hierbei systematisch variiert. In Betracht kommen: Verständlichkeit in Abhängigkeit von Form, Inhalt und Darbietungshäufigkeit der Sprachausgaben, Verarbeitungs- und Reaktionstendenzen unerfahrener und älterer Fahrer. Die Stichprobe soll 25 Kraftfahrer umfassen.

Feldexperiment II:

Es dient der Überprüfung der Ergebnisse aus Feldexperiment I in einer realen Verkehrssituation, d.h., die Versuchspersonen fahren im normalen Straßenverkehr.

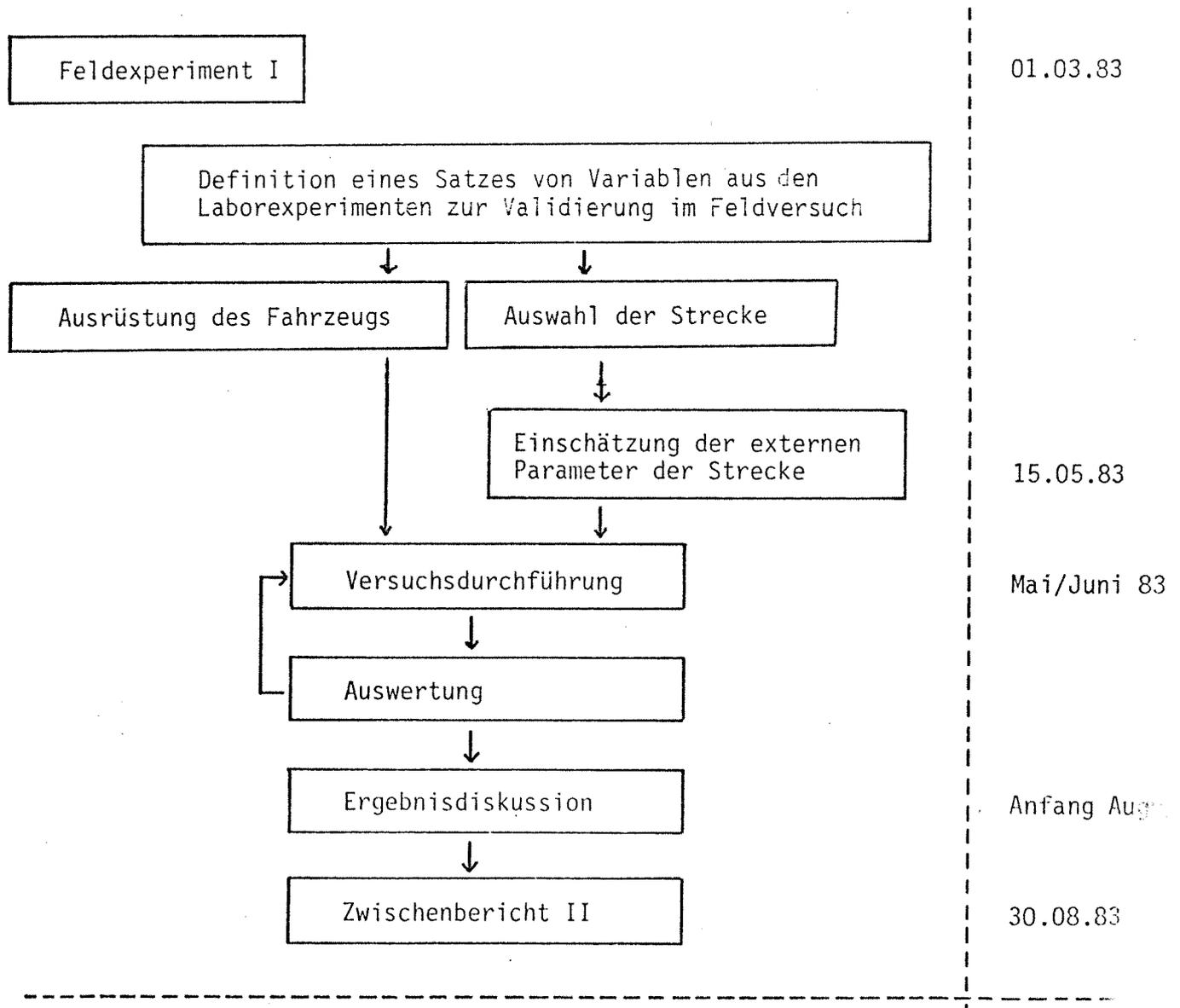
Um eine Vergleichbarkeit zwischen den verschiedenen Versuchsfahrten und den Personen herstellen zu können (z.B. nach Faktoren

wie Verkehrsdichte, Beanspruchung und Belastung), werden anhand von Video-Aufzeichnungen des Verkehrsgeschehens aus der Sicht des Fahrers mit dem von G.v.HOYOS und v.BENDA entwickelten "Klassifikationssystem für Verkehrssituationen aus Fahrersicht" (1977) nachträglich Versuchspersonengruppen gebildet.

Neben der Validierung der Experimente der vorausgegangenen Versuche im realen Straßenverkehr bietet Experiment II die Möglichkeit zu überprüfen, wie sich Fehlinformationen (falsche oder unzutreffende Meldungen) bzw. nicht gemeldete, aber tatsächlich auftretende Störungen am Fahrzeug auf das Verhalten des Kraftfahrers auswirken.

Vor allem unter dem Gesichtspunkt des Einsatzes in der Praxis erscheint es wichtig, zu wissen, wie sich neben den bereits oben angeführten Faktoren auch Störungen im Ausgabesystem auf Aufmerksamkeit und Reaktionen des Autofahrers auswirken.

Zeit- und Ablaufplan der Feldexperimente



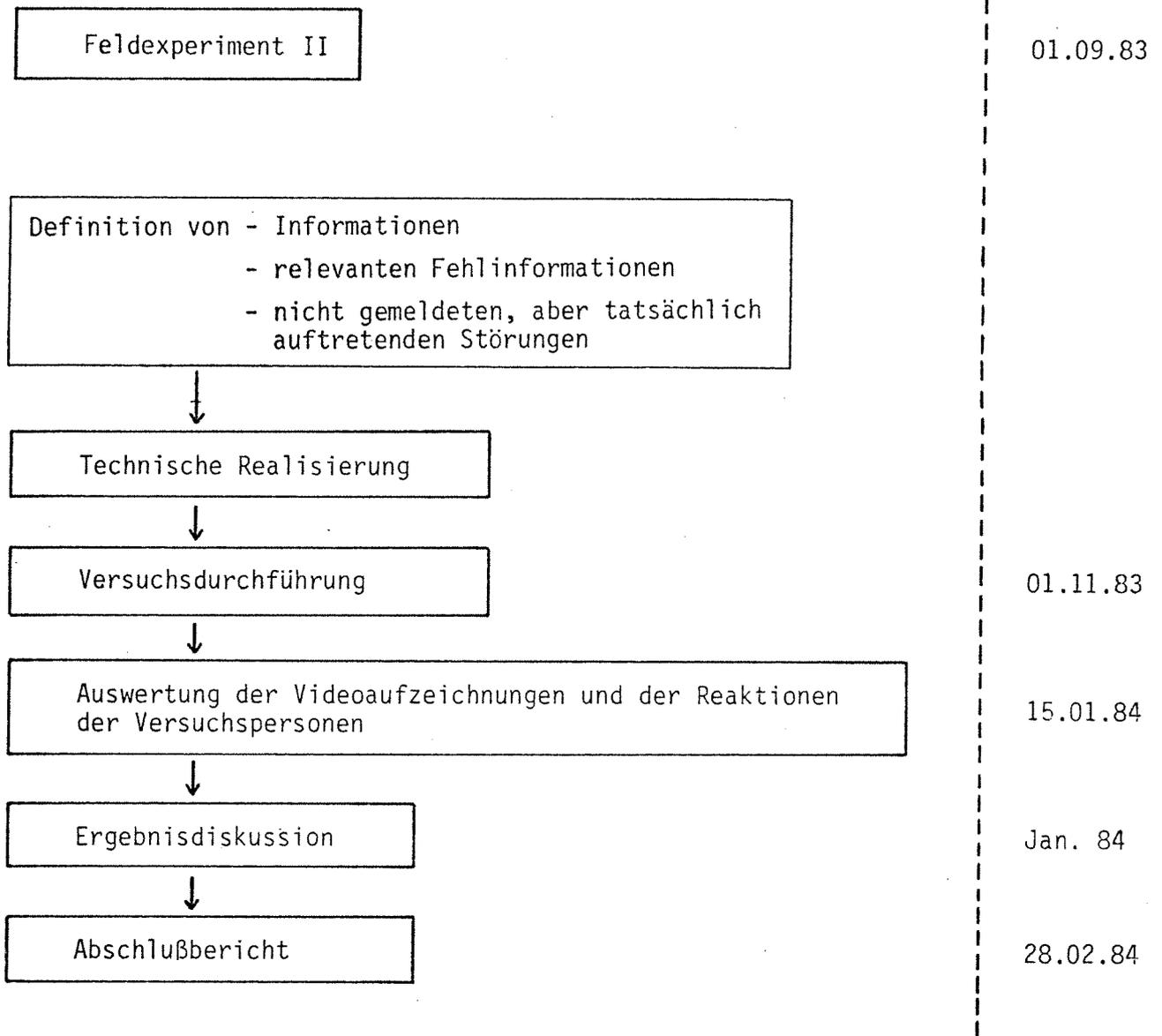


Abb. 7.5: Zeitplan für den 2. Teil der Hauptuntersuchung

8. Literaturverzeichnis

BLEILEVEN, H. J. & T. A. DE JONG: The relations between noise level and desired sound level of a carradio. IPO Annual progress report, 1970

BROADBENT, D.E. & M. GREGORY: Accuracy of recognition for speech presented to the right and left ears. Quat. J. Exp. Psych., 16, 1964, 359-360

BROWN, I. D., TICKNER, A. H. & D. C. V. SIMMONDS: Interference between concurrent tasks of driving and telephoning. J. of Applied Psychology, 53, 1969, 419-424

CLARK, L.E. & J. B. KNOWLES: Age differences in dichotic listening performance. Journal of Gerontology, 28, No 2, 1973, 173-178

CHOCHOLLE, René: Das Qualitätssystem des Gehörs. In: Handbuch der Psychologie, Band 1, Göttingen, 1974², 192-217

CORSO, John F.: Auditory perception and communication. In: BIRREN, J.E. & W. K. SCHAIK (Eds.): Handbook of the psychology of aging. New York, 1977

ELEKTRONIK, 12, Juni 1981

FAT, FORSCHUNGSVEREINIGUNG AUTOMOBILTECHNIK EV: Der Mensch als Fahrzeugführer, Informationsaufnahme und -verarbeitung durch den Menschen. Frankfurt am Main, 1978, Schriftenreihe, Heft Nr. 8

FAT, FORSCHUNGSVEREINIGUNG AUTOMOBILTECHNIK EV: Der Mensch als Fahrzeugführer, Bewertungskriterien der Informationsbelastung, Visuelle und auditive Informationsübertragung im Vergleich. Frankfurt am Main, 1979, Schriftenreihe, Heft Nr. 12

FELDTKELLER, Richard & Eberhard ZWICKER: Das Ohr als Nachrichtenempfänger. Stuttgart, 1956

GANTER, H.: Mindestanforderungen an die Hörmöglichkeit der Fahrer. Zbl. Verkehrsmedizin und Verkehrspsychologie, 5, 1959, 14-22

GEBLEWICZOWA, Maria: Influence of the number of warning signals and of the intervals between them on simple reaction time. Acta Psychologica, 21, 1963, 40-48

GORA, Evelyn & Günter ROTHBAUER: Stimmwarnsysteme in Luftfahrzeugen - Literaturrecherche zum Stand der Forschung. Berichte aus dem Institut für Psychologie und Erziehungswissenschaften der Technischen Universität München, Nr. 6, München, 1980

HÄCKER, Hartmut: Empirische Untersuchungen zum Abstandsverhalten von Autofahrern: Ergebnisse einer Felduntersuchung und einer experimentellen Fahrprobe. Tübingen, 1975, unveröffentlichter Forschungsbericht

HETTINGER, Theodor: Angewandte Ergonomie. Arbeitsphysiologische und arbeitsmedizinische Probleme in der Betriebspraxis. Frechen, 1970

HOYOS, Carl Graf & H.v. BENDA: Klassifikationssystem für Verkehrssituationen aus Fahrersicht. Die Skalierung der Gefährlichkeit von Straßenverkehrssituationen, Forschungsbericht FP 7320, Bundesanstalt für Straßenwesen, Köln, 1977

JANSEN, Gerd: Lärm im Arbeitsraum. In: Handbuch der Psychologie, Band 9, Betriebspsychologie. Göttingen, 1970, 371-384

JANSEN, L. P. C.: Perceptual recognition of speakers. In: KATWIJK, A. van, (Ed.): IPO Annual progress report, No 2, Eindhoven, 1967

KRAISS, K.-F. & J. MORAAL (Eds.): Introduction to human engineering. Köln, 1976

LANC, Otto: Ergonomie. Stuttgart, 1977

LAURELL, H. & H.-O. LISPER: A validation of subsidiary reaction time against detection of roadside obstacles during prolonged driving. Ergonomics, 1978, Vol. 21, No. 2, 81-88

LISPER, H.-O., LAURELL, H. & G. STENING: Effects of experience of the driver on heart-rate, respiration-rate, and subsidiary reaction time in a three hours continuous driving task. Ergonomics, 1973, Vol. 16, No. 4, 501-506

MASSARO, D.W. & D. S. WARNER: Dividing attention between auditory and visual perception. Perception and Psychophysics, 1977, Vol. 21. 569-574

MCCORMICK, Ernest J.: Human factors engineering. New York, 1964

POLS, L. C. W.: Hearing, speech and auditory displays. In: KRAISS, K.-F. & J. MORAAL (Eds.): Introduction to human engineering. Köln, 1976

RABBITT, Patrick: Changes in problem solving ability in old age. In: BIRREN, James, E. & K.W. SCHAIE (Eds.): Handbook of the psychology of aging. New York, 1977

RADL, Gerald W.: Ergonomische und arbeitspsychologische Fragen bei der Textverarbeitung mit Bildschirmterminals. Köln, o.J.

SADER, Manfred: Lautheit und Lärm. Gehörpsychologische Fragen der Schallintensität. Göttingen, 1966

SCHMIDTKE, Heinz & Carl Graf HOYOS: Psychologische Aspekte der Arbeitsgestaltung in Mensch-Maschine-Systemen. In: Handbuch der Psychologie, Band 9, Betriebspsychologie. Göttingen, 1970

SCHULZ, Peter & Wolfgang BATTMANN: Die Auswirkungen von Verkehrslärm auf verschiedene Tätigkeiten. Z. für exp. u. angewandte Psychologie. Band 27, 4, 1980, 592-606

STEVENS, S. S. & Fred WARSHOFKY: Schall und Gehör. Reinbeck, 1980³

9. Anhang

Bewertungsliste, Erläuterungen siehe 6.1.

Beschreibung der Information	Anzeige optisch		akustische Meldung durch Sprachausgabe		sprachliche Meldung nur auf Abruf		Erhöhung der Verkehrssicherheit?		Erhöhung der Wirtschaftlichkeit?		Bedürfnis des Fahrers nach dieser spez. Information		akustische Information wirkt auf den Fahrer		akustische Information ist für den Fahrer		Anmerkung					
	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	etwas	nein	ja	etwas	nein	eher	störend	nicht	hilfreich		eher	hilfreich	nicht	hilfreich	
.. <u>Verkehrsleitung</u> .. <u>Im Autobahnbereich</u> - individuelle Verkehrsleitung per Bordcomputer - bei individueller Verkehrsleitung: zusätzliche Berücksichtigung der API-Meldungen durch den Bordcomputer																						
.. <u>Im Stadtbereich</u> - individuelle Verkehrsleitung per Bordcomputer, unter Verwendung eines "Stadtplans" auf Chip - bei individueller Verkehrsleitung: zusätzliche Berücksichtigung der API-Meldungen																						

Bei der Ausgabe sprachlicher Informationen im Kraftfahrzeug ist meiner Einschätzung nach

- die Verkehrssicherheit sehr wichtig wichtig weder noch nicht so wichtig unwichtig
- die Betriebsicherheit sehr wichtig wichtig weder noch nicht so wichtig unwichtig
- die Wirtschaftlichkeit in Betrieb und Wartung sehr wichtig wichtig weder noch nicht so wichtig unwichtig
- das Bedürfnis des Fahrers nach Information sehr wichtig wichtig weder noch nicht so wichtig unwichtig
- die Wirkung (in Bezug auf Störungen) der Information auf den Fahrer sehr wichtig wichtig weder noch nicht so wichtig unwichtig
- die Hilfestellung für den Fahrer durch die akustische Information sehr wichtig wichtig weder noch nicht so wichtig unwichtig

Mitglieder des FAT-AK "Der Mensch als Fahrzeugführer" (AK 2)

Dr.-Ing. Donges
H. Kämpf
TÜV Rheinland e.V.
Am Grauen Stein

5000 Köln - Poll

Tel.: 0221/8393-3263

Ing. W. Kraus
M A N AG
Abt. TAF
Postfach 50 06 20

8000 München 50

Tel.: 089/14801-3536

Dr.rer.nat.R. Fritz +)
Dr.Ing.h.c.F. Porsche AG
Abt. EE
Postfach 11 40

7251 Weissach

Tel.: 07044/35232

Dr.-Ing. K. Niemann
Daimler-Benz AG
Abt. E6W
Postfach 202

7000 Stuttgart 60

Tel.: 0711/302-2556 o. 5074

H. Hahlganss
VDO
Adolf Schindling AG
Abt. T-E
Postfach 61 40

6231 Schwalbach/Ts.

Tel.: 06196/8011

Dr. Richter
Dr. Temming
H. Zander
Volkswagenwerk AG
Abt. 1776

3180 Wolfsburg 1

Tel.: 05361/92 26491

Dipl.-Ing. Heintz
Robert Bosch GmbH
Abt. K/EVW
Sophienstr. 187

7500 Karlsruhe 21

Tel.: 0721/592 061

Ing. (grad.) D. Schneider
Ford-Werke AG
Abt. MC/PG
Postfach 10 06 28

5000 Köln 1

Tel.: 0221/5744-510

Dipl.-Ing. F. Krämer
Adam Opel AG
Abt. PEK/N 20
Postfach 15 60

6090 Rüsselsheim

Tel.: 06142/12420

Dr.-Ing. M. Vötter
Zahnradfabrik Friedrichshafen AG
Postfach 119

7070 Schwäbisch Gmünd

Tel.: 07171/601(1)-7203

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	DM 60,-
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	DM 60,-
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 zur Schrift Nr. 15)	DM 50,-
Nr. 23	Grundlagen und Möglichkeiten der Nutzung sprachlicher Informationssysteme im Kraftfahrzeug	DM 50,-