

FORSCHUNGSVEREINIGUNG AUTOMOBILTECHNIK EV

# FAT

## SCHRIFTEN REIHE NR.40

### **Sprachausgaben im Kraftfahrzeug**

– Handbuch für Anwender –

# **Sprachausgaben im Kraftfahrzeug**

**– Handbuch für Anwender –**

Auftraggeber:

Forschungsvereinigung Automobiltechnik eV (FAT)  
Bundesanstalt für Straßenwesen

Forschungsnehmer:

Psychologisches Institut, Universität Tübingen

Verfasser:

Dr. Berthold Färber

Dr. Brigitte Färber

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

Druckerei Henrich  
Rheinlandstraße 62  
6000 Frankfurt am Main-Schwanheim

Vervielfältigung, auch auszugsweise nur  
mit ausdrücklicher Genehmigung der FAT

## Vorwort

Die FAT hat gemeinsam mit der BAST bereits verschiedene Forschungsvorhaben zur „Informationsaufnahme und -verarbeitung durch den Menschen“ durchgeführt (FAT-Berichte Nr. 8 und 12).

Ein Ergebnis dieser Vorhaben war, daß eine deutliche Verbesserung der Erkennungsleistung beim Kraftfahrer durch akustische Signale neben den bereits vorhandenen optischen Anzeigen zu erzielen ist.

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

Das vorliegende Handbuch für Anwender stellt einen Auszug aus der vorhergehenden Literaturstudie und dem vorliegenden Hauptbericht dar (FAT-Berichte Nr. 23 und Nr. 39). Das Handbuch ist gedacht als Leitfaden für Ingenieure, die sich mit der Entwicklung und Gestaltung von Kfz-Sprachinformationssystemen befassen müssen, beschränkt sich daher bewußt auf die Darstellung der Erkenntnisse und Schlußfolgerungen des durchgeführten Forschungsvorhabens.

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

Frankfurt/Main, im Oktober 1984

FORSCHUNGSVEREINIGUNG AUTOMOBILTECHNIK EV (FAT)

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Zusammenfassung - Summary .....	1
2. Sprachausgaben im Kraftfahrzeug, sinnvolle Hilfe oder Spielerei? .....	2
2.1. Das Problem der Informationsfülle .....	2
2.2. Sprachausgaben - ein Ansatz zur Lösung des Problems?	2
2.3. Ziele .....	4
3. Wie werden Sprachausgaben erzeugt, gespeichert, ausgegeben? .....	5
4. Aspekte der Psychoakustik .....	5
4.1. Akustische Wahrnehmung und Sprachverständnis .....	5
4.2. Erhöhung der Verständlichkeit durch Anhebung besonders gestörter Frequenzbänder? .....	7
4.3. Welchen Einfluß hat eine Beschneidung der Bandbreite des Frequenzspektrums auf die Verständlichkeit? ....	8
4.4. Anforderungen an die Stimmqualität des Sprechers ...	11
5. Ausgabemodalitäten .....	12
5.1. Welche Meldungen kommen in Frage? .....	12
5.2. Häufigkeit der Darbietung einer Meldung .....	17
6. Inhaltliche und sprachliche Gestaltung der Meldungen .....	18
6.1. Einleitung der Sprachausgabe durch Ton oder Wort? ..	18
6.2. Kriterien für eine optimale Gestaltung von Meldungen	18
6.3. In welchen Fällen sind Handlungshilfen sinnvoll? ...	20
6.4. Sprachausgaben - typische Beispiele .....	22

	Seite
7. Auswirkungen von Sprachausgaben .....	24
7.1. Psychologische Wirkung der Sprachausgaben auf den Fahrer .....	24
7.2. Auswirkungen der Sprachausgabe auf sog. "Problem- gruppen" .....	27
7.3. Auswirkungen von Sprachausgaben auf die Verkehrs- sicherheit .....	28
8. Literaturverzeichnis .....	31

Zeichenerklärung:

◀ : Kennzeichnung besonders wichtiger Aspekte

## 1. Zusammenfassung - Summary

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

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

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

### Summary:

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

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

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

## 2. Sprachausgaben im Kraftfahrzeug, sinnvolle Hilfe oder Spielerei?

Das Schlagwort vom "sprechenden Auto" macht die Runde - was ist davon zu halten? Eine Spielerei für die Technik-Fans unter den Autofahrern? Oder ist es eine ernsthafte Sache, die das Autofahren erleichtert und einen Beitrag zur Verkehrssicherheit leistet?

### 2.1. Das Problem der Informationsfülle

Die Problematik tritt deutlich zutage: Die Teilnahme am motorisierten Straßenverkehr wird zunehmend komplizierter. Sie stellt permanent höhere Anforderungen an die Verkehrsteilnehmer, vor allem an ihre Fähigkeit, Informationen aufzunehmen und richtig zu verarbeiten. Das Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer, ob Autofahrer, Zweiradfahrer, Fußgänger, ist zu berücksichtigen, auf Ampelsignale, Verkehrszeichen und Wegweiser ist zu achten. Treten nun noch die optischen Rückmeldesysteme im Kraftfahrzeug hinzu, so liegt die visuelle Belastung des Fahrers oft an der oberen Grenze. Wichtige Hinweise, etwa über eine zu hohe Öltemperatur, können übersehen oder zu spät wahrgenommen werden. Die Folge: kaputter Motor, Ärger, hohe Kosten.

Nun wird mancher einwenden, anstatt neue Rückmeldesysteme ins Fahrzeug einzuführen, solle man lieber auf eine Reihe von Anzeigen verzichten und auf diese Weise auf eine Entlastung des Fahrers hinwirken - ein Gedanke, der sehr ernst zu nehmen ist. Auf der anderen Seite entstanden und entstehen durch den Einsatz der Elektronik im Automobilbau neue Aggregate (z.B. ABS; Airbag etc.), die die Verkehrssicherheit erhöhen können und deren Funktionsfähigkeit überwacht und an den Fahrer rückgemeldet werden muß.

### 2.2. Sprachausgaben - ein Ansatz zur Lösung des Problems?

Seit kurzem bietet die Technologie der digitalen Sprachspeicherung die Möglichkeit, Informationen, die das Fahrzeug, sein Umfeld oder Verkehrsleitung betreffen, auch über den akustischen Kanal anzubieten.

Sprachliche Meldungen weisen eine Reihe von Vorteilen auf:

- o sie werden zuverlässig wahrgenommen
- o sie sind leicht zu dekodieren
- o sie sind selbsterklärend (bei optischen Anzeigen besteht das Problem, daß Symbole z.T. nicht richtig gedeutet werden)
- o sie bieten die Möglichkeit, dem Fahrer gezielt Hinweise zu geben, was er bei einem eingetretenen Defekt unternehmen soll
- o viele verschiedene Meldungen können bereit gehalten werden (großer Zeichenvorrat)
- o bei optimaler Gestaltung des Inhalts garantiert die sprachliche Redundanz (im Gegensatz zu Warntönen) eine fehlerfreie Übermittlung.

Sollen deshalb optische Anzeigen in Form von Skalen oder Lämpchen aus dem Fahrzeug verbannt werden zugunsten eines Systems, das uns in Zukunft mit allen wichtigen Informationen auf akustischem Wege versorgt? Sicherlich nicht! Dies wäre ähnlich, als hätte man nach Einführung des Kunststoffes im Fahrzeugbau nur noch Fahrzeuge konstruiert, die ausschließlich aus Kunststoff bestehen (was zu Forschungszwecken auch geschah), und über den Vorzügen des neuen Materials seine Nachteile gänzlich vergessen. Kunststoff hat im modernen Kraftfahrzeugbau eine sinnvolle und wesentliche Bedeutung erlangt, etwa bei der Gewichts- und damit Energieeinsparung oder der passiven Sicherheit. Ebenso soll es mit Sprachausgaben sein - wir plädieren keineswegs für das Alles- oder Nichts-Prinzip! Sprachausgaben sind in den Bereichen einzusetzen, in denen sie nützlich sind: Sie sollen dem Fahrer mehr Sicherheit geben, ihn über die Vorgänge in und um sein(em) Fahrzeug zuverlässiger, eindeutiger und ausführlicher informieren, vor allem sollen sie ihm die Möglichkeit eröffnen, sich stärker seiner eigentlichen Aufgabe, das Fahrzeug sicher durch den Verkehr zu lenken, zu widmen. Ein gut informierter Fahrer, der der sich im Falle eines Defekts adäquat verhält, ist im Sinne der Verkehrssicherheit einem Fahrer vorzuziehen, der durch ein optisches Signal irritiert und somit unsicher ist.

### 2.3. Ziele

Oberstes Gebot ist die Erhöhung der Verkehrssicherheit, weshalb vor der allgemeinen Einführung sprachlicher Informations- und Warnsysteme im Kraftfahrzeug zu klären war:

- o Welchen technischen Standards müssen Sprachausgabesysteme entsprechen, um den Hörfähigkeiten des Fahrers und den akustischen Bedingungen im Fahrzeug gerecht zu werden?
- o Welche Meldungen sind sinnvoll?
- o Bei welcher Struktur werden Sprachausgaben gut verstanden (Vorwarnung? Satzstruktur? Handlungshilfen?)?
- o Welche Ausgabemodalitäten sind günstig?
- o Welche Auswirkungen haben Sprachausgaben auf den Fahrer (führt die Verlagerung der Information aus dem optischen in den akustischen Bereich zu einer Gesamtentlastung, oder entstehen neue Probleme?)?
- o Welche ergonomischen Anforderungen bestehen?
- o Wie ist die Akzeptanz eines Sprachausgabesystems?
- o Was ist für mögliche Problemgruppen, wie gehörgeschädigte oder fremdsprachige Autofahrer, zu beachten?

Die methodische Vorgehensweise war dabei sehr vielfältig: Soweit dies der Forschungsgegenstand zuließ, wurden Ergebnisse aus vorhandenen Studien auf den vorliegenden Bereich übertragen. Bisher in der Forschung noch nicht bearbeitete Fragestellungen wurden experimentell in Labor- und Feldexperimenten untersucht, wobei die Prüfung der Sprachausgaben unter extrem kritischen Bedingungen durchgeführt wurde.

Die wichtigsten Ergebnisse des auf zweieinhalb Jahre angelegten Forschungsprojekts sind hier zusammengefaßt. Leser, die ausführlichere Information wünschen, werden auf die Berichte Nr. 23 und 39 der FAT-Schriftenreihe (FÄRBER & FÄRBER, 1982, FÄRBER & FÄRBER, 1984) verwiesen.

### 3. Wie werden Sprachausgaben erzeugt, gespeichert, ausgegeben?

Die technische Realisation von Sprachausgaben wird durch die Entwicklung der Mikroelektronik wesentlich erleichtert.

Ausgangspunkt ist meist die natürliche Sprache eines besonders geschulten Sprechers. Bei der Methode der Signal- bzw. Wellenform-Codierung mit Datenkompression wird die Sprache zunächst analog aufgezeichnet, anschließend digitalisiert und mit verschiedenen, aus der Nachrichtentechnik bekannten Methoden (z.B. Segmentierung, Half-period-zeroing) komprimiert, um schließlich in einem ROM (Read only Memory) abgespeichert zu werden. Bei der zweiten Art der Sprachspeicherung dienen die Sprechproben zur Gewinnung von Sprachparametern, die zur Steuerung von Simulationsmodellen des menschlichen Lautbildungstraktes dienen.

Welches der genannten Verfahren sich aufgrund der besseren Sprachqualität und ökonomischer Erwägungen auf die Dauer durchsetzen wird, ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht abzuschätzen.

Liegt nun bei den Meßwertaufnehmern (z.B. für die Öltemperatur) ein kritischer Wert an (z.B. Überhitzung), so löst diese Information die erforderliche Startadresse im Sprachprozessor aus und die gespeicherten Sprachdaten werden über Lautsprecher ausgegeben. Während bisher ausschließlich ein Kontrollämpchen aufleuchtete (und häufig übersehen oder nicht richtig interpretiert wurde), tritt nun die erforderliche Meldung an den Fahrer auch in sprachlicher Form heran.

### 4. Aspekte der Psychoakustik

#### 4.1. Akustische Wahrnehmung und Sprachverständnis

Die normale akustische Wahrnehmungsfähigkeit des Menschen liegt zwischen 20 und 20.000 Hertz. Allerdings ist mit fortschreitendem Alter ein Absinken der oberen Hörgrenze festzustellen. Sie liegt bei einem 50-jährigen um 12.000, bei einem 70-jährigen um 6.000 Hertz (STEVENS & WARSHOFISKY,

1980/3). Für die Wahrnehmung der Sprachausgaben, die mindestens Telefonqualität (300 bis 3.400 Hertz) erreichen werden, ergibt sich daher auch für ältere Personen kein grundsätzliches Wahrnehmungsproblem.

Um der unterschiedlichen Hörfähigkeit Rechnung zu tragen, muß das Sprachausgabegerät über eine individuelle Lautstärkeregulierung verfügen. Hat der Fahrer eine Lautstärke gewählt, so sollte diese Lautstärke auch beim Wiedereinschalten des Geräts vorliegen. Auch sollte sie nicht unbeabsichtigt veränderbar sein (Arretierungsmöglichkeit vorsehen).



Sprachliche Meldungen im Kraftfahrzeug sind gleichbedeutend mit "Hören unter erschwerten Bedingungen".

So treten zum einen Verdeckungseffekte durch Fahr- oder Eigengeräusche des Fahrzeugs auf. Um sie zu kompensieren und ein günstiges Signal-Rausch-Verhältnis (nach POLS, 1976, + 5 dB(A)) zu erreichen, sollte das Sprachausgabegerät mit einer automatischen Lautstärkeanpassung ausgestattet sein.



Zum anderen kann es durch Rundfunksendungen und Mitfahrergespräche zu Störungen kommen.

Wir schlagen deshalb vor, während der Sprachausgabe Radiosendungen "stumm" zu schalten. Für Verkehrsdurchsagen gilt dies nur, wenn ein zeitkritisches Ereignis (z.B. Öldruck) zur Meldung ansteht. Anderenfalls haben Verkehrsdurchsagen Vorrang in der Meldepriorität (siehe 5.1.1.).



Um eine gute Verständlichkeit der Sprachausgaben zu erzielen, muß die Raumakustik der einzelnen Fahrzeuge berücksichtigt werden. Die Anzahl und die Platzierung der Lautsprecher ist fahrzeugspezifisch abzustimmen.



Speziell für die Situation "Beifahrer unterhalten sich" hat der linke Türlautsprecher, von dem man zunächst annehmen könnte, er sei für die Sprachausgabe besonders geeignet, da er am weitesten von den Beifahrern entfernt ist (Trennung von Signal und Störgröße), keine Vorzüge gegenüber dem rechten Türlautsprecher (experimenteller Vergleich).

Das Sprachverständnis sinkt unter anstrengenden Hörbedingungen mit zunehmendem Alter. Allerdings ist selbst bei 70-jährigen noch 100-prozentiges

Verständnis bei einer Wortrate von 140 Wörtern pro Minute zu erreichen. Um für alle Altersgruppen gute Sprachverständlichkeit zu erzielen, wird daher für Sprachausgaben eine Wortrate von maximal 140 Wörtern pro Minute vorgeschlagen (dies ist etwas langsamer als die maximale Sprachgeschwindigkeit eines Nachrichtensprechers).



Für gehörlose oder stark hörgeschädigte Personen müssen die wichtigsten Informationen auch in Zukunft, zumindest wahlweise, optisch dargeboten werden.



#### 4.2. Erhöhung der Verständlichkeit durch Anhebung besonders gestörter Frequenzbänder?

Sowohl bei Personen- als auch bei Lastkraftwagen besteht das Problem, daß in Frequenzbändern, die für das Verständnis der Sprache wesentlich sind, im Fahrzeuginnenraum Störgeräusche auftreten. Zur Veranschaulichung ist in Abbildung 1 das Fahrzeuginnengeräuschspektrum eines Lkw dargestellt.

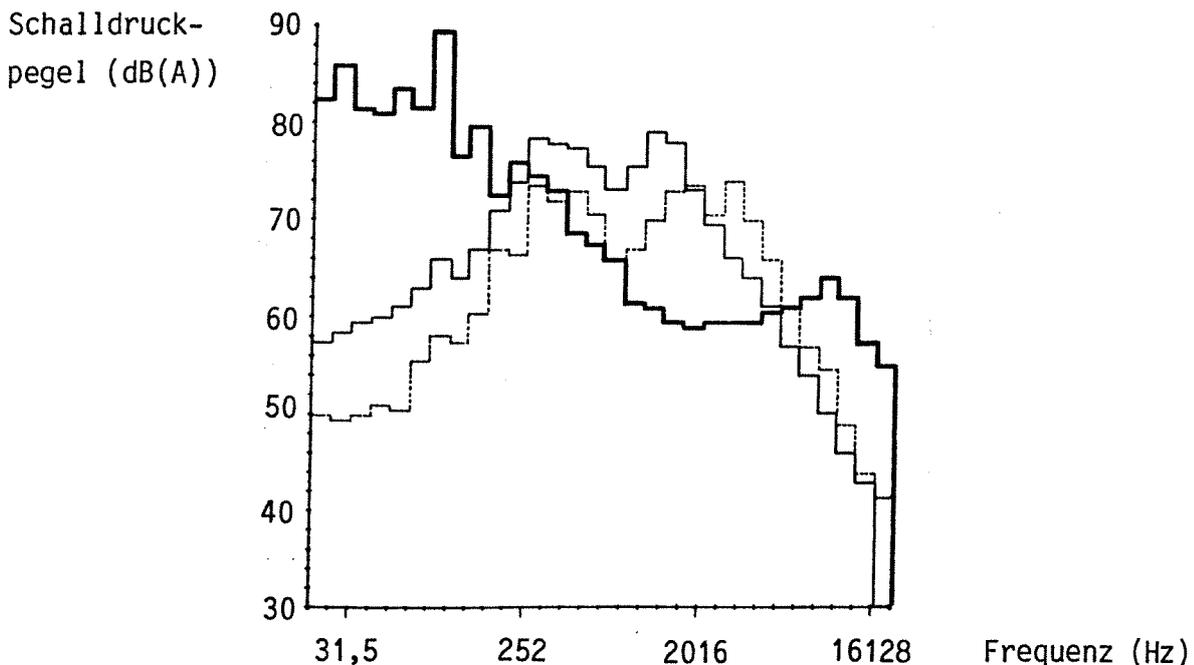


Abb. 1: Beispiel eines Fahrzeuginnengeräuschspektrums (Lkw) —————  
im Vergleich zum Spektrum der normalen Sprache .....  
und zum Spektrum der angehobenen Sprache —————

Eine Möglichkeit zum Ausgleich dieses hohen Störpegels besteht natürlich in einer entsprechenden Anhebung der Gesamtlautstärke der Sprachausgabe. Auf der anderen Seite ist es denkbar, nur die gestörten Frequenzen entsprechend zu verstärken, und so - trotz gleicher Gesamtlautstärke (gemessen in dB(A)) - die Verständlichkeit zu erhöhen. Experimentell wurde der Versuch unternommen, bildlich gesprochen, die Sprache aus dem Störbereich "hinauszuschieben" (vgl. Abb. 1). Paarvergleiche erbrachten jedoch, daß Sätze mit nicht differentiell angehobener Lautstärke signifikant besser verstanden werden.

Die differentielle Lautstärkenanhebung einzelner, besonders gestörter Frequenzen des Sprachspektrums führt somit zu keiner Verbesserung der Verständlichkeit! Trotz des ungünstigen Signal-Rausch-Abstandes in einzelnen Frequenzbändern ist die natürlich belassene Sprache deutlich überlegen.



#### 4.3. Welchen Einfluß hat eine Beschneidung der Bandbreite des Frequenzspektrums auf die Verständlichkeit?

Die technische Realisierung von Sprachausgaben wird aus Kostengründen von einem Frequenzspektrum ausgehen, das gegenüber der natürlichen Sprache begrenzt ist. In der folgenden Abbildung, die nach Daten von FRENCH & STEINBERG, 1947, zusammengestellt wurde, ist der Frequenzbereich zwischen 250 und 7000 Hz in 20 Bänder unterteilt, wobei jedes hinzukommende Band den Verständlichkeitsindex um 5 % erhöht:

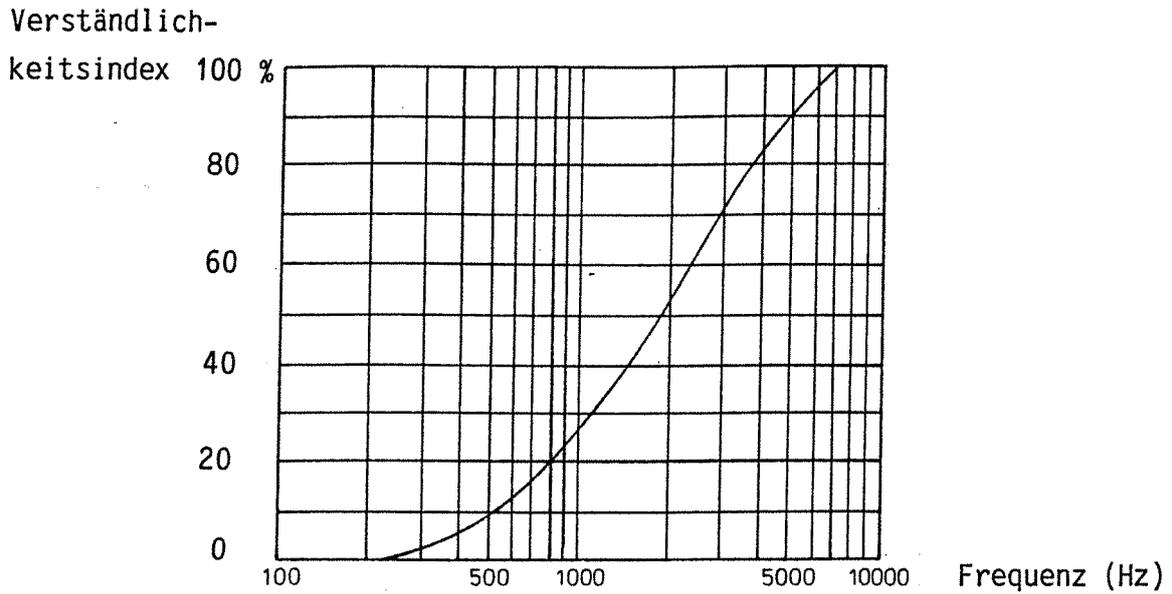


Abb. 2: Verständlichkeitsindex bei Frequenzbändern, beginnend bei 250 Hz, stufenweise ansteigend bis 7000 Hz.

Der Verständlichkeitsindex ist ein objektives, jedoch künstliches Maß zur Erhebung der Verständlichkeit der Sprache. Er wird bestimmt anhand sinnleerer Silben, sog. "Logatome". Um den Zusammenhang zu der praxisrelevanten Größe "Prozent richtig verstandener Sätze bzw. Wörter" herzustellen, benötigen wir Abbildung 3.

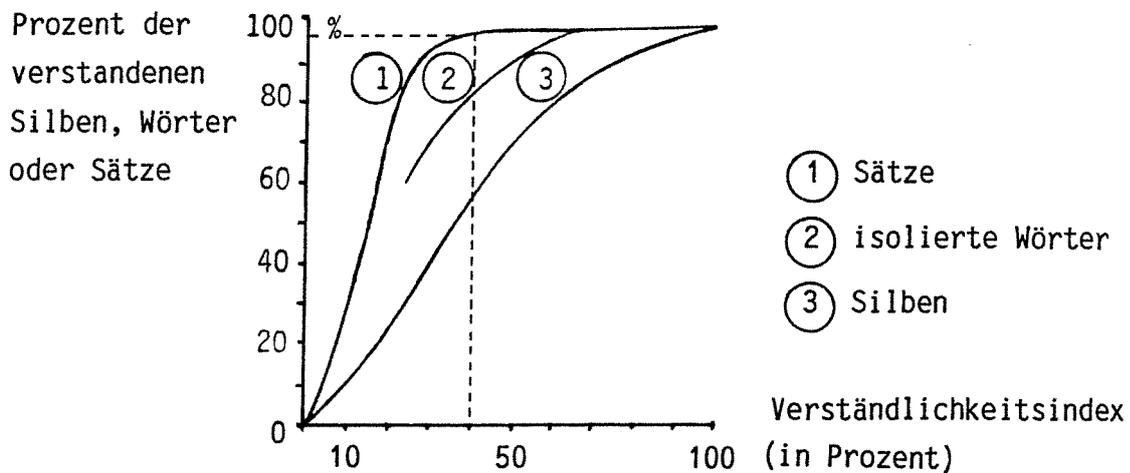


Abb. 3: Angenäherte Beziehung zwischen Verständlichkeitssindex und subjektiver Sprachverständlichkeit (nach FRENCH & STEINBERG, 1947, S. 113)

Wie Abbildung 3 zeigt, erreicht das Verständnis von Sätzen bereits bei einem Verständlichkeitsindex von 40% den maximalen Wert. Dieser Verständlichkeitsindex von 40 % ist, nach Abbildung 2, im Frequenzbereich von 250 bis 1515 Hz zu erwarten. Bei 250 - 955 Hz (Verständlichkeitsindex 25 %) läge die Wahrscheinlichkeit, einen Satz richtig zu verstehen, bei ca. 90 Prozent.

Diese Aussagen gelten allerdings nur für Umfeldbedingungen ohne Störgeräusche. Auch die Annehmlichkeit des Sprachklangs fand noch keine Berücksichtigung.

Der Situation im Kraftfahrzeug dürften die von EGAN & WIENER (1946) realisierten Versuchsbedingungen entsprechen: Bei zweiseitig eingegrenztem Frequenzspektrum des Signals und ungefiltertem Störgeräusch mit einem Frequenzumfang von 100 - 8000 Hz ergibt sich, je nach Abstand zwischen Signal und Rauschen, folgender Verständlichkeitsindex:

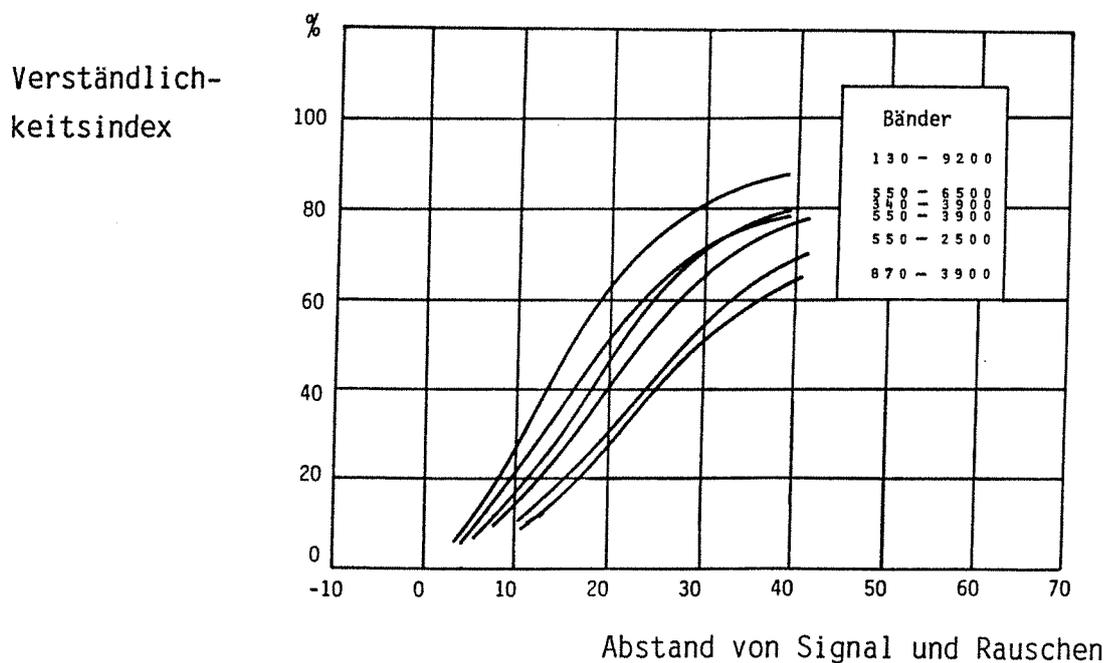


Abb.4: Verständlichkeitsindex (in %) bei verschiedenen Signal-Rausch-Abständen. Maskierungsgeräusch 100 - 8000 Hz, wobei jede Frequenz gleich stark mit 45 dB(A) vertreten ist, Gesamtstörpegel 84 dB(A), ungefiltert. Nach Abbildungen von EGAN & WIENER, 1946, S.437.

Ein Vergleich der Verläufe zeigt, daß die Frequenzbänder von 130 - 9200 und 340 - 3900 Hz den höchsten Verständlichkeitsindex bei geringen Signal-Rausch-Verhältnissen aufweisen. Bei einer Differenz zwischen Signal und Rauschen von ca. 12 dB erreichen die beiden Bänder einen Verständlichkeitsindex von 25 bis 30 Prozent, was einem Satzverständnis von über 90 Prozent entspricht (siehe Abbildung 3).

Für den Einsatz von Sprachausgabesystemen im Kraftfahrzeug ist unter den Gesichtspunkten Ökonomie und Verständlichkeit ein Frequenzbereich von 340 - 3900 Hz als ausreichend anzusehen.

Sollten die technischen Möglichkeiten eine Ausdehnung auf weitere Frequenzbänder (sowohl nach oben als auch nach unten) erlauben, so ist dies, schon wegen der Annehmlichkeit des Sprachklanges, unbedingt zu befürworten.



#### 4.4. Anforderungen an die Stimmqualität des Sprechers

Wie eine Untersuchung von GORA & ROTHBAUER (1980) zeigt, ist natürliche Sprache besser verständlich als Sprache, die auf Syntheseverfahren basiert.

Vor allem unter ungünstigen Hörbedingungen (z.B. bei starken Umgebungsgeräuschen) erlangt die Qualität des Sprechers große Bedeutung. McCORMICK (1964) faßt die Charakteristika gut verständlicher Sprecher zusammen:

- o Gut verständliche Sprecher zeigen, im Vergleich zu schlecht verständlichen, eine längere durchschnittliche Silbendauer (gemessen in Sekunden).
- o Die besser verständliche Gruppe zeigt eine größere Intensität (Intensität ist das Charakteristikum der Sprache, das das Gefühl der Lautstärke produziert und in Dezibel gemessen wird).
- o Bei den besser verständlichen Sprechern war der Anteil der Sprechzeit an der Gesamtzeit länger, ihre Pausenzeiten waren kürzer.
- o Ihre Variabilität in der Tonhöhe, bezogen auf die fundamentalen Vokalfrequenzen, ist stärker.

McCORMICK (1964) weist darauf hin, daß Sprecher, die für schlechtere Übertragungsbedingungen trainiert werden, mit relativ stetiger Intensität sprechen, also bezüglich der Intensität nicht stark variieren.

Geschlecht des Sprechers:

Da die Tonlage eines Sprechers (Median der Frequenzen) keine entscheidende Variable für die Güte der Verständlichkeit darstellt, kann unter diesem Gesichtspunkt sowohl eine Männer- als auch eine Frauenstimme verwendet werden. Die Entscheidung hierüber dürfte also eher vom Benutzerkreis (z.B. Akzeptanz der Sprachausgabe) und von technischen Bedingungen, z.B. der Verfügbarkeit eines(r) geeigneten Sprechers(in), abhängen.

## 5. Ausgabemodalitäten

### 5.1. Welche Meldungen kommen in Frage?

Informationen aus folgenden Bereichen kommen für eine sprachliche Rückmeldung in Betracht:

- o Fahrzeugbezogene Informationen über den Zustand von Aggregaten, wie Motor, Bremssystem, Lenkung, elektrische Anlage, Reifen, etc.
- o Fahrzeug/Umfeld-Informationen (z.B. Aquaplaningwarnung)
- o Verkehrsleitung (im Autobahnbereich, im Stadtbereich)

In Zusammenarbeit mit Experten aus den Bereichen Verkehrssicherheit, Fahrzeugbau und -entwicklung wurden aus den genannten Bereichen Meldungen, die als sinnvoll erachtet wurden, ausgewählt, und drei Meldemodalitäten zugeordnet:

- o Meldungen, die bei Auftreten eines bestimmten Zustandes oder Defektes während der Fahrt ausgegeben werden
- o Meldungen, die auf Abruf zu hören sind
- o Meldungen, die in Form eines Pre-Drive-Checks (vor Fahrtantritt) erfolgen.

Folgende Meldungen werden für die Ausgabe sofort nach Auftreten des Zustandes oder Defektes als sinnvoll erachtet - wobei die Frage nach der momentanen technischen Realisierbarkeit und den Kosten (z.B. für Meßwertaufnehmer) außer acht gelassen wurde:

- o Schnee- und Eisglättewarnung
- o Aquaplaning-Warnung
- o Warnung vor Hindernissen auf der Fahrbahn
- o Ausfall des Antiblockiersystems
- o Funktionsunfähigkeit des Bremsservo
- o Ausfall der Servolenkung (bei Bussen und Lkw)
- o Ausfall eines Bremskreises
- o extremer Reifendruck
- o zu niedriger Öldruck
- o Fehler im Airbagsystem
- o zu hohe Kühlwassertemperatur
- o zu hohe Öltemperatur
- o Ladekontrolle im kritischen Bereich
- o Defekt einer Lampe (Bremslicht, Rücklicht, Blinker, Scheinwerfer, Nummernschildbeleuchtung)
- o angezogene Handbremse (nur während der Fahrt)
- o Tankinhalt im Reservebereich
- o gezogener Chocke (nur bei warmem Motor)

Tab. 1: Meldungsinhalte, die bei Bedarf sofort ausgegeben werden, geordnet nach der Prioritätenlogik (siehe 5.1.1.)

Aus psychologischer Sicht ist es wenig wirksam, den Fahrer

- o an das Anlegen des Sicherheitsgurtes zu "erinnern",
- o bei zu geringem Abstand zum Vorfahrenden zu warnen,
- o zu einer Fahrpause aufzufordern.

Das Nichtanlegen des Gurtes und mangelnder Sicherheitsabstand, dies ist aus psychologischen Untersuchungen bekannt, beruht nur in den seltensten Fällen auf "Vergessen", normalerweise ist mangelndes Wollen, also eine falsche Einstellung, die Ursache dieses Verhaltens. Hier, wie auch bei

der Aufforderung, eine Pause einzulegen, stellt sich die prinzipielle Frage, wie weit in den Bereich der Eigenverantwortung des Fahrers eingegriffen werden soll. Sprachausgaben wollen und können nicht die Fahrschule, die Polizei oder die Justiz ersetzen.

#### 5.1.1. Clusterbildung und Prioritätenlogik

Gesetzt den Fall, man möchte dem Benutzer die Möglichkeit bieten, aus der Gesamtmenge von Meldungen einen bestimmten Bereich auszuwählen, über den er informiert werden will, so ist es naheliegend, die Meldungen zu Gruppen zusammenzufassen. Diese Cluster umfassen nach bisheriger Planung die Bereiche

- o Fahr-, Verkehrs- und Betriebssicherheit
- o Erinnerungen / Was man manchmal vergißt (z.B. Handbremse lösen)
- o Verkehrsleitung.

Die Bildung von Clustern hat jedoch nicht nur den Zweck, dem Fahrer Auswahlmöglichkeiten zwischen Meldungsgruppen, die er hören, und solchen, die er nicht hören möchte, zu bieten, sondern sie stellt auch die Grundstruktur für eine Prioritätenlogik dar.

Eine Prioritätenlogik wird im Falle zweier gleichzeitig zur Ausgabe anstehender Informationen (Sprachausgabe(n) / Verkehrsleitung) nötig. Das Programm zur Ausgabesteuerung muß zunächst prüfen, ob es sich bei beiden Meldungen um zeitkritische Ereignisse handelt. Trifft dies zu, so werden sie nach folgender Hierarchie ausgegeben: Erste Priorität erhalten Meldungen im Bereich der Fahr-, Verkehrs- oder Betriebssicherheit, zweite Priorität Verkehrsleitinformationen, dritte Priorität Meldungen, die sich auf Handlungen beziehen, die man manchmal vergißt (Erinnerung). Betreffen die anstehenden Meldungen dasselbe Cluster, so wird die Folgeschwere eines Ereignisses gewichtet. Die Prioritätenlogik ist in Abbildung 5 dargestellt. In der obigen Liste von Meldungen, die während der Fahrt ausgegeben werden sollen, ist die aus der Prioritätenlogik resultierende Reihenfolge bereits berücksichtigt.

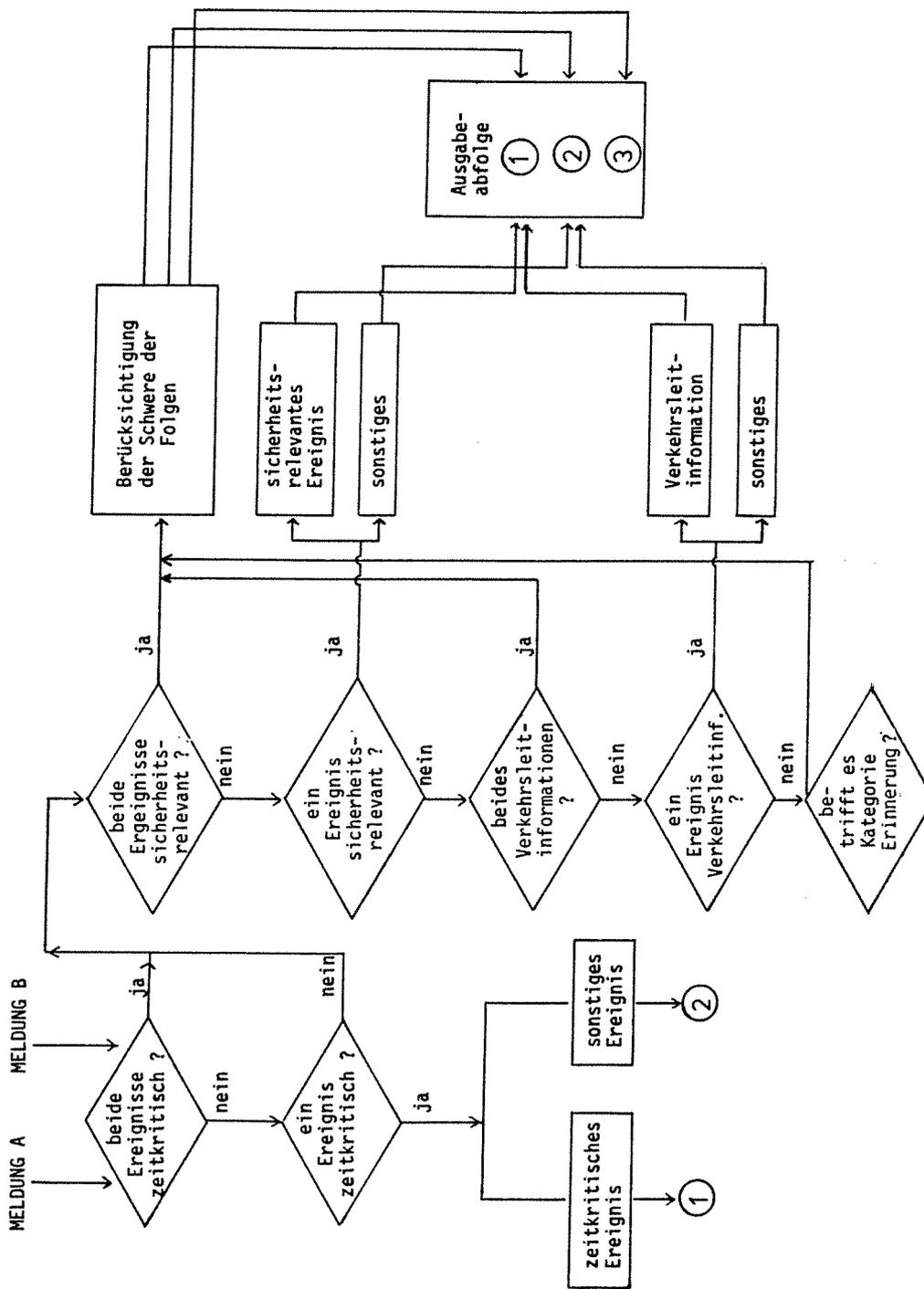


Abb. 5: Prioritätenlogik für Meldungen

### 5.1.2. Meldungen auf Abruf

Bei den Meldungen, die nicht automatisch, sondern nur auf besonderen Wunsch des Fahrers ausgegeben werden, sind verschiedene Rahmenbedingungen zu unterscheiden:

#### Pre-Drive Check:

Diese "Prüfung vor Fahrtantritt", die nur bei stehendem Fahrzeug und auf Wunsch des Fahrers erfolgt, bezieht sich beispielsweise auf

- o Funktionsprüfung des gesamten Kontrollsystems
- o Funktionsprüfung des Sprachausgabegeräts
- o Überprüfung aller Funktionen, die bei abgeschaltetem Motor und eingeschalteter Zündung durchgeführt werden können.

Wichtig: ein umfassender Pre-Drive-Check darf nicht automatisch beim Einschalten der Zündung ausgelöst werden, sondern nur auf Wunsch des Fahrers! Er wirkt sonst, vor allem im Kurzstreckenbetrieb, belästigend. ◀

#### Verkehrslotse:

Ein weiteres, künftig mögliches Anwendungsfeld für Sprachausgaben im Kraftfahrzeug ist die Verkehrsleitung im Autobahn- und Stadtbereich. Hiervon könnten entscheidende Impulse für den Verkehrsfluß ausgehen. Es ist denkbar, daß der Fahrer Stand- und Zielort eingibt und mit akustischen Hinweisen gelotst wird. Die Orientierung anhand von Schildern könnte wahrscheinlich weitgehend wegfallen, Kartenstudium und damit Ablenkung vom Verkehrsgeschehen wäre überflüssig. Dies würde eine Erhöhung der Verkehrssicherheit bedeuten und, aufgrund des besseren Verkehrsflusses, zur Energieeinsparung beitragen.

Allerdings liegen bisher noch keine Untersuchungen darüber vor, wie die akustische Wegleitung zu strukturieren ist, um vom Benutzer leicht in die Tat umgesetzt zu werden.

Weitere Meldungen auf Abruf:

Eine Reihe von Meldungen sind denkbar und könnten aus technischer Sicht realisiert werden, etwa Informationen über den momentanen Treibstoffverbrauch, die Dauer der bisherigen Fahrt, die Temperatur im Fahrzeuginnenraum, etc.

Von dieser Art von Meldungen ist unter dem Gesichtspunkt der Verkehrssicherheit jedoch abzuraten, da der Fahrer geradezu herausgefordert wird, dem Verkehrsgeschehen weniger Aufmerksamkeit zu widmen. Sprachausgabesysteme können dadurch sehr schnell den Ruf eines Spielzeugs bekommen. Dies kann - trotz der unbestreitbaren Vorteile bei vernünftigem Einsatz - zu einer ungerechtfertigten pauschalen Ablehnung des gesamten Systems führen.

## 5.2. Häufigkeit der Darbietung einer Meldung

Wie in verschiedenen Versuchsserien gezeigt werden konnte, bereitet die Wahrnehmung einer akustischen Meldung im Pkw keine Schwierigkeiten, wenn sie die in Punkt 6.2. dargestellte Struktur aufweist.

Es genügt daher, die Meldung einmal auszugeben.

Die Wiederholung einer Sprachausgabe bis zur Behebung des Fehlers ist nicht sinnvoll - sie birgt vielmehr die Gefahr der Ablenkung des Fahrers. Sollte es vorkommen, daß ein Fahrer die Meldung nicht ganz vollständig verstanden hat, so kann er durch Drücken der Wiederholungstaste die zuletzt gehörte Meldung nochmals abrufen.

Liegen Informationen (z.B. Störmeldungen, Fahrzeugzustandsmeldungen), die während der Fahrt ausgegeben wurden, nach dem Abschalten und Wiedereinschalten der Zündung noch an, so sollen sie zur Erinnerung des Fahrers erneut ausgegeben werden.

Sprachausgaben über Aquaplaning- und Glatteisgefahr bedürfen generell einer Ausnahmeregelung, die eine situationsangepaßte Wiederholung zuläßt.

## 6. Inhaltliche und sprachliche Gestaltung der Meldungen

### 6.1. Einleitung der Sprachausgabe durch Ton oder Wort?

Um die Aufmerksamkeit des Kraftfahrers zu erregen und ihn kognitiv auf die Ausgabe einer Meldung einzustimmen, bedarf es eines Vorwarnreizes. Er kann theoretisch aus einem oder mehreren Tönen, einem Wort oder einer Wortsequenz, oder einer Kombination aus Ton und Wort bestehen.

Bei verschiedenen Versuchsreihen wurden zur Bewertung und Auswahl der Vorwarnreize als objektives Maß die Reaktionszeiten und die Anzahl der nicht erfolgten Reaktionen, als subjektives Maß die Einschätzung der Annehmlichkeit und des Aufmerksamkeitscharakters herangezogen.

Ein Mehrklang-Gong erwies sich aufgrund dieser Experimente zur Ankündigung einer Sprachausgabe als günstig und empfehlenswert. ◀  
◀

### 6.2. Kriterien für eine optimale Gestaltung von Meldungen

Eine Sprachausgabe, deren Inhalt nicht verständlich ist, schadet mehr, als sie nützt. Gute Verständlichkeit kann durch Berücksichtigung folgender Kriterien erreicht werden:

- o Verwendung eines einfachen Wortschatzes und geläufiger Wörter:  
Auf weniger bekannte Wörter und komplizierte Fachausdrücke muß verzichtet werden. Wichtig: entscheidend ist nicht die absolut korrekte Formulierung im technischen Vokabular des Fahrzeugkonstruktors, sondern die gute Verständlichkeit auch für den Laien.  
Beispiele: "Lichtmaschine" anstelle von "Generator"  
"Nummernschild" anstelle von "Kennzeichen"  
"... ist zu hoch" anstelle von "... ist im kritischen Bereich". ◀  
◀  
◀



- o Negationen und passiv formulierte Sätze vermeiden:

Zum Verständnis negativer oder passiv formulierter Sätze bedarf es einer längeren Zeitspanne. Sprachausgaben sollen daher nach Möglichkeit positiv und aktiv formuliert werden.

Beispiele: "Ein Bremskreis ist ausgefallen." anstelle von "Ein Bremskreis funktioniert nicht."

"Die Kühlwassertemperatur ist zu hoch." anstelle von "Das Kühlmittel wurde überhitzt."

- o Möglichkeit zum Kennenlernen bieten:

Da der Benutzer einen bekannten Sprecher bereits nach etwa ein bis zwei Silben identifizieren, und somit gut zuordnen kann, sollte ihm die Möglichkeit zum Kennenlernen der Sprachausgabenstimme eingeräumt werden.

Ein weiterer Schritt zur optimalen Informationsübertragung ist erreicht, wenn dem Fahrer alle gespeicherten Mitteilungen bekannt sind. Die Möglichkeit zum Kennenlernen kann dem Fahrer durch eine spezielle Abruftaste gegeben werden.

### 6.3. In welchen Fällen sind Handlungshilfen sinnvoll?

Das akustische Medium Sprachausgabe bietet geradezu an, Handlungshinweise zu geben - im Gegensatz zu optischen Anzeigen, wo dies nur mit großen Einschränkungen, z.B. mit einem Schriftfeld (Gefahr der Ablenkung) möglich wäre.

Ein Beispiel für Handlungshilfen: "Die Kühlwassertemperatur ist zu hoch. Halten Sie an und lassen Sie den Motor im Stand laufen. Kontrollieren Sie die Kühlflüssigkeit."

Werden jedoch Sprachausgaben, bei denen jedermann weiß, was zu tun ist (z.B. bei leerem Tank), mit Handlungshilfen überfrachtet, so wird dies beim Benutzer zu Unverständnis und Akzeptanzproblemen führen.

Nun erhebt sich die Frage: In welchen Fällen wissen Autofahrer Bescheid, in welchen benötigen sie zusätzliche Informationen?

Um den Wissensstand bei den Autofahrern zu erkunden, führten wir eine Befragung durch, bei der die Probanden eine Liste von Mitteilungen erhielten mit der Bitte, möglichst genau zu beschreiben, was sie in den genannten Fällen tun werden, und wann die Handlung erfolgt.

Tabelle 2 enthält die Mitteilungen und den Anteil falscher Antworten:

Nr.	Mitteilung	falsche Antw. %
07	"Die Öltemperatur ist zu hoch."	90 %
08	"Die Kühlwassertemperatur ist zu hoch."	88 %
06	"Der Öldruck ist zu niedrig."	85 %
13	"Das Antiblockier-System ist ausgefallen."	81 %
16	"Die Servolenkung ist ausgefallen."	70 %
15	"Die Servobremse funktioniert nicht."	69 %
11	"Ein Bremskreis ist ausgefallen."	58 %
19	"Teile des Kontrollsystems zur Überwachung der Fahrzeugfunktionen funktionieren nicht einwandfrei."	38 %
01	"Die Kennzeichenbeleuchtung ist ausgefallen."	37 %
05	"Das Aufladen der Batterie funktioniert nicht - Ladekontrolle im kritischen Bereich."	30 %
02	"Ein Bremslicht funktioniert nicht."	21 %
04	"Ein Scheinwerfer ist defekt." (es ist Nacht)	21 %
03	"Der Blinker ist defekt."	18 %
17	"Der Reifendruck ist zu niedrig."	17 %
22	"Der Sicherheitsgurt ist nicht angelegt."	10 %
12	"Die Bremsbeläge sind abgerieben."	9 %
21	"Es besteht die Gefahr der Glättebildung."	7 %
20	"Es besteht Aquaplaning-Gefahr."	6 %
10	"Der Choke ist gezogen." (bei warmem Motor)	5 %
18	"Der Reifendruck ist zu hoch."	4 %
14	"Die Handbremse ist angezogen." (während der Fahrt)	4 %
09	"Der Tankinhalt ist im Reservebereich."	2 %

Tab. 2: Prozentsatz falscher Antworten (oder Unwissenheit) bei den aufgeführten Informationen. Die Nummer bezeichnet die Abfolge im Fragebogen.

Die Tabelle verdeutlicht, daß einer unerwartet hohen Zahl von Kraftfahrern gerade bei kritischen Fahrzeugzuständen das nötige Wissen über angezeigtes Verhalten fehlt!

Allerdings ist den Autofahrern ihre Unwissenheit z.T. bewußt. So bejahten 59 % der Befragten Handlungshilfen uneingeschränkt, weitere 14 % hielten sie in wichtigen Fällen für angezeigt, nur 27 % stuften sie als überflüssig ein. Eine differenzierte Analyse zeigte, daß auch diejenigen, die Handlungshilfen ablehnen, keinen Wissensvorsprung haben. Besonders stark ist die Einsicht in die Nützlichkeit von Handlungshilfen bei älteren Fahrzeugführern (85 %) und bei Frauen aller Altersgruppen (84 %).

Prinzipiell sollten Handlungshilfen die Zustandsmeldung ergänzen,

- o wenn die Situation für die Sicherheit der Fahrzeuginsassen entscheidend ist
- o wenn die Situation für die Funktionstüchtigkeit des Fahrzeugs entscheidend ist
- o wenn entsprechend der Befragungsergebnisse der Kraftfahrer in dieser Situation sich nicht über angemessenes Verhalten im klaren ist
- o wenn der Benutzer Handlungshilfen akzeptieren kann, bzw. eine reine Zustandsbeschreibung trivial klingt.

Ist das technische Wissen der Benutzer sehr unterschiedlich, so ist auch eine Ausgabe von Handlungshilfen auf Anforderung, durch Betätigen einer "Hilfe"-Taste denkbar. Je nach Komfort des Systems kann die "Hilfe"-Funktion hierarchisch aufgebaut sein und immer detailliertere Informationen geben.

#### 6.4. Sprachausgaben - typische Beispiele

Die hier formulierten Meldungen basieren auf

- o theoretischen Kriterien, wie sie die Psycholinguistik für eine optimale Gestaltung nahe legt

- o den im Rahmen dieser Studie durchgeführten Befragungen, Labor- und Feldexperimenten
- o technischen Erfordernissen.

Die Beispiele erheben jedoch nicht den Anspruch, die einzig richtige Realisierung sprachlicher Meldungen im Kraftfahrzeug darzustellen. Sie sind als Vorschlag und Anregung für eigene, den technischen Gegebenheiten entsprechenden, Sprachphrasen gedacht.

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

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

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

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

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

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

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

"Die Bremsbeläge müssen erneuert werden."

"Das Fahrzeugkontrollsystem funktioniert nicht einwandfrei. Lassen Sie es bitte überprüfen."

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

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

"Bitte prüfen Sie den Choke."

"Bitte prüfen Sie die Handbremse."

Tab. 3: Sprachausgaben mit Handlungshilfen

"Ein Scheinwerfer ist ausgefallen."

"Ein Bremslicht ist ausgefallen."

"Das Rücklicht ist ausgefallen."

"Die Nummernschild-Beleuchtung ist ausgefallen."

"Der Blinker ist ausgefallen."

"Hier besteht Glatteis-Gefahr!"

"Hier besteht Aquaplaning-Gefahr!"

"Auf der Fahrbahn liegt ein Hindernis!"

"Der Treibstoff reicht noch für höchstens zwanzig Kilometer."

Tab. 4: Sprachausgaben ohne Handlungshilfen

## 7. Auswirkungen von Sprachausgaben

### 7.1. Psychologische Wirkung der Sprachausgaben auf den Fahrer

#### 7.1.1. Wie werden Sprachausgaben erlebt?

In unseren beiden Feldexperimenten, die sich sowohl bezüglich der Belastungssituationen, als auch der teilnehmenden Personen unterschieden, konnten 88 bzw. 63 Prozent (Feldexp. I bzw. II) der Probanden Sprachausgaben sehr gut akzeptieren, die anderen Personen standen dem neuen Medium unentschieden gegenüber.

Für 32 (Feldexp. I) bzw. 53 (Feldexp. II) Prozent bedeuteten Sprachausgaben eine Entlastung, lediglich 6 Prozent der Probanden fühlten sich durch Sprachausgaben überfordert. Die subjektiv empfundene Überforderung dieser Fahrer, die zum Personenkreis der weniger leistungsfähigen gehören, konnte durch die objektiven Maße nicht bestätigt werden. Die restlichen Personen fühlten sich weder entlastet noch überfordert.

Interessante Ergebnisse sind auch aus der Befragung von Versuchspersonen, die Sprachausgaben im normalen Verkehrsgeschehen erlebten (Feldexperiment II), zu berichten:

Eine Skala zur Einstellungsmessung, bestehend aus 18 gegensätzlichen Adjektivpaaren (z.B. sinnvoll - sinnlos), die auf einer siebenstufigen Skala angeordnet sind, wird den Versuchspersonen vor und nach ihrer Erfahrung mit Sprachausgaben vorgelegt.

Die Probanden schätzen Sprachausgaben nach dem Versuch als wesentlich berechtigter, sinnvoller, zweckmäßiger, nützlicher und wirksamer ein als vor dem Kennenlernen der Sprachausgaben.



Teilt man die Gesamtgruppe der Versuchspersonen auf in Befürworter und Gegner des Einbaus von Sprachausgabesystemen, so betonen die Befürworter besonders die Nützlichkeit und die Erleichterung, die ein akustisches Anzeigesystem bietet.

Ein Proband drückte sich im Interview so aus: "Ich finde Sprachausgaben gut, weil man akustisch mehr mitbekommt als bei visuellen Anzeigen. Im dichten Straßenverkehr kann ich der Instrumentierung nicht so viel Aufmerksamkeit widmen. Da kann man die Informationen mit dem Ohr besser aufnehmen. Ich hätte gern ein Sprachausgabegerät, weil es entlastet."

Personen, die den Einbau von Sprachausgabesystemen ablehnen, gewichteten zwar nach einer Versuchsfahrt die Wichtigkeit und Wirksamkeit der Sprachausgaben positiv, jedoch war bei ihnen eine gewisse Maschinenangst, mangelnde Akzeptanz und Angst vor Kontrollverlust zu verzeichnen. Dazu einige Erläuterungen: Während optische Anzeigen diesem Personenkreis offensichtlich das Gefühl der Kontrolle über das Fahrzeug vermitteln, empfindet er die Information durch ein Sprachausgabesystem als Verlust dieser Kontrollposition. Ein Proband formuliert: "Ich finde die Sprachausgabe gut, weil man direkt informiert wird, wenn etwas passiert ist. Aber ich möchte sie nicht im Auto haben. Mir wären Lämpchen lieber, die ich kontrollieren könnte."

Es kann vorkommen, etwa, wenn vergessen wurde, die Handbremse zu lösen, daß die Sprachausgabe als Bloßstellung, als Nachweis eines begangenen Fehlers empfunden wird, was besonders im Beisein von Beifahrern zu einer Selbstwertproblematik führen kann. Offensichtlich ist es manchem lieber, mit angezogener Handbremse zu fahren und sie dabei zu ruinieren, als vom Beifahrer als schlechter oder unaufmerksamer Autofahrer eingestuft zu werden.

Ein System wird dann hohe Akzeptanz genießen, auch bei vorläufig kritischen Benutzern, wenn es individuelle Eingriffsmöglichkeiten bietet. ◀

Ein "maßgeschneidertes" System, das auf seine persönlichen Wünsche und Bedürfnisse abzustimmen ist, wird den Autofahrer überzeugen. ◀

### 7.1.2. Welche Eigenschaften sind für die Akzeptanz des Sprachausgabegeräts von besonderer Bedeutung?

Individuelle Auswahlmöglichkeit:

Es wäre zu kompliziert und zu zeitaufwendig, würde man die Möglichkeit eröffnen, vor jeder Fahrt eine "Wunschliste" von Meldungen einzutippen, die gegebenenfalls zur Ausgabe kommen sollen. Allerdings bereitet es keine Probleme, die Meldungen zu Einheiten zusammenzufassen. Der Benutzer kann dann zwischen den verschiedenen Clustern (Sicherheit, Erinnerungen, Verkehrsleitung, vgl. 5.1.1.) wählen, welche Meldungsgruppe er hören will. Der oben genannte Autofahrer, der sich durch die Meldung zur angezogenen Handbremse bloßgestellt fühlte, könnte das Cluster "Erinnerungen" abwählen und sich auf sicherheitsrelevante Meldungen beschränken. ◀

Auf Wunsch kann der Fahrer einen Pre-Drive-Check durchführen. ◀

Andere Meldungen auf Abruf könnten ebenfalls technisch realisiert werden.

Lautstärkeregelung:

Während der Fahrt wird die Grundlautstärke entsprechend den Umgebungsgeräuschen durch eine automatische Lautstärkenanpassung angehoben. ◀

Selbstverständlich kann der Benutzer auch während der Fahrt die Grundlautstärke einpegeln. ◀

Technische Zuverlässigkeit:

Die Forderung nach höchster technischer Zuverlässigkeit ist sowohl an das Sprachausgabegerät, vor allem aber auch an die Meßwertaufnehmer und die Schnittstellen zu richten. Tritt zum Beispiel bei +20 Grad Celsius die Meldung "Hier besteht Glatteisgefahr." auf, so mag dies bei einmaligem Vorkommen noch zur Erheiterung der Fahrzeuginsassen beitragen. Tauchen falsche Meldungen jedoch häufiger auf, so zweifelt der Benutzer zu Recht ◀

an der Zuverlässigkeit des Systems, er wird in Zukunft korrekte und wichtige Meldungen ignorieren oder das Gerät abschalten.

Wichtig: Im Kraftfahrzeug dürfen nur Systeme mit höchster technischer Zuverlässigkeit eingesetzt werden.

Verzicht auf unnötige und/oder aversionsauslösende Meldungen: ◀

Wie bereits in der Vorstudie (FAT-Schriftenreihe Nr. 23) begründet, ist es aus psychologischer Sicht nicht sinnvoll, das Sprachausgabesystem als "Nachschulungs-Pädagogen" einzusetzen, der seinen Eleven dazu auffordert, den Sicherheitsgurt anzulegen, größeren Abstand zum Vorausfahrenden zu halten, oder eine Fahrpause einzulegen. ◀

Abschaltbarkeit des Geräts: ◀

Man wird dem Fahrer größtmögliche Eigenverantwortlichkeit zubilligen. ◀  
Befindet sich in dem von ihm geführten Kraftfahrzeug ein Sprachausgabesystem (serienmäßiger Einbau, Firmenwagen, Leihfahrzeug), so kann er selbst entscheiden, ob er die Informationen, die dieses Gerät bieten kann, hören möchte oder nicht. Letztlich wird ein Autofahrer, der sich als "Herr über die an Bord befindlichen Geräte" fühlt, wesentlich höhere Akzeptanz zeigen, als ein Benutzer, der "zu seinem Glück gezwungen" wird und keinerlei Eingriffsmöglichkeiten sieht.

## 7.2. Auswirkung der Sprachausgabe auf sog. "Problemgruppen"

Ältere Fahrzeugführer:

Werden die genannten Kriterien, wie individuell regelbare Lautstärkegrundeinstellung, Verwendung kompletter Sätze, Wortrate nicht über 140 Worte pro Minute, etc. berücksichtigt, so ergeben sich für ältere Fahrzeugführer keine Probleme bei Sprachausgaben im Kraftfahrzeug.

Unerfahrene Fahrzeugführer:

Für die Hypothese, unerfahrene Kraftfahrer verfügten noch kaum über Automatismen, seien somit kognitiv stärker beansprucht und durch Sprachausgaben leichter überlastet, konnte keine Bestätigung gefunden werden.

Selbst wenn die Unterstellung, jüngere Kraftfahrer hätten ein stärkeres Verlangen, mit den gebotenen technischen Möglichkeiten zu "spielen", zutreffend wäre, entstünde bei Berücksichtigung der aufgestellten Forderungen (etwa gewisse Meldeeinheiten nur bei stehendem Fahrzeug auszugeben) keine Gefährdung für den Verkehrsteilnehmer.

Fremdsprachige Fahrzeugführer:

Die Hersteller sollten sich auf eine einheitliche "Phraseologie" einigen. Ist die Anzahl der Sätze gering und der Wortschatz reduziert, können die Meldungen auch von fremdsprachigen Fahrzeugführern mit geringen Deutschkenntnissen verstanden bzw. bereits in der Fahrschule gelehrt werden. Günstig ist sicherlich auch, wenn Sprachausgabe-Module in allen gängigen Sprachen angeboten werden und leicht austauschbar sind, oder gleich mehrsprachig ausgelegt werden.

Gehörlose und schwerhörige Kraftfahrer:

Für diese Gruppe von Autofahrern müssen die wichtigsten Kontrollanzeigen wie bisher optisch angeboten werden.

### 7.3. Auswirkungen von Sprachausgaben auf die Verkehrssicherheit

Erklärtes Ziel ist es, die Verkehrssicherheit zu erhöhen, etwa durch eine Entlastung des visuellen Kanals des Fahrzeugführers. Die vorliegenden Studien sollten Klarheit darüber schaffen, ob diese Absicht durch die Einführung von Sprachausgaben realisiert werden kann, ob durch das zusätzliche akustische Medium Probleme nur verschoben werden, oder ob es sogar zu einer Überbeanspruchung des Fahrers kommen kann.

Aufschluß brachten drei Versuchsreihen:

- o Laborexperiment im Fahr Simulator
- o Feldexperiment unter kontrollierten Fahrbedingungen auf einer Teststrecke
- o Feldexperiment im realen Verkehrsgeschehen.

Ergebnisse, den akustischen Bereich betreffend:

- o Sprachausgaben werden sehr gut wahrgenommen und verstanden.
- o Eine zusätzliche akustische Aufgabe (Laborexperiment: Teilnahme an der Mitfahrerunterhaltung) beeinträchtigt die Aufnahme sprachlicher Meldungen nicht.

Ergebnisse, den optischen Bereich betreffend:

- o Bei der hohen Belastung im Laborexperiment wurde am Anfang des Versuchs bei peripher dargebotenen Reizen in Phasen mit Sprachausgaben beobachtet, daß die optischen Signale durch die akustischen verdrängt wurden.
- o Dieser Effekt konnte jedoch im kontrollierten Feldexperiment keine Bestätigung finden.

Pulsfrequenz als Indikator für die Beanspruchung:

- o In beiden Feldexperimenten wurde das physiologische Maß "Pulsfrequenz" erhoben, um zu prüfen, ob die Versuchspersonen durch die Aufnahme und Verarbeitung von Sprachausgaben einer besonderen Belastung ausgesetzt sind. Die Analyse der Pulsfrequenzen ergibt: Sprachausgaben verursachen keine physiologisch meßbare zusätzliche Beanspruchung.

Ergebnisse im Fahrverhalten:

- o Bremsreaktionen auf vorausfahrende Fahrzeuge konnten im Laborversuch und im kontrollierten Feldexperiment analysiert werden. Im Labor fielen die Bremsreaktionen in der ersten Versuchshälfte bei Sprachausgaben verzögert aus. Zwischen den Versuchspersonen ergaben sich starke individuelle Unterschiede. Im kontrollierten Feldexperiment dagegen waren die Bremsreaktionen während den Sprachausgaben völlig normal.
- o Das Lenkverhalten der Versuchspersonen war bei allen drei Versuchsserien durch Sprachausgaben unbeeinflußt.
- o Im Labor fiel die Geschwindigkeitsanpassung während Sprachausgaben schlechter aus (große individuelle Unterschiede!), während in den beiden Feldexperimenten in Phasen von Sprachausgaben keine signifikanten Geschwindigkeitsänderungen festgestellt werden konnten.

- o Im kontrollierten Feldexperiment hatten die Versuchspersonen verschiedene Fahraufgaben auszuführen. Auch hier erwiesen sich Sprachausgaben nicht als belastender Faktor.

Ergebnisse, das Verhalten betreffend:

- o Personen, die den Einbau eines Sprachausgabegeräts befürworteten, handelten nach Sprachausgaben häufiger richtig, als Personen, die den Einbau ablehnen (kontrolliertes Feldexperiment).
- o Verglichen mit herkömmlichen Anzeigen sind nach Sprachausgaben signifikant häufiger richtige Handlungen zu verzeichnen (Feldexperiment II).

Aufgrund der Ergebnisse im Fahrsimulator war zunächst eine kritische Haltung angebracht. Wir konnten zum damaligen Zeitpunkt noch nicht entscheiden, ob die Ergebnisse durch die starke Gewöhnungsbedürftigkeit an den Fahrsimulator oder durch die akustische Zusatzinformation zustande gekommen waren. In den Feldexperimenten ergab sich jedoch keinerlei Hinweis, daß die Verarbeitung akustischer Informationen zu Lasten der optischen gehe.

Ergebnisse, die Konzentration betreffend:

- o Die Versuchspersonen selbst gaben auf die Frage, worauf sie sich stärker konzentrierten, in 6 % der Fälle an: "auf die Sprachausgabe". Wie die objektiven Maße zeigen, führte dies aber zu keiner Beeinträchtigung verkehrssicheren Verhaltens.  
65 bzw. 50 Prozent (Feldexperiment I bzw. II) hatten ihre Aufmerksamkeit stärker auf das Fahrgeschehen gerichtet, der Rest konzentrierte sich auf Sprachausgabe und Fahrmanöver gleichermaßen.

Zusammenfassend ist festzuhalten:

Sprachausgaben erhöhen die Verkehrssicherheit,

- wenn die Annahme eintritt, daß sich bei Fahrern, in deren Fahrzeug ein Sprachausgabegerät eingebaut ist, die Gewohnheit bildet, nicht mehr auf die Anzeigen (außer auf den Tachometer) zu achten, sondern das Hauptaugenmerk auf den Verkehr zu richten. Dieses Verhalten wird ge-



steuert durch das Bewußtsein, daß alle wichtigen Meldungen akustisch dargeboten werden.

- Die entlastende Wirkung setzt die Berücksichtigung der besprochenen Gestaltungshinweise voraus.



## 7. Literaturverzeichnis

EGAN, J.P. & F.M. WIENER: On the intelligibility of bands of speech in noise. The Journal of the acoustical Society of America, Vol. 18, 2, 1946, 435 ff.

FÄRBER, Berthold & Brigitte FÄRBER: Grundlagen und Möglichkeiten der Nutzung sprachlicher Informationssysteme im Kraftfahrzeug, Vorstudie. FAT Schriftenreihe, Frankfurt, 23, 1982

FÄRBER, Berthold & Brigitte FÄRBER: Grundlagen und Möglichkeiten der Nutzung sprachlicher Informationssysteme im Kraftfahrzeug, Hauptstudie. FAT Schriftenreihe, Frankfurt, 39, 1984

FRENCH, N.R. & J. C. STEINBERG: Factors governing the intelligibility of speech sounds. The Journal of the acoustical Society of America, Vol. 19, 1, 1947, 90 - 119

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

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

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

STEVENS, S.S. & Fred WARSHOFKY: Schall und Gehör. Reinbeck, 1980/3

Anhang

**F A T - A K 2 "Der Mensch als Fahrzeugführer"**

(Stand:Sept. 84)

Herrn  
Dr.rer.nat. Rainer Fritz \*)  
Dr.Ing.h.c.F. Porsche AG  
Abt. EE  
Postfach 1140

7251 Weissach

Herrn  
G. Hahlganß  
VDO A. Schindling AG  
Abt. G-E  
Postfach 6140

6231 Schwalbach/Ts.

Herrn  
Dipl.-Ing. F. Krärner  
A. Opel AG  
Abt. PEK-N 20/Vorausentwicklung  
Postfach 1560

6090 Rüsselsheim

Herrn  
Dipl.-Des. W. Kraus  
M A N AG  
Abt. TKNF  
Postfach 500620

8000 München 50

Herrn  
Dr.-Ing. K. Niemann  
Daimler-Benz AG  
Abt. E 6 W  
Postfach 202

7000 Stuttgart 60

Herrn  
Dr.phil.Hans-Dieter Sömen  
Bundesanstalt f. Straßenwesen (BAST)  
Postfach 100150

5060 Bergisch-Gladbach

\*) **Obmann**

Herrn  
Dr.-Ing. Josef Temming  
Volkswagenwerk AG  
Abt. 1776-0  
Postfach

3180 Wolfsburg 1

Herrn  
Dipl.-Ing. Frieder Heintz  
Robert Bosch GmbH  
Abt. K/EVW  
Sophienstraße 187

7500 Karlsruhe 21

Herrn  
Ing. D. Schneider  
Ford-Werke AG  
Abt. MC/PG  
Postfach 604002

5000 Köln 60

Herrn  
Dr.-Ing. Manfred Vötter  
Zahnradfabrik Friedrichshafen AG  
Postfach 1340

7070 Schwäbisch Gmünd

Herrn  
Dr. Petra  
B M W AG  
Abt. ES - 50  
Postfach 400240

8000 München 40

Herrn  
Dipl.-Ing. Zuckmantel  
Westfälische Metall Industrie  
Hueck & Co.KG  
Abt. ZE  
Postfach 2840

4780 Lippstadt

## Bisher in der FAT-Schriftenreihe erschienen:

Nr. 1	Immissionssituation durch den Kraftverkehr in der Bundesrepublik Deutschland	vergriffen
Nr. 2	Systematik der vorgeschlagenen Verkehrslenkungssysteme	DM 20,-
Nr. 3	Literaturstudie über die Beanspruchung der Fahrbahn durch schwere Kraftfahrzeuge	DM 30,-
Nr. 4	Unfallforschung / Westeuropäische Forschungsprogramme und ihre Ergebnisse / Eine Übersicht	vergriffen
Nr. 5	Nutzen/Kosten-Untersuchungen von Verkehrssicherheitsmaßnahmen	DM 60,-
Nr. 6	Belastbarkeitsgrenze und Verletzungsmechanik des angegurteten Fahrzeuginsassen	DM 50,-
Nr. 7	Biomechanik des Fußgängerunfalls	DM 30,-
Nr. 8	Der Mensch als Fahrzeugführer	vergriffen
Nr. 9	Güterfernverkehr auf Bundesautobahnen	DM 50,-
Nr. 10	Recycling im Automobilbau – Literaturstudie	DM 50,-
Nr. 11	Rückführung und Substitution von Kupfer im Kraftfahrzeugbereich	DM 50,-
Nr. 12	Der Mensch als Fahrzeugführer	DM 50,-
Nr. 13	Sicherheitsmaßnahmen im Straßenverkehr Sammlung, Beschreibung und Auswahl für die Anwendung der Nutzen/Kosten-Analyse	DM 60,-
Nr. 14	Tierexperimentelle und epidemiologische Untersuchungen zur biologischen Wirkung von Abgasen aus Verbrennungsmotoren (Otto- und Dieselmotoren) – Literaturstudie	DM 60,-
Nr. 15	Belastbarkeitsgrenzen des angegurteten Fahrzeuginsassen bei der Frontalkollision	DM 50,-
Nr. 16	Güterfernverkehr auf Bundesautobahnen – Ein Systemmodell 2. Teil	DM 50,-
Nr. 17	Ladezustandsanzeiger für Akkumulatoren	DM 50,-
Nr. 18	Emission, Immission und Wirkungen von Kraftfahrzeugabgasen	DM 30,-
Nr. 19	Sicherheitsmaßnahmen im Straßenverkehr Ergebnisse einer Nutzen/Kosten-Analyse von ausgewählten Maßnahmen	vergriffen
Nr. 20	Aluminiumverwendung im Automobilbau und Recycling	DM 50,-
Nr. 21	Fahrbahnbeanspruchung und Fahrsicherheit un gelenkter Dreiachsaggregate in engen Kurven	DM 50,-
Nr. 22	Umskalierung von Verletzungsdaten nach AIS – 80 (Anhang zu Schrift Nr. 15)	DM 50,-
Nr. 23	Grundlagen und Möglichkeiten der Nutzung sprachlicher Informationssysteme im Kraftfahrzeug	DM 50,-
Nr. 24	Altteilverwendung im Automobilbau	DM 50,-
Nr. 25	Energie für den Verkehr Pilotstudie zur Beschreibung des Systems Wirtschaft – Energie – Verkehr und zur Abschätzung der langfristigen Energieversorgung des Verkehrs	DM 60,-
Nr. 26	Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Aluminium im Lkw-Bau	DM 50,-
Nr. 27	Äußere Sicherheit von Lkw's und Anhängern	DM 60,-
Nr. 28	Dämpfung und Tilgung von Torsionsschwingungen im Triebstrang von Kraftfahrzeugen	DM 50,-
Nr. 29	Wirkungsgradmessung an Getrieben und Getriebeelementen	DM 50,-
Nr. 30	Fahrverhalten von Lastzügen und hierbei insbesondere von Anhängern	DM 50,-
Nr. 31	Entwicklung, Aufbau und Test eines Ladezustandsanzeigergerätes für Bleiakkumulatoren in Elektrostraßenfahrzeugen	DM 50,-
Nr. 32	Rollwiderstand und Lenkwilligkeit von Mehrachsanhängern mit Zwillings- und Einzelbereifung	DM 60,-
Nr. 33	Fußgängerschutz am Pkw – Ergebnisse mathematischer Simulation –	DM 60,-
Nr. 34	Verfahren zur Analyse von Unfallursachen – Definitionen, Erfassung und Bewertung von Datenquellen –	DM 75,-
Nr. 35	Untersuchungen über kraftstoffsparende Investitionsmaßnahmen im Straßenbau	DM 75,-
Nr. 36	Belastbarkeitsgrenzen und Verletzungsmechanik der angegurteten Fahrzeuginsassen bei Seitenaufprall. Phase I: Kinematik und Belastungen im Vergleich Dummy/Leiche	DM 60,-
Nr. 37	Konstruktive Einflüsse auf das Fahrverhalten von Lastzügen	DM 50,-
Nr. 38	Studie über Energieeinspeisungsgeräte zur Mitführung im Kraftfahrzeug (Bordlader)	DM 30,-
Nr. 39	Grundlagen und Möglichkeiten der Nutzung sprachlicher Informationssysteme im Kraftfahrzeug – Hauptstudie –	DM 60,-
Nr. 40	Sprachausgaben im Kraftfahrzeug – Ein Handbuch für Anwender –	DM 25,-
Nr. 41	Auswertung von Forschungsberichten über: Die Auswirkung der Nutzfahrzeugkonstruktion auf die Straßenbeanspruchung	DM 30,-