FORSCHUNGSVEREINIGUNG AUTOMOBILTECHNIK EV

FAT SCHRIFTEN REIHE NR. 64

Sicherheitsorientierte Bewertung von Anzeige- und Bedienelementen in Kraftfahrzeugen

– Grundlagen –

Sicherheitsorientierte Bewertung von Anzeige- und Bedienelementen in Kraftfahrzeugen

– Grundlagen –

Auftraggeber:

Bundesanstalt für Straßenwesen, BASt
Forschungsvereinigung Automobiltechnik e. V. (FAT)

Auftragnehmer:

Psychologisches Institut der 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 in der Vergangenheit mit der Bundesanstalt für Straßenwesen BASt bereits verschiedene Forschungsvorhaben über „Informationsaufnahme und -verarbeitung durch den Menschen" durchgeführt. (FAT-Berichte Nr. 8, Nr. 12, Nr. 23, Nr. 39 und Nr. 40). Diese Arbeiten behandelten Teilaspekte an der Schnittstelle Mensch – Fahrzeug. Betrachtet man heutige Fahrzeuge im Bereich dieser Schnittstelle, stellt man jedoch fest, daß trotz teilweise guter Detaillösungen noch viele Kompromisse bestehen, die unter Umständen zu Lasten der Ergonomie und damit der Verkehrssicherheit gehen. Insbesondere in Grenzsituationen der Belastung und Beanspruchung ist es unabdingbar, fehlerfrei und schnell handeln zu können. Übermäßige Ablenkung durch Vorgänge der Informationsaufnahme und der Bedienung beeinträchtigen die Sicherheit der Fahrzeugführung. Weitere Problembereiche bestehen einerseits in der Eingewöhnung bei Fahranfängern und bei der Benutzung seltener Bedienungssituationen. Die Beseitigung dieser Problemkreise macht es erforderlich, das auf diesem Gebiet unvollständige ergonomische Wissen zu erweitern.

Aus diesen Gründen hat die FAT gemeinsam mit der BASt das Psychologische Institut der Universität Tübingen beauftragt, ein Forschungsvorhaben mit dem Titel „Sicherheitsorientierte Bewertung von Anzeige- und Bediensystemen in Kraftfahrzeugen" durchzuführen. In einer vorangehenden Literaturstudie sollten der Kenntnisstand der Grundlagen- und anwendungsorientierten Forschung recherchiert und für die vorliegende Problematik relevante ergonomische Gesichtspunkte zusammengefaßt werden. Die hiermit vorliegende Studie stellt darüber hinaus auch einen ersten Leitfaden dar für die konkrete Gestaltung von Anzeige- und Bedienelementen im Kraftfahrzeug unter Einbeziehung sicherheitsorientierter Kriterien.

Die Zielsetzung und Projektbetreuung dieser Studie und des noch laufenden Forschungsvorhabens erfolgt durch den FAT-Arbeitskreis (AK 2) „Der Mensch als Fahrzeugführer", dessen Mitglieder im Anhang genannt sind.

Wir danken den wissenschaftlichen Bearbeitern Dr. Brigitte Färber, Dr. Berthold Färber und ihren Mitarbeitern für den hohen persönlichen Einsatz bei der Erstellung dieser Studie, den Mitgliedern des FAT-Arbeitskreises und dem Vertreter der Bundesanstalt für Straßenwesen, BASt für ihre Anregungen und hilfreichen Diskussionsbeiträge bei der Projektbetreuung und der Firma VDO Adolf Schindling AG für die tatkräftige Unterstützung bei der Beschaffung der Testanlage.

FORSCHUNGSVEREINIGUNG AUTOMOBILTECHNIK EV (FAT)

Frankfurt am Main, im Juni 1987

Danksagung

Diese umfangreiche Literaturstudie entstand unter Mithilfe unserer Mitarbeiter

Sabine Floruß,
Friedemann Kuhn,
Helmut Schweiker, Dipl. Psych.

– wir wollen uns herzlich für ihre Mitarbeit bedanken!

Den Mitgliedern des AK 2 der Forschungsvereinigung Automobiltechnik danken wir für ihre vielfältigen Anregungen, die kritischen Diskussionsbeiträge und ihre Hilfe bei der Beschaffung schwer zugänglicher Literatur.

Die Verfasser

Inhaltsverzeichnis

Seite

1. Vorwort 1
   1.1. Das Vorwort zum Schmunzeln 1
   1.2. ... und seine Hintergründe 1

2. Einführung..... 3

3. Optische Wahrnehmung - Literaturanalyse zu relevanten Aspekten..... 8
   3.1. Retina (Netzhaut)..... 9
   3.2. Augenbewegungen..... 10
   3.3. Akkommodation..... 12
   3.4. Fixierungszeit und Sehwinkel..... 17
   3.5. Auflösung..... 20
   3.6. Kontrast..... 21
   3.7. Adaptation..... 25
   3.8. Chromatische Aberration..... 30
   3.9. Gesichtsfeld..... 32
   3.10. Farbengesichtsfeld..... 34
   3.11. Nutzbares Sehfeld..... 36
   3.12. Gestaltwahrnehmung..... 38
   3.13. Definitionen und Maße..... 45

4. Informationsverarbeitung - Literaturanalyse zu relevanten Aspekten..... 51
   4.1. Frühe Theorien der Aufmerksamkeit..... 52
   4.2. Geteilte versus ungeteilte Aufmerksamkeit..... 57
   4.3. Automatische Verarbeitung versus kontrollierte Verarbeitung..... 60

Seite

4.4. Sinnesmodalitäten und Unterschiede in ihrer Verarbeitung 62
4.5. Steuerung der Aufmerksamkeit durch den Informationsbedarf 63
4.6. Informationstheoretischer Ansatz 65
4.7. Hybrid-Modelle 67
4.8. Informationsverarbeitung im Alter 68
4.9. Individuelle Unterschiede 70
4.10. Zusammenfassung 71

5. Ergonomische Aspekte der Anzeige- und Bedienelemente 73
5.1. Anzeigeelemente 75
5.1.1. Ziel der Anzeigeelemente 75
5.1.2. Sinnesmodalitäten 76
5.1.3. Informationsgehalt von optischen Anzeigen 79
5.1.4. Datentypen 83
5.1.5. Darstellungsform 84
5.1.6. Darstellungsort für Anzeigen 95
5.1.7. Formen der technischen Realisierung von Anzeigen 99
5.1.8. Darbietungsebene 104
5.1.9. Gestaltungsgrundsätze für Skalen 106
5.1.10. Gestaltungsgrundsätze zur Beschriftung 113
5.1.11. Zeigerformen 132
5.1.12. Symbole 137
5.1.13. Farbkodierung 146
5.1.14. Beleuchtung von Anzeigen 148
5.1.15 Die Anordung verschiedener Anzeigen zueinander. 150
5.1.16 Darzustellende Informationen im Kraftfahrzeug.. 161

Seite

5.2. Bedienelemente 164
5.2.1. Ziel der Bedienelemente 164
5.2.2. Sinnesmodalitäten 166
5.2.3. Formen der Bedienelemente 168
5.2.4. Räumliche Position von Bedienelementen 170
5.2.5. Bewegungsmöglichkeiten 177
5.2.6. Gestaltungsgrundsätze 188
5.3. Interaktion von Anzeige- und Bedienelementen ... 227
5.3.1. Interaktion zwischen räumlich getrennten Anzeige- und Bedienelementen 228
5.3.2. Integriertes Anzeige- und Bedienelement 235
5.3.3. Sprache als Anzeige- und Bedienelement 238
5.4. Entwicklung einer Prioritätenlogik für Anzeige- und Bedienelemente 239
5.5. Welche Forschungsschwerpunkte ergeben sich für den Bereich der Anzeige- und Bedienelemente? ... 244
5.5.1. Erhebung des Ist-Zustandes 245
5.5.2. Fragestellungen aufgrund neuer Technologien ... 246

Literatur 247

Normen 261

1. Vorwort

1.1. Das Vorwort zum Schmunzeln ...

> **LIBER SCHPEZI!**
>
> Natierlich fart Unsereins imer mit 1 Folxwahgen oder Audi. Aber noilich ist es Mier pasirt, das Ich 1 Auto gemihtet habe und waren die Golf und Audi leuder schohn ale fergehben. So muste Ich in 1 Främdfaprikat einschteugen.
>
> Also auch dihses fert, das muhs man zugehben. Aber jetzt wil Ich um die Kurfe. Wo aber plingt dihses Främdfaprikat? Nein, nicht linx, wie es sich gehöhrt, sondern auf der rächten Seute! Oder mit dem Licht ist es genauso. Oder gahr huhpen! 1 alte Frau rahst ieber die Schtrase, Ich trehte auf die Premse (dihse ist an dem gewohnten Plaz, was Mich ferwundert). Nun hauhe ich in die Mite fon dem Lenkrad, aber ertöhnt nichz, weil die Huhpe hengt an 1 kleinen Hebel u. bis Ich sie finde, ist die alte Frau lenxt ieber ale Berge.
>
> Ist dihses nicht saublöd? Könten die Autofabrieken nicht ausmachen: Wier lehgen die Bedihnunxorgahne ale an diesälbe Schtele, dan findet sie auch 1 Golfundaudifarer.
>
> Warscheindlich nicht. Den dihses geht auch bei anderen Wahren nicht. Zum Beischpihl habe Ich 1 noie Schreubmaschihne. Und ist hier das Fragezeuchen da, wo sonst der Dopelpungt sizt. Wen Ich 1 Klamer schreuben wil, tipe Ich &. Dafier felt der Apostrohf. So kan Ich dich deshalb nicht frahgen: Liber Schpezi, wie geht s?
>
> Hofendlich so gut wie deinem Freind
>
> Ludwig

(MERKLE, 1986)

1.2. ... und seine Hintergründe

Das Gefühl, das MERKLE (1986) in seinem "Schpezi-Brief" so treffend zum Ausdruck bringt, bemächtigt sich nicht nur des Fahrzeugwechslers (und welcher Autofahrer wechselt nicht mehrmals in seinem Leben das Fahrzeug?), sondern auch des Konstrukteurs, des Ergonomen, des Sicherheitsexperten, sobald er sich mit Anzeige- und Bedienelementen[1]) in Kraftfahrzeugen beschäftigt. Wir finden zwar eine Reihe günstiger Detaillösungen,

doch auch viele unvorteilhafte und uneinheitliche Realisationen. Es stellen sich die Fragen nach den Ursachen: Sind es die technischen und wirtschaftlichen Zwänge, die zu Kompromissen führen, die u.U. zu Lasten der Ergonomie und der Verkehrssicherheit gehen? Gibt es zu wenig Kenntnisse über Grundlegendes, etwa Wahrnehmung, Informationsverarbeitung und günstige Bewegungsabläufe des Menschen - oder gibt es darüber zu viele Informationen, verstreut über die verschiedensten Fachgebiete, und deshalb dem Zugriff entzogen?
Um das Defizit, gleichgültig, auf welche Weise es zustande gekommen sein mag, zu beheben, wurden die Verfasser von der Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT), gemeinsam mit der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) mit dem Forschungsvorhaben **"Sicherheitsorientierte Bewertung von Anzeige- und Bedienelementen in Kraftfahrzeugen"** betraut.
Die vorliegende Studie berichtet über den Kenntnisstand der grundlagen- und anwendungsorientierten Forschung und faßt einschlägige ergonomische Gesichtspunkte zusammen. Soweit bereits Ergebnisse vorliegen, stellt sie einen Leitfaden für die konkrete Gestaltung von Anzeige- und Bedienelementen dar. Ziel ist nicht eine völlige Vereinheitlichung und Normierung, vielmehr sollen Kriterien vorgeschlagen werden, die die Freiheit der Konstrukteure und die Sicherheit in gleicher Weise berücksichtigen. Daneben soll die Studie eine Plattform bieten für die Entwicklung sicherheitsorientierter Kriterien zur Gestaltung von Informations- und Bediensystemen, wobei auch neue Technologien und strukturelle Möglichkeiten ihren Niederschlag finden.

[1]) Der Begriff "Bedienelemente" hat sich in der einschlägigen Literatur eingebürgert. Statt dessen könnten auch, wie in DIN 33 401 vorgeschlagen, die Bezeichnung "Stellteil", oder die Begriffe "Bedienteil", "Betätigungsteil", "Steuerarmatur" verwendet werden.

2. Einführung

Die Erhöhung der Verkehrssicherheit ist ein Ziel, das von Forschern und Institutionen mit sehr unterschiedlichen Ansätzen verfolgt wird. Die Bandbreite der Bemühungen reicht von originär pädagogischen und psychologischen Ansätzen, wie verbesserte Ausbildung, effizientere Auslese und Nachschulung von Kraftfahrern, über verkehrstechnische Maßnahmen, wie Straßenbau und Verkehrslenkung, bis hin zu technischen Lösungsansätzen der aktiven und passiven Sicherheit am Fahrzeug. Keine der Maßnahmen kann für sich in Anspruch nehmen, die wichtigste oder gar die einzig zielführende zu sein. Ebenso wenig zielführend scheint der Versuch einzelner Ansätze, spezifische Anteile (etwa des Faktors "Mensch" oder des Faktors "Umwelt") im System Fahrer-Fahrzeug-Umfeld am Unfallgeschehen zu quantifizieren. Da das System Fahrer-Fahrzeug-Umfeld ein interaktives System ist, wird es nur dann optimal funktionieren, wenn die einzelnen Systemkomponenten in idealer Weise aufeinander abgestimmt sind.

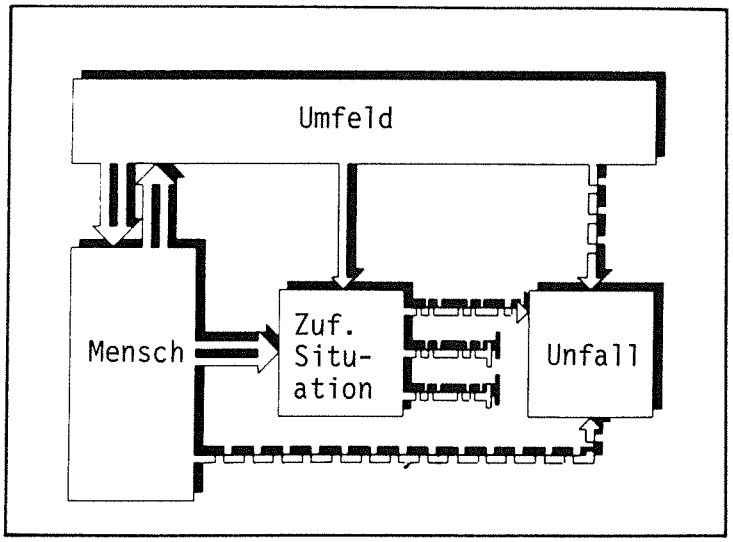


Abb. 2.1: Schema des interaktiven Fahrer-Fahrzeug-Umfeld-Modells (nach POKORNY & BLOM, 1984, S.377)

Unter diesem Gesichtspunkt ist die Gestaltung von Anzeige- und Bedienelementen ebenso bedeutsam wie andere Verkehrssicherheitsmaßnahmen, obwohl der Einfluß gut bzw. schlecht gestalteter Tasten, Schalter oder Anzeigen auf das Unfallgeschehen nicht unbedingt quantifizierbar ist. Die Erarbeitung von Kriterien zur sicherheitsorientierten Bewertung von Anzeige- und Bedienelementen stellt somit einen integralen Bestandteil der Optimierung des Gesamtsystems Straßenverkehr dar.

Beim Stichwort "sicherheitsorientiert" stellt sich die Frage der Vorgehensweise. Die Methode, mit der lange Zeit Verkehrssicherheitsforschung betrieben wurde, bestand in der Analyse von Verkehrsunfällen, in der Hoffnung, mit den gewonnenen Erkenntnissen künftig Unfälle verhindern zu können. Diese Vorgehensweise, wie sie beispielsweise von SHINAR (1978) sehr eindrucksvoll betrieben wurde, wird jedoch inzwischen nicht mehr als einzig angemessene empfunden. Dafür führt KLEBELSBERG (1982) folgende Gründe an: Der Unfall ist im statistischen Sinne ein "seltenes Ereignis". Unfallfreiheit bedeutet demzufolge nicht gleichzeitig Verkehrssicherheit, "weil die situationsspezifischen Zufallsbedingungen (...) nicht systematisch erfaßt und nicht genügend scharf gegenüber zufallsunabhängigen Verhaltensbedingungen abgegrenzt werden können." (KLEBELSBERG, 1982, S.20).
Eine zweite, gegenwärtig stärker favorisierte Vorgehensweise ist die Registrierung und Analyse des Verkehrsgeschehens durch Beobachter vor Ort, Video- oder Filmaufnahmen, um so den zugrundeliegenden Verkehrsprozeß zu erfassen (vgl. MORAAL & RIEMERSMA, 1984, S.364). Ausgangspunkt ist das Normalverhalten der Verkehrsteilnehmer, von dieser Basis aus werden Fehlverhaltensweisen, Beinahe-Unfälle (vgl. dazu die umfangreiche und interessante Untersuchung von BRUGER et al.) und Unfälle analysiert. "Auf diese Weise wird vom zuverlässigeren (reliableren) Merkmal auf das zufallsabhängigere Merkmal geschlossen, so daß zumindest dessen zufallsunabhängige Komponenten erfaßt werden können." (KLEBELSBERG, 1982, S.21).
Experimentelle Verfahren kommen zur Anwendung, wenn eine neue Variable, etwa die Einführung eines bisher unerprobten Systems, unter wissenschaftlichen Bedingungen untersucht werden soll. Feldexperimente bieten sich hierfür an, doch sind sie meist sehr aufwendig in der Durchführung und

nicht ohne Risiko, wenn über die Auswirkung des zu erprobenden Systems noch wenig bekannt ist. Eine Alternative (bzw. eine Möglichkeit der Voruntersuchung für ein Feldexperiment) stellt die Simulation im Fahrsimulator dar, die die Möglichkeit zur experimentellen Kontrolle mit garantiert wiederholbaren Versuchsbedingungen und ohne Risiko für die Versuchsteilnehmer eröffnet (vgl. auch MORAAL & RIEMERSMA, 1984).
Abbildung 2.2. gibt einen Überblick über die verschiedenen Vorgehensweisen und die Problematik von Realitätsnähe und Kontrollierbarkeit der Testbedingungen.

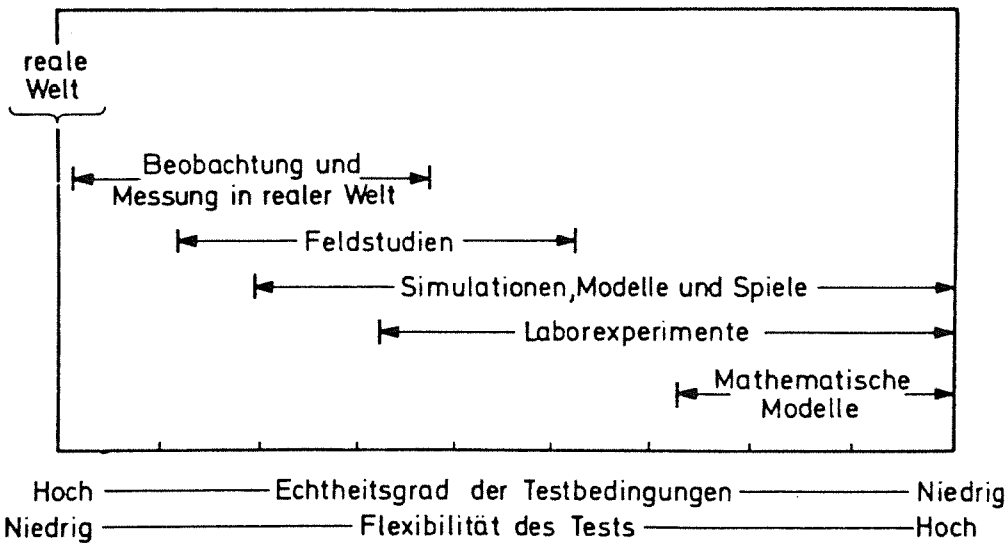


Abb. 2.2: Übersicht über die verschiedenen Vorgehensweisen (aus GÄRTNER & STEIN, 1985, S.4)

Die Gestaltung und Bewertung von Anzeige- und Bedienelementen unter der Maxime "Sicherheit" steht oft im Widerspruch zu anderen, ebenfalls als wichtig erachteten Forderungen:

Die erste Diskrepanz besteht zwischen ergonomischen Vorgaben und spezifischen Designvorstellungen. Diese Diskrepanz stellt jedoch eher ein Scheinproblem dar, da sich gute Gestaltung und ansprechendes Design nicht

ausschließen müssen. Zudem lassen die Vorgaben der Ergonomie genügend Freiheitsgrade offen, so daß auch künftig die Gefahr des "Einheitsdisplays" nicht droht.

Die zweite, schwieriger lösbare Diskrepanz ist diejenige zwischen aktiver und passiver Sicherheit. Aus der Sicht der passiven Sicherheit soll der Fahrzeuginnenraum gut gepolstert und ohne Erhebungen sein, das Lenkrad über einen möglichst großen Pralltopf verfügen, der z.B. den Airbag aufnehmen kann. Für die aktive Sicherheit wäre es wünschenswert, alle Bedienelemente möglichst nahe an die Hände des Fahrers zu verlagern. Dies ist am wirksamsten mit Bedienteilen zu erreichen, die an langen Hebeln sitzen. Für die Sichtbarkeit der Anzeigeelemente im zentralen Sichtfeld des Fahrers wäre ein Speichenlenkrad besonders gut geeignet, das bei einem Unfall aber zu erheblichen Verletzungen führt. Die sicherheitsorientierte Gestaltung von Anzeige- und Bedienelementen darf daher bei der aktiven Sicherheit die passive nicht vernachlässigen.

Die dritte Diskrepanz bezieht sich auf die darzustellende Informationsmenge und damit auf die Teilung der Aufmerksamkeit zwischen Fahrzeugumfeld und Fahrzeuginnenraum. Schon zum jetzigen Zeitpunkt und künftig noch verstärkt, wird es möglich sein, eine Vielzahl von Informationen über das Fahrzeug und die Umgebung zu messen und dem Fahrer mitzuteilen. Das mögliche Spektrum reicht dabei von Informationen über den Zustand oder den Ausfall von Fahrzeugsystemen, wie Lichtanlage, Brems- und Servosysteme, über Sicherheitsreserven bei Kurvenfahrten bis hin zu Warnungen vor Glatteis, Aquaplaning oder Hindernissen auf der Fahrbahn im Nebel.
So hilfreich diese Informationen im einzelnen sein können, besteht aber die Gefahr, daß zu viele Informationen im Fahrzeuginnenraum die Aufmerksamkeit des Fahrers vom Verkehrsgeschehen abziehen. Im Gegensatz zur Aufgabe eines Flugzeugpiloten muß der Kraftfahrer aber sein Hauptaugenmerk auf den Verkehr richten. Nach einem Modell von MILGRAM et al. (1982) entscheidet sich der Fahrer immer dann, Umgebungsinformation aufzunehmen, wenn das Informationsdefizit ein bestimmtes Niveau erreicht hat. In den Zwischenphasen hätte er theoretisch genügend Zeit, sich dem Ablesen von Anzeigen zu widmen. Im Fahralltag existieren gegenüber dieser Modellvorstellung aber zwei wesentliche Einschränkungen:

1. Unvorhergesehene Ereignisse werden nicht mehr mit der nötigen Sicherheit erfaßt, wenn der Fahrer zu lange oder zu oft seine Aufmerksamkeit von der Straße abwendet.
2. In kritischen Situationen oder bei hoher Informationsdichte wird die Zeitspanne, die für Blicke in den Fahrzeuginnenraum zur Verfügung steht, minimal sein.

Die beiden Einschränkungen führen zunächst zu der allgemeinen Forderung, so wenig Information wie möglich und so viel Information wie nötig darzubieten. Wie viel dies im Einzelfall ist, kann an dieser Stelle noch nicht geklärt werden.

Die vorliegende Literaturstudie hat sich zum Ziel gesetzt, den augenblicklichen Kenntnisstand über die Gestaltung von Anzeige- und Bedienelementen zusammenzutragen und kritisch zu bewerten. Um die Einordnung, das Verständnis und die Abwägung widersprüchlicher Ergebnisse zu erleichtern, geht sie darüber hinaus auf die Grundlagen der Wahrnehmung und Informationsverarbeitung des Kraftfahrers ein. Die Studie will auf der Basis der bisherigen Erkenntnisse dem Anwender eine umfassende Hilfestellung bei der Lösung seiner Probleme bieten und weiterhin aufzeigen, in welchen Bereichen der Gestaltung von Anzeige- und Bedienelementen ein besonderer Forschungsbedarf besteht. Auf dieser Grundlage ausgewählte Problemfelder werden im zweiten Teil des Projekts experimentell mit einem Fahr- und einem Displaysimulator untersucht.

3. Optische Wahrnehmung - Literaturanalyse zu relevanten Aspekten

Bei der Gestaltung von Anzeige- und Bedienelementen ist nicht nur zu klären, was dargestellt werden soll, sondern, und dies ist ein besonders wichtiger Aspekt, wie dargestellt werden muß, um den Kraftfahrer zu befähigen, in möglichst kurzer Zeit mit möglichst geringer Belastung die gewünschte Information aufzunehmen und die erforderliche Handlung auszuführen.

Um die Frage des "Wie" zu beantworten, ist es nötig, einige grundlegende Funktionsweisen der optischen Wahrnehmung des Menschen zu besprechen, denn wie SCHMIDTKE und HOYOS (1980) richtig feststellen, kann ein physikalischer Reiz seine signalübermittelnde Funktion nur erfüllen, "wenn seine Parameter dem Leistungsspektrum des jeweiligen Rezeptorsystems entsprechen." (a.a.O., S.99).

3.1. Retina (Netzhaut)

"Die Retina besteht aus einer dünnen Schicht von miteinander verbundenen Nervenzellen einschließlich der lichtempfindlichen Stäbchen- und Zapfenzellen, welche Licht in elektrische Impulse, d.h. die Sprache des Nervensystems, umwandeln." (GREGORY, 1972, S.45).
"Die Zapfen arbeiten unter Tageslichtbedingungen und sind für das Farbensehen verantwortlich." (a.a.O. S.48).
Im Zentrum der Retina, genannt Sehgrube oder Fovea, liegen die Zapfen sehr eng beieinander. Hier besteht die beste Auflösung des Auges. Auch die Fähigkeit zum Farbenunterscheiden ist hier am besten ausgeprägt.
An der Netzhautperipherie überwiegen die Stäbchen. Sie übertragen Helligkeitsunterschiede und sind daher bei geringer Beleuchtung wichtig. Interessanterweise ist diese Region für lichtschwache Reize wesentlich empfindlicher als die Fovea (vgl. GREGORY, 1972). Will man ein lichtschwaches Objekt erkennen, so sieht man am besten am Objekt vorbei, damit die Abbildung des Objekts auf peripheres Gebiet im Auge fällt.
Um bei Tag und Nacht, bei gutem und schlechtem Kontrast möglichst optimale Wahrnehmung zu gewährleisten, müßten die Rezeptoren verschiedene Zwischenräume aufweisen. Wie SNYDER et. al. (1977) zeigen konnten, ist dies tatsächlich der Fall.

3.2. Augenbewegungen

Gleichgültig, in welcher Situation der Mensch sich befindet, ob er entspannt durch den Park wandert, ob er im dichtesten Verkehrsgeschehen steckt, seine Augen sind in steter Bewegung. Prinzipiell unterscheiden wir drei verschiedene Bewegungsweisen:

- gleichmäßige Augenbewegungen
- Sakkaden
- feinschlägiger Tremor.

Während ein bewegtes Objekt mit gleichmäßiger Bewegung verfolgt wird, machen die Augen beim Suchen kleine, ruckartige Bewegungen, die als Sakkaden bezeichnet werden (vgl. GREGORY, 1972). Sakkaden werden nicht nur durch den Wunsch einer Person, ein bestimmtes Sehding im Wahrnehmungsraum zu finden, gesteuert, sondern sie werden auch von außen, z.B. durch die Bewegung eines Objektes oder zeitliche Leuchtdichteveränderungen im seitlichen Gesichtsfeld, unwillkürlich ausgelöst. Dadurch kommt Sakkaden zwar ein "lebenserhaltender Unbedingtheitswert" (vgl. HdE, 1975) - das seitlich auftauchende Kraftfahrzeug etwa wird auf diese Weise noch im letzten Moment erkannt - aber der Reflex, auf eine periphere Bewegung zu achten, kann auch nicht unterdrückt werden. Dadurch wird der Fahrer z.B. durch eine sich schnell ändernde Anzeige gezwungen, auf die Armaturentafel zu blicken, auch wenn er dies eigentlich nicht will.
"Normalerweise dauert sie (eine Sakkade) kaum 50 Millisekunden." (WURTZ et.al., 1982), nach Angaben von HÖFNER & HOSKOVEC (1973) bis zu 70 Millisekunden. "Die Weite der Sackade beträgt in der Regel weniger als 15 Grad. Wenn der Fixationspunkt weiter entfernt ist, liegen entweder mehrere Sakkaden dazwischen oder es wird der Kopf mitbewegt. Falls das Auge am Ende einer Sakkade noch nicht am Zielpunkt angekommen ist, so führt es noch ein bis zwei kleinere Korrekturbewegungen durch. Insgesamt nehmen die Sakkaden etwa 5 % der Sehzeit in Anspruch, so daß ca. 95 % für Fixationen frei bleiben." (HÖFNER & HOSKOVEC, 1973, S.230). Ziel der Sakkade ist, "die hochauflösende Sehgrube stets auf das interessierende Objekt" zu richten (WURTZ et. al., 1982, S.92).

Nach den Ergebnissen von SANDERS (1986) kann während einer Sakkade Information weder aufgenommen, noch verarbeitet werden. Dies bedeutet, daß Informationen, die zu einer bestimmten Raum-Zeitstelle dargeboten wurden, so lange auf ihre mentale Verarbeitung warten müssen, bis das Auge die Sakkade zu einem anderen Punkt abgeschlossen hat. Zeiten für sakkadische Augenbewegungen sind demnach für die Informationsverarbeitung verlorene Zeiten.

Armaturentafeln müssen so ausgelegt sein, daß sie die Aufmerksamkeit des Auges (und damit sakkadische Augenbewegungen) nur für die Meldung "Gefahr" unwillkürlich auf sich ziehen.

Hat das Auge einen Punkt fixiert, so kann es beispielsweise Information, die in einem Winkel von 45 Grad zum fixierten Punkt erscheint, wahrnehmen (HOUTMANS & SANDERS, 1983).
Neben der gleichmäßigen und der sakkadierenden Bewegung besteht noch ein ununterbrochener, hochfrequenter, feinschlägiger Tremor. Diese unwillkürliche Augenbewegung hat den Zweck, ein Bild, das konstant bestehen bleibt, an das Gehirn zu signalisieren. Würde nämlich das gleiche Bild auf die gleiche Stelle der Retina projiziert, so verschwände der Bildeindruck nach wenigen Sekunden. Ein stationäres retinales Bild ist also nicht die Voraussetzung für gute Sehschärfe (WESTHEIMER & McKEE, 1975).
Für das Führen eines Kraftfahrzeuges sind alle drei Bewegungsarten des Auges relevant.
Aus dem bisher Gesagten könnte der Eindruck entstehen, das Auge sei optimal für die im Straßenverkehr erforderlichen Wahrnehmungen ausgerüstet. Die Wahrnehmung wird aber von der Aufmerksamkeit gesteuert (siehe Kapitel 4. Informationsverarbeitung). HARTMANN (1984) warnt zu Recht, "daß die periphere Wahrnehmung von Objekten umso schlechter wird, je größer die foveale Konzentration ist. Ein Kraftfahrer, der beispielsweise weit vor sich auf der Fahrbahn spielende Kinder sieht und diese besonders aufmerksam beobachtet, ... übersieht einen in der Nähe von rechts oder links auf die Fahrbahn tretenden Fußgänger sehr viel leichter als derjenige, der ebenfalls geradeaus auf die Fahrbahn sieht, ohne daß seine Aufmerksamkeit dort in irgendeiner Weise beansprucht wird." (a.a.O., S.182).

3.3. Akkommodation

Die Umstellung des Auges von der Ferne, beispielsweise vom Verkehrsgeschehen, auf die Nähe (in unserem Falle die Armaturentafel), bzw. von der Nähe in die Ferne, diese Anpassung des dioptischen Apparates an Gegenstände wechselnder Entfernung nennt man Akkommodation. Abbildung 3.1. zeigt den Zeitbedarf für die Akkommodation in Abhängigkeit von der Sehentfernung. Wird für die Instrumentierung ein Abstand von 0,5 bis 1,4 Meter Entfernung vom Fahrerauge angenommen, so ist für einen Wechsel von der Ferne in die Nähe (oder umgekehrt) eine Veränderung der Brechkraft der Linse zwischen ein und zwei Dioptrien erforderlich. Dies bedeutet einen Zeitbedarf von ca. 330 msec bei 1,4 Metern Abstand bzw. 450 msec bei 0,5 Metern.

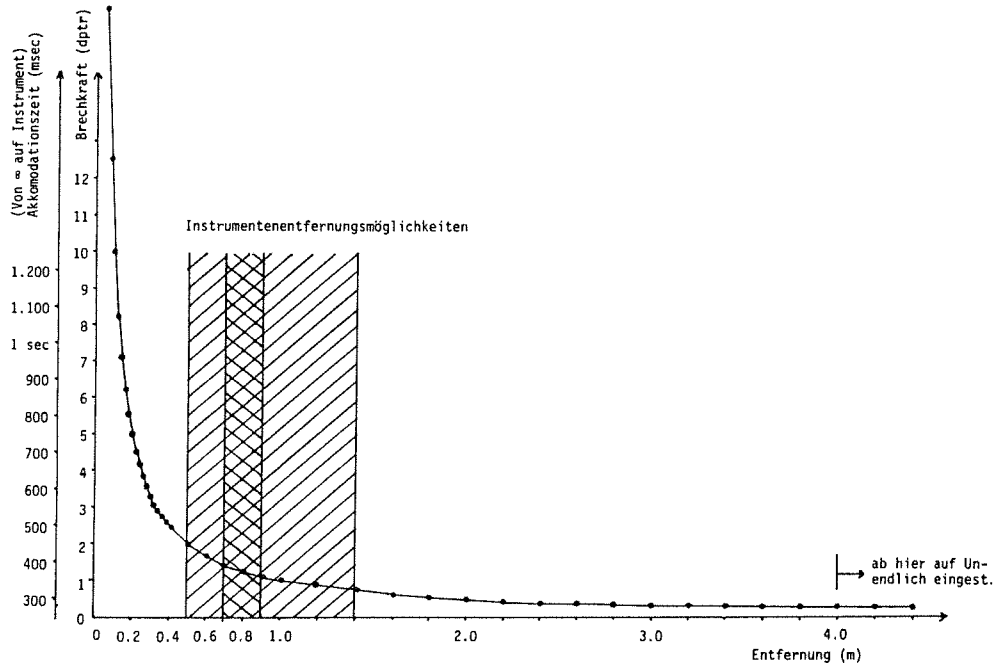


Abb. 3.1: Zeitbedarf für die Akkommodation in Abhängigkeit von der Sehentfernung (nach Daten von CAMPBELL & WESTHEIMER, 1960)

Eine theoretische Möglichkeit, den Zeitbedarf für die Akkommodation zu verkürzen, besteht in der Verwendung von Prismen. Ehe dieser Vorschlag in die Praxis umgesetzt werden kann, ist allerdings zu prüfen, ob der entstehende Gesamteindruck - Umrandung der Anzeige ist nah, Anzeigenbild ist fern - nicht zu widersprüchlichen Informationen führt, die den Fahrer verwirren oder von ihm nicht akzeptiert werden.

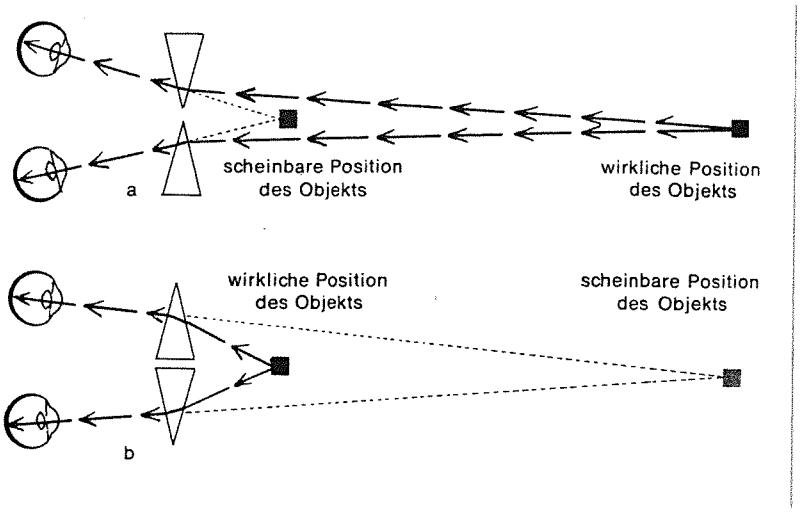


Abb. 3.2: Scheinbare Positionsänderung eines Objekts durch Prismen führt zur Änderung des Konvergenzwinkels und der Akkomodation (Abb. aus GREGORY, 1972, S.52)

Nach Ansicht von EHRENSTEIN & MÜLLER-LIMMROTH (1984, S.81) sind jedoch die auf dem Armaturenbrett befindlichen Anzeigeinstrumente und Bedienungsknöpfe in der Regel groß genug und auch in ihrer räumlichen Anordnung dem Fahrer hinreichend bekannt, so daß der Fahrer sie ohne Nahakkommodation erkennen und ablesen könne. Für diese Anschauung konnten allerdings bisher keine empirischen Belege gefunden werden. Sollte die Aussage richtig sein, so würde dies den Faktor "Zeitbedarf" erheblich reduzieren.

Für die Akkommodation von großer Bedeutung ist die Funktionstüchtigkeit der Linse. Ihre zentralen Zellen werden im Laufe des Lebens von der Ver-

sorgung mit Nährstoffen und Sauerstoff abgetrennt und gehen zugrunde. "Die toten Zellen verlieren ihre Elastizität, und die Linse wird zu starr und kann ihre Form zur Akkommodation auf verschiedene Entfernungen nicht mehr verändern." (GREGORY, 1972, S.37). Abbildung 3.3. zeigt die rapide Abnahme der Brechkraft der Linse mit zunehmendem Alter.

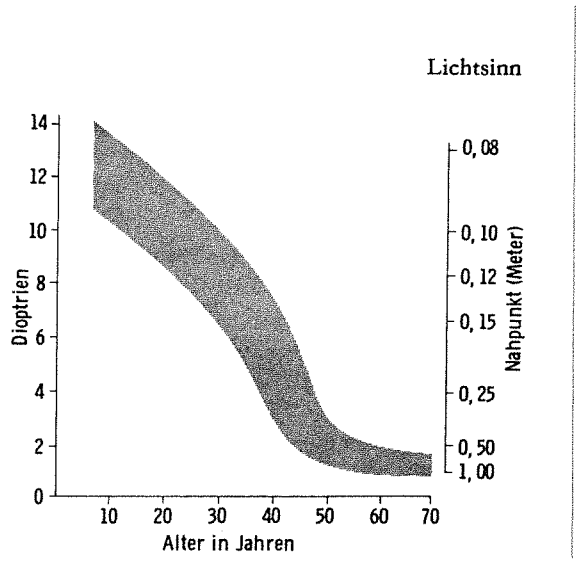


Abb. 3.3: Abnahme der Brechkraft der Linse mit steigendem Lebensalter (aus KEIDEL, 1970, S.391)

Die Informationen, die die Abbildungen 3.1. und 3.3. liefern, sind von besonderem Interesse für Überlegungen bezüglich eines "Lenkrad-Displays". Damit werden Anzeige- oder Bedienelemente bezeichnet, die auf dem Pralltopf des Lenkrads angebracht werden sollen. Während das Auge des älteren Menschen einen Akkommodationssprung zwischen Null und etwa zwei Dioptrien noch verkraftet, gibt es Probleme, wenn der "Nahpunkt", also der Punkt, auf den fixiert werden muß, näher als 0,5 Meter rückt.

Folgerung für die Praxis: Ein Element, das vom Fahrer fixiert werden muß, darf seinem Auge keinesfalls näher als 0,5 m liegen.

Während GREGORY (1972, S.38) die Ansicht vertritt, der Akkommodationsverlust der Älteren könne durch eine bifokale Brille, die den Wechsel zwischen zwei Brennweiten erlaubt, ausgeglichen werden, halten EHRENSTEIN & MÜLLER-LIMMROTH (1984, S.81) diese Korrektur nicht für erforderlich. Bedeutungslos, so schränken die Autoren ein, sei das Nachlassen der Akkommodationskraft mit zunehmendem Alter des Kraftfahrers allerdings nicht, da sie mit einer langsameren Akkommodationsgeschwindigkeit einhergehe. "Beträgt diese beim Jugendlichen noch 0,2-0,3s, so ist sie beim 60-jährigen auf Werte über 0,5s angestiegen. Fixiert ein älterer Mensch beim Fahren die Zeiger des Armaturenbretts oder sucht dort den Zigarettenanzünder, so wird er nahakkommodieren. Anschließend dauert es bei ihm doppelt so lange wie beim jungen Menschen, bis er in der Ferne wieder scharf sehen kann." (a.a..O., 1984, S.81).

Einen weiteren Faktor, von dem die Akkommodationszeit abhängig ist, stellt die Helligkeit dar. HARTMANN (1977) berechnet für einen kurzen Blick von der Fahrbahn zum Tachometer und zurück unter der Bedingung "nächtlicher Straßenverkehr" eine Akkommodationszeit von bis zu zwei Sekunden.

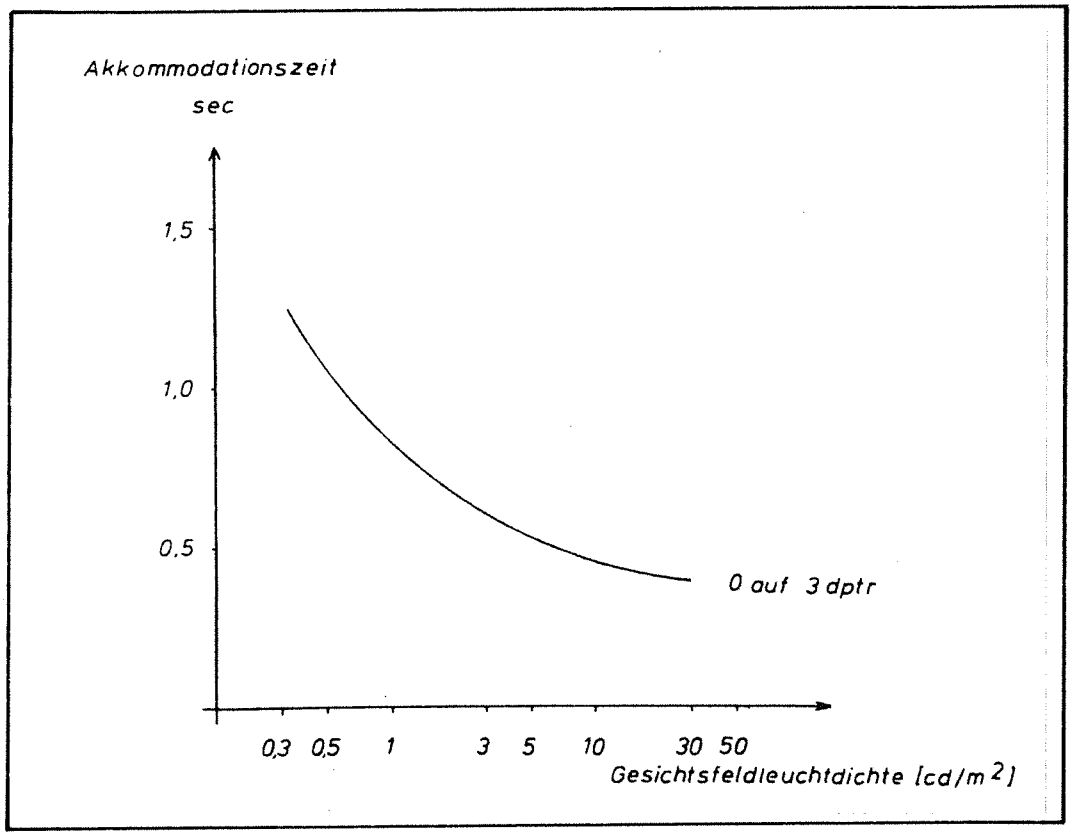


Abb.3.4: Abhängigkeit der Akkommodations- und Ablesezeit von der Gesichtsfeld-Leuchtdichte (aus HARTMANN, 1977, S.347)

Als Schlußfolgerung für die Instrumentierung eines Fahrzeugs ergibt sich: Die Instrumentierung muß so klar und groß wie möglich sein, damit Nahakkommodation nach Möglichkeit überflüssig wird. Auf alle Fälle sind Entfernungssprungweiten von über zwei Dioptrien zu vermeiden.
Die Leuchtdichte der Instrumente soll der der Fahrzeugumgebung möglichst entsprechen (unter Tag- und Nachtsichtbedingungen).

3.4. Fixierungszeit und Sehwinkel

Wie HOUTMANS & SANDERS (1984) deutlich machen, hängt die Zeit, in der ein Objekt fixiert wird, sowohl von Gleichheit bzw. Ungleichheit des vorhergehenden Reizes, von der Klarheit des Bildes, als auch vom Blickwinkel ab. Wie Abbildung 3.5. zeigt, ist die Fixierungszeit für klare Darstellung (in diesem Falle eine Ziffer) wesentlich kürzer als für ein gestörtes Bild (in diesem Falle eine Punktewolke, die die Ziffer gerade noch erahnen läßt). Ist der zweite Wahrnehmungsreiz vom ersten verschieden, so steigt die Fixierungszeit beim gestörten Bild nur schwach, bei der klaren Darstellung dagegen stark an. Dies dürfte damit zusammenhängen, daß sich für das gestörte Bild nach der ersten Darbietung ein Figur-Grund-Muster herausgebildet hat, das die Wahrnehmung des identischen Reizes erleichtert. Schließlich ist noch hinzuzufügen, daß sich ein Blickfeld von 45 Grad als wesentlich vorteilhafter erwies, als ein Blickfeld von 100 Grad, das nicht nur Kopfbewegungen erforderlich machte, sondern auch die Fixierungszeit deutlich erhöhte. Offensichtlich benötigt das Auge nach einer Kopfbewegung längere Zeit, um "sich ein Bild zu machen".

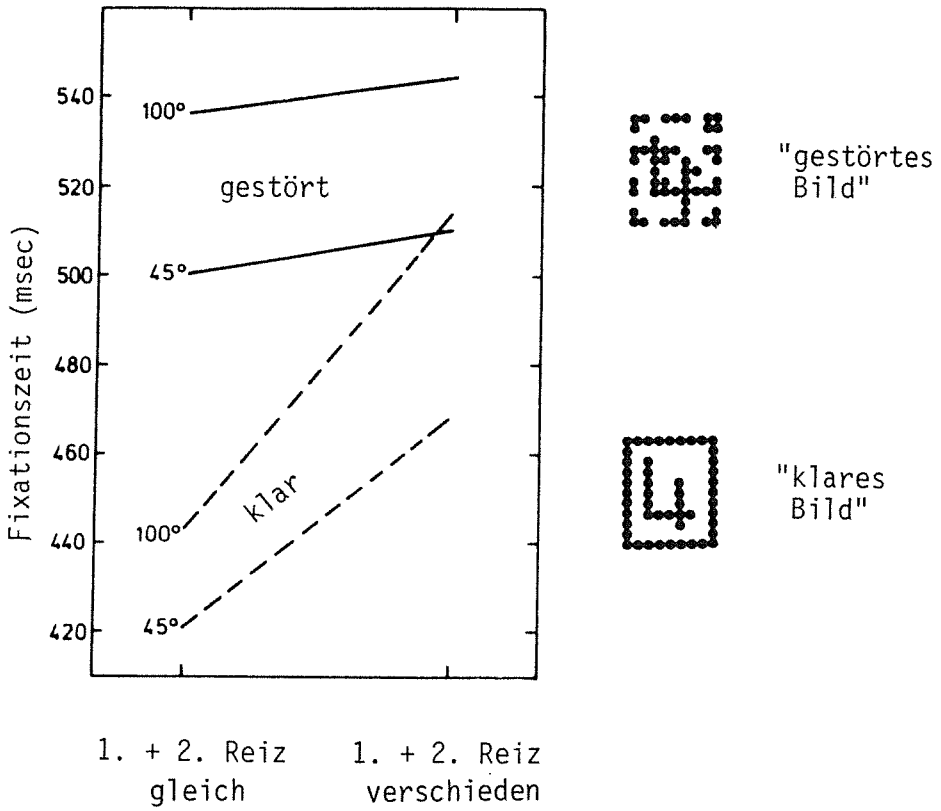


Abb. 3.5: Fixierungszeit als Funktion des Blickwinkels, der Klarheit der Darstellung und gleichen bzw. ungleichen Wahrnehmungsreizen (aus HOUTMANS & SANDERS, 1984, S.152)

GRETHER & BAKER (1972) konnten zeigen, daß mit einer Vergrößerung des Sehwinkels auch die Entdeckungswahrscheinlichkeit für einen visuellen Reiz steigt. Für einen Sehwinkel von 1,4 bis 1,6 Minuten (arc) liegt die Wahrscheinlichkeit bei 100 %:

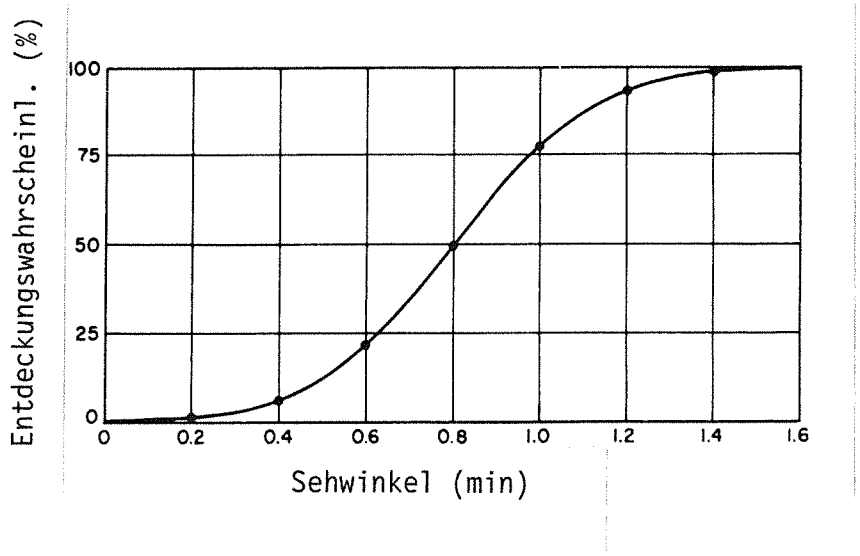


Abb. 3.6: Kummulative Entdeckungswahrscheinlichkeit als Funktion des Sehwinkels (aus GRETHER & BAKER, 1972, S.50)

Bezogen auf unseren Bereich ist zu folgern: Um die Fixierungszeit kurz zu halten, muß sich eine Einzelanzeige klar abtrennen von den anderen Anzeigen. Der Wahrnehmungsreiz sollte ohne Kopfbewewegung für das Auge erreichbar sein, d.h. in der mittleren Position der Armaturentafel.

3.5. Auflösung

Die Fähigkeit des Auges zur zeitlichen Auflösung von Bildfolgen ist begrenzt - ein Nachteil, der sich bei Verwendung technischer Errungenschaften zum Vorteil verwandeln kann:
So entsteht ab ca. 25 Bildern pro Sekunde der Eindruck von Bewegung. Wird jedes dieser Bilder, etwa in Filmen, zweimal präsentiert, oder, wie im Fernsehen, in zwei Phasen, ist der resultierende Wechsel zwischen Hell und Dunkel mit etwa 50 Hertz schnell genug, um das Wahrnehmen von störendem Flimmern zu vermeiden. Allerdings steigt die Wahrnehmung von Lichtblitzen (Flimmern) mit zunehmender Helligkeit des Bildes, weshalb die notwendige Frequenz bei großer Helligkeit bis zu 92 Hertz betragen kann, wenn Flimmerfreiheit erwünscht ist (vgl. VAN NES, 1984, S.175).
Um die Helligkeit so gering wie möglich zu halten, und damit weniger Bilder präsentieren zu müssen, wurde in der Bildschirmtechnik bevorzugt mit dunklem Hintergrund gearbeitet (vgl. VAN NES, 1984).

Diese Informationen sind zu beachten, wenn bei einem elektronischen Display im Kraftfahrzeug beispielsweise die Bewegung eines Zeigers dargestellt werden soll.

MIESTERFELD (1981) fordert eine Frequenz von 120 Hertz, um ein Flickern bei optoelektronischen Digitalanzeigen zu vermeiden. Diese Forderung erscheint uns jedoch aufgrund der oben angeführten Argumente zu hoch gegriffen.

3.6. Kontrast

Ein wichtiger Faktor für gute Wahrnehmung ist der Kontrast.
Die Kontrastempfindung wird beeinflußt durch verschiedene Faktoren, beispielsweise Leuchtdichte (Luminanz), Farbe, Größe, und Dauer des Reizes (Signals), sowie die Leuchtdichte der Umgebung.
VAN DER WILDT (1984) variiert die Größe des Stimulus, seine Dauer und die Leuchtdichte der Umgebung und stellt fest, daß Größe und Dauer des Stimulus einen sehr ähnlichen Einfluß auf die Kontrastschwelle haben - um mit den Worten des Autors zu sprechen: Raum und Zeit sind in ihrer Wirkungsweise auf die Wahrnehmung sozusagen austauschbar.
Ein helles Feld wirkt heller, wenn seine Umgebung dunkel ist, eine Farbe wirkt gesättigter, wenn ihre Umgebung komplementärfarben ist (GREGORY, 1972).
Der Ausdruck **Kontrast** beschreibt also eher die Wirkungsweise von physikalischen Größen auf die Empfindung des Menschen.
"Im objektiven Sinne definiert der **Leuchtdichtekontrast** das Verhältnis zwischen der Differenz der Leuchtdichten eines Objektes und seiner Umgebung einerseits und der Leuchtdichte der Umgebung, auch Hintergrundleuchtdichte, andererseits." (CAKIR et al., 1980, S.66). Damit wird der

$$\text{Leuchtdichtekontrast} = \frac{\text{Leuchtdichte des Objekts - Hintergrundleuchtdichte}}{\text{Hintergrundleuchtdichte}}.$$

Je nachdem, wie gut der Leuchtdichtekontrast ausfällt, ändert sich die Sehschärfe. In Abbildung 3.7. ist diese Veränderung für die Hintergrundleuchtdichten 1 cd/m^2 und 100 cd/m^2 dargestellt.

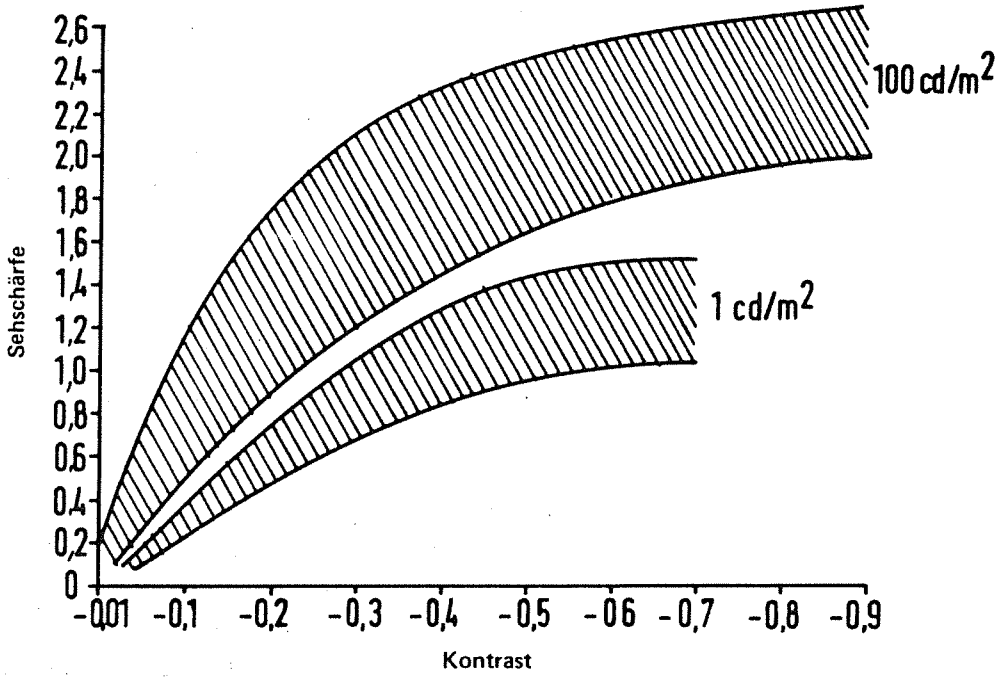


Abb. 3.7: Änderung der Sehschärfe bei normalsichtigen Personen (25 - 50 Jahre alt) bei verschiedenen Werten des Leuchtdichtekontrasts und den Hintergrundleuchtdichten 1 cd/m^2 und 100 cd/m^2 (nach HARTMANN, 1970).

Sollen Anzeige- und Bedienelemente und deren Beschriftung gut erkennbar sein, so müssen sie sich klar vom Hintergrund abheben. Schwarze Zeichen, Umrandungen, etc. bieten den besten Kontrast bei hellem Hintergrund. Allerdings fand BRENEMAN (1960) bei einer Analyse von Fotos heraus, daß ein Reiz, der erkannt werden soll, bei hellem Hintergrund (d.h. hoher Umgebungsleuchtdichte) nur eine geringfügig größere Leuchtdichte als der Hintergrund besitzen muß. Bei dunklem Hintergrund ist ein größerer Leuchtdichteunterschied erforderlich.

Entscheidend für den Sehwinkel, der zur Wahrnehmung bei verschiedenen Kontrastverhältnissen erforderlich wird, ist die Leuchtdichte des Hintergrundes. BLACKWELL (1946, zit. nach GRETHER & BAKER, 1972) forschte nach dem kleinsten Punkt, der noch entdeckt werden kann (spot detection) und trug die Kurven für verschiedene Kontrastbedingungen auf:

- Ist der Punkt dunkler als der Hintergrund, so liegt der Kontrast zwischen 1 und 100 %.
- Ist der Punkt heller als der Hintergrund, so liegt der Kontrast über 100 %.

Abbildung 3.8. verdeutlicht, daß ein heller Punkt auf dunklem Hintergrund (Kontrast z.B. 10.000 %) bei den verschiedenen Leuchtdichten des Hintergrundes einen geringeren Sehwinkel erfordert.
Die Grenzen gelten für 99-prozentige Entdeckungswahrscheinlichkeit und nur für einfache Punkte. Für komplizierte Formen würden die Grenzen höher liegen.

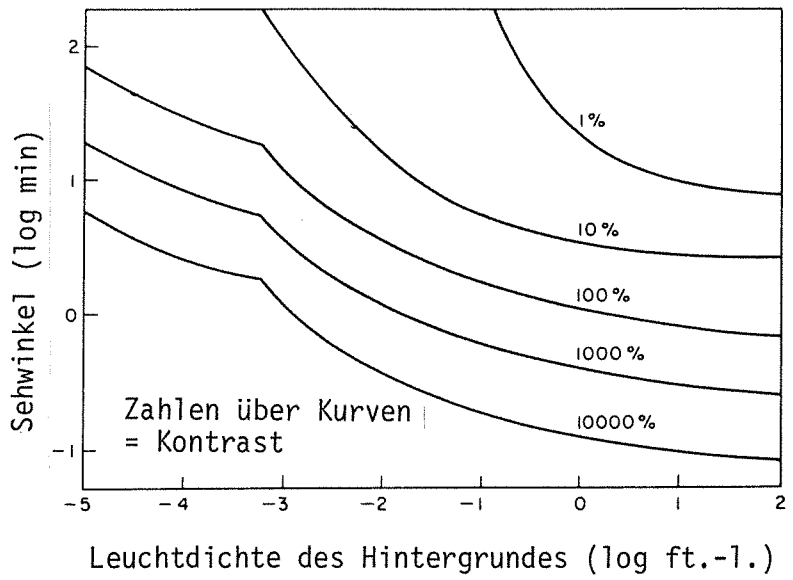


Abb. 3.8: Wahrnehmung des kleinstmöglichen Punktes als Funktion von Kontrast und Leuchtdichte des Hintergrundes (nach BLACKWELL, 1946, aus GRETHER & BAKER, 1972, S.51)

VAN NES (1984), der sich im Zusammenhang mit Text-Bildschirmen positiv für Bildschirme mit hellem Hintergrund ausspricht, stellt fest, daß der Kontrast mindestens 25 % betragen muß, um Probleme zu vermeiden (z.B. um die Reaktionszeit nicht zu verlängern).

Während bei herkömmlichen Anzeigen das Erkennen im Dunkeln ein Problem ist, stellt bei modernen elektronischen Anzeigen die gute Erkennbarkeit in heller Umgebung eine wesentliche Forderung dar (LENHARDT, 1985, S.34). Bezogen auf diesen Anzeigentyp gilt: Bei allen selbstleuchtenden Anzeigen (z.B. Elektrolumineszenz = ELD, Injektionslumineszenz = LED, Vakuumfluoreszenz = VFD, Plasmadisplay = PDP) nimmt der Kontrast mit zunehmender Umgebungshelligkeit ab, bei passiven Displays (z.B. Elektochromatisches Material = ECD) bleibt er konstant. Ausreichend sind im allgemeinen noch Werte von 25 : 1 (Tageszeitung) (vgl. SCHIEKEL, 1972, S.287).
Bei LEDs geht die Helligkeitssteuerung sehr einfach vonstatten, wogegen Vakuum-Fluoreszenz-Anzeigen eine relativ aufwendige Schaltung erfordern, um die Leuchtstärke an die Umgebungshelligkeit anzupassen. Während früher bei LCDs keine Helligkeitssteuerung möglich war, weshalb man gute Ablesbarkeit nur in heller Umgebung garantieren konnte (vgl. VON BECHEN, 1982, S. 77 f), wird inzwischen in der LCD-Technik ein negatives Display mit transflektivem Mode (läßt das Licht durch und reflektiert) verwendet (vgl. AKEYOSHI & TERADA, 1983). Auf diese Weise können LCD-Anzeigen auch in dunkler Umgebung abgelesen werden.

3.7. Adaptation

Unter Adaptation versteht man die Anpassung des Auges an Helligkeit oder Dunkelheit, genauer gesagt, an geänderte Leuchtdichteverhältnisse. Zwar kann das Auge sowohl bei hellstem Sonnenlicht, als auch bei dunkler Nacht etwas wahrnehmen, doch ändert sich beispielsweise die Sehschärfe mit der Leuchtdichte, wie Abbildung 3.9. zeigt. "Man sieht, daß bei den Leuchtdichten des nächtlichen Straßenverkehrs, an der Grenze der Hell-Dunkel-Zone des Abblendlichts 10^{-1} bis 10^{-2} cd/m^2, nur noch eine Sehschärfe von einem Zehntel bis einem Zwanzigstel desjenigen Wertes vorhanden ist, den wir am hellen Tag bei Leuchtdichten von 10^{3} cd/m^2 beobachten." (HARTMANN, 1977, S.344).

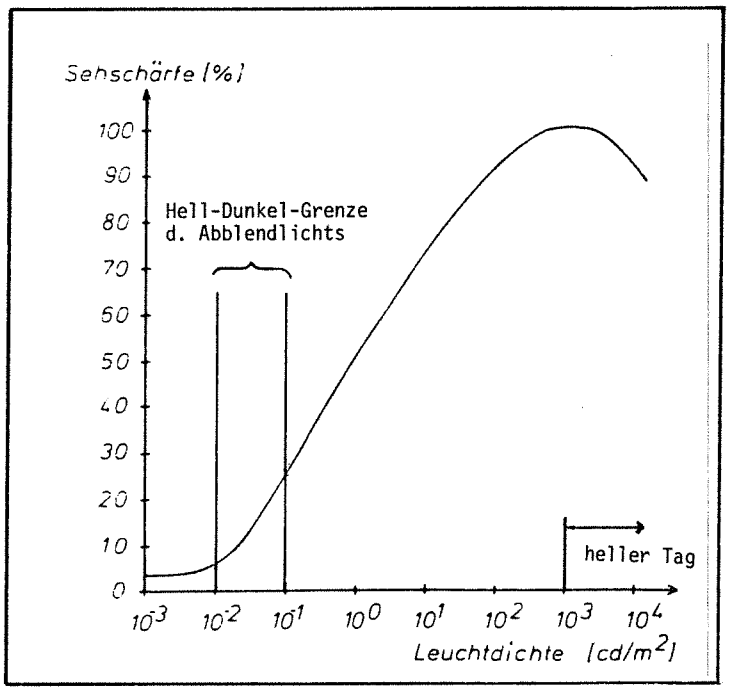


Abb. 3.9: Abhängigkeit der Sehschärfe von der Leuchtdichte (aus HARTMANN, 1977, S.344)

Hinzu kommt, daß die Sehschärfe bei Dämmerung (mesopisches Sehen bei Leuchtdichten von 0,003 bis 3 cdm^{-2}) mit zunehmendem Alter abnimmt, wobei keine Sehhilfe Abhilfe schaffen kann. Außerdem nimmt mit zunehmendem Alter die Blendempfindlichkeit zu, was durch die Vermehrung von Trübungsherden im Bereich der brechenden Medien (einfallendes Licht wird vermehrt gestreut) bedingt ist (vgl. GRAMBERG-DANIELSEN, 1984, S.159f).

"Sieht man von einer Blendung ab, so gilt: Mit zunehmender Leuchtdichte im Gesichtsfeld
- können immer geringere Kontraste wahrgenommen werden,
- können immer kleinere Objekte erkannt werden,
- wird die Differenzierung nach dem Farbeindruck erleichtert und
- nimmt die Akkommodationszeit bei Blickrichtungsveränderungen (z.B. Blick von der Straße auf den Tacho und zurück) ab." (KRELL & KROCHMANN, 1984, S.369).

Können wir daraus folgern, die Anzeige- und Bedienelemente müßten nur gut beleuchtet werden, so könnten sie nach Wunsch und Geschmack gestaltet werden? So einfach verhält es sich leider nicht. Gute Beleuchtung des Fahrzeuginnenraums würde das Auge bei Dämmerungs- oder Nachtfahrten zwingen, permanent zwischen hell (innen) und dunkel (außen) zu adaptieren, ein Prozeß, der nicht nur Anstrengung, sondern auch Zeit kostet. Wir werden auf dieses Problem zurückkommen.

Betrachten wir zunächst die spektrale Empfindlichkeit des hell- bzw. dunkeladaptierten Auges für verschiedene Wellenlängen des Lichts:

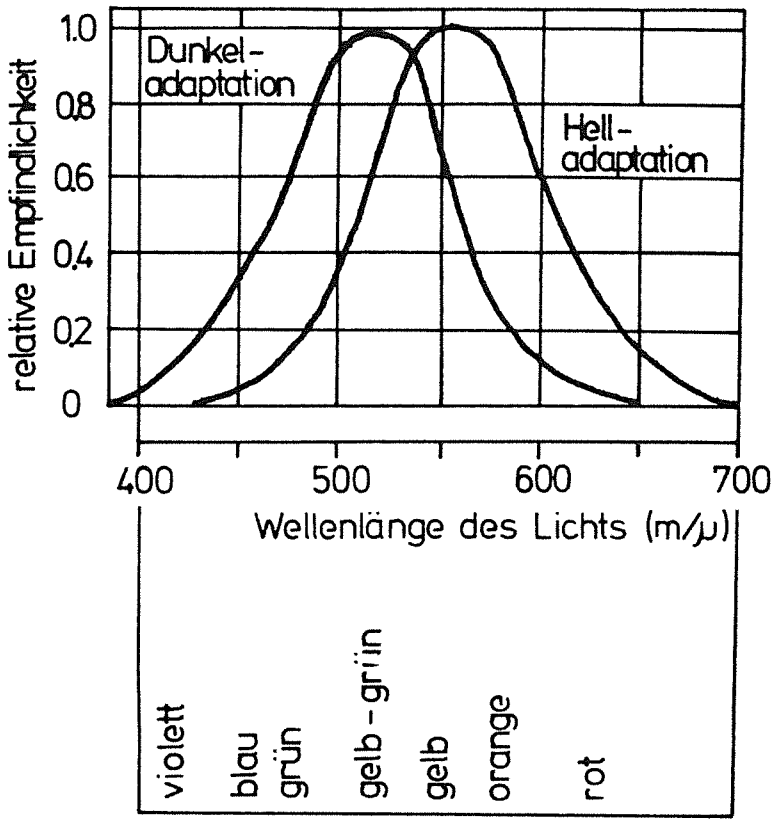


Abb. 3.10: Spektrale Empfindlichkeit des Auges

Die maximale Empfindlichkeit des helladaptierten Auges liegt bei 555 Nanometer, dies entspricht gelbgrüner Farbe. Augen, die an Dunkelheit adaptiert sind, haben ihre beste Wahrnehmungsfähigkeit bei etwa 518 Nanometer, was einem mittleren Grün entspricht. Das Optimum der Empfindlichkeit unter Berücksichtigung der beiden Kurven liegt bei etwa 534 Namometer, was einem gelblichen Grün entspricht. Dieser Wert berücksichtigt sowohl Hell-, als auch Dunkeladaptation.

Für die Farbe Rot ist das menschliche Auge besonders empfindlich, weshalb sie nicht für Zeichen (z.B. Piktogramme, Zeiger, Umrißlinien) verwendet

werden sollte.
Ist dies aber nicht ein Widerspruch zu den Untersuchungsergebnissen von ADRIAN (1979), der für die Instrumentenbeleuchtung von Schiffsbrücken langwelliges Rotlicht anstelle der üblichen Glühlampen empfiehlt? Das Problem ist wie folgt zu lösen: Bei Fahrten in Dämmerung und Dunkelheit sollte das Auge auch bei einem Blick auf die Anzeigeelemente dunkeladaptiert bleiben. "Nach SIEGERT (1944) ist die Dunkeladaptation bei sehr geringer Beleuchtung besser als bei völliger Dunkelheit." (GRAMBERG-DANIELSEN, 1967, S.106). Da Rot nur die Zapfen anregt, stört es die Dunkelanpassung des Auges kaum. Um eine gleichartige Blendung wie bei weißem Licht hervorzurufen, müßte das rote Licht mit 57facher Lichtdichte des weißen Lichtes scheinen (vgl. HERGET, 1982, S.8). "Rotes Licht gestattet höhere Leuchtdichten, weil die Blendungsgefahr geringer ist als bei andersfarbigem Licht, andererseits ist die Formenempfindlichkeit und die Sehschärfe im gelben und grünen Licht besser als im roten. Blaulicht ist wegen der stark kurzsichtigen Abbildung zur Skalenbeleuchtung wenig geeignet." (GRAMBERG-DANIELSEN, 1967, S.106f). Während hier also von der Instrumentenbeleuchtung die Rede ist, für die unterschwelliges rotes Licht geeignet ist, waren oben die Zeichen selbst angesprochen, für die man die Farben gelb-grün, mittleres grün oder weiß (siehe "Kontrast") empfehlen wird.
Um eventuellen Mißverständnissen vorzubeugen ist klarzustellen, daß sich eine permanente Beleuchtung des Fahrzeuginnenraums, wie sie ab und zu von der Regenbogenpresse für Nebelfahrten empfohlen wird, ungünstig auswirken würde. Eine allgemeine Anhebung der Helligkeit im Fahrzeuginnenraum reduziert den Kontrast und damit die Sichtbarkeit von Objekten auf der Fahrbahn.

Günstige Lösung: Zeichen in gelbgrüner Farbe,
Hintergrundbeleuchtung rot.

Es sei noch angemerkt, daß GRAMBERG-DANIELSEN (1984) dafür plädiert, anstelle von Rot die Farbe Orange und anstelle von Grün ein Grün-blau zu verwenden, da 8-10 % der Männer Störungen bei der Farbwahrnehmung haben (davon 75 % Grünschwache bzw. Grünblinde, 25 % Rotschwache bzw. Rotblinde).

Besonders interessant ist diese Empfehlung für Warnsignale im Fahrzeug, beispielsweise die Ölkontrollampe, die in aller Regel rot aufleuchtet. Soll die Empfehlung bei der Displaygestaltung berücksichtigt werden, so müßte entweder auf rote Signale verzichtet werden (was beim gegenwärtigen Stand der Normierung sicherlich auf große Schwierigkeiten stößt), oder es müßte ein Rot mit hohem Gelbanteil, d.h. eher hellrot (keinesfalls dunkelrot), verwendet werden.
Für die Instrumentenbeleuchtung ist die Rot-Grün-Blindheit ohne Bedeutung. Hier ist nur besondere Sorgfalt darauf zu verwenden, daß die Hintergrundbeleuchtung nicht blendet. Günstig ist eine individuelle Regelungsmöglichkeit der Helligkeit - die in vielen Fahrzeugen bereits realisiert ist - allerdings weiß der Besitzer, wie unsere Umfrage (vgl. Kap.8) zeigte, nichts über die Existenz des Bedienelements "Instrumentenbeleuchtung".

3.8. Chromatische Aberration

Die Brechkraft des menschlichen Auges ist abhängig von der Wellenlänge des Lichts. Sieht das Auge für den mittleren Spektralbereich richtig, so ist es für den langwelligen Bereich des Spektrums übersichtig, für den kurzwelligen Bereich kurzsichtig. "Nimmt man an, daß Rechtsichtigkeit im gelben Natriumlicht, also bei der Wellenlänge 589 nm besteht, so erhält man für die Brechkraft des Auges die folgenden Werte:" (SCHOBER, 1957, S.266)

Tab. 3.1: Wellenlängenabhängigkeit der Brechkraft des menschlichen Auges bei Rechtsichtigkeit für die Wellenlänge 589 nm (= gelb) (nach Y. LE GRAND, vgl. SCHOBER, 1957, S.266)

Wellenlänge (nm)	Farbbeschreibung	Brechkraftdifferenz
687	dunkelrot	+ 0,34
656	mittelrot	+ 0,25
589	gelb	0
527	gelb-grün	- 0,30
486	blau	- 0,58
431	blau-violett	- 1,07

Abbildung 3.11. veranschaulicht diesen Sachverhalt:

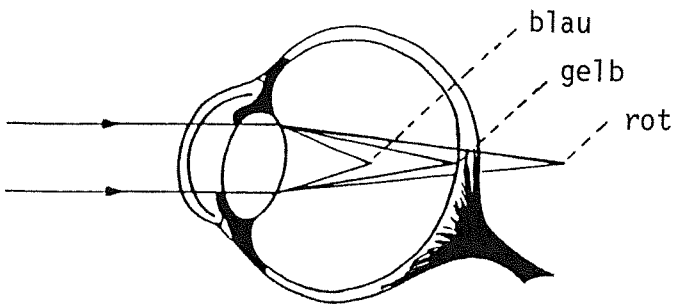


Abb. 3.11: Rechtsichtigkeit bei gelbem Licht (589 nm) bedeutet Weitsichtigkeit für rotes Licht und Kurzsichtigkeit für blaues Licht.

Für die Gestaltung von Displays bedeutet dies, daß z.B. ein rotes Wahrnehmungselement (Lämpchen, Piktogramm, Schrift) nicht von einem blauen Feld umgeben sein darf, da beide nicht zur selben Zeit scharf gestellt werden können. Die Zeichen sind schwer lesbar und die Ränder zwischen Element und Grund erscheinen unscharf.

3.9. Gesichtsfeld

"Die meisten auf der Netzhaut entstandenen Bildpunkte erregen Zapfen oder Stäbchen und erzeugen damit das jeweilige Gesichtsfeld." (SCHOBER, 1957, S.90). Abbildung 3.12. zeigt das Gesichtsfeld beider Augen.

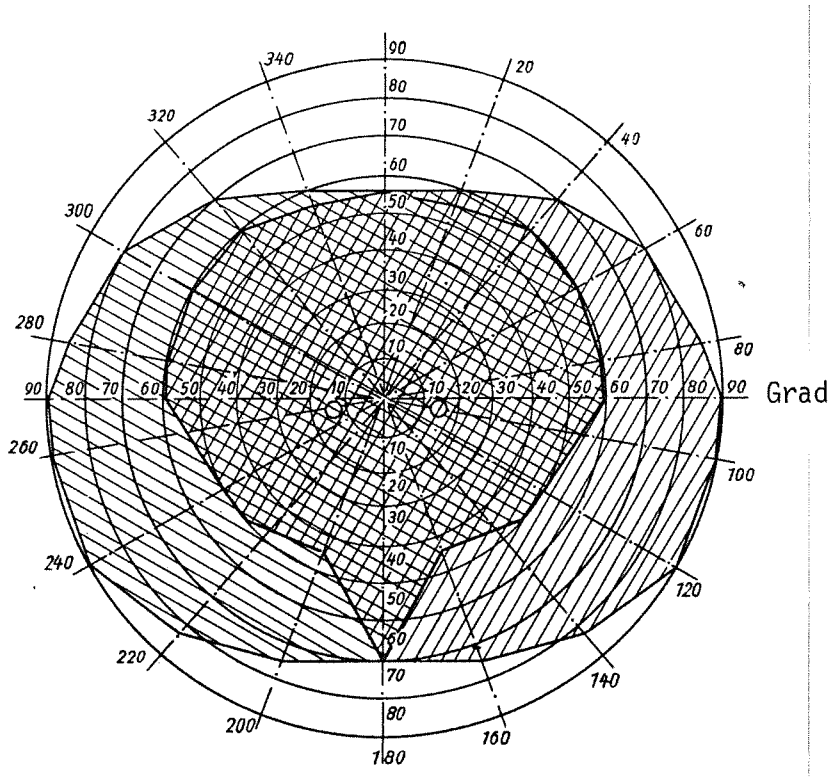


Abb. 3.12: Das Gesichtsfeld beider Augen (aus SCHOBER, 1957, S.92)
rechtes Auge
linkes Auge

Am Rand des Gesichtsfeldes ist das Sehvermögen schlecht. "Farbenwahrnehmung ist dort überhaupt nicht möglich, die Sehschärfe beträgt nur einen geringen Bruchteil derjenigen der Gesichtsfeldmitte. Die Aufgabe des Gesichtsfeldrandes besteht nur im Erkennen von Veränderungen, d.h. des Aufblitzens von Lichtern oder irgendwelcher Bewegungen. In dieser Hinsicht

ist der Gesichtsfeldrand sogar dem inneren Teil des Gesichtsfeldes in mancher Weise überlegen." (SCHOBER, 1957, S.93).

Für die Displaygestaltung folgen daraus zwei Implikationen:

1. Anzeigen, die bei normaler Blickrichtung des Fahrers auf die Fahrbahn in der Peripherie des Gesichtsfelds liegen, dürfen sich nicht ständig ändern (z.B. schnell wechselnde Digitalanzeigen), da sie die visuelle Aufmerksamkeit des Fahrers unwillkürlich auf sich ziehen.
2. Bei Anzeigen, die aufgrund räumlicher Restriktionen im Fahrzeuginnenraum peripher angebracht werden müssen, kann mehrmaliges Blinken zu Beginn der Anzeige hilfreich sein.

3.10. Farbengesichtsfeld

Abbildung 3.13. und Tabelle 3.2. veranschaulichen die durchschnittliche Ausdehnung des Farbengesichtsfeldes bei einer Leuchtdichte von 100 asb [2]) und einer Objektgröße von 25 Bogenminuten:

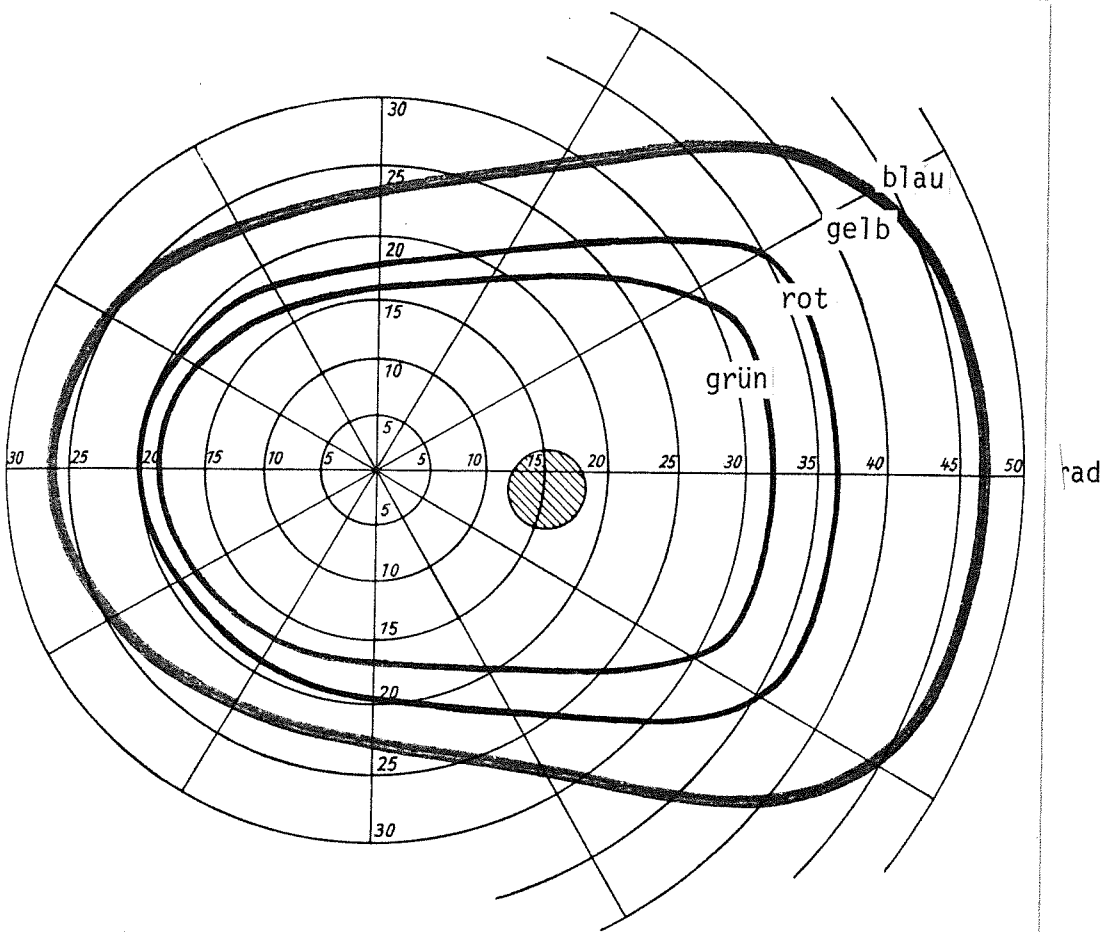


Abb. 3.13: Farbengesichtsfeld des rechten Auges (aus SCHOBER, 1957, S.95)

[2]) Anmerkung: Bei asb (Apostilb) handelt es sich um eine früher übliche Bezeichnung.

$$1 \text{ Apostilb (asb)} = \frac{1}{\pi \cdot 10.000} \cdot \text{sb} = 0{,}0000318 \text{ sb (Stilb)}.$$

$$31.415 \text{ asb} = 1 \text{ Stilb (sb)} = \frac{1 \text{ Candela}}{1 \text{ cm}^2}.$$

Tab. 3.2: Ausdehnung des Farbengesichtsfeldes für invariable und peripheriegleiche Farben in Grad bei 100 asb und einer Objektgröße von 25 Minuten (aus SCHOBER, 1957, S.96)

Farbe	Ausdehnung (in Grad)			
	oben	unten	innen	außen
grün	14	17	19	32
rot	16	19	20	36
gelb	19	22	26	46
blau	20	24	27	47

In Worte gefaßt bedeutet dies: bei Verwendung monochromer Farben gleicher Leuchtdichte und Sättigung ist die Ausdehnung des Farbengesichtsfelds für Grün am kleinsten, für Rot liegt es im mittleren Bereich, und für Gelb und Blau ist das Farbengesichtsfeld am größten. Ein grünes Signal wird also, soll es wahrgenommen werden, zentraler liegen müssen als ein rotes und dieses wiederum zentraler als ein gelbes oder blaues. " Mit steigender Leuchtdichte nähern sich die Gesichtsfeldgrenzen für Weiß und Farben immer mehr an, so daß in voller Tagesbeleuchtung Unterschiede in den gegenseitigen Ausdehnungen praktisch nicht mehr festgestellt werden können." (SCHOBER, a.a.O., S. 96). Dies bedeutet:

Im Idealfall müssen die Leuchtdichten der einzelnen Signale in Abhängigkeit von der Farbe und von der Position im Gesichtsfeld unterschiedlich stark sein.

3.11. Nutzbares Sehfeld

COHEN (1983) verwendet in seinen umfangreichen Untersuchungen den Begriff des "nutzbaren Sehfeldes" und versteht darunter einen Bereich, der sich um die Fovea erstreckt, in dem "die Informationsaufnahme in unveränderter Weise gewährleistet" ist (a.a.O., S.3). Das Sehfeld ist eine subjektive Größe: "Aus dem jeweiligen Gesichtsfeld bildet die Hirnrinde das physiologisch-psychologische Sehfeld, d.h. die Gesamtheit der zu einem bestimmten Zeitpunkt vorhandenen Gesichtswahrnehmungen (Sehbilder, Eindrücke, Anschauungsbilder)." (SCHOBER, 1957, S. 90).
COHEN verwendet für seine Feldexperimente ein Fahrzeug, in dessen Windschutzscheibe rote Dioden eingelassen sind, wobei es Aufgabe der Versuchsperson ist, das Aufleuchten einer Diode durch Tastendruck zu quittieren. Mit dieser Versuchsanordnung ermittelt COHEN auf Landstraßen und Autobahnen ein nutzbares Sehfeld von 9 - 10 Grad bei erfahrenen Kraftfahrern und von 6 - 7 Grad bei unerfahrenen Kraftfahrern, im Stadtverkehr verengt sich das nutzbare Sehfeld auf 5 Grad. Der Autor beobachtet, daß insbesondere in der Phase des Abbremsens und Wiederanfahrens an Ampeln das nutzbare Sehfeld besonders klein wird.
Diese Ergebnisse legen folgende Hypothese nahe: In Situationen, in denen der Fahrer besonders viele Informationen verarbeiten muß (wie z.B. im Stadtverkehr), kommt es zu einer Überlastung der Verarbeitungskapazität des Fahrers und damit verbunden zu einer Einengung des nutzbaren Sehfeldes.
Die im Feldexperiment gewonnen Ergebnisse sind deshalb von besonderem Interesse, weil sie im Widerspruch zu bisherigen Modellen (von COHEN werden die Modelle von ROTH, 1973; HIRSCHBERGER & MIEDEL, 1980; MUSIL, 1977; genannt) stehen, die davon ausgehen: je schneller gefahren werde, desto enger das nutzbare Sehfeld. COHEN führt die Diskrepanz der Ergebnisse auf den verschiedenen Aktivierungzustand des Fahrers im Labor- bzw. im Feldexperiment zurück.
Einschränkend ist zu COHENs Aussagen über "das nutzbare Sehfeld" anzumerken, daß sie sich genau genommen nur auf das "nutzbare Sehfeld für rote Farbe" (über die spektrale Zusammensetzung der von COHEN verwendeten roten Dioden ist leider keine Aussage zu finden) beziehen können. Wie wir

feststellten ist jedoch das Gesichtsfeld für rote Farbe wesentlich kleiner als beispielsweise für Gelb, Blau oder Weiß.

- Trotz der genannten Einschränkung resultiert als praktische Relevanz: Die Ansicht, der Fahrer könne bei langsamen Fahrten (Stadtverkehr) visuelle Informationen in einem größeren Bereich aufnehmen als bei schnellen Fahrten (Autobahn), kann nicht aufrecht erhalten werden.
- Wichtig: Bei der Plazierung der Informationsträger und ihrer farblichen Kodierung sind sowohl die Daten über das Farbengesichtsfeld als auch die offensichtlich geringe Ausdehnung des nutzbaren Sehfeldes zu berücksichtigen.

3.12. Gestaltwahrnehmung

Um das Bild abzurunden werden noch einige interessante Aspekte aus einem Bereich der Wahrnehmungspsychologie aufgeführt, die auf die Anfänge psychologischer Forschung zurückgehen und heute wieder auf großes Interesse stoßen, wenn es um Gestaltung geht: Die Gestalttheorie befaßt sich mit der Phänomenologie, d.h. der Wirkung eines gesehenen Gegenstandes - im Gegensatz zu den physikalischen Maßen des Gegenstandes. Warum sehen wir beispielsweise gleichmäßig verteilte Punkte abwechselnd als eine Gruppierung in Reihen oder als Quadrate (Abbildung 3.14.), warum erkennen wir beim berühmten "RUBIN'schen Becher" einmal einen Becher, das andere Mal zwei Gesichter (Abbildung 3.15.), warum wird aus einer Menge bedeutungsloser Linien eine putzende Person mit Eimer (Abbildung 3.16.)? Hier schließen sich Elemente zur Figur zusammen, dort wird die Figur zum Hintergrund und umgekehrt.

Untersucht man diese meist recht überraschenden Phänomene, so entdeckt man gewisse Regelmäßigkeiten, die von verschiedenen Autoren (z.B. KATZ, 1961; METZGER, 1975) als "Gestaltgesetze" definiert wurden. Sie lauten:

1. Das "Gesetz der Nähe":
   Elemente, die nahe beieinander liegen, schließen sich zusammen. Entscheidend ist der kleinste Abstand. In Abbildung 3.17. gehören die Linien und Punkte, die durch kleinere Zwischenräume voneinander getrennt sind, optisch zusammen.
2. Das "Gesetz der Gleichheit":
   Gleichartige Elemente schließen sich zusammen. In Abbildung 3.18. gehören die gleich starken Linien oder die leeren bzw. vollen Kreise optisch zusammen.
   Man könnte auch mit VAN DEN BRINK (1984) formulieren, unsere Wahrnehmung sei gegenüber Unterschieden wesentlich sensibler als gegenüber Regelmäßigkeiten bei sensorischen Stimuli.
3. Das "Gesetz der Geschlossenheit":
   Eine Figur, die abgeschlossen ist, etwa durch Linien, wird leichter als Einheit aufgefaßt, als eine offene Figur. Geschlossen wirken Dreiecke, Vierecke und Kreise (Abbildung 3.19.).

Das Gesetz der Geschlossenheit dominiert über das der Nähe, sollten die beiden zueinander in Konkurrenz treten.

4. Das "Gesetz des gemeinsamen Schicksals":
   Teile, die zu einer Figur gehören, schließen sich zusammen. Objekte, die sich berühren, können auf diese Weise auseinander gehalten werden. So wird in Abbildung 3.20. ein Kreis und ein Trapez gesehen, obwohl sich die Figuren überschneiden.
   Natürlich spielt hier früher Wahrgenommenes, unsere Fähigkeit zu Lernen und zu Behalten, eine wesentliche Rolle. D.h. die Interpretation eines Stimulus wird zu einem großen Teil aus Referenzen aus dem Gedächtnis bestimmt (VAN DEN BRINK, 1984).
5. Das "Gesetz der gemeinsamen Bewegung":
   Wenn sich Elemente gemeinsam und auf ähnliche Weise bewegen, werden sie wahrnehmungsmäßig zusammengeschlossen.
6. Das "Gesetz der Prägnanz":
   Es wurde von KOFFKA (1950) etwa so formuliert: Die psychologische Organisation wird immer so gut sein, wie es die vorherrschenden Bedingungen erlauben. "Gut" umfaßt Eigenschaften wie Regelmäßigkeit, Symmetrie, Einfachheit. KATZ (1961) fügt noch die Eigenschaften Geschlossenheit, Ausgeglichenheit und Knappheit hinzu.

Schließlich sei noch ein Kernsatz der Gestaltwahrnehmung genannt: Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile. Dieser Satz läßt sich am Beispiel einer Melodie erklären: sie besteht aus verschiedenen Einzeltönen, ist aber mehr als eine Summe von Einzeltönen. Spielt man sie in Dur, so bekommt sie die Gestaltqualität "fröhlich", wird sie in Moll vorgetragen, so klingt sie traurig, usw.

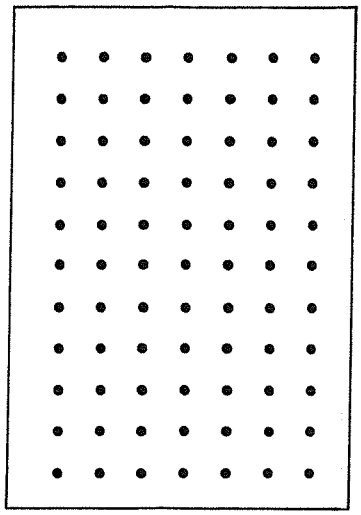


Abb. 3.14:
(aus GREGORY, 1972, S.9)

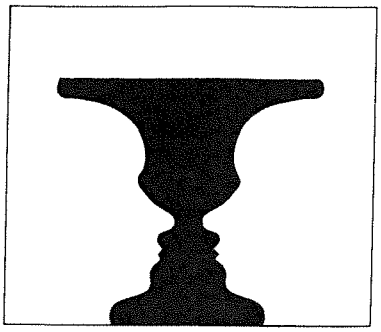


Abb. 3.15: RUBIN'sche Becher (aus METZGER, 1975, S. 27)

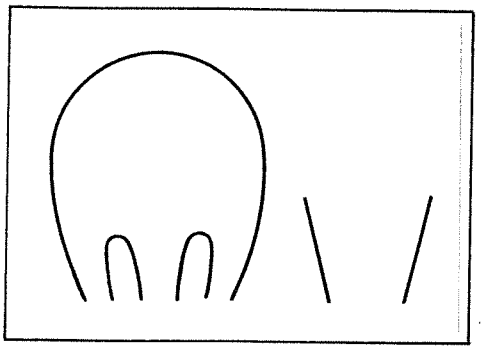


Abb. 3.16: (aus GREGORY, 1972, S. 10)

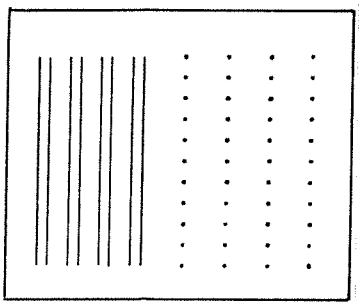


Abb. 3.17:
Gesetz der Nähe
(aus KATZ, 1961, S. 31)

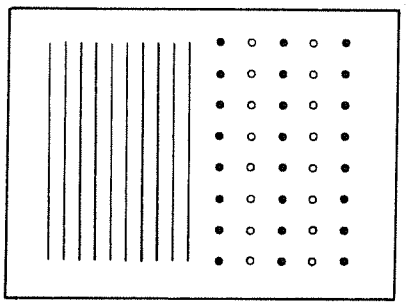


Abb. 3.18:
Gesetz der Gleichheit
(aus KATZ, 1961, S. 31)

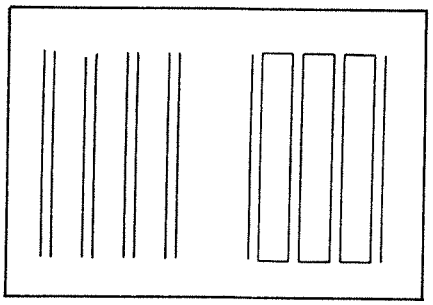


Abb. 3.19:
Gesetz der Geschlossenheit (aus KATZ, 1961, S. 31)

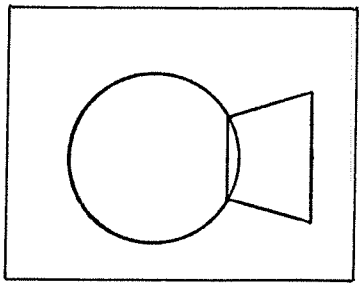


Abb. 3.20: Gesetz des gemeinsamen Schicksals
(aus KATZ, 1961, S. 33)

Neben den hier aufgeführten "Gestaltgesetzen" gibt es noch eine ganze Reihe von Auffälligkeiten in unserer Wahrnehmung; METZGER (1975) befaßt sich in seinem Buch "Gesetze des Sehens" auf über 600 Seiten mit diesen Phänomenen. Wir können jedoch an dieser Stelle schon festhalten:

- Unsere Wahrnehmung kommt zwar mit relativ konfusen Gebilden zurecht (vgl. "Gesetz des gemeinsamen Schicksals"),
- soll sie jedoch schnell und zuverlässig funktionieren, und vor allem in die Lage versetzt werden, das Beabsichtigte "wahr"-zunehmen, die intendierte Information zu vermitteln, so müssen die einzelnen Elemente und das Zueinander dieser Elemente so gestaltet werden, daß die Besonderheiten der Wahrnehmung bewußt in die Planung einbezogen werden.

Gestaltung sollte kein Zufallsprozeß sein.

Beabsichtigt ein Konstrukteur beispielsweise, drei so verschiedenartige Teile, wie eine Skala, ein Piktogramm und ein Warnlämpchen zu einer Einheit zusammenzufügen, so wird er das "Gesetz der Nähe" für die Kombination der Einzelteile verwenden, d.h. die drei Teile haben zueinander einen geringeren Abstand als zu anderen Teilen. Außerdem wird er das Dargestellte beispielsweise mit einem Kreis umschließen, damit die Figur "geschlossen" wirkt ("Gesetz der Geschlossenheit"). Abbildung 3.21. demonstriert eine gelungene und eine weniger gelungene Lösung:

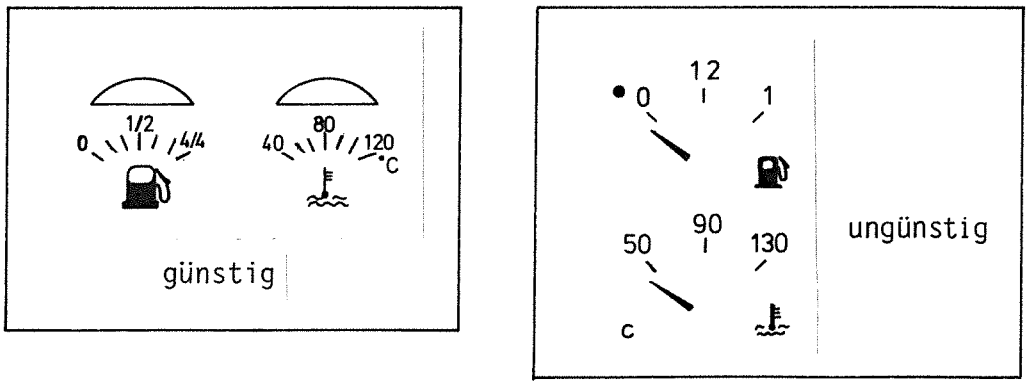


Abb. 3.21: Günstige Zuordnung der einzelnen Elemente zueinander bei der linken Abbildung, ungünstige, "auseinanderfallende" Anordnung rechts.

Besteht dagegen der Wunsch, ein Element besonders hervorzuheben, beispielsweise den Schalter für die Warnblinkanlage, so wird der Konstrukteur gegen das "Gesetz der Gleichheit" verstoßen, d.h. dem Schalter eine andere Form, eine andere Größe, eine andere Farbe als den übrigen Schaltern geben (siehe Warnblinkanlage beim Ford Fiesta in Abbildung 5.93.).

Als weiteres Beispiel sei der Tachometer genannt. In den meisten Fahrzeugen ist er als Kreis oder Kreissegment ausgeführt. Zwei Darstellungsformen sind üblich: entweder wird der Kreis durch einen Kranz strahlenförmig angeordneter Striche "begrenzt", an deren Innenseite Ziffern stehen, oder die Ziffern stehen außen, der Strahlenkranz liegt innen. Dem Beobachter wird bei Betrachtung der Abbildung 3.22. auffallen, daß die Ziffernbegrenzung "ausgefranst" wirkt und die Strichbegrenzung einem Kreis näher kommt, wenn sie auch das Prägnanzbild des Kreises nicht voll erreicht.

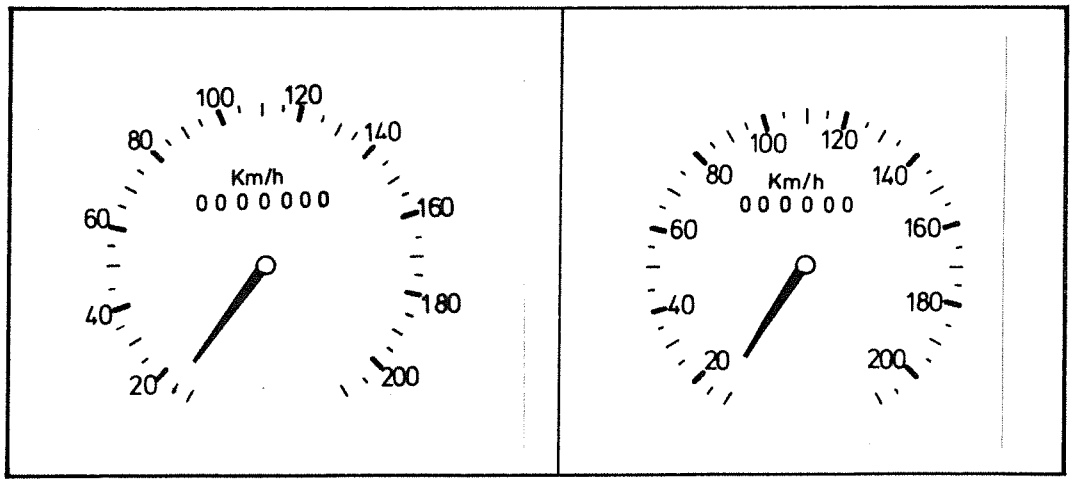


Abb. 3.22: Ziffern als Außenbegrenzung wirken "ausgefranst" (linkes Bild), während die Strichbegrenzung dem Prägnanzbild des Kreises näher kommt (rechts Bild).

Besonders wichtig ist die Ordnung einzelner Teile zueinander: Beim folgenden Beispiel sind zwar Tachometer und Drehzahlmesser im Sinne der "guten Gestalt" nahezu optimal, nicht günstig sind dagegen die vier außen liegenden Skalen (Öldruck, Treibstoff, usw.). Hier fällt die Zuordnung von Skala, Piktogramm und Meßgröße sehr schwer, das Ölkännchen könnte sowohl zur oberen wie auch zur unteren Skala gehören. Die Darstellung verstößt jedoch eindeutig gegen das "Gesetz der Geschlossenheit", sie wird nicht als Einheit aufgenommen.
Das Symbol für Bremsbelagverschleiß scheint in der linken oberen Hälfte recht zufällig untergebracht. Wollte der Konstrukteur damit die besondere Wichtigkeit der Anzeige hervorheben? Andernfalls sollte die Anzeige eher zu den übrigen Piktogrammen gesellt werden.
Insgesamt sind die Abstände zwischen den einzelnen Anzeigen zu gering, so daß sich die Teile beliebig zusammenfügen.

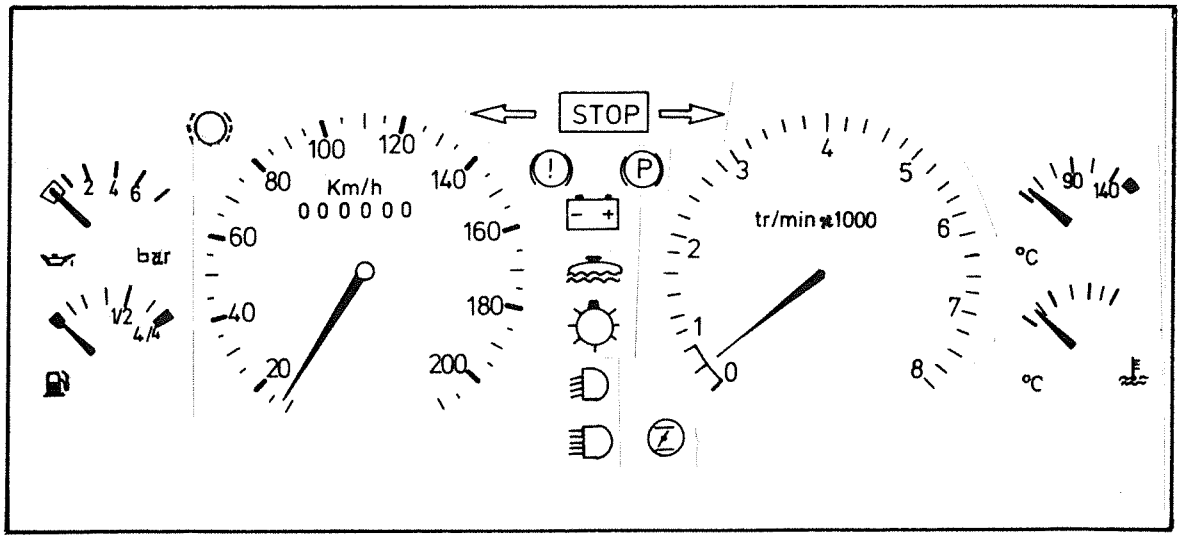


Abb. 3.23: Ungünstige Zuordnung einzelner Anzeigenelemente zueinander.

Ein weiteres Beispiel für mangelhafte Strukturierung liefert der in Abbildung 3.24. dargestellte Stockschalter. Er vereinigt verschiedene Funktionen in sich, beispielsweise Scheibenwisch- und Scheibenwasch-Funk-

tion, sowie einen automatischen Geschwindigkeitsregler. Zwar wurde versucht, durch farbliche Abhebung, Piktogramme und Beschriftung, Gliederung in Segmente, glatte und geriffelte Flächen Ordnung zu schaffen - Hilfsmittel, von denen jedes für sich genommen, durchaus positiv wirken können. Die Gestaltung verstößt eindeutig gegen die Prägnanzeigenschaften Einfachheit und Knappheit.

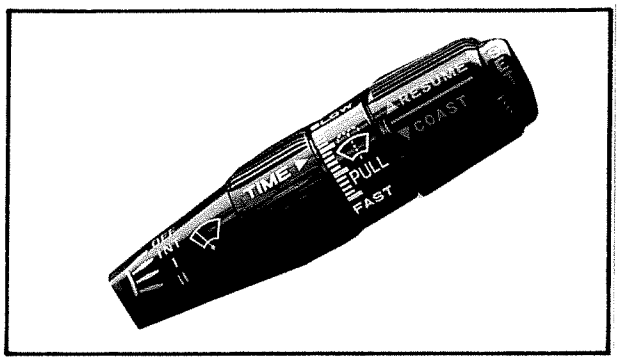


Abb. 3.24: Ein Stockschalter, der nicht den Gestaltgesetzen Rechnung trägt.

3.13. Definitionen und Maße

Die folgenden Definitionen zu Begriffen von Licht und Beleuchtung sind dem VDI-Handbuch (1980, S.134f) und, soweit sie den englischen Sprachgebrauch betreffen, GRETHER & BAKER (1972) entnommen.

Sehwinkel (visual angle):

Sehwinkel bezeichnet den Winkel, gemessen am Auge, der erforderlich ist, um ein zu sehendes Objekt in der gesamten Länge L zu erfassen. Normalerweise wird der Sehwinkel in Bogen-Minuten angegeben.

Sehwinkel; Einheit: Minuten (min).

$$\text{Sehwinkel (min)} = \frac{57{,}3 \times 60 \times \text{Länge des Objekts}}{\text{Abstand vom Auge zum Objekt}} .$$

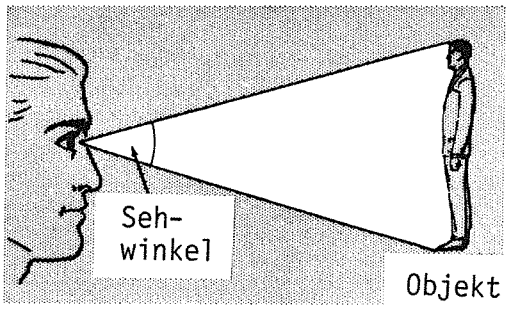


Abb. 3.25: Sehwinkel (aus GRETHER & BAKER, 1972, S.48)

Licht:

Strahlung, die beim Menschen unmittelbar eine Gesichtsempfindung hervorzurufen vermag, wird als Licht (sichtbare Strahlung) bezeichnet. Generell liegt der Wellenlängenbereich der sichtbaren Strahlung zwischen 380 und 780 nm.

Lichtstrom:

Physikalisch entspricht der Lichtstrom dem Strahlungsfluß, d.h. der sichtbaren Stahlungsleistung einer Lichtquelle,

Lichtstrom Φ ; Einheit: Lumen (lm).

Lichtstärke:

Eine Lichtquelle strahlt, abgesehen von gerichtetem Licht, in verschiedene Richtungen verschieden stark ab. Die in einer bestimmten Richtung gemessene Stärke der Strahlung heißt Lichtstärke,

Lichtstärke I; Einheit: Candela (cd).

Beleuchtungsstärke (illumination):

Die Beleuchtungsstärke ist der Quotient aus dem auf eine Fläche treffenden Lichtstrom und der beleuchteten Fläche.

Beleuchtungsstärke E; Einheit: Lux (lx).

$$E = \frac{\text{Lichtstrom in Lumen}}{\text{Fläche in Quadratmeter}}.$$

Die Beleuchtungsstärke beträgt 1 lx, wenn der Lichtstrom von 1 lm die Fläche von 1 m^2 gleichmäßig trifft.

In der englischsprachigen Literatur wird die Beleuchtungsstärke (illumination) in foot-candle (ft.-c.) gemessen. Ein foot-candle ist die Dichte, mit der Licht auf die innere Oberfläche eines Körpers mit dem Radius von 1 foot fällt, wenn ein Lichtpunkt mit der Intensität einer internationalen candle (c) im Zentrum des Körpers plaziert ist.
Die Beleuchtungsstärke verändert sich mit dem Abstand wie folgt:

$$\text{Beleuchtungsstärke (ft.-c).} = \frac{\text{Intensität der Leuchtquelle (c)}}{\text{Abstand (ft.)}^2} .$$

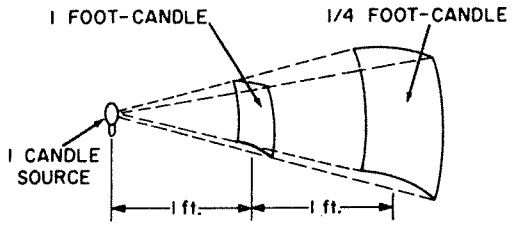


Abb. 3.26: Zusammenhang zwischen der Leuchtquelle (1 candle), dem Abstand (1 foot, 2 feet), und der Beleuchtungsstärke (foot-candle) (aus GRETHER & BAKER, 1972, S. 48)

$$\text{Zur Umrechnung: Beleuchtungsstärke E (lx)} = \frac{\text{Lichtstrom } \Phi \text{ (lm)}}{\text{Fläche (m}^2\text{)}}$$

$$= \frac{\text{Lichtstärke I (cd) Raumwinkel } \omega \text{ (sr)}}{\text{Fläche (m}^2\text{)}}$$

$$\text{wobei: Raumwinkel } \omega = \frac{\text{Kugelfläche}}{\text{Radius}^2}$$

Raumwinkel ω ; Einheit sr (Steradiant)

1 ft = 0,3048 m

Leuchtdichte (luminance):

Die Leuchtdichte ist der Quotient aus Lichtstärke und der vom Auge erfaßten leuchtenden Fläche (gemessen in m^2),

Leuchtdichte L; Einheit: $\frac{cd}{m^2}$.

früher üblich: Leuchtdichte L; Einheit: asb (Apostilb)

$$L\ (asb) = \frac{\Phi\ (lm)}{F\ (cm^2) \cdot \omega\ (sr) \cdot \cos\alpha}$$

$$= \frac{I\ (cd)}{F\ (cm^2) \cdot \cos\alpha}.$$

$$1\ \text{Stil (sb)} = \frac{1\ \text{Candela}}{1\ cm^2}.$$

$$1\ \text{Apostilb (asb)} = \frac{1}{\pi \cdot 10.000}\ \text{sb} = 0{,}0000318\ \text{sb}.$$

1 sb = 31.415 asb.

1 asb = 10 mL (Milli-Lambert).

Tabelle 3.3. ermöglicht die Überführung der verschiedenen, in der englisch-sprachigen Literatur üblichen Einheiten:

Tab. 3.3: Umrechnungstabelle für Beleuchtungseinheiten (aus GRETHER & BAKER, 1972, S.48)

Units	Foot-lamberts	Lamberts	Milli-lamberts	Candles per square inch	Candles per square foot	Candles per square centimeter
ft.-L	----------	1.076×10^{-3}	1.076	2.21×10^{-3}	3.18×10^{-1}	3.43×10^{-4}
L	9.29×10^{2}	----------	1.0×10^{3}	2.054	2.96×10^{2}	3.18×10^{-1}
mL	9.29×10^{-1}	1.0×10^{-3}	----------	2.054×10^{-3}	2.957×10^{-1}	3.183×10^{4}
c/in²	4.52×10^{2}	4.87×10^{-1}	4.87×10^{2}	----------	1.44×10^{2}	1.55×10^{-1}
c/ft²	3.14	3.38×10^{-3}	3.38	6.94×10^{-3}	----------	1.076×10^{-3}
c/cm²	2.92×10^{3}	3.14	3.14×10^{3}	6.45	9.29×10^{2}	----------

Note: Value in units in left-hand column times conversion factor equals value in units shown at top of column.

Reflexionsgrad (reflectance):

Als Reflexionsgrad wird das Verhältnis des von einem Körper zurückgeworfenen Lichtstromanteiles zum auftretenden Lichtstrom bezeichnet,

$$\text{Reflexionsgrad } \rho = \frac{L}{E} \, 100 \ (\%)$$

Kontrast (contrast):

Unter Kontrast versteht man den Leuchtdichteunterschied zwischen einem Objekt und seinem Hintergrund.

$$\text{Kontrast} = \frac{\text{Leuchtdichte des Objekts - Leuchtdichte des Hintergrunds}}{\text{Leuchtdichte des Hintergrunds}} \, 100 \ (\%)$$

Lichtmessung:

Zur Bestimmung lichttechnischer Größen kommen heute in der Praxis fast ausschließlich lichttechnische Zellen (in der Regel Selen-Photoelemente) zur Anwendung. Diese sog. Luxmeter sind durch vorgeschaltete Farbfilter

der spektralen Empfindlichkeit des menschlichen Auges angepaßt.

Die **Beleuchtungsstärke** wird mit einem Luxmeter gemessen. Um auch schräg einfallendes Licht miterfassen zu können (d.h. um genaue Meßwerte zu erhalten), ist es notwendig, zusätzlich einen sog. Kosinusvorsatz zu verwenden. Der Kosinusvorsatz hebt die Richtungsabhängigkeit der Empfindlichkeit des Photoelementes auf.

Die **Leuchtdichte** als eigentliches Kriterium für Sehanforderungen und Sehbedingungen wird entweder direkt mit einem Leuchtdichtemesser, oder indirekt mit dem Luxmeter gemessen.
Als praktisches Annäherungsmaß benutzt man die Beziehung:

Leuchtdichte L (asb) = Beleuchtungsstärke E (lx) · Reflexionskoeffizient der Fläche ϱ .

4. Informationsverarbeitung - Literaturanalyse zu relevanten Aspekten

"Basierend auf einer Analyse der Unfallursachen kommt PERCHONOK (1972) zu dem Schluß, daß in 30-60% der Unfälle Fehler bei der Informationsverarbeitung an vorderster Stelle stehen. In den meisten Fällen wurde die Information wahrgenommen, aber nicht in der richtigen Weise interpretiert." (aus dem Englischen, nach RIEMERSMA, 1979).
"Wahrnehmen" ist also nicht gleichbedeutend mit "in der richtigen Weise verarbeiten". Die intendierte Reaktion kann ganz oder nur teilweise eintreten, sie kann falsch sein oder völlig ausbleiben.
Uns interessiert nun, wie Informationsverarbeitung abläuft.

Es gibt verschiedene Wege der thematischen Auseinandersetzung mit der Informationsverarbeitung. Ob jede Information, die wahrgenommen wurde, auch ins Bewußtsein gelangt und wie dies vonstatten geht, darüber diskutieren Wissenschaftler seit Anfang dieses Jahrhunderts (z.B. WUNDT, 1911).

Aufgabe dieses Abschnitts kann und will es nicht sein, den sich über Jahrzehnte hinziehenden Expertenstreit im Detail zu beschreiben oder gar zu entscheiden. Leider gibt es aus der Grundlagenforschung auch keine Auskünfte, die sich direkt auf den Bereich der Anzeige- und Bedienelemente beziehen. Daher werden im folgenden Forschungsergebnisse dargestellt, die Rückschlüsse auf das uns interessierende Gebiet zulassen.

4.1. Frühe Theorien der Aufmerksamkeit

Durch ein grobes Raster betrachtet, lassen sich die psychologischen Aufmerksamkeitstheoren unterteilen in Kapazitätsmodelle und Strukturmodelle. Kapazitätsmodelle gehen, wie der Name schon sagt, von einer begrenzten Verarbeitungskapazität des Menschen aus. Diese Kapazität muß zwischen mehreren Reizen aufgeteilt werden.
Ist ein Reiz "in Arbeit", so geht dies zu Lasten der Gesamtverarbeitungskapazität.
Sturkturmodelle postulieren dagegen, die Verarbeitung eines Reizes sei nicht durch die Verarbeitung eines anderen Reizes beeinträchtigt.

BROADBENT (1958) geht in der von ihm entwickelten Filtertheorie, die den Kapazitätsmodellen zuzurechnen ist, davon aus, daß eintreffende Informationen auf Rezeptorebene zwar noch parallel verarbeitet werden können, kurz gespeichert werden, dann aber durch einen Filter gelangen, in dem selektiert wird. Welche der im Kurzzeitspeicher anliegenden Informationen den Speicher passieren können, hängt von Faktoren wie Bekanntheit des Reizes, Lautstärke, räumliche Anordnung, usw. ab. Durch einen Wahrnehmungskanal mit begrenzter Kapazität erfolgt die Verarbeitung (vgl. Abb. 4.1.).

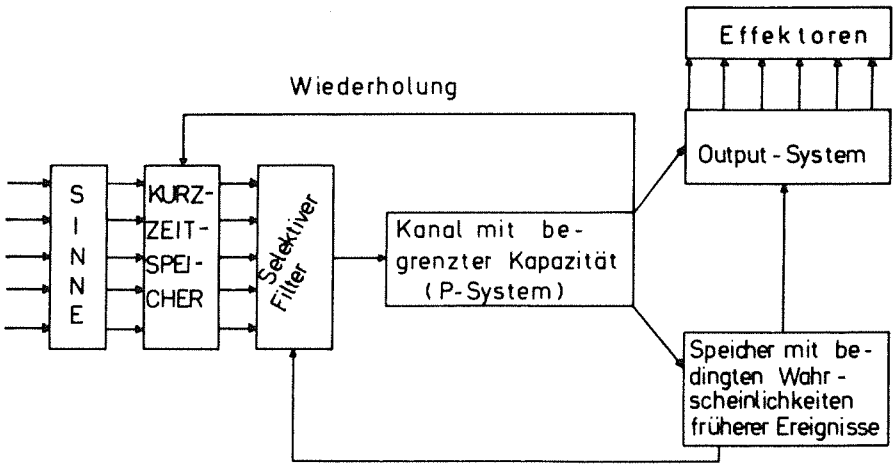


Abb. 4.1: Flußdiagramm der Information (aus BROADBENT, 1958)

Alltagserfahrungen, die nahe legen, mehrere Aufgaben könnten simultan erledigt werden, und Forschungsergebnisse aus dem akustischen Bereich, die ebenfalls in diese Richtung weisen, werden von BROADBENT durch eine Art Time-Sharing-Prinzip erklärt: parallel auftretende Reize werden im Wahrnehmungssystem seriell analysiert. Dabei hängt die Verarbeitungskapazität ab von der Informationsmenge, also der Anzahl von Reizen, die pro Zeiteinheit eintreffen, und der Wahrscheinlichkeit, mit der diese Reize aufgrund des vorhergehenden Reizes auftreten werden (der Statistiker spricht hier von "Übergangswahrscheinlichkeiten").
BROADBENT selbst zieht zwar den folgenden Schluß nicht, doch ist es nach diesen Ausführungen naheliegend, daß das Auftreten vieler Reize mit hoher Übergangswahrscheinlichkeit für die Kapazität gleichbedeutend sein könnte, wie das Auftreten weniger Reize mit niedriger Übergangswahrscheinlichkeit.

Während BROADBENT dem Filter eine "Alles- oder Nichtsfunktion" zuschreibt, d.h. ein Reiz kann den Filter entweder passieren, oder er wird blockiert, weist die "Filter Attenuation Theorie" von Anne TREISMAN (1960, 1964) dem Filter nur abschwächende Wirkung zu. Unter gewissen Umständen können auch Reize aus einem nicht beachteten Sinneskanal zur weiteren Verarbeitung gelangen. Diese Theorie läßt sich gut mit Experimenten zum dichotischen Hören belegen. So zeigte beispielsweise MORAY (1959) folgendes: Personen, die zwei verschiedene Informationen getrennt für beide Ohren dargeboten bekommen, sollen die eine Information beachten, die andere aber ignorieren. Tritt nun am nicht zu beachtenden Ohr beispielsweise der Name der Person auf, so wird er häufig wahrgenommen (vgl. Abb. 4.2.).

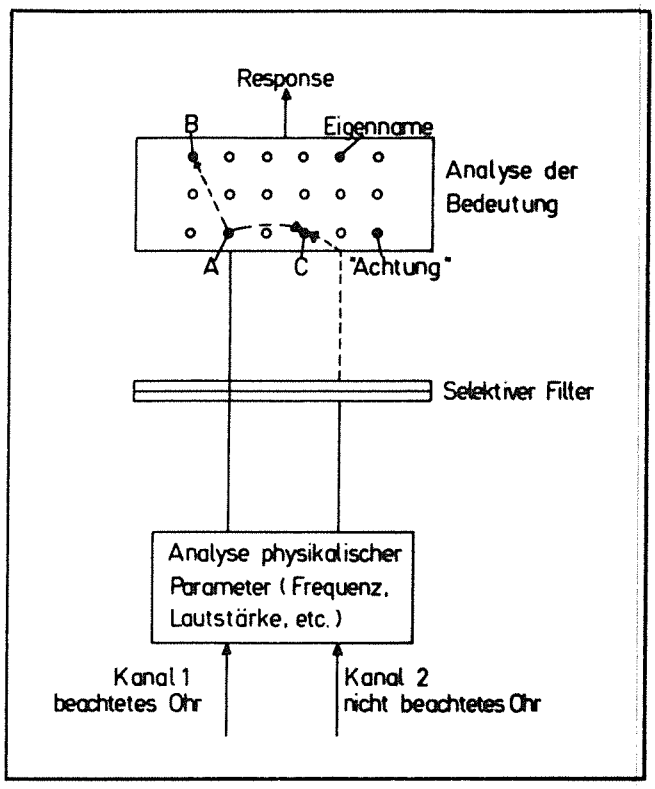


Abb 4.2: Schematische Darstellung TREISMANs Filter Attenuation Theorie (aus TREISMAN, 1960)

Grundlage der Strukturmodelle ist der Ansatz von DEUTSCH & DEUTSCH (1963). Sie gehen davon aus, daß alle Informationen dieselben Wahrnehmungs- und Entscheidungsmechanismen erreichen, unabhängig davon, ob sie beachtet wurden, oder nicht. Die Verarbeitung findet nach diesem Modell auf höchster Ebene statt. Eine Selektion der vielen, auf den Menschen einströmenden Reize erfolgt in einem Vergleichsprozeß, bei dem jeweils der momentan wichtigste Reiz Vorrang erhält. Diese Zuweisung der Aufmerksamkeit ist nur erforderlich, da die Reaktionskapazität des Menschen begrenzt ist (niemand kann beispielsweise zwei Wörter gleichzeitig aussprechen).

Anforderungen, die sich aus den Modellen ergeben:

Aus den Modellen resultieren jeweils verschiedene Konsequenzen für die praktische Anwendung im Mensch-Maschine-Bereich.
Aus dem TREISMAN'schen Modell folgen wesentlich höhere Gestaltungsanforderungen an die Informationsdarstellung und -aufbereitung als aus dem DEUTSCH & DEUTSCH-Modell: "Da pro Zeiteinheit nur eine Information sicher verarbeitet werden kann, müssen die Informationen seriell und an die Verarbeitungsgeschwindigkeit des Menschen angepaßt dargeboten werden. Wo dies nicht möglich ist, hat die Darbietung so lange zu erfolgen, bis eine serielle Abarbeitung möglich ist. Die begrenzte zentrale Verarbeitungskapazität setzt der Informationsmenge, die simultan dargestellt werden darf, enge Grenzen." (FÄRBER, 1987).

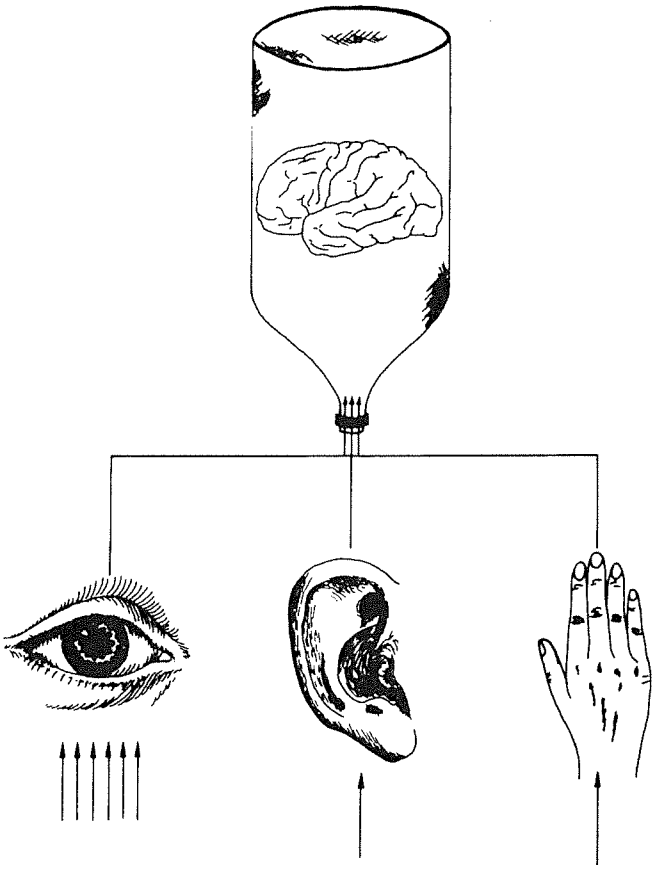


Abb. 4.3: Kapazitätsbeschränkung bei der zentralen Verarbeitung (aus FÄRBER, 1987)

Liegt der Engpaß jedoch nicht bei der Verarbeitung wie in Abb. 4.3. (Modell von DEUTSCH & DEUTSCH), so sind zwei andere Engstellen denkbar:

- Einerseits die begrenzte sensorische Aufnahmefähigkeit der Sinnesorgane (der sog. "Input"),
- andererseits die begrenzte Reaktionsfähigkeit des Menschen (der sog. "Output").

Durch die Nutzung verschiedener Sinnesmodalitäten (optisch, akustisch, haptisch), sowohl für die Aufnahme der Reize, als auch für die erforderliche Reaktion, könnten diese Engpässe umgangen werden. Dies würde eine qualitative wie auch quantitative Verbesserung der Verarbeitungsweise bedeuten. (nach FÄRBER, a.a.O.).

An Möglichkeiten der technischen Realisierung besteht kein Mangel. Hier sei als Beispiel nur die Entlastung des Kraftfahrers auf optischem Gebiet durch Sprachausgaben (FÄRBER & FÄRBER, 1982, 1984) bzw. Spracheingaben (FÄRBER, POPP & STAPF, in Arbeit) genannt.

Beim gegenwärtigen Stand der Forschung spricht ein Teil der Befunde für die Kapazitätsmodelle, ein anderer für die Strukturmodelle, andere lassen keine Entscheidung zu. Daher scheint es momentan angebracht, sozusagen eine Stufe tiefer einzuhaken und die Ergebnisse zur Aufmerksamkeit zu studieren:

4.2. Geteilte versus ungeteilte Aufmerksamkeit

ALLPORT, ANTONIS und REYNOLDS (1972) experimentieren mit Wörtern, die gelernt und anschließend aus einer längeren Liste von Wörtern wiedererkannt werden sollen. Werden die Wörter optisch dargeboten, so liegt die Fehlerrate bei 30 %, werden sie akustisch dargeboten, so liegt sie bei fast 50 %. Diese Werte treten aber nur auf, wenn die Aufmerksamkeit durch eine akustische Zusatzaufgabe (Prosatext) geteilt ist. Bei ungeteilter Aufmerksamkeit liegt die Fehlerrate im optischen wie auch im akustischen Bereich deutlich niedriger, bei ca. 3 bis 4 %.

Ausgehend von der Vermutung, der Mensch könne zur selben Zeit nur ein Ding tun, lassen JENNINGS & CHILES (1977) verschiedene Aufgaben ausführen, einmal einzeln, dann drei gleichzeitig, z.B. auf Warnsignale reagieren, einfaches Tracking, zweidimensionales Tracking, Mustererkennung. Aufgrund ihrer varianzanalytischen Berechnungen können die Autoren zeigen, daß die Aufgabenkomplexitität (1 vs. 3 Aufgaben) die wichtigste Variable ist. Allerdings sind ihre Auswirkungen auf das Tracking wesentlich bedeutsamer als beispielsweise auf die Mustererkennung. JENNINGS & CHILES vermuten daher, daß der Mensch eine hierarchisch gegliederte Reaktionsstrategie entwickelt, mit deren Hilfe er zunächst einmal die Anforderung der Aufgabe mit höchster Priorität erfüllt, was zu Lasten der Aufgaben mit niederer Priorität gehen könne. Wenn diese Hypothese stimmt, stellt sich für den motorisierten Straßenverkehr natürlich die Frage, welche Aufgaben der Fahrer als hierarchisch höherwertig ansieht (z.B. Fahraufgabe vs. Cassette einlegen) und ob die Hierarchie in allen Situationen erhalten bleibt oder ob sie sich verändert.
TREISMAN & DAVIES (1973) experimentieren mit optischen (Wörtern) und akustischen (Tönen) Reizen. Ist nur ein Reiz zu beachten (ungeteilte Aufmerksamkeit), so erfolgen wesentlich mehr Reaktionen in deutlich kürzerer Zeit, als wenn zwei Reize zu beachten sind (geteilte Aufmerksamkeit). Dies spricht für die Existenz einer Kapazitätsbegrenzung.
Bei geteilter Aufmerksamkeit erweist es sich als günstig, wenn die Reize in verschiedenen Sinnesmodalitäten (optisch und akustisch) dargeboten werden. In diesem Experiment kann die Kapazität folglich durch das

Ansprechen zweier verschiedener Sinnesmodalitäten erweitert werden - eine "Regel", die tendenziell auch aus anderen Befunden folgt (wobei es auch hier wieder Ausnahmen gibt).

Dies bedeutet aber nicht a priori, daß sich die Aufnahmekapazität durch das Ansprechen verschiedener Sinneskanäle im additiven Sinne erweitern läßt, etwa nach dem Motto: "werden zwei Kanäle angesprochen, so kann die doppelte Menge an Information aufgenommen werden, usw.". Dies kann zwar in einzelnen Fällen zutreffen, ist aber sicherlich nicht die Regel. Marjorie TIERNEY (1973) zeigte beispielsweise, daß sie ohne Leistungseinbuße in der Lage ist, einen Text von einer Vorlage abzuschreiben und gleichzeitig einen anderen Text laut zu wiederholen. Soll der Text jedoch nach Diktat geschrieben und gleichzeitig ein anderer Text laut vorgelesen werden, so sinkt die Leistung auf ca. 50%. Jeder mit der Materie Vertraute wird bestätigen, daß "vom Blatt tippen" bei großer Schreibroutine sozusagen "automatisch" abläuft - "Kopfarbeit" wird dazu nicht benötigt. "Schreiben nach Diktat" erfordert jedoch Konzentration und Mitdenken, das Absinken der Leistung verwundert daher nicht.

Die letztgenannten Experimente geben folgende Hinweise:

- Ungeteilte Aufmerksamkeit ist günstiger als geteilte, d.h. gleichzeitiges Auftreten von zwei Reizen ist möglichst zu vermeiden.
- Müssen zwei Reize gleichzeitig dargeboten werden, so ist es günstiger, unterschiedliche Sinnesmodalitäten zu nutzen, beispielsweise einen Reiz optisch, den anderen akustisch vorzugeben.
- Wird eine Aufgabe souverän beherrscht (z.B. Text vom Blatt tippen), so beansprucht sie kaum Kapazität und läßt Raum für andere Aufgaben.

Hierzu noch eine Anmerkung von HARTMANN, die sich auf den Straßenverkehr bezieht: "Bei allen Aufgaben, die eine gewisse Konzentration erfordern, die also keine reinen Automatismen sind, ist geteilte Aufmerksamkeit aber gleichbedeutend mit geteilter Leistung." (siehe dazu die Stel-

lungnahme am Ende des Zitats) "Je mehr Konzentration eine Tätigkeit verlangt, um so stärker wird sie durch eine Teilung beeinträchtigt. Ein Objekt muß daher eine gewisse Auffälligkeit besitzen, damit es in einer strukturierten Umgebung auch wirklich wahrgenommen wird. Nicht alles, was sichtbar ist, d.h. gesehen werden könnte, wird auch wirklich wahrgenommen, und nicht alles, was wahrgenommen wird, wird auch erkannt, d.h. richtig gedeutet." (HARTMANN, 1971, S.93).
Aus HARTMANN's Aussage scheint uns besonders der Aspekt wichtig zu sein, der vor zu großer Informationsbelastung des Kraftfahrers warnt. Seine Ansicht, geteilte Aufmerksamkeit sei gleichbedeutend mit geteilter Leistung, wird jedoch durch experimentelle Befunde nicht unbedingt gestützt (vgl. beispielsweise das Experiment von HIRST et.al., 1980).

4.3. Automatische Verarbeitung versus kontrollierte Verarbeitung

SCHNEIDER & SHIFFRIN (1977) experimentieren mit visuell dargebotenen Aufgaben: Aus einer Menge von Ziffern oder Buchstaben sind im ersten Fall bestimmte, vorher "gelernte" Ziffern herauszufinden, im zweiten Fall Buchstaben. Sind bestimmte Ziffern aus einer Ziffernmenge herauszufinden, so sinkt die Leistung mit der Zahl der herauszufindenden Ziffern (es können eine, zwei, drei oder vier sein), und mit dem Umfang der Ziffernmenge (sie kann ein, zwei oder vier Zeichen umfassen). Das gleiche gilt für Buchstaben, die aus einer Buchstabenmenge herauszufinden sind.
Eine wesentlich bessere Leistung wird erreicht, wenn Ziffern in einer Buchstabenmenge erkannt werden sollen, bzw. Buchstaben in einer Ziffernmenge.
SCHNEIDER & SHIFFRIN postulieren aufgrund dieser Ergebnisse zwei Arten von Prozessen, den "automatischen" Aufmerksamkeitsprozeß und den "kontrollierten".
Die gute Leistung beim Erkennen von Ziffern aus einer Buchstabenmenge wird auf die Existenz eines "automatischen" Aufmerksamkeitsprozesses zurückgeführt: er wird als Abfolge von Knoten im Langzeitgedächtnis gesehen, wo ein bestimmter Reiz eine (und nur diese) Reaktion auslöst, ohne aktives Zutun der Person. Ist die Reaktion ausgelöst, so läuft sie bis zum Ende automatisch ab. Diese Art von Prozessen benötigt nach Ansicht der Autoren keine Verarbeitungskapazität, sie können daher parallel und unabhängig voneinander ablaufen. SCHNEIDER & SHIFFRIN halten im Prinzip alles für automatisierbar, allerdings sei zunächst viel Übung erforderlich. Handlungen, aufgrund von kontrollierten Prozessen ausgeführt, würden jedoch sehr schnell ein Leistungsniveau erreichen, das durch Übung nicht mehr veränderbar sei.
Die Tatsache, daß z.B. Ziffern aus einer Ziffernmenge zu erkennen länger dauert, erklären SCHNEIDER & SHIFFRIN mit dem Erfordernis, einen "kontrollierten" Prozeß in Gang zu setzen. Dazu muß die Person ihre Aufmerksamkeit aktiv zuwenden, weshalb immer nur eine Sequenz pro Zeiteinheit angesprochen werden kann. Mehrere kontrollierte Prozesse können im Timesharing, d.h. abwechselnd, ausgeführt werden, allerdings nur, wenn sie langsam genug ablaufen. Kontrollierte Prozesse sind zwar kapazitätsbe-

schränkt, bieten aber den Vorteil hoher Flexibilität, besonders in neuen, bisher unbekannten Situationen.

Beispiele für "automatische" Prozesse im Verkehrsbereich:

- Wenn das Fahrzeug bei Eis- oder Schneeglätte schleudert, bremsen die meisten Fahrer, da das gelernte Muster "bei Gefahr Bremsen" automatisch abläuft.
- Kommt ein Fahrzeug auf der eigenen Spur entgegen, so flüchten die wenigsten Fahrer in das Buschwerk des Straßengrabens, denn gelernt wurde: "Fahrzeug in der Spur halten".

4.4. Sinnesmodalitäten und Unterschiede in ihrer Verarbeitung

FREIDES (1974) diskutiert die Frage, ob es für jede Sinnesmodalität (etwa die optische oder haptische) einen eigenen, spezifischen Ort der Verarbeitung gibt, oder nicht. In einem Experiment, in dem Längenschätzungen abzugeben waren, fand er die besten Ergebnisse, wenn der Ausgangsreiz und der einzuschätzende Reiz optisch dargeboten wurde. An zweiter Stelle rangiert die haptische Darstellung beider Reize, an dritter Stelle die Konstellation "Ausgangsreiz optisch, einzuschätzender Reiz haptisch" und an letzter Stelle die Bedingung "Ausgangsreiz haptisch, einzuschätzender Reiz optisch" (FREIDES, 1975). Sollten jedoch Formen unterschieden werden, so schnitten die Kombinationen besser ab, bei denen der Ausgangsreiz optisch angeboten wurde. FREIDES (1974) folgert daraus, daß Reize, die in einer ungünstigen Sinnesmodalität wahrgenommen werden, erst einmal in eine günstige übertragen und dann entsprechend verarbeitet werden.

Versuche mit sehenden und geburtsblinden Personen lassen auf funktionelle Gleichartigkeit bei der Verarbeitung visueller und haptischer (Täuschungs-)Muster schließen, allerdings zeigt sich hier, daß im optischen Bereich die Fehleinschätzungen deutlich niedriger sind als im haptischen (Brigitte FÄRBER, 1980).

Ob die Schlußfolgerungen von FREIDES bezüglich der Übertragung von ungünstigen in günstige Sinnesmodalitäten richtig sind, läßt sich im Augenblick empirisch nicht entscheiden. Wichtig daran ist aber die generelle Betrachtungsweise: günstige Sinnesmodalitäten für eine bestimmte Information sind diejenigen, die aufgrund der Entwicklungsgeschichte des Menschen oder langjähriger Übung einer bestimmten Reizkategorie angemessen sind. So sind etwa räumliche Beziehungen besser optisch als akkustisch darstellbar, da dies der natürlichen Erfahrung entspricht.

4.5. Steuerung der Aufmerksamkeit durch den Informationsbedarf

Wie JOHANSSON & BACKLUND (1968) am Beispiel von Verkehrsschildern zeigen konnten, werden mehr Schilder wahrgenommen, wenn der Informationsbedarf steigt (etwa weil der Straßenzustand schlechter wird). Die Aufnahmekapazität des Menschen ist folglich abhängig von den Bedingungen, die er erlebt, also vom Kontext.

Für diese Kontextabhängigkeit spricht auch ein Experiment von ROTHE et.al. (1975): Auf Tafeln werden Figuren dargeboten, alle identisch, bis auf eine, die von der Versuchsperson entdeckt werden soll. Wird nun für die Position dieses Reizes eine bestimmte Häufigkeitsverteilung zugrunde gelegt, so passen sich die Probanden nach einer gewissen Darbietungszahl an diese Häufigkeitsverteilung an, d.h. häufig an einer bestimmten Position auftretende Signale werden dort auch eher erwartet.

Für die Situation im Kraftfahrzeug bedeutet dies, daß selten auftretende optische Reize (z.B. die Warnlampe für die Öltemperatur) aufgrund ihres seltenen Vorkommens nicht erwartet werden, womit die Chance ihrer Wahrnehmung sinkt.

Die Fähigkeit, Gesetzmäßigkeiten in einer Abfolge von Zeichen zu "durchschauen" und bei Änderung dieser Gesetzmäßigkeit die eigene Strategie zu ändern, hängt nach Ansicht von HUSSY & SCHELLER (1976) von der Höhe der kognitiven Komplexität und Flexibilität einer Person ab.

Eine Reihe von Versuchen zeigt, daß Probanden, die gelernt haben, auf bestimmte Reize (z.B. Zahlen im Umfeld von Buchstaben) zu reagieren, andere dagegen zu ignorieren, dies recht gut beherrschen. Ist nur auf einen Reiz zu achten, so ist die Menge der zu ignorierenden Reize kaum von Bedeutung. EGETH, JONIDES & WALL (1972) und TREISMAN, SYKES & GELADE (1977) schließen daher auf parallele Verarbeitungsmechanismen auf dieser frühen Stufe der Informationsverarbeitung.

Ist daraus zu folgern, die Menge der Reize habe keinen Einfluß auf die Erkennungssicherheit, oder man könne den Menschen mit einer Flut von Reizen umgeben, er selektiere daraus schon das für ihn momentan wesentlichste - ein Gedanke, wie er von HINZ (1985) in Bezug auf die Informationsflut in Kraftwerkswarten vertreten wurde?
Leider spricht vieles gegen diese Hypothese, die nicht nur dem Verkehrsplaner, sondern auch dem Fahrzeuggestalter die Aufgabe stark erleichtern würde.
In der Realität weiß der Mensch eben nicht so exakt, worauf es zu achten gilt, welches der auf ihn einströmenden Signale nun das Entscheidende ist. Außerdem kommt es in der Praxis relativ selten vor, daß nur auf einen Reiz zu achten ist.
In diese Richtung weisen auch die Ausführungen von ERIKSEN & SPENCER (1969): Mit zunehmender Menge der anliegenden Informationen, z.B. mit wachsender Größe des visuellen Suchraums (hier "Feldgröße" genannt), muß der Mensch, will er die Fehlerwahrscheinlichkeit konstant halten, langsamer arbeiten. Will er jedoch die gleiche Geschwindigkeit beibehalten, so muß er eine höhere Fehlerrate in Kauf nehmen. Die Autoren folgern, die Abnahme der Leistung in Abhängigkeit von der Größe des Suchraumes sei somit lediglich ein statistisches Problem und kein Problem der Aufmerksamkeitsteilung.
All diese Ergebnisse geben aber nicht mit der erhofften Prägnanz Auskunft darüber, wieviele Informationen in welchem Zeitraum aufgenommen werden können. Liefert der informationstheoretische Ansatz mehr Klarheit?

4.6. Informationstheoretischer Ansatz

In informationstheoretischer Terminologie entspricht ein Sinnesorgan, etwa das Auge, das fortlaufend Informationen über den Zustand seiner Umgebung aufnimmt, einem Meßfühler. Das Nervensystem hat die Funktion eines Übertragungskanals und übermittelt die Informationen einem Auswertezentrum, dem Gehirn, das wiederum Korrekturen veranlassen kann (nach TEN BRUGGENCATE, 1980, S.208).

"Der Informationsfluß, welcher den menschlichen Organismus über seine Sinnesorgane erreichen kann, ist auf 10^9 bit/s geschätzt worden." (KEIDEL, 1970, S.370). "... Das menschliche Gehirn (trifft) eine sorgfältige Informationsauswahl im Verhältnis von ungefähr $1:10^7$, also von eins zu zehn Millionen. ... Danach ist der Mensch bewußt nur in der Lage, etwa 10^2 bit pro Sekunde zu verarbeiten. ... Im motorischen Verhalten können einschließlich der Sprache bis zu maximal etwa 10^7 bit Information pro Sekunde abgegeben werden. Die restliche Informationsverarbeitung geschieht unbewußt." (KEIDEL, 1970, S.370f).

Zunächst bestechen diese Angaben durch ihre Exaktheit. Woraus, so fragen wir uns, beziehen die Physiologen diese Werte? Ihre Schätzung erfolgt, wie VOSSIUS (1980) aufzeigt, aufgrund der Anzahl vorhandener Sinnesrezeptoren und Nevenfasern.
Doch wieviele Bit Information liefert nun, um ein konkretes Beispiel zu nennen, der Blick auf den Tacho? Ist "Bit" überhaupt ein mögliches Maß für Informationsverarbeitung in der menschlichen Wahrnehmung, oder ist diese Art der Beschreibung nur die Vorspiegelung nicht vorhandener Genauigkeit?

Hilfreicher erscheint hier der Ansatz von MILLER: "Ein Bit Information ist der Informationsbetrag, den wir benötigen, um eine Entscheidung zwischen zwei gleich wahrscheinlichen Alternativen zu treffen. Wenn wir entscheiden müssen, ob ein Mann kleiner oder größer als sechs Fuß ist und wir wissen, die Chancen stehen 50 zu 50, dann benötigen wir ein Bit Information. ... Zwei Bit Information befähigen uns, zwischen vier gleich

wahrscheinlichen Alternativen zu entscheiden. Drei Bit Information erlauben uns, zwischen acht gleich wahrscheinlichen Alternativen zu entscheiden." (aus dem Englischen, nach MILLER, 1956, S.83).
Im Falle der eindimensionalen Entscheidung liegt, wie MILLER an Experimenten verschiedener Autoren aufzeigt, die Kanalkapazität zwischen 1,6 und 3,9 Bit, mit einem Mittelwert von 2,6 Bit. Dies entspricht etwa 6,5 Alternativen. Ist "The magical number seven", so ist MILLER's Aufsatz überschrieben, eine Art "Schallmauer" für die menschliche Verarbeitungskapazität, oder ist sie, wie MILLER am Ende selbst mutmaßt, nur ein "verderbliches, pythagoräisches Zusammentreffen" mit anderen "magischen Siebenern"?
Was den Sachverhalt ungemein kompliziert, ist, wie MILLER weiter zeigt, die Fähigkeit des Menschen, Bits zu sog. "Chunks" zusammenzufassen. In der Terminologie der Computersprache würde man Chunks als "Bytes" bezeichnen. Beim Computer wird durch diese Zusammenfassung allerdings nur ein handlicheres Format erreicht, während beim Menschen durch die Bildung von Chunks die Rate der Informationsverarbeitung erhöht wird. Chunks können wieder wie Bits verarbeitet werden. Diese Fähigkeit ist ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal des menschlichen Gehirns vom Computer. Wie MURDOCK (1968) in einem Versuch (Dekodierung von Buchstaben, die beispielsweise auf der Basis 2 oder 7 kodiert waren) zeigen konnte, ist die Leistung um so besser, je höher die Kodierungsbasis ist, oder anders ausgedrückt, je mehr Bits in einen Chunk gepackt werden.
Was allerdings im alltäglichen Leben, also nicht in einer Versuchs- oder Trainingssituation, zu Chunks zusammengefaßt wird, ist von Mensch zu Mensch verschieden. Damit muß auch dieser Weg, die menschliche Fähigkeit zur Informationsverarbeitung metrisch zu fassen und exakt wiederzugeben als gescheitert angesehen werden.

4.7. Hybrid-Modelle

Verschiedene Autoren (z.B. MORAY, 1967, KAHNEMAN, 1973, ALLPORT et.al., 1972) schlagen zur Erklärung der Informationsverarbeitung des Menschen Hybrid-Modelle, also einen "goldenen Mittelweg" zwischen Struktur- und Kapazitätsmodellen, vor.
Anstelle eines zentralen Verarbeitungsmechanismus mit beschränkter Kapazität nehmen die Hybrid-Modelle die Existenz mehrerer, voneinander unabhängiger Mechanismen, auch Prozessoren genannt, an, die parallel arbeiten. Einige von ihnen sind jedoch nur in der Lage, ganz spezifische Informationen zu verarbeiten. Steht eine komplexe Aufgabe an, so sind mehrere Prozessoren beteiligt, die einerseits spezialisiert sind, andererseits aber auch von verschiedenen Aufgaben gemeinsam in Anspruch genommen werden können. Diese gegenseitige Inanspruchnahme kann zur Leistungsminderung führen oder auch nicht - WICKENS (1980) erläutert dies wie folgt: Nehmen wir an, zwei Aufgaben stünden gleichzeitig zur Erledigung an, eine Hauptaufgabe, die auf alle Fälle ohne Leistungsminderung ausgeführt werden soll, und eine Nebenaufgabe. Beide werden zunächst unabhängig voneinander eingeübt. Die beiden Aufgaben können gleichzeitig mit voller Leistung bearbeitet werden, wenn ihre "strukturspezifischen Reservoire" dafür ausreichen. Dieser Fall tritt ein, wenn die Struktur der Hauptaufgabe wenig zur Ausführung der Nebenaufgabe beiträgt, die Aufgaben also im statistischen Sinne unabhängig voneinander sind. Genügen die "strukturspezifischen Reservoire" jedoch nicht, so werden Resourcen aus der Nebenaufgabe abgezogen, was natürlich bei ihr zu einer Leistungsminderung führt. Je schwieriger die Hauptaufgabe, desto größer ist nun der Leistungsabfall. Vorteil der Hybrid-Modelle ist, daß sie sehr viele empirische Befunde erklären. Allerdings erlauben sie keine Vorhersagen und entziehen sich somit jeder wissenschaftlichen Überprüfung.

4.8. Informationsverarbeitung im Alter

Marcelline BURNS (1975) will die Frage nach den Grenzen der Informationsverarbeitung im Alter klären. Sie bildet dazu zwei Gruppen von Versuchspersonen, die einen sind durchschnittlich 25, die anderen 56 Jahre alt. Abbildung 4.4. zeigt die Anzahl richtiger Reaktionen für den Fall zweier gleichzeitig dargebotener optischer und akustischer Reize (vier Alternativen), usw. für die beiden Altersgruppen.

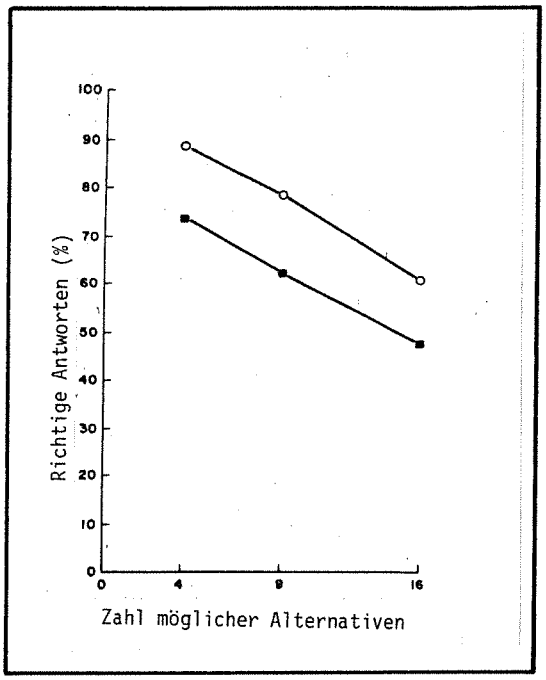


Abb. 4.4: Anzahl richtiger Reaktionen bei zwei gleichzeitig dargebotenen optischen und akustischen Reizen.
—o— jüngere Versuchspersonen
—■— ältere Versuchspersonen
(aus BURNS, 1975, S.59)

Die Daten zeigen, daß es für alle Probanden Grenzen in der Informationsverarbeitung gibt. Zwar war die Leistung der älteren Personen signifikant geringer, aber das Defizit erstreckt sich gleichmäßig über alle drei Bedingungen. Eine Erhöhung des Informationsgehalts führte somit nicht gleichzeitig zu einer Erhöhung der Fehlerrate bei den Älteren.

MORAAL (1982) konnte anhand von visuellen Experimenten die Tendenz nachweisen, daß die Reaktionszeiten älterer Probanden länger sind als die der jüngeren. In den Versuchen, in denen motorisch zu reagieren war, ist dieser Effekt signifikant, allerdings nur auf dem 5-%-Niveau. Ist eine akustische Reaktion erforderlich, so ist der Effekt statistisch nicht signifikant.

Das eben zitierte Ergebnis (längere Reaktionszeiten bei Älteren) zeigt sich auch in Versuchen von MADDEN (1983). Einige interessante Ergänzungen sind nennenswert, so z.B.: Ältere Versuchspersonen (63 bis 77 Jahre) lassen sich nicht stärker durch vertraute optische Reize (in einem früheren Experiment gelernte Buchstaben) ablenken als jüngere Personen. Wird durch einen Pfeil ein Hinweis gegeben, an welcher Stelle der relevante Reiz erwartet werden kann, so verkürzt sich die Reaktionszeit bei den älteren Versuchsteilnehmern sogar stärker, als bei den jüngeren. Dies demonstriert den Nutzen visueller Hinweise, gerade für Ältere.

SOMBERG & SALTHOUSE (1982) ließen in einem Versuch zur geteilten Aufmerksamkeit (mit zwei optischen Reizkonfigurationen) für jeden Versuchsteilnehmer eine individuelle Darbietungsdauer zu, und zwar so, daß die Genauigkeit 80 bis 90 Prozent betragen würde, wäre die volle Aufmerksamkeit auf eine Reizkonfiguration gerichtet. In diesem Falle ist zwar die Zeit der Reizdarbietung für die älteren Versuchsteilnehmer (57 bis 76 Jahre) erheblich länger als der Zeitbedarf der jüngeren, doch die Leistungen der älteren sind dann ebenso gut, wie die der jüngeren. Ältere Personen verfügen demnach nicht über eine geringere Fähigkeit zur Teilung der Aufmerksamkeit zwischen verschiedenen Reizen oder verschiedenen Sinnesmodalitäten; ihre schlechteren Leistungen sind bedingt durch eine allgemeine Verlangsamung der Reizverarbeitung. Da zunehmend mehr Personen zur Kategorie "Ältere Kraftfahrer" gezählt werden, muß die Auslegung von Systemen darauf Rücksicht nehmen.

4.9. Individuelle Unterschiede

Das Ausmaß individueller Fähigkeitsunterschiede zur Teilung der Aufmerksamkeit ist einerseits bedeutsam zur richtigen Auswahl von Versuchspersonen für Experimente, andererseits für die Auslegung von Anzeige- und Bedienelementen. Für den Fall, daß große individuelle Unterschiede vorliegen, müßte sich die konkrete Realisierung der Anzeige-und Bediensysteme an der Gruppe mit der geringsten Leistungsfähigkeit orientieren.
Aufgrund der Ergebnisse von JENNINGS & CHILES (1977) gibt es keine generelle Fähigkeit zur Teilung der Aufmerksamkeit. Demgegenüber wurden von GOPHER & KAHNEMANN (1971) Tests zur geteilten Aufmerksamkeit entwickelt, die zur Auswahl von Busfahrern und Piloten eingesetzt werden und eine gewisse Validität nachweisen können. Das von GOPHER & KAHNEMAN im Jahre 1971 erstmals publizierte Verfahren besteht aus einem dichotischen Hörtest, bei dem über Kopfhörer für jedes Ohr unterschiedliche Informationen dargeboten werden. Auf ein Zeichen hin müssen die Versuchspersonen ihre Aufmerksamkeit dem einen oder dem anderen Ohr zuwenden. Die Fähigkeit, die mit diesem Test erfaßt wird, ist also vor allem das schnelle Umschalten zwischen verschiedenen Informationen und nicht so sehr die gleichzeitige Verarbeitung mehrerer Reize. Der Test, der zunächst an Flugkadetten erprobt wurde, korreliert zu 0.36 mit einem festgesetzten Flugkriterium. Erfolgreiche Piloten machen signifikant weniger "switching errors" als Kandidaten, die während der Ausbildung abgewiesen werden. Die Anwendung des Tests auf Busfahrer erbrachte immerhin eine Korrelation von 0.37 mit dem Kriterium Unfall. Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß Unfälle seltene Ereignisse darstellen, die zudem von vielen räumlich-zeitlichen Variablen abhängen, ist diese Korrelation erstaunlich hoch.
Die von GOPHER und KAHNEMAN gemessene Fähigkeit zum schnellen Aufmerksamkeitswechsel ist, wie die Autoren nachwiesen (GOPHER, 1982; KAHNEMAN et al., 1973) nicht von der allgemeinen Intelligenz abhängig - sie stellt vielmehr eine eigene Fähigkeitsdimension dar. Es muß aber betont werden, daß es sich nicht um eine Fähigkeit zur Teilung der Aufmerksamkeit zwischen mehreren Aufgaben handelt, sondern lediglich um die Fertigkeit, schneller und flexibler zwischen verschiedenen Reizen zu wechseln.

4.10. Zusammenfassung

Eine umfassende Theorie zur Informationsverarbeitung bei Teilung der Aufmerksamkeit, die Forschungsergebnisse erklärt, wissenschaftlichen Prüfkriterien standhält und Vorhersagen erlaubt, ist bisher nicht bekannt. Wir halten es daher für sinnvoll, auf der Basis empirischer Befunde einige Hinweise zu geben, wie Verarbeitung komplexer Informationen erleichtert und verbessert werden kann:

1. Ungeteilte Aufmerksamkeit ist günstiger als geteilte. Soweit es irgendwie möglich ist, sollte daher das gleichzeitige Auftreten von zwei Reizen vermieden werden.
2. Ist es unumgänglich, zwei Reize zum gleichen Zeitpunkt darzubieten, so ist es günstiger, unterschiedliche Sinnesmodalitäten zu nutzen (beispielsweise einen Reiz optisch, den anderen akustisch anzubieten).
3. Die Inanspruchnahme verschiedener Sinneskanäle bedeutet nicht a priori eine Erweiterung der Kapazität im additiven Sinn.
4. Wird eine Aufgabe souverän beherrscht, so beansprucht sie kaum Kapazität und läßt Raum für andere Aufgaben frei.
5. Nachteil der "Souveränität", oder mit anderen Worten, des weitgehend automatisierten Ablaufens eines Prozesses, ist, daß in kritischen Situationen das gelernte Muster ohne Zutun der Person abläuft, was zu Fehlhandlungen führen kann.
6. Die Aufnahmekapazität des Menschen ist abhängig von den ihn umgebenden Bedingungen, also vom sog. "Kontext".
7. Personen besitzen die Fähigkeit, die Rate der Informationsverarbeitung zu erhöhen, indem Bits zu sog. "Chunks" zusammengefaßt werden. Wie diese Zusammenfassung jedoch im individuellen Falle und in der spezifischen Situation erfolgt, ist nicht bekannt. Aufgabe der Informationsverarbeitung ist es, die Bildung von "chunks" zu erleichtern.
8. Beim älteren Menschen führt eine Erhöhung des Informationsgehalts nicht prinzipiell zu einem Anwachsen der Fehlerrate. Steht ihnen genügend Zeit zur Verfügung, so ist die Leistung älterer Personen ebenso gut, wie die der jüngeren. Flexible Darbietungszeiten sind daher von größter Wichtigkeit.

9. Bedeutsame individuelle Unterschiede zur Teilung der Aufmerksamkeit konnten bisher nicht nachgewiesen werden. Unterschiede existieren aber in der Fähigkeit, schnell und flexibel zu wechseln.

5. Ergonomische Aspekte der Anzeige- und Bedienelemente

Bei der Umfrage der MOTORWELT 1'83 ("ADAC fragt Vielfahrer: Was stört Sie an Ihrem Auto?", als Beispiele angeführt: Sitzprobleme, Lüftung, Lärm, Bedienelemente, etc.) an Personen, die pro Jahr mehr als 30.000 km zurücklegen, wurde an dritter Stelle (entspricht 45 % der Zuschriften) das Problem "uneinheitliche, mitunter schwierige Bedienbarkeit der Fahrzeuge" genannt. LEUKEL (1984) folgert daraus: "Für Vielfahrer wäre es eine enorme Verbesserung, wenn sämtliche Bedienteile genormt und gleichmäßig angeordnet wären, so daß "blindes Bedienen" ebenso möglich wäre, wie blindes Maschinenschreiben." (S.34).
Die Forderung einer Norm bringt jedoch nicht nur den Vorteil sicheren und zuverlässigeren Auffindens von Anzeige- und Bedienelementen, sie birgt auch das ungute Gefühl der "Gleichmacherei", die Einengung des Fahrzeugherstellers und das Festschreiben des gegenwärtigen Stands. Dem Argument der "Gleichmacherei" wird allerdings schon durch den obigen Schreibmaschinen-Vergleich der Wind aus den Segeln genommen: Niemand wird die Tatsache anzweifeln, daß es Schreibmaschinen höchst unterschiedlicher Ausführung gibt, woraus nicht nur im Aussehen, sondern auch im Bedienkomfort große Unterschiede resultieren. Die generelle Forderung, die an das Design von Anzeige- und Bedienelementen zu richten ist, lautet daher: Variabilität soll und muß möglich sein, sie darf aber nicht grundlegende Aspekte der Funktion von Anzeige- und Bedienelementen berühren. Welche Aspekte grundlegender Art sind und welche variiert werden können, soll aufgrund der Literaturanalyse und der geplanten Experimente entschieden werden.

Eine Reihe von Aspekten, die bereits in der ergonomischen Fachliteratur angesprochen wurden, fanden in Fahrzeugen der neuesten Generation keine Berücksichtigung. Dies ist sicherlich bedingt durch die äußerst umfangreiche, in den verschiedensten Sachgebieten angesiedelte Literatur. Abträglich für die Umsetzung in die Praxis ist auch die Tatsache, daß Regelungen, die beispielsweise in der industriellen Fertigung gültig

und sinnvoll sind, nicht einfach im Verhältnis 1:1 auf das Kraftfahrzeug übertragen werden können. In ähnlicher Weise gilt dies auch für Erkenntnisse aus dem Bereich der Luftfahrt. Geringe Stückzahlen und andere Kostengesichtspunkte auf der technischen Seite sowie eine hohe Selektionsrate und Ausbildungsintensität auf der Personseite führen zu anderen Gestaltungsrichtlinien. Zudem unterscheiden sich die Aufgaben und damit die Verteilung der Aufmerksamkeit zwischen Innen- und Außensicht bei Piloten und Kraftfahrern erheblich.
Hier sollen die für Anzeige- und Bedienelemente im Kraftfahrzeug einschlägigen ergonomischen Gesichtspunkte zusammengefaßt und begründet werden. Wir hoffen, damit einer gewissen Einheitlichkeit der Elemente, soweit sie für die Sicherheit relevant ist, den Weg zu bahnen, ohne den Trend zur völligen Normierung und langfristige Festschreibung zu unterstützen.

5.1. Anzeigeelemente

5.1.1. Ziel der Anzeigeelemente

Ziel der Anzeige ist, den Fahrer zu informieren:
- über den Zustand des Fahrzeugs (z.B. Treibstoffvorrat)
- über relevante Bedingungen der Umwelt (z.B. Aquaplaning)
- über die Relation des Fahrzeugs zur Umwelt (z.B. Wegleitung)

Damit soll eine Entlastung des Fahrers einhergehen.
Häufig geschieht aber gerade das Gegenteil: Der Wunsch, dem Fahrer alles, was technisch machbar ist, auch anzubieten, führt zu einer Kumulation, die die Fähigkeit der menschlichen Informationsverarbeitung überschreitet.

5.1.2. Sinnesmodalitäten

Zu unterscheiden sind optische, akustische und haptische Anzeigen.

Optische Anzeigen:

Gegenwärtig werden die meisten Anzeigen visuell dargeboten. Der von RÜHMANN (1981) hierfür genannte Grund, das Auge liefere die detailliertesten Nachrichten aus unserer Umwelt, spielt eine gewisse Rolle.
Das optische System ist jedoch schon relativ hoch belastet durch das Führen des Fahrzeugs und die Berücksichtigung der Umweltbedingungen (andere Verkehrsteilnehmer, Ampelsignale, Wegweiser, etc.), weshalb die Anzeigenfülle eines älteren Flugzeug-Cockpits fehl am Platze ist.

⇨ Beschränkung auf das Wesentliche tut not.

Allerdings war bis vor kurzem eine andere Art als die der optischen Informationsübermittlung technisch nicht realisierbar, womit die optische Anzeige automatisch in den Vordergrund rückte.

Akustische Anzeigen:

"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:

- sie werden zuverlässig wahrgenommen
- sie sind leicht zu dekodieren
- sie sind selbsterklärend ...
- sie bieten die Möglichkeit, dem Fahrer gezielt Hinweise zu geben, was er bei einem eingetretenen Defekt unternehmen soll
- 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." (FÄRBER & FÄRBER, 1984/2, S. 2f)

Die optimale Gestaltung von Sprachausgaben im Kraftfahrzeug, ihre Nutzungsmöglichkeiten und Auswirkungen auf den Kraftfahrer wurde bereits an anderer Stelle ausführlich dargelegt, so daß hier der Hinweis auf die entsprechenden Publikationen genügt (FÄRBER & FÄRBER, 1982, 1984/1, 1984/2).

Eine Zusammenfassung über den Stand der Technik findet sich auch bei SCHUHMACHER & GEISER (1983).

Haptische Anzeigen:

Unter den Begriff "Haptik" faßt man "perzeptive Leistungen und Fehlleistungen beim Ergreifen, Auffassen, Berühren, wobei unter Perzeption der heutigen Sprachregelung gemäß räumlich und (oder) zeitlich organisierte, sensorisch vermittelte Erlebnisse zu verstehen sind und die sensorische Grundlage kinästhetischer und taktiler Art ist." (WITTE, 1966, S.499).

Haptische Anzeigen umfassen nach dieser Definition alle Informationen, die auf das Bewegungssystem und die Berührungssensoren des Menschen abzielen.

Haptische Empfindungen werden beispielsweise über die Federung des Fahrzeugs übertragen, wobei diese Übertragung keine direkte mehr ist. Heutzutage sind daran Federn, Dämpfer und Stabilisatoren beteiligt, in Zukunft wird es möglicherweise ein sog. "aktives Fahrwerk" mit Hydraulikelementen, Sensoren und Steuereinheit sein. Die positiven Auswirkungen dieser Entwicklung liegen in der Erhöhung des Fahrkomforts, doch die abhanden gekommene "Tuchfühlung" mit der Straße kann sich auch negativ auswirken, z.B. bei zu hoch angesetzter Kurvengeschwindigkeit.

Der Gedanke, die Werte zu messen und dem Fahrer über den optischen Kanal rückzumelden, läßt, so vermutet VON BENNINGSEN (1985), jedoch keine Verbesserung der Reaktionsqualität des Fahrers erwarten, da optische Informationen durch das Zentralnervensystem langsamer verarbeitet werden als kinästhetische.

Daraus leitet sich die Überlegung ab, Rückmeldung verstärkt über den haptischen Kanal einfließen zu lassen.

Gegenwärtig finden wir haptische "Anzeigen" meist im Zusammenspiel mit Bedienelementen: zu nennen sind etwa Schalter mit glatter, eingewölbter oder geriffelter Oberfläche, die durch ihre Beschaffenheit dem Fahrer eine Information vermitteln sollen, verschieden geformte Drehknebel, usw. Genau genommen kommt dieser Art der Information "kein Anzeige-, sondern ein Rückmeldecharakter zu" (RÜHMANN, 1981, S.353). Beim Bedienvorgang soll dem Fahrer eine spezifische Information übermittelt werden, beispielsweise: "Du berührst das Bedienelement 'Schalter für Zusatzscheinwerfer'." Auf diese Art der Formgebung soll im Kapitel "Bedienelemente" eingegangen werden. Die Haptik spielt darüber hinaus eine Rolle bei der Rückmeldung über Kräfte (z.B. Druck auf das Bremspedal) oder Wege (z.B. Gaspedal). Im folgenden wird die optische Anzeige im Vordergrund stehen.

5.1.3. Informationsgehalt von optischen Anzeigen

Istwertanzeige:

Bei einer Istwertanzeige wird der momentan vorliegende Wert dargestellt. Diese Form der Anzeige ist sehr wichtig für den Kraftfahrzeugbereich; sie ist auch praktisch in jedem Fahrzeug anzutreffen. So werden beispielsweise Geschwindigkeit, Drehzahl und Kilometerstand auf diese Weise angezeigt.

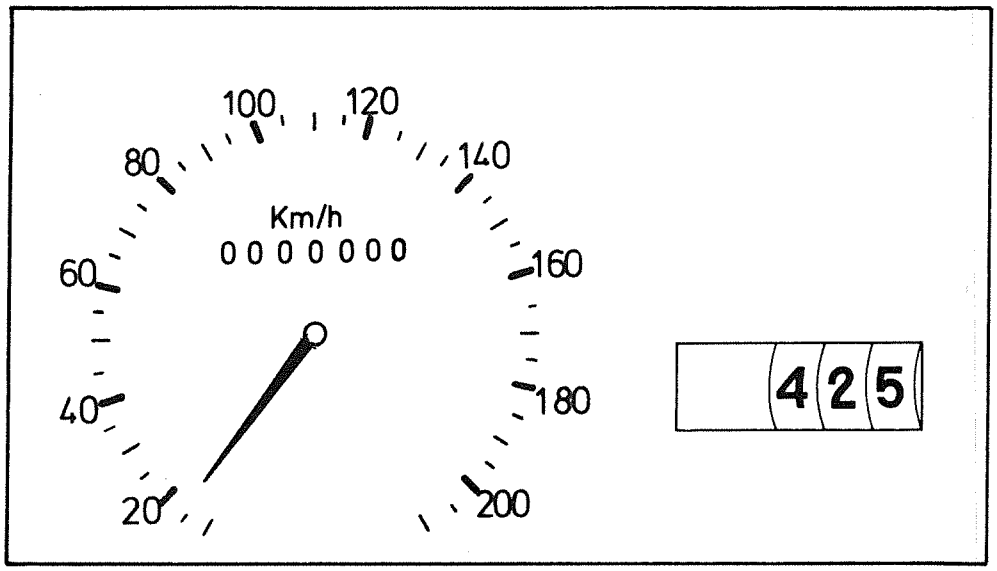


Abb. 5.1: Beispiele für Istwertanzeigen

Soll- und Istwertanzeige:

Unter Istwert wird der im Augenblick zu messende Wert verstanden, unter Sollwert der Wert, der im günstigen Fall vorliegen sollte. Die Soll- und Istwertanzeige stellt nun diese beiden Werte gleichzeitig dar.
Im Bereich der Fahrzeuganzeigen spielt eigentlich nur eine Sonderform dieser Anzeigenart, die Bereichsanzeige, eine Rolle. Hier sind bestimmte Abschnitte besonders gekennzeichnet, so z.B. der kritische Bereich beim Ladezustand der Batterie, zu hohe Motordrehzahl, zu hohe Temperatur des

Motoröls. Um den kritischen Bereich besonders zu kennzeichnen, werden die Farben Orange oder Rot (für "Warnung") verwendet.

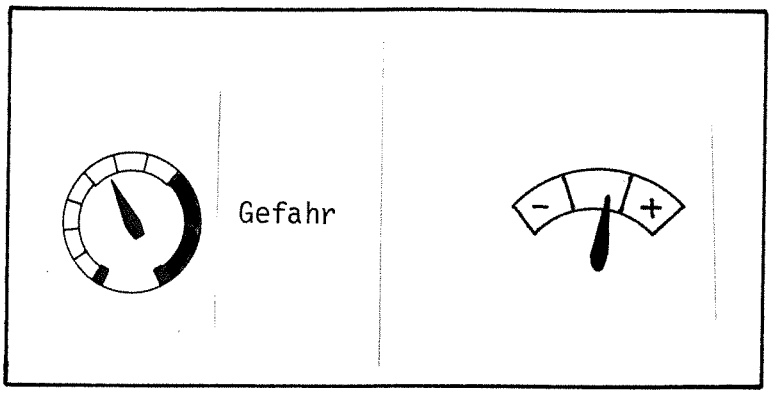


Abb. 5.2: Zwei Beispiele für Bereichsanzeigen (modifiziert, nach VDI-Handbuch, 1980)

Differenzanzeige:

"Durch eine Differenzanzeige wird die augenblickliche Differenz zwischen Soll- und Istwert dargestellt... Sie beinhaltet gegenüber der Soll-/ Istwert-Anzeige einen Informationsverlust bezüglich der tatsächlichen Zustandsgrößen, gestattet aber die Realisation einer Feinanzeige, da nicht der gesamte Wertebereich, sondern lediglich ein kleiner Abschnitt der Regelabweichungen vergrößert wiedergegeben werden kann." (RÜHMANN, 1981, S.355).
Eine Anzeige dieser Art könnte im Kraftfahrzeug beispielsweise folgende Fragen beantworten:

- "Lohnt es sich, zu tanken, ehe ich auf die Autobahn auffahre? Wieviele Liter könnte der Tank aufnehmen?"
- "Wieviele Kilometer bin ich noch vom gewünschten Ziel entfernt?"

Mit der Einführung von CRT-Displays in Fahrzeugen können möglicherweise die Vorteile von Differenzanzeigen besser als bisher genutzt werden. Die große Variabilität von CRT-Displays ermöglicht es etwa, nur immer den entscheidenden Bereich einer Differenzanzeige entsprechend fein darzubie-

ten. Denkbare Realisationen wären etwa ein bestimmter ausgewählter Drehzahlbereich, der dem Fahrer seine Abweichung vom besonders verbrauchsgünstigen Betriebszustand anzeigt.

Synthetische Anzeige:

Bei einer synthetischen Anzeige werden mehrere Einzelgrößen verrechnet. Durch eine Synthese, d.h. Zusammenschau aller Einzelteile, entsteht ein Wert, der größere Aussagekraft als die Einzelgrößen besitzt.
Nehmen wir einmal an, ein Fahrzeug ist mit Bordcomputer und Überland-Wegleitsystem ausgerüstet. Der Fahrer möchte, um die Pausen günstig zu plazieren, wissen, mit welcher Fahrzeit er noch rechnen muß. Die Entfernung zum Ziel ist bereits einprogrammiert, der Bordcomputer multipliziert sie mit 60 und dividiert sie durch die durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit, die er kontinuierlich erhoben hat. Das Rechenergebnis "voraussichtliche Fahrzeit" kann in Form einer synthetischen Anzeige ausgegeben werden.
Besonders von synthetischen Anzeigen, die eine Vielzahl von Parametern verrechnen und nur das Ergebnis der Berechnung an den Fahrer rückmelden, kann eine gewisse Entlastung des Fahrers und eine Erhöhung der aktiven Sicherheit erwartet werden. Denkbar wäre etwa die Information über Sicherheitsreserven durch Verrechnung von Längs- und Querbeschleunigung mit Schlupf und Reibbeiwert. Neue technologische Entwicklungen sind Anlaß, diese Art der Informationsdarstellung im Kfz verstärkt theoretisch und empirisch zu erforschen.

Kommando-Anzeige:

Die Kommando-Anzeige liefert konkrete Anweisungen, welche Handlung der Fahrer auszuführen hat. Die Maschine ist sozusagen der "Kopf", der Fahrer die ausführende "Hand". Der Fahrer verfügt zwar nicht mehr über alle Einzelinformationen, erfährt aber exakt, was zu tun ist.

Am Beispiel einer Wegleitinformation wäre dies der Pfeil, der nach rechts weist, wenn rechts abzubiegen ist.

Kommando-Anzeigen setzen voraus, daß der Fahrer dem System mehr oder weniger blind vertraut, und gehen mit Akzeptanzproblemen einher.

5.1.4. Datentypen

In Anlehnung an MARTIN (1980) ist zwischen vier Kategorien von Daten zu unterscheiden:

Informative Daten präsentieren während der Fahrt permanent, wie es um die Fahrzeugfunktionen bestellt ist (z.B. Geschwindigkeit, Treibstoffvorrat). Ereignisdaten zeigen in speziellen Fällen an, daß ein besonderer Zustand eingetreten ist (z.B. zu wenig Öl, Defekt an den Bremsen). Diskrete und analoge Daten werden auf Abruf übermittelt. Diese Informationen können per Sprachausgabe, alphanumerisch oder durch Symbole erfolgen (z.B. Wegleitung).

5.1.5. Darstellungsform

Leuchtanzeige:

Bei einer Leuchtanzeige wird ein Sichtfenster von hinten permanent oder alternierend beleuchtet. Dieses Sichtfenster kann farblich gestaltet, mit Ziffern, Buchstaben oder Symbolen gekennzeichnet sein.
So zeigt beispielsweise eine blaue Kontrolleuchte, meist durch das Symbol für Fernlicht ergänzt, am Armaturenbrett an, daß das Fernlicht in Betrieb ist. Oder die Betätigung des Blinkers wird durch eine blinkende grüne Kontrolleuchte in Pfeilform rückgemeldet. In einigen Fahrzeugen soll ein gelbes Lämpchen zum Schalten auffordern, in anderen ein permanent leuchtendes rotes Licht auf einen Defekt im Bremssystem hinweisen - die Möglichkeiten sind vielfältig, die Phantasie der Designer oft groß, der Kenntnisstand bei den Benutzern allerdings meist sehr niedrig.

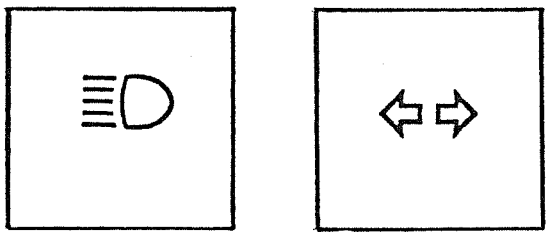


Abb. 5.3: Beispiele für Kontrolleuchten

Situationsanaloge Darstellungsform:

"Absolut situationsanaloge Anzeigen liefern ein realistisches Abbild der Umwelt. ...(sie sind) meist verbunden mit dem Zweck, die Leistungsfähigkeit des visuellen Kanals zu erweitern. Ein Beispiel hierfür ist der Rückspiegel im Kraftfahrzeug (Erweiterung des Umblickfeldes)..." (RÜHMANN, 1981, S.357). Die Vorteile situationsanaloger Anzeigen sind die

große Realitätsnähe, Unmittelbarkeit und Selbsterklärungsfähigkeit, jedoch sind sie nur für wenige Anzeigen verwendbar.

Bildhafte Anzeigen:

Ein stilisiertes Bild der Realität liefern bildhafte Anzeigen. Sie vermitteln qualitative Informationen von quantitativen Meßgrößen. Stellt man beispielsweise die Füllmenge eines Tanks als Rechteck dar, in dem eine auf- und abwandernde Säule die Menge des im Tank befindlichen Treibstoffs repräsentiert, und beschriftet dieses Rechteck nicht mit der Maßeinheit "Liter", so handelt es sich um eine bildhafte Anzeige. Die qualitative Information lautet: "Es ist noch viel bzw. wenig Treibstoff im Tank. Wird das Rechteck mit "0, 1/2, 1" beschriftet, so wird man dazu tendieren, diese Anzeige noch als bildhafte, und noch nicht als analoge zu bezeichnen, da auch hier die Information noch eher qualitativen Charakter besitzt. Der Fahrer muß den Tankinhalt seines Fahrzeugs kennen und ihn mit der Anzeige verrechnen, um eine exakte Angabe zu erhalten. Diese Berechnung kann auch durch Erfahrungswerte ersetzt werden wie etwa: "mit 1/2 komme ich ohne Probleme nach X-Stadt".

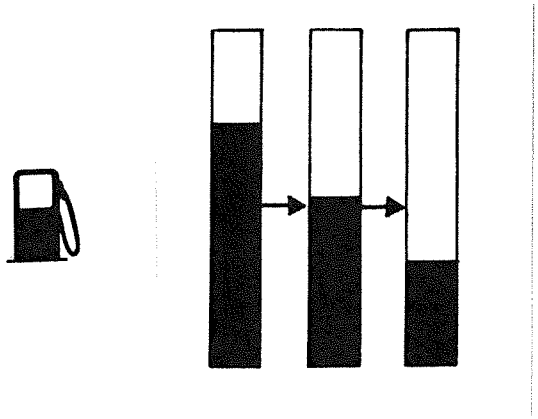


Abb. 5.4: Beispiele für bildhafte Anzeigen

Analoge Anzeigen:

Auch analoge Anzeigen stellen einen Meßwert bildlich dar. Allerdings wird hier die quantitativ erfaßte Meßgröße auch quantitativ wiedergeben, etwa durch einen Zeiger oder ein leuchtendes Band auf einer Skalenstrecke. Wichtig ist, daß diese Art der Anzeige dem Benutzer einen Bezugsrahmen liefert, d.h., sie zeigt den gesamten Bereich, in dem Werte auftreten können, so daß der Benutzer den ebenfalls dargestellten aktuellen Wert dazu in Beziehung setzt.
"Insbesondere in der Form 'feste Skala - bewegter Zeiger' sprechen Analoganzeigen bereits auf unterster Ebene die Eigenschaftsanalyse rezeptiver Felder der Retina an, die spezifische Längen und Winkelstellungen und ihre Änderungen registrieren. Sie sind deshalb besonders gut für die Beobachtung, Steuerung und Regelung von dynamischen Prozessen geeignet." (RÜHMANN, 1981, S.359).
Als Beispiel ist hier das analoge Tachometer oder die Uhr zu nennen.

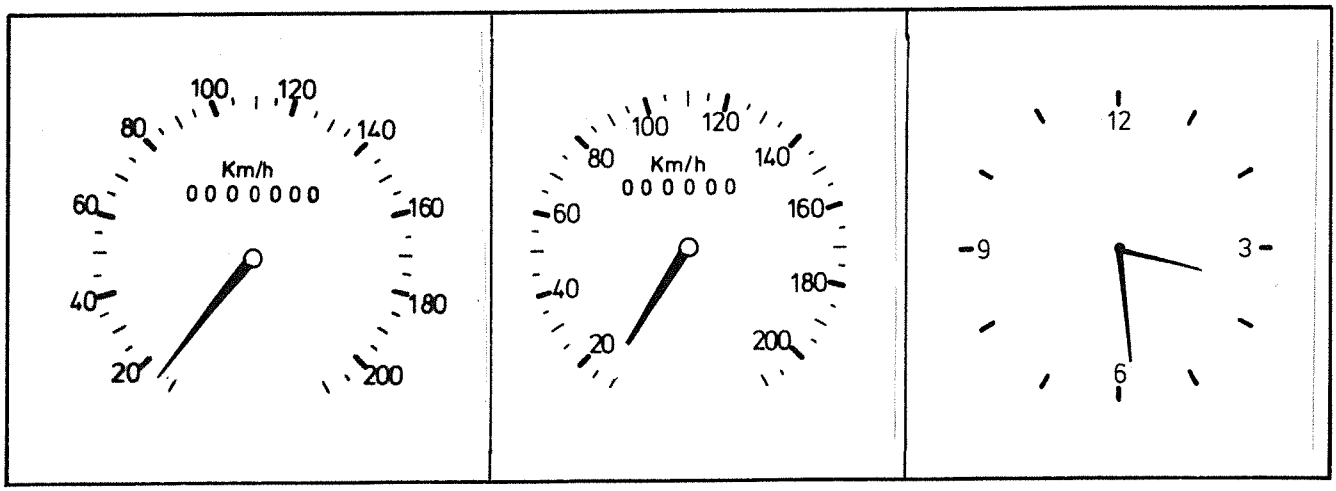


Abb. 5.5: Beispiele für analoge Anzeigen

In jüngerer Zeit wird versucht, Analoganzeigen in eine neue Form zu kleiden. Als Beispiel sei Abbildung 5.6. angeführt: Das Fahrzeug fährt in diesem Falle ökonomisch günstig, wenn das Verhältnis von Drehzahl und

Geschwindigkeit optimal ist, was als Quadrat angezeigt wird. Ein Rechteck würde in dieser Darstellungsart "nicht optimal" bedeuten (zu hohe Drehzahl/zu hohe Geschwindigkeit).

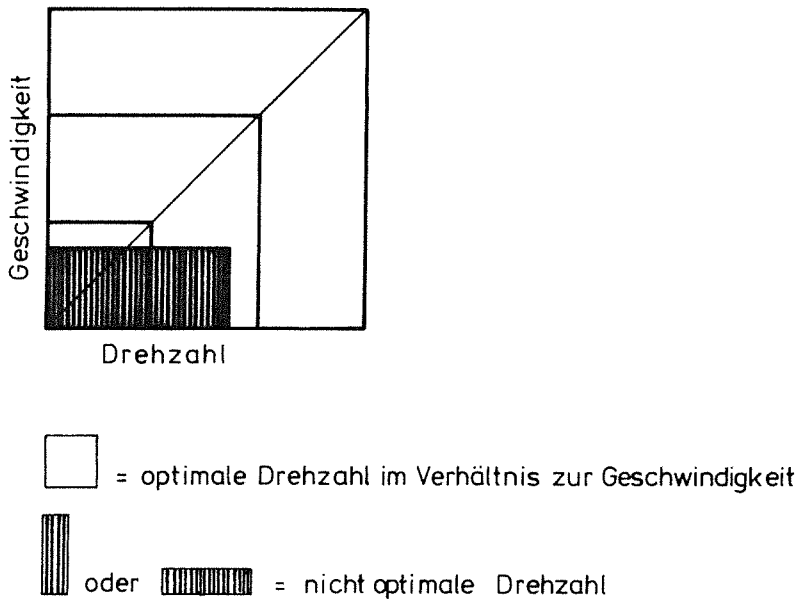


Abb. 5.6: Analoganzeige

Digitale Anzeigen:

Digitale Anzeigen stellen nur den augenblicklich anliegenden Istwert dar - ein Bezugsrahmen fehlt völlig. Sie "...haben die geringste Ähnlichkeit mit natürlichen Situationen. Sie stellen alle Werte in codierter Form (ein-aus, Farbcodierung, Zifferncodierung u.ä.) dar und sind deshalb nur dann geeignet, wenn bereits die Aufgabenstellung in codierter Form vorliegt (z.B. Einjustieren einer Spannung von 1,439 V). Da bei dynamischem Wechsel der angezeigten Größe naturgemäß Zahlen "springen" und

damit ein Ablesen erschweren, sind digitale Darstellungsformen nur für statische oder quasistatische Prozesse geeignet." (RÜHMANN, 1981, S.360). Bei elektronischen Digitalanzeigen ist es möglich, den ständigen Wechsel zwischen zwei Zahlen bei minimalen Geschwindigkeitsänderungen durch Dämpfungsalgorithmen zu glätten (neudeutsch: "soften"). Hierbei werden nicht mehr alle tatsächlich auftretenden Werte dargestellt, sondern einige Werte selektiert.
Dieses Vorgehen führt aber auch dazu, daß das Tachometer beim schnellen Beschleunigen oder starken Abbremsen große Sprünge macht. Ein digitales Tachometer zeigt beim Abbremsen beispielsweise die Werte 38, 11, 0. Welche Auswirkungen dies auf den Verzögerungseindruck und das Bremsverhalten hat, ist bislang noch nicht untersucht.

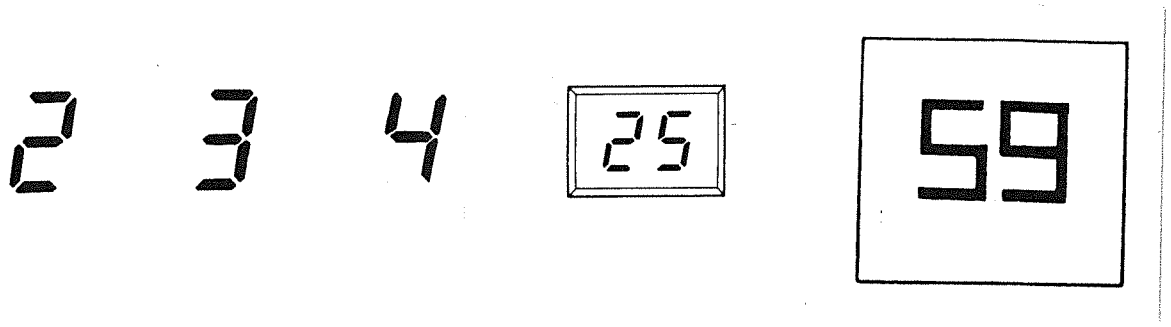


Abb. 5.7: Beispiele für digitale Anzeigen

Welche Darstellungsform für welchen Zweck:

Je nachdem, welche Information dem Fahrer übermittelt werden soll, kann die eine oder andere Form der Anzeige sinnvoll sein. Tabelle 5.1. soll die Entscheidung erleichtern:

Tab. 5.1: Entscheidungshilfe zur Auswahl von Anzeigeformen
+ : gut geeignet
- : schlecht geeignet

Form / zu übermittelnde Information	Leucht-anzeige	Situations-analoge A.	Bildhafte Anzeige	Analoge Anzeige	Digitale Anzeige
Aufmerksamkeit wecken	+	-	-	-	-
Funktion kontrollieren	+	+	-	-	-
Orientierungs-hilfe bieten	-	+	+	+	-
Bereichsgrenze schätzen	-	-	+	+	-
Qualitatives Ablesen	+	-	-	+	-
Genaues Ablesen	-	-	-	+	+
Einstellen eines Bereichs	-	-	-	+	-
Einstellen eines genauen Wertes	-	-	-	+	+

Spätestens bei der Entscheidung, ob beispielsweise eine Tacho-Anzeige unter den Begriff "Ablesen eines Meßwertes" oder "Orientierendes Wahrnehmen" fällt, entspinnt sich die fachliche Diskussion:
Laut DIN ist "das Ablesen eines Meßwertes ... eine Wahrnehmungsaufgabe, bei der ein angezeigter Wert festgestellt wird. Dabei wird vorausgesetzt, daß die Anzeige sich so langsam verändert, daß die für die Wahrnehmung mindestens erforderliche Zeitspanne nicht unterschritten wird.

Orientierendes Wahrnehmen ist eine Wahrnehmungsaufgabe, bei der im "Vorüberblicken" geprüft wird, ob ein angezeigter Wert mit dem Vorgabewert übereinstimmt bzw. sich innerhalb oder außerhalb des Toleranz-Bereiches befindet." (DIN 33 413, Teil 1, 1984, S.1).
Genügt es dem Fahrer, zu wissen, in welchem Bereich die von ihm gefahrene Geschwindigkeit liegt (z.B. zwischen 100 und 110 km/h), so kann er diesen Sachverhalt mit einem kurzen Blick auf ein analoges Tachometer am besten erfassen. Soll er jedoch erfahren: "das Fahrzeug legt 109 km pro Stunde zurück", so wäre eine Ziffernskala angemessen.
Untersuchungen von BAINES et al. (1981) bzw. SIMMONDS et al. (1981) zeigen, daß bezüglich der Ablesegenauigkeit die Ziffernskala der Kreisskala überlegen ist.
Dieses Ergebnis verwundert nicht. Zum einen liest sich eine Zahl leicht und ohne weitere Denkoperation, während ein Zeiger, auf einer Skala eine bestimmte Stelle markierend, erst das Abwägen erfordert, ob der Zeiger nun in der Mitte, oder eher bei der einen oder der anderen Zahl liegt.
Zum anderen zeigen bereits die inzwischen historischen Experimente von SLEIGHT (1948), daß für die Aufgabe "Ablesen" ein Ausschnitt, der sich auf das Wesentliche beschränkt (hier in der Ausführung des "Open window") die geringste Fehlerzahl garantiert. Steht also das Kriterium "Ablesbarkeit" im Vordergrund, so ergab sich bereits bei SLEIHGT folgende Rangreihe:

Offenes Fenster (open window)	0,5 % Ablesefehler
Vollkreis	10,9 % Ablesefehler
Halbkreis	16,6 % Ablesefehler
Horizontale Skala	27,5 % Ablesefehler
Vertikale Sakla	35,5 % Ablesefehler.

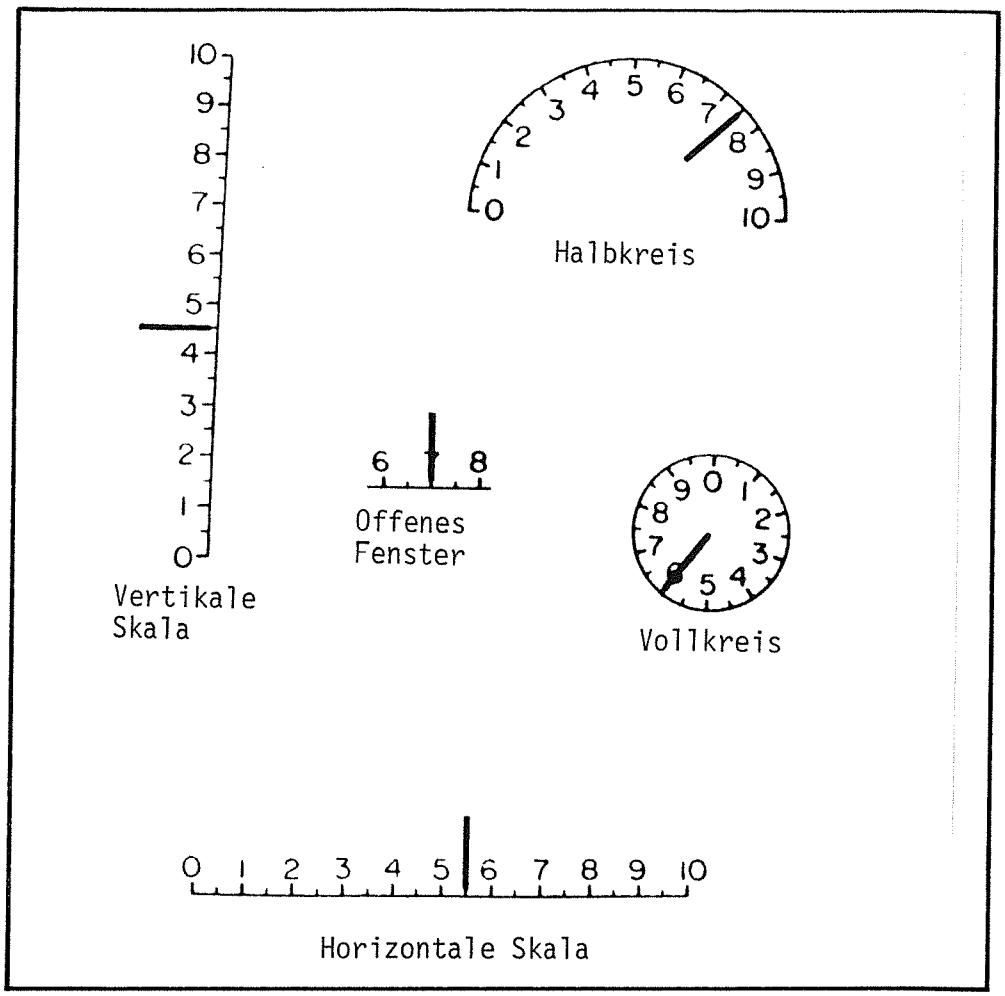


Abb. 5.8: Von SLEIGHT verwendete Anzeigen zur Ermittlung des Ablesefehlers (aus SLEIGHT, 1948, S.177)

Unserer Ansicht nach ist es für den Kraftfahrer nur entscheidend, zu erfahren, ob die Geschwindigkeit innerhalb eines bestimmten Bereichs liegt, oder nicht.

Unter dieser Fragestellung ergeben sich in der Untersuchung von BAINES et.al. (1981) keine signifikanten Unterschiede. Die Versuchspersonen sahen zwar die Ziffernskala positiver als die Rundskala, doch fühlten sich sechsmal soviele Personen von der Ziffernskala gestört - ein Ergebnis, das von der Warte des Wahrnehmungsgeschehens aus betrachtet nicht überrascht.

ISHII (1980) argumentiert jedoch, Automobile mit digitalen Anzeigen seien wesentlich sicherer, als Automobile mit analogen Anzeigen. Zu diesem Schluß veranlassen ihn die Messungen mit einer Augenbewegungskamera, mit der er die Zeit erfaßte, die das Auge eine analoge bzw. eine digitale Geschwindigkeitsanzeige fixierte. Bei verschiedenen Straßen- und Wetterbedingungen ergab sich eine durchschnittliche Fixierungszeit von 0,43 Sekunden bei der analogen und 0,36 Sekunden bei der digitalen Anzeige. ISHII's weitreichende Schlußfolgerung zu teilen, halten wir aus folgenden Gründen für verfrüht:

- Es wurden nur Geschwindigkeitsanzeigen untersucht.
- Die untersuchten Anzeigen sind in der Publikation nicht abgebildet - es ist daher nicht möglich, zu beurteilen, ob es sich bei der einen oder anderen um eine besonders günstige bzw. ungünstige Ausprägung handelt.
- ISHII erfaßt nur die Fixierungszeit, nicht aber die unwillkürliche Ablesehäufigkeit, die vermutlich bei digitalen Anzeigen größer ist.
- Die Differenz zwischen der durchschnittlichen Blickzeit auf die analoge und digitale Anzeige beträgt 0,07 Sekunden. In wieweit diese Differenz statistisch signifikant bzw. für das Verkehrsgeschehen bedeutsam ist, wird nicht mitgeteilt.
- Wird als Ablesekriterium beim analogen Tachometer die kleinste Einheit der Skala = 5 km/h, beim digitalen Tachometer die kleinste Einheit der Skala = 1 km/h akzeptiert, so ergeben sich keine signifikanten Unterschiede in der Fixierungszeit.
- Die subjektive Befindlichkeit der Probanden wurde nicht erfaßt.
- Für so einen weitreichenden Schluß, wie ihn die Autoren ziehen, ist die Stichprobengröße von n=4 Personen zu gering.

Verena STEFFENS (1979) vergleicht im Feldversuch ein 7-Segment-Digital-Tachometer mit einem analogen Tachometer. Die 24 Versuchspersonen fuhren in einer realen Verkehrssituation, wobei sie eine vom Versuchsleiter mündlich vorgegebene Geschwindigkeit einhalten sollten. Die Nebenaufgabe bestand in der Detektion eines zentral oder peripher aufleuchtenden roten Lämpchens. Bei der Fahrt mit dem digitalen Tachometer wurden zwar einige Reize mehr entdeckt als bei der Fahrt mit analogem Tachometer (Mittelwert

14 versus 12 Reize), doch waren die Entdeckungszeiten für das rote Lämpchen bei der Fahrt mit analogem Tachometer wesentlich kürzer. Ein weiteres Versuchsergebnis ist, daß der Blick beim digitalen Tacho signifikant häufiger auf diese Anzeige gerichtet wird, als beim analogen Tacho. Verena STEFFENS folgert: "Damit läßt sich nun mit Sicherheit aussagen, daß das Digitaltachometer die Überwachungsleistung für unerwartete optische Ereignisse wie Warnsignale ungünstig beeinflußt und den Fahrer höher beansprucht, denn die veränderte Blickstrategie, mit der häufigen Blickrichtung in den Bereich des Tachometers und damit in die Nähe der Warnlampe, hätte allenfalls die Überwachungsleistung bei der Digitalanzeige verbessern können. Den Ergebnissen nach ist anzunehmen, daß der entscheidende Nachteil bei der Digitalanzeige darin liegt, daß qualitative Ablesungen im peripheren Gesichtsfeld nicht möglich sind." (a.a.O., S.59). Besonders interessant an der Arbeit von V. STEFFENS ist die Erhebung der subjektiven Einschätzung der Versuchspersonen vor und nach der Versuchsdurchführung:
Die Digitalanzeige wird nach dem Experiment als besser und schneller lesbar eingestuft, ihre Genauigkeit wird jedoch nach dem Versuch als geringer eingeschätzt. Die generelle Akzeptanz für Digitalanzeigen im Kraftfahrzeug ist relativ hoch, allerdings wird die spezifische Realisation des Tachometers in Digitalform nach den Fahrversuchen noch deutlicher abgelehnt als vorher. Verena STEFFENS nimmt an, dies sei hauptsächlich in der Dynamik der darzustellenden Information (schnelle Änderung der Geschwindigkeit) begründet. Für die Praxis schlägt die Autorin eine Hybridlösung vor, "bei der sich digitale Anzeigen für quantitative Zusatzinformationen um die Analogformen für die Fahrgeschwindigkeit- und, falls vorhanden, Drehzahlanzeige gruppieren." (a.a.O., S.67).

Soll das Tachometer peripher abgelesen werden, so errechnen BOUIS et al. (1983) einen Zeitbedarf von 0,6 Sekunden (Varianz 0,2 sec), wobei ein Tachometer mit digitalen Ziffern 0,1 bis 0,2 Sekunden schneller gelesen wird als ein konventionelles Rundzeigerinstrument (Meßmethode: Erfassung der Augenbewegungen mittels EOG). Es handelt sich also auch um "Blickzeiten", nicht um "Verarbeitungszeiten", ebenso wie in der Untersuchung von ISHII (1980). Ein interessanter Aspekt aus der Befragung von

BOUIS et al. ist, daß die Versuchspersonen in ihrem subjektiven Urteil dem konventionellen Zeigerinstrument den Vorzug geben.

GREEN (1984), der eine vergleichende Studie über Analog- und Digitalanzeigen durchführte, prüfte zunächst das Wissen seiner Versuchspersonen und stellte fest, daß es in der Regel sehr gering ist. So wußte beispielsweise weniger als die Hälfte, welcher Öldruck, welcher Ölstand, welche Motortemperatur bestehen sollte, ein Drittel hatte keine Ahnung, welche Spannung die Batterie des Fahrzeugs aufweisen soll. Unter dieser Voraussetzung, so folgert GREEN, wird es für Kraftfahrer schwierig sein, eine nummerische Anzeige für diese Parameter zu interpretieren.
Fazit: Da die Digitalanzeige kein Bezugssystem vermittelt, sind Skalendarstellungen (bildhafte oder analoge Anzeigen) für die Übermittlung von Fahrzeugzuständen wesentlich besser geeignet.

GEISER et al. (1982), die sich für die Frage der peripheren Ablesbarkeit von optischen Anzeigen interessierten und dazu ein analoges und ein digitales Tachometer miteinander verglichen, stellten fest:
Auf einem Rundinstrument ist bei bewegtem Zeiger aufgrund der Empfindlichkeit der Augenperipherie für bewegte und zeitlich veränderliche Reize die Zeigerstellung sehr wohl erkennbar. Allerdings könne diese Bewegungsinformation selten ausgenutzt werden.
Digitalanzeigen, selbst solche mit 7 cm großen Ziffern, können nur sehr begrenzt peripher gelesen werden. Das Springen dieser Ziffern wird auch bei kleinen Geschwindigkeitsänderungen peripher auffällig und als sehr störend eingestuft, da es zur Fixation auffordert (nach GEISER, BOUIS, HALLER & VOSS, 1984).

5.1.6. Darstellungsort für Anzeigen

Armaturenbereich:

Traditionellerweise werden Anzeigen auf dem "Armaturenbrett" untergebracht, wobei das Wort "Brett" nicht mehr ganz zeitgemäß ist. Meist handelt es sich eher um ein vorstehendes Element, das nach oben und zu den Seiten hin durch einen wulstartigen Rand abgegrenzt ist, um Spiegelungen zu verhindern. In neueren Publikationen ist des öfteren vom "Display" oder "Kombiinstrument" die Rede, in der Fahrzeugwerbung wird gerne vom "Cockpit" gesprochen.
Als großes Problem für Anzeigen im Armaturenbereich wird die Verdeckung durch das Lenkrad bzw. den Pralltopf gesehen, der aus Gründen der passiven Sicherheit möglichst groß sein soll.
Dies führte zu verschiedenen Verfahren, die den Verdeckungsbereich analysieren sollten. Wie bei ELSHOLZ (1976) berichtet, wurde die Augenellipse, die die Augpunkte (das sind die Positionen, an denen sich bei 95% der Kraftfahrer die Augen befinden) umfaßt, durch Lichtquellen ersetzt, und aufgrund des Schattenbildes Sichtverdeckungen auf der Instrumententafel für den Konstrukteur sichtbar.

Allerdings sollte es beim heutigen Stand der Technik möglich sein, ein höhenverstellbares Armaturenelement zu konstruieren und so den Fahrzeuglenkern verschiedenster Größe den Blick auf die Anzeigen frei zu geben.

Die Positionierung der Anzeigen auf dem Armaturenbrett macht einen Blickwechsel zwischen Verkehrsgeschehen und Anzeige erforderlich:
- ist die Anzeige im zentralen Bereich postiert, so genügen Augenbewegungen (vgl. 3.3),
- liegt sie im Mittel- oder gar im Beifahrerbereich, wird die Bewegung des Kopfes erforderlich.

Es läßt sich die einfache Folgerung aufstellen: Je größer die Bewegung, desto länger der Zeitbedarf für die Wahrnehmung, desto ungünstiger für die Verkehrssicherheit.

Das Bemühen muß also dahin gehen, die Anzeigen, die während der Fahrt von Bedeutung sind, im zentralen Gesichtsfeld (vgl. 3.9.) anzuordnen. Weiterhin wird man sie möglichst groß gestalten, um den Akkomodationsvorgang (vgl. 3.3.) zu verkürzen und die Leuchtdichteverhältnisse optimieren, um die Adaptation zu erleichtern (vgl. 3.7.).

Bereich der Windschutzscheibe:

Ausgehend von der Überlegung, daß Kraftfahrer ihren Tachometer zu selten benutzen, entwickelte RUTLEY (1975) ein optisches System, bestehend aus Filtern, Linsen und Spiegeln, mit dessen Hilfe eine digitale Geschwindigkeitsanzeige in die Windschutzscheibe eingespiegelt werden konnte. Er nannte dieses System "Head-up display speedometer".

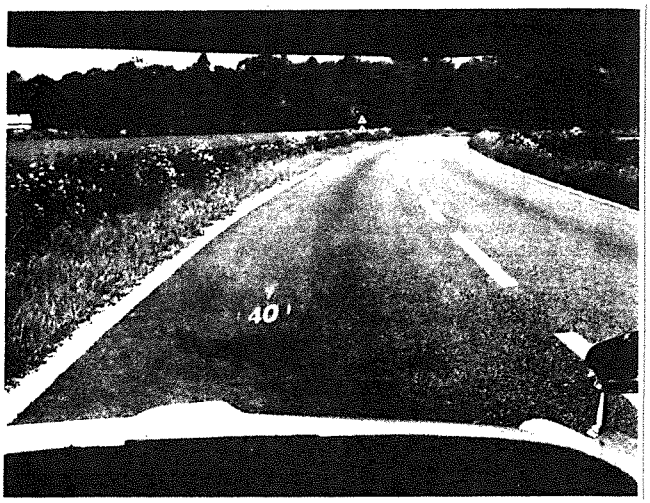


Abb. 5.9: Das von RUTLEY entwickelte Head-up display speedometer (1975, S.94)

RUTLEY's Annahme, die subjektive Geschwindigkeitsschätzung der Fahrer sei nicht immer adäquat, muß nach den Ergebnissen von BUBB (1977) relativiert werden. Wie BUBB fand, liegt "der mittlere Fehlschätzbereich ...

unter allen Versuchsbedingungen bei 10 km/h. Niedrige Geschwindigkeiten (< 80 km/h) werden generell für kleiner gehalten als sie sind. Höhere Geschwindigkeiten (> 80 km/h) werden relativ genau geschätzt." (a.a.O. , S.103). Unangebrachte Geschwindigkeit, so ist hieraus zu folgern, ist somit keine Sache des "Nicht-Könnens", sondern des "Nicht-Wollens". RUTLEY's Annahme führte aber zu einer neuen technischen Entwicklung. BUBB greift die Idee des Head-up-Displays in verschiedenen Publikationen auf (1976, 1981, 1985). Er entwickelt einen Algorithmus, der mittels Lichtzeiger den Brems- oder Überholweg anzeigen soll.

Die Vorzüge des Head-up Displays liegen klar auf der Hand:
Die Information wird auf der Windschutzscheibe eingeblendet, d.h. Kopfbewegungen sind nicht erforderlich, und das Auge muß sich nicht an Leuchtdichteunterschiede (außen-innen-außen) anpassen.

Als mögliche Nachteile sind denkbar:
- Zeichen, Ziffern oder Linien in der Windschutzscheibe können in schwierigen Verkehrssituationen störend wirken, da sie nicht ausgeblendet werden können wie Anzeigen im Bereich des Cockpits. Somit besteht die Gefahr der Irritation und der Auslösung von Fehlverhalten beim Kraftfahrer.
  VON BENNINGSEN (1985) befürchtet, die oft kontrastarmen visuellen Informationen (schwache Kontraste z.B. bei Nebel) könnten durch die in das Blickfeld eingespiegelten Anzeigen gefährlich überblendet werden.

- Die Menge der Information, die zu einem Zeitpunkt dargeboten werden kann, ist minimal.
- Information, die in der Scheibe dargeboten wird, muß vom Fahrer aufgenommen werden, gleichgültig, ob er diese Information braucht oder nicht, sie "zwingt" sich sozusagen auf.

Bei einer Informationsdarbietung dieser Art ist in jedem Falle eine Wahlmöglichkeit vorzusehen (incl. der Wahl "keine Information"), was das schwierige Problem eröffnet, wie die Wahl zu realisieren ist: relativ unproblematisch wäre sie mit einem intelligenten Spracheingabesystem, schwieriger wird es mit der Wahl per manuellem Bedienelement, denn dieses muß erst einmal aufgefunden werden, evtl. durch Blickbewegungen in den

Fahrzeuginnenraum, wodurch das Head-up Display seine Vorzüge verlöre. Dieser Bereich bedarf der gründlichen Untersuchung. Die bisherigen Untersuchungsergebnisse gehen über die oben angesprochenen Problembereiche des Head-up-Displays noch keine Auskunft.

5.1.7. Formen der technischen Realisierung von Anzeigen

Mechanische und elektromechanische Anzeigen:

Im Kraftfahrzeugbereich wird bei Anzeigen auf mechanischer Basis meist ein beweglicher Zeiger an einer fest installierten Skala vorbeigeführt, in seltenen Fällen wird auch das "offene Fenster", eine bewegliche Skala, die an einem fensterartigen Ausschnitt vorbeiwandert, verwendet.
Vorteil der mechanischen und elektromechanischen Anzeigen ist, daß sie sehr gut ausgereift sind, sowohl was Form, Beschriftung, Zeigerform etc. betrifft. Auch ihre Wahrnehmbarkeit ist sehr gut. Inzwischen stellt auch die Einbautiefe dieser Anzeigen kein Problem mehr dar.

Optoelektronische Anzeigen:

"Optoelektronische Anzeigeeinheiten haben die Aufgabe, elektrische Signale in optisch wahrnehmbare Information umzusetzen. Man unterscheidet aktive und passive Displays.

Aktive Displays sind selbstleuchtend; zur Erzeugung des Lichtes muß ständig elektrische Energie zugeführt werden. Ihr Leistungsbedarf ist daher relativ hoch." (BERGT & WALTER, 1976, S.36). Als Beispiele für aktive Displays sind zu nennen:
- die Lumineszenzanzeige (LED)
- die Fluoreszenzanzeige (VFD)
- Gasentladungsdisplays.

"Passive Displays leuchten nicht selbst, sondern modulieren das Licht der Umgebung, so wie es alle Gegenstände unserer täglichen Erfahrungswelt tun. Energie zur Lichterzeugung ist nicht notwendig, der Leistungsbedarf daher gering." (BERGT & WALTER, 1976, S.36).
BERGT & WALTER (1976) nennen als Beispiel für passive Displays das Flüssigkristaldisplay (LCD).

In der Zwischenzeit wurde die LCD-Technik jedoch weiter entwickelt: Verwendet wird nun ein negatives Display mit transflektivem Mode (d.h. Licht wird durchgelassen und reflektiert). Der Begriff transflektiv ist ein Akronym aus den beiden Worten "transmissiv" (durchlässig) und "reflektiv" (zurückwerfen). Durch diese Technologie können LCD-Anzeigen auch in dunkler Umgebung abgelesen werden (vgl. AKEYOSHI & TERADA, 1983).

Es ist nicht Ziel dieser Arbeit, technische Details der verschiedenen Technologien zu beschreiben. Für den interessierten Leser wird daher auf die einschlägige Literatur verwiesen:

- BERGT & WALTER (1976), Überblick über aktive und passive Displays
- SCHAUER (1978), Überblick
- GALER & Simmonds (1984), Überblick
- GAGE (1985), LED Fortschritte
- GILLESSEN & SCHAIRER (1982), LED Fortschritte
- WERNER (1985), LED-Displays
- SCHENUIT (1985), VF Fortschritte
- YAMAGUCHI & KISHINO & DORRIS (1983), VF, Wahrnehmung bei Sonnenlicht
- SCHAUER (1982), Gasentladung, flacher Bildschirm (Plasma-)
- BERGEMANN (1985), Gasentladung, flacher Bildschirm (Plasma-)
- ITO & IWAI (1985), Beispiel für ein LCD-Display
- AKEYOSHI & TERADA (1983), Beispiel für ein LCD-Display
- WILD (1972), LCD-Displays.

Bei BAEGER, HAHLGANSS & RÖMER (1980) findet sich eine übersichtliche Beurteilung aktiver und passiver Anzeigen im Displaybereich aus technischer Sicht:

Kriterien \ Display-Technik	Aktive Anzeigen					Passive Anzeigen			
	LED	Gasentladung	Elektroluminiszenz	Vakuumfluoreszenz	Glühfaden	LCD Dyn. Streuung	LCD Drehzelle	Elektrochrome	Elektrolytische
optisches Erscheinungsbild	O	O	O	O	O	O	+	O	+
Sichtbarkeit / Ablesbarkeit	O	O	O	O	+	+	+	+	+
Helligkeitsregelung	O	O	O	O	+	(+)*	(+)*		
Farbdarstellung	+	O	O	+	O	O	+	-	+
Gestaltungsfreiheit	-	+	+	O	-	+	+	O	O
Lebensdauer	+	+	+	O	-	+	+	-	-
Klimabeständigkeit	+	+	+	+	+	+	O	+	+
mechanische Stabilität	+	+	+	O	-	+	+	+	+
Betriebsdauer	O	+	O	O	O	+	+	-	-
Lagerdauer	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Temperaturverhalten (-40°C – +80°C)	+	+	+	+	+	O	O	O	O
Ansteuerung	O	O	O	O	O	O	+	O	O
für C-Mos: Betriebsspannung	+	-	-	O	+	O	+	+	+
für C-Mos: Stromaufnahme	-	O	O	O	-	+	+	O	O
Multiplexbarkeit	+	+	O	O	O	O	O	-	-
HF-Störung	+	-	O	O	+	+	+	+	+

* bei Hinterbeleuchtung + = gut ; O = bedingt ; – = ungeeignet VDO

Tab. 5.2: Beurteilung verschiedener Displaytechniken für den Einsatz im Kfz (aus BAEGER, HAHLGANSS & RÖMER, 1980, S.327)

Nach Ansicht der Autoren kommen "für die Kraftfahrzeug-Anwendung im wesentlichen drei Anzeigearten in die engere Wahl: Die Leuchtdioden-Anzeige (LED), die Vakuumfluoreszenz-Anzeige (VF), (und) die Flüssigkristallanzeige (LCD)." (a.a.O., S. 327). Im Augenblick scheint die technische Entwicklung keines der Systeme abgeschlossen, so daß Weiterentwicklungen einer Technologie zu Vorteilen gegenüber anderen führen, die jedoch von diesen nach kurzer Zeit wieder aufgezehrt und überholt werden. Obwohl sich im Augenblick die LCD-Anzeigen am weitesten durchgesetzt haben, kann

ein abschließendes Urteil über die beste Anzeigetechnologie noch nicht gefällt werden. Zu fragen ist eher, welche Bedingungen optoelektronische Anzeigetechnologien erfüllen müssen, um dem Einsatz im Kraftfahrzeug gerecht zu werden.

Folgende Vorteile lassen sich für optoelektronische Anzeigen auflisten:
- geringes Einbauvolumen, geringer Platzbedarf im Fahrzeug
- geringer Energieverbrauch (gilt nicht für Vakuumfluoreszenzanzeigen)
- leichte Umwandlung vom Meßwert zur Informationsdarbietung
- bei einigen Systemen können Konfigurationen flexibel gestaltet und bei Bedarf geändert werden, man ist nicht auf festmontierte Anzeigen, oder ein festes "Programm" fixiert.

Diesen Vorzügen stehen eine Reihe von Nachteilen gegenüber, die allerdings von System zu System variieren können:
- Probleme mit der Sichtbarkeit (speziell bei Sonnenlicht)
- fehlende Möglichkeit zur Helligkeitsregelung
- Technische Probleme, bezüglich Klimatauglichkeit, mechanischen Erschütterungen, Lagerfähigkeit, Betriebsdauer, usw.
- Einschränkungen bei den Darstellungsformen von Ziffern und Buchstaben, daraus resultierend Probleme beim Ablesen
- das Spiel mit dem technisch Machbaren kann zu Gestaltungsformen führen, die bisher anerkannte Grundsätze ad absurdum führen.

Vom Standpunkt der Verkehrssicherheit wird die Einführung optoelektronischer Anzeigen erst sinnvoll,
- wenn die Anzeigen einen ebenso hohen Standard erreicht haben, wie die mechanischen Anzeigen (gute Form im Detail und im Gesamtbild, optimale Sichtbarkeit, Zuverlässigkeit in technischer Hinsicht)
- wenn sie die Informationsverarbeitung in gleicher oder besserer Weise ermöglichen, als die mechanischen Anzeigen.

Sollte es nicht gelingen, diesen Anforderungen gerecht zu werden, so werden sich die optoelektronischen Anzeigen dem Vorwurf der Effekthascherei aussetzen.

5.1.8. Darbietungsebene

Die Darbietungsebene für Anzeigen ist für den Kraftfahrzeugbereich besonders wichtig: einfallendes Sonnenlicht, Straßenbeleuchtung, Werbeleuchtschriften, andere Fahrzeuge usw., all dies kann zu störenden Reflexionen auf der Armaturentafel führen. Unangenehm für den Fahrer ist dies nicht nur in subjektiver Hinsicht, sondern auch in objektiver: durch eine Minderung des Kontrasts werden Zeichen schwerer lesbar, und die reflektierten Bilder überlagern die Wiedergabe.
Da es sich bei der Armaturentafel um ein verglastes Instrument handelt, in Zukunft möglicherweise sogar um einen Bildschirm, ist hier ein Forschungsergebnis aus dem Bereich der Bildschirmarbeitsplätze von Interesse: Gemessen wurde, wie sich der Ablesefehler mit der Veränderung des Winkels, in dem der Bildschirm geneigt wird, verändert.
Der Ablesefehler ist am geringsten, wenn Auge und Bildschirm im rechten Winkel zueinander stehen (in Abbildung 5.10. ist dies ein Anstellwinkel der Frontfläche von Null Grad). "Je stärker die Bildschirmfläche vom Beobachter weggeneigt ist, um so größer wird die Gefahr von Spiegelungen und parallaktischen Ablesefehlern. Sehr steil angestellte oder gar auf den Beobachter zugeneigte Geräte reduzieren zwar die Spiegelungsgefahr, machen jedoch das Erkennen von Details noch schwieriger als bei Geräten, die um den gleichen Winkel weggeneigt sind, ..." (SCHMIDTKE & RÜHMANN, 1981, S.445). Abbildung 5.10. verdeutlicht den Sachverhalt.

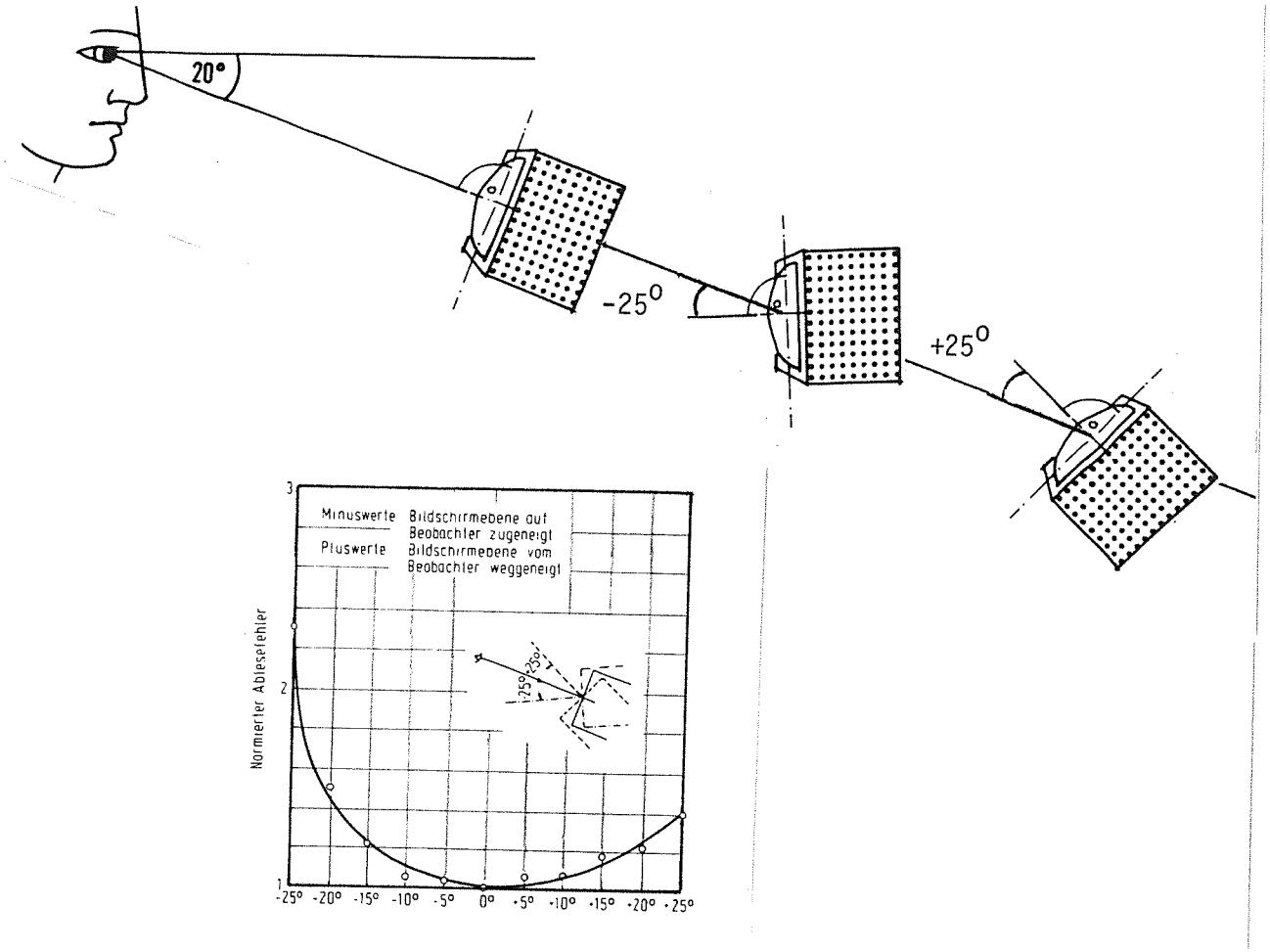


Abb. 5.10: Einfluß des Anstellwinkels der Frontfläche von Datensichtgeräten auf die Häufigkeit von Ablesefehlern (modifiziert nach SCHMIDTKE & RÜHMANN, 1981)

Anzumerken bleibt, daß nicht zuletzt chromblitzende, polierte, hochglänzende Materialien, die aus Designgründen bei der Fahrzeuginnenausstattung verwendet werden, zu Reflexionen führen können. Um optimales Sehen zu garantieren, muß jedoch die Oberflächenstruktur aller im Fahrzeug verwendeten Materialien matt sein.

5.1.9. Gestaltungsgrundsätze für Skalen

Skalenformen:

Bezüglich der Form einer Skala ist zu unterscheiden zwischen

- runden Formen, die vom Vollkreis, vom waagrecht oder senkrecht stehenden Halbkreis bis zum Kreissegment (Sektorskala) reichen (z.B. Tachometer, Benzinanzeige)
- rechteckigen Formen im Längs- oder Querformat (z.B. Heizung)
- Polygonzügen, meist in Form einer asymptotisch verlaufenden Exponentialfunktion (neuerdings für Drehzalmesser).

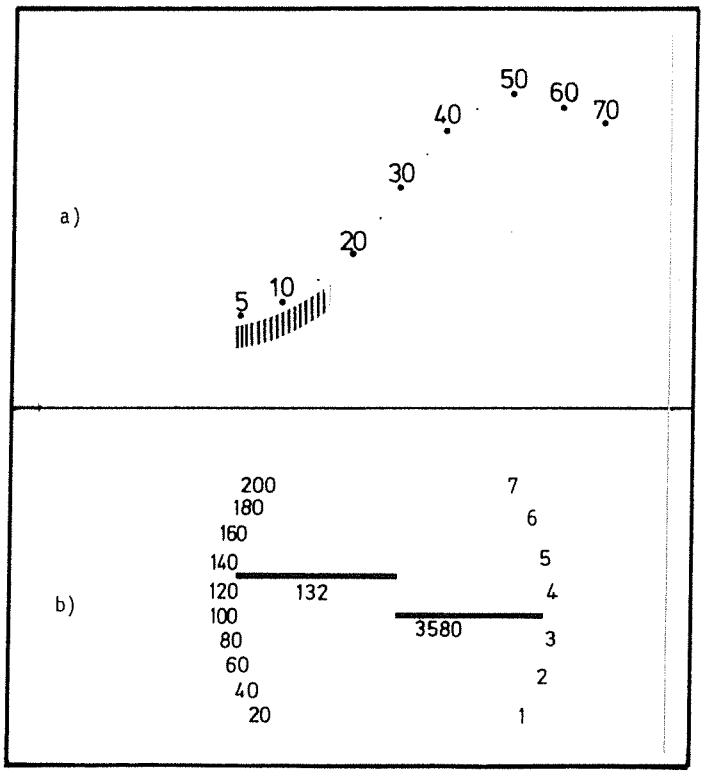


Abb. 5.11: Beispiele für neuere Anzeigen

a) Drehzahlmesser in Form eines Polygonzugs mit Lichterkette als Anzeige

b) Tachometer und Drehzahlmesser in Form eines senkrecht aufgestellten Halbkreises mit Wanderbalken als Anzeige (aus OPEL-Tech 1, 1982, S.65)

Die Anzeige erfolgt

- meist durch einen Zeiger, Balken, Lichtpunkt, oder eine Lichterkette, die sich auf einer fest plazierten Skala bewegen. Die ständig in ihrem vollen Umfang gegenwärtige Skala hat den Vorzug, ein "Bezugssystem" zu bieten, d.h. den Fahrer über den vollen Umfang des möglichen Leistungsfeldes zu informieren. Ein bestimmter Wert bleibt unveränderlich auf derselben Stelle, so daß ein kurzer Blick auf die Anzeige meist schon die gewünschte Information vermittelt.
- Selten erfolgt die Anzeige durch eine Skala, die hinter einer Marke wandert. Ist nur ein Teil der Skala sichtbar, so spricht man vom "offenen Fenster" (open window).
- Die Anzeige kann auch durch Ziffern erfolgen (z.B. Kilometerzähler, digitales Tachometer).

Die Bezeichnung der verschiedenen Skalenformen und ihre Eignung für unterschiedliche Wahrnehmungsaufgaben ist in der DIN 33 413, Teil 1 (1984) normiert:

1	2	3	4	5	6
Art der Anzeigeeinrichtung	Wahrnehmungsaufgabe				Allgemeine Bemerkungen
	Ablesen eines Meßwertes	Orientierendes Wahrnehmen	Verfolgen von Meßwertänderungen	Mischformen der Aufgabe nach Spalte 2 bis 4	
Ziffernskale	Gut geeignet (auch für sehr großen Meßbereich)	Bedingt geeignet	Nicht geeignet (Ausnahme: langsame und stetige Meßwertänderung)	Bedingt geeignet (wenn Meßwertänderung langsam erfolgt)	Meist geringer Platzbedarf. Deswegen große Ziffern verwendbar. Ziffernsysteme beachten. Farbkodierung möglich.
Skalenanzeige, bewegliche Marke (z. B. ein Zeiger), feststehende Strichskale: Vollkreis-Skale; Dreiviertelkreis-Skale	Geeignet	Gut geeignet	Gut geeignet (besonders gut geeignet bei großem Meßbereich)	Gut geeignet	Gleichrichtung der Zeiger bei serienmäßiger Anordnung möglich. Lange Teilungsgrundlinie möglich. Nullpunktposition wählbar. Werden die Meßwerte durch Marken abgesteckt, bei denen die Winkelinformation teilweise verlorengeht, so sinkt die Eignungsstufe entsprechend dem Informationsverlust.
Halbkreis-Skale	Geeignet	Gut geeignet	Gut geeignet	Gut geeignet	Kompatibilitätsansprüche sind leicht zu erfüllen. Werden die Meßwerte durch Marken abgesteckt, bei denen die Winkelinformation teilweise verlorengeht, so sinkt die Eignungsstufe entsprechend dem Informationsverlust.
	Skale ist vorzugsweise im 2. und 1. Quadranten *) zu verwenden. Andere Anordnungen erschweren die Wahrnehmung und vergrößern die Fehlerzahl.				
Quadrant-Skale	Geeignet	Gut geeignet	Geeignet	Geeignet	
	Skale ist vorzugsweise nach oben gerichtet oder im 2. Quadranten zu verwenden. Andere Positionierungen der Skale erschweren die Wahrnehmung und vergrößern die Fehlerzahl.				
Sektor-Skale	Bedingt geeignet (bei großen Radien)	Bedingt geeignet (bei großen Radien)	Nicht geeignet (Anzeigebereich zu gering)	Bedingt geeignet	
	Skale ist vorzugsweise nach oben gerichtet zu verwenden.				
Querskale	Geeignet	Geeignet	Geeignet	Geeignet	Kompatibilitätsansprüche sind leicht zu erfüllen. Lange Teilungsgrundlinie möglich. Nullpunktposition wählbar. Für das „Ablesen eines Meßwertes" ist die Hochskale geeignet, wenn zur gemessenen Größe eine direkte Bewegungskompatibilität besteht oder die Ablesezeit keine kritische Größe ist.
Hochskale	Bedingt geeignet	Geeignet	Geeignet	Geeignet	
Skalenanzeige, feststehende Marke (z. B. ein Zeiger), bewegliche Strichskale: Anzeigeeinrichtung, bei der der Anzeigebereich größtenteils bzw. vollständig sichtbar ist	Geeignet	Bedingt geeignet	Bedingt geeignet	Bedingt geeignet	
Anzeigeeinrichtung, bei der nur ein kleiner Teil des Anzeigebereiches sichtbar ist	Bedingt geeignet (sofern mindestens 2 Referenzziffern sichtbar sind)	Bedingt geeignet	Nicht geeignet	Bedingt geeignet	

*) Bezifferung der Quadranten: 2 1 / 3 4

Tab. 5.3: Eignung von Anzeigeeinrichtungen (aus DIN 33 413, Teil 1, 1984, S.3)

Auf die Diskussion, die sich bezüglich der Definition der Wahrnehmungsaufgabe ergeben könnte, wurde bereits in Kapitel 5.1.5. "Darstellungsform - Welche Darstellungsform für welchen Zweck?" hingewiesen.

Graphische Einteilung von Skalen:

Eine Skala zeichnet sich durch den Maßstab und die optische Gliederung aus.
Häufig wird der Skaleneinteilung auch die Funktion der "Begrenzungslinie", d.h. der Abgrenzung zu anderen Skalen oder Sichtfeldern zugeschrieben. Dies ist einerseits zu begrüßen, wenn die Gestalt der Skala dadurch verbessert wird (vgl.3.12.), andererseits bedenklich, wenn die Einteilung willkürlich vorgenommen wird.

Untersuchungen über den Zusammenhang Ablesegenauigkeit - Skaleneinteilung lassen sich auf unseren Bereich übertragen:

- Bei einer Distanz von 76 cm zwischen Skala und Auge sollte der Abstand zwischen zwei Strichen, die die Skala unterteilen, im Bereich von 15 bis 25 mm liegen.

Wird der Teilstrichabstand kleiner als 10 mm, so steigt der Ablesefehler rapide an, wird er größer als 25 mm, so ist ein leichter Fehleranstieg zu verzeichnen (nach BERNOTAT, 1981).

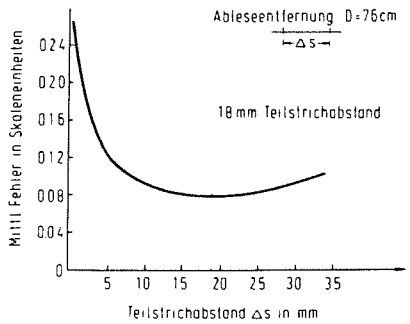


Abb. 5.12: Einfluß der Skaleneinteilung auf die Ablesegenauigkeit (aus BERNOTAT, 1981, S.464)

Im VDI-Handbuch (1980) wird die graphische Abstufung von Skalen in Einer-, Zehner-, oder Hunderter-Schritten sehr empfohlen, auch eine Teilung auf der Basis 2 oder 5 sei noch zulässig.
BERNOTAT (1981) stellt folgende Rangreihe auf:

Tab. 5.4: Günstige und ungünstige Abstufungen einer Skala (aus BERNOTAT, 1981, S.467)

Sehr gut:	0 - 1 - 2 - 3 - 4	
Gut:	0 - 2 - 4 - 6 - 8	zunehmend schlechter
	0 - 5 - 10 - 15	
Schlecht:	0 - 8 - 16 - 24	
	0 - 4 - 8 - 12	
	0 - 9 - 18 - 27	
	0 - 6 - 12 - 18	
	0 - 3 - 6 - 9	
	0 - 7 - 14 - 21	
Sehr schlecht:	0 - 2,5 - 5 - 7,5	

Obwohl diese Aufstellung sehr hilfreich sein kann ist darauf hinzuweisen, daß die spezifische Information und der spezielle Kontext bei der graphischen Abstufung mit berücksichtigt werden muß.

Skalenlänge:

Die Skalenlänge L berechnet MURRELL (1965) nach der Gleichung:

$$L = \frac{D}{14,4} \cdot \frac{i \quad m}{100} \cdot$$

Hierbei ist:
- L : die Länge der Skala zwischen den Endmarken, gemessen in cm
- D : Ableseentfernung in cm
- i : Anzahl von Skaleneinheiten zwischen 2 Marken, die bei der Interpolation mental zu bilden sind
- m : Anzahl der Skalenabschnitte auf der Gesamtskala

Die Anzahl der Skalenabschnitte m berechnet BERNOTAT (1981) wie folgt:

$$m = \frac{l}{c \quad i} \cdot$$

Hierbei ist:
- l : die Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten Skalenwert der Skala (Endmarken)
- c : der Zahlenwert der Einheit, die per Interpolation zu bilden ist. Dieser Zahlenwert solle 1, 2, 5 bzw. das 10-fache oder 100-fache davon betragen.

Die Berechnung der Skalenlänge für eine Skala mit einem Wertebereich von 0 - 200 und einer Unterteilung in Zehnerschritten, die aus 1 Meter Entfernung gelesen werden soll kommt zu einem Wert von 7 cm. Hieraus wird deutlich, daß die MURREL'sche Formel eher als unterer Grenzwert zu betrachten ist. Skalen in Flugzeugen weisen etwa die vier- bis zehnfache Länge der MURREL'schen Formel auf.

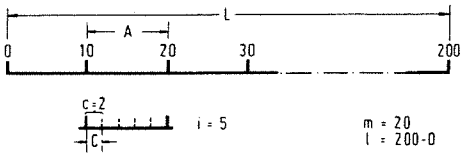
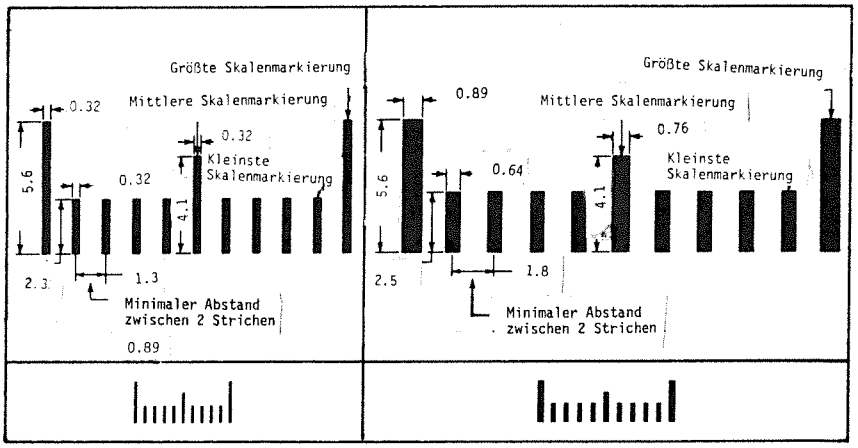


Abb. 5.13: Skaleneinteilung

Skalenmarkierung:

McCORMICK's Vorschlag für die Skalenmarkierung basiert auf verschiedenen Untersuchungen und gilt für eine Sehentfernung von D = 71 cm.



a) b)

Abb. 5.14: Empfohlenes Richtmaß (Maße in mm) für quantitative Skalen bei zwei Lichtbedingungen:
a) normale Sichtbedingungen
b) niedrige Beleuchtungsstärke
(übertragen aus McCORMICK, 1976, S.72)

Da im Kraftfahrzeug stark wechselnde Beleuchtungsbedingungen anzutreffen sind, empfehlen wir, das Richtmaß für "niedrige Beleuchtungsstärke" zu verwenden.

5.1.10. Gestaltungsgrundsätze zur Beschriftung

Beschriftung von Skalen:

Skalen werden mit Ziffern, Buchstaben oder Symbolen beschriftet. Da Symbole in vielen Punkten einen Sonderfall darstellen, werden sie in einem eigenen Abschnitt behandelt.
Die Beschriftung verliert ihren Sinn, wenn sie durch einen Zeiger verdeckt wird - dies klingt zwar banal, doch wird gegen diese Regel noch häufig verstoßen. Man hat die Wahl, die Beschriftung über die Skala zu setzen, oder den Zeiger so kurz zu gestalten, daß die Beschriftung sichtbar bleibt.

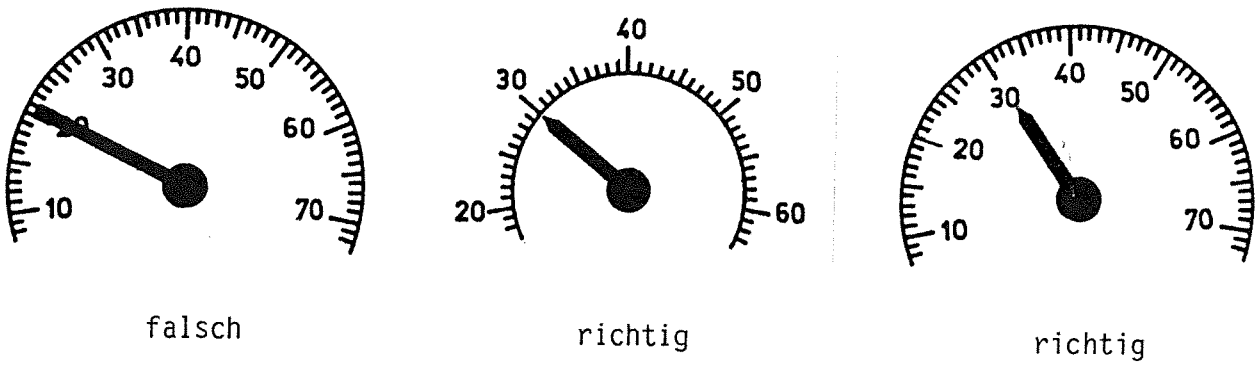


Abb. 5.15: Beispiele für die Skalenbeschriftung (modifiziert nach GRANDJEAN, 1971, S,34)

Die Beschriftung soll sich zwar nahe bei der Skala befinden, aber auch klar von ihr getrennt sein. Außerdem muß sie aufrecht stehen und darf nicht durch Zeiger verdeckt sein.

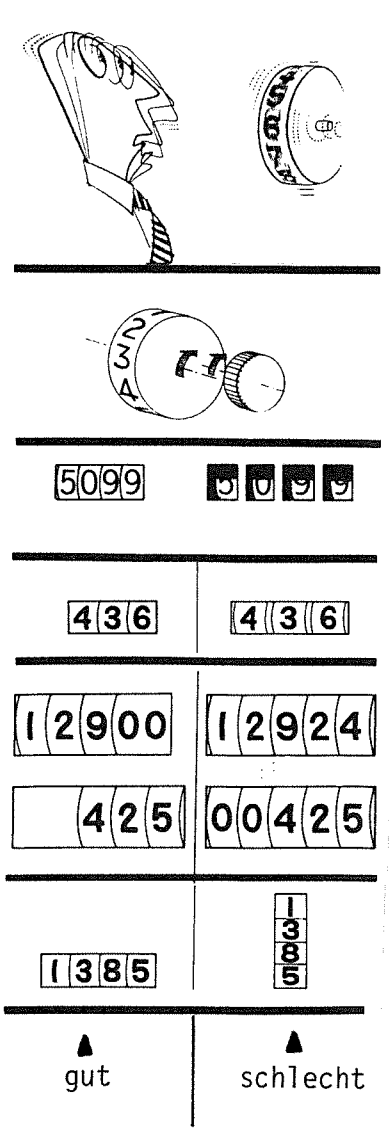
Ziffernanzeigen:

Unter den Begriff "Ziffernanzeige" fallen zwei sehr unterschiedliche Ausführungen:

- mechanische Zählwerke, wie beispielsweise der Kilometerzähler
- optoelektronische Ziffern, die nunmehr mit dem Begriff "Digitalanzeigen" bezeichnet werden (z. B. digitales Tachometer).

WOODSON & CONOVER (1964) fassen die wichtigsten Kriterien zusammen und bebildern sie sehr anschaulich. Diese Zusammenfassung bezieht sich zwar auf mechanische Zählwerke, doch gelten die Grundsätze sinngemäß auch für optoelektronische Ziffern:

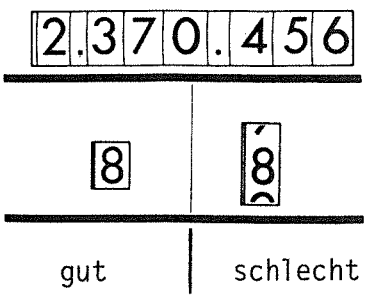
- Ziffern sollen sozusagen auf ihrem Platz "einrasten" und nicht vorbeihasten.
- Die Abfolge von einer Ziffer auf die nächste soll nicht schneller als zwei pro Sekunde sein, falls vom Benutzer erwartet wird, daß er die Ziffern abliest.
- Wird der Anzeigewert höher, so muß die Ziffernbewegung nach oben gehen.
- Um Schattenbildung zu vermeiden, müssen die Ziffern so nahe wie möglich an das Display herangerückt werden.
- Der Raum zwischen den Ziffern soll nicht zu groß sein.
- Wenn die letzten Stellen keinen wichtigen Wert aussagen, sollten sie durch stationäre Nullen ersetzt werden.
- Der vordere Raum, der noch nicht mit Ziffern belegt ist, sollte frei gelassen werden.
- Die Ziffern müssen, entsprechend der Leserichtung, von links nach rechts angeordnet



werden.

- Setzt sich die Zahl aus mehr als vier Ziffern zusammen, so ist sie leichter zu lesen, wenn Gruppen gebildet sind, d.h. eine Unterteilung durch Punkt oder Komma erfolgt.
- Im "offenen Fenster" darf nur eine Ziffer sichtbar sein.

(nach WOODSON & CONOVER, 1964, S.2-33f)



Weitere Gestaltungsgrundsätze, die nicht nur Ziffern sondern auch Buchstaben betreffen, werden in den folgenden Abschnitten besprochen.

Schrifttypen und Ziffernformen:

Buchstaben und Ziffern müssen gut leserlich, klar zu unterscheiden, eindeutig und prägnant ausgeführt sein, um schnell und sicher in der richtigen Weise interpretiert zu werden. Auch der ästhetische Gesichtspunkt spielt eine Rolle, doch gehen hier, so ist zu erwarten, die Meinungen weit auseinander.

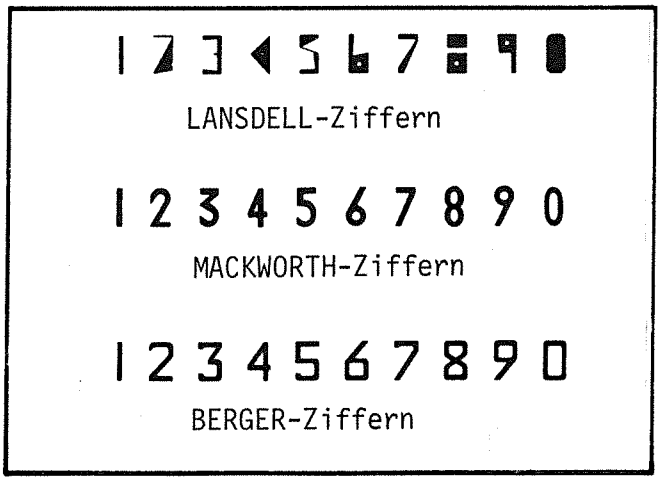


Abb. 5.16: Beispiele für Ziffernformen (aus BERNOTAT, 1981, S.462)

Eine Reihe von Untersuchungen befaßt sich mit der Verwechslung von Ziffern, doch sind die Ergebnisse nicht einheitlich. Wie MURRELL (1965) berichtet, ist die Verwechslungsgefahr zwischen den Ziffern 1, 7, 2, 0

und 4 gering. Hoch ist die Verwechslungsgefahr jedoch zwischen 3, 5, 6, 8 und 9. Die Ziffer 5 wird besonders häufig (in mehr als einem Drittel der Fälle) als 6 gelesen, aber auch als 8 oder 9. Leider ist in diesem Bericht nicht erwähnt, mit welchem Schrifttypus die Untersuchungen durchgeführt wurden.
KLEINHENZ (o.J.) stellt in Experimenten neueren Datums fest, daß
- bei DIN-1451-Ziffern besonders häufig 6 und 8,
- bei ISO-3098-Ziffern besonders häufig 4 und 6 und
- bei 7-Segment-Ziffern besonders häufig 1 und 7 verwechselt werden.

Diese Ergebnisse widersprechen teilweise den oben angeführten, was vermutlich auf die verschiedenartigen Schrifttypen zurückzuführen ist.

KLEINHENZ's Untersuchungen (o.J.) fanden zwar unter anderen Bedingungen statt, als sie im Kraftfahrzeug anzutreffen sind, und sind daher möglicherweise nicht direkt übertragbar. Dennoch sind sie aufschlußreich (Versuchsbedingungen: tachistoskopische Darbietung auf einer Leinwand, Schriftgröße 6mm, Darbietungszeit eine Sekunde, Kontrast 90%, Abstand zwischen Leinwand und Versuchsperson variiert zwischen 1,5 und 4,5 Metern).
Objektiv ließ sich feststellen: bis zu einem Sehabstand von 2,5 m treten bei keiner der untersuchten Schrifttypen Ablesefehler auf. Wird der Sehabstand jedoch größer, so steigt auch die Fehlerzahl an. Am günstigsten schneiden die Ziffern nach DIN 1451 ab, sie weisen die geringste Fehlerzahl auf.
Interessant und auch auf den Kraftfahrzeugbereich zu übertragen sind die Ergebnisse der subjektiven Einschätzung: Die DIN-1451-Ziffern werden sowohl als die beliebtesten, als auch als die am besten lesbaren eingestuft. Die ISO-3098-Ziffern sind zwar am unbeliebtesten, werden aber als besser erkennbar beurteilt als die Ziffern in 7-Segmentform.

DIN 1451 (Mittelschrift)	1234567890
ISO 3098	1234567890
7-Segmentform	1234567890

Abb. 5.17: Von KLEINHENZ (o.J.) untersuchte Ziffernformen

Interessante Aufschlüsse könnte ein Vergleich zwischen den Ziffern nach DIN 1451, die in der Beurteilung sehr gut abschneiden, und den von British Standards Institution speziell für die Instrumentierung empfohlenen Ziffern (vgl. Abbildung 5.18) erbringen.

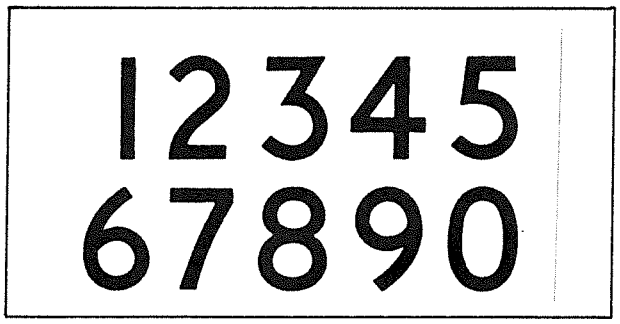


Abb. 5.18: Für die Instrumentierung von B.S. empfohlene Ziffern (British Standards 3693:1964), aus MURRELL, 1965, S.193

Wie GREEN (1984) berichtet, führen bei der 7-Segment-Anzeige größere Zahlen gerne zu Mißverständnissen. Wurde beispielsweise "216 Kilometer bis leer" angezeigt, so dachten einige Kraftfahrer, der Treibstoff würde noch für 2,16 km reichen, in der Anzeige fehle nur der Dezimalstrich. Induziert werde diese Fehlinterpretation, so GREEN, durch die Lücke zwischen 2 und 1, die sich in der Sieben-Segmentanzeige automatisch ergibt. GREEN schlägt vor, den Dezimalstrich zu zeigen (216,0), allerdings liegen zu

dieser Darstellungsart keine experimentellen Befunde vor.
Andererseits werden durch den Dezimalpunkt die Anzeigen länger, was zu anderen Fehlern führen kann. Auch ist die hier vorgespiegelte Genauigkeit in keiner Weise angebracht.
Wir halten es daher für wesentlich sinnvoller, die Anzeige anders zu gestalten: Anstelle der Sieben-Segment-Anzeige einen Darstellungsmodus, der erlaubt, die Eins mit einem schrägen Anstrich zu versehen, wie etwa bei den DIN-1451-Ziffern.
Gerade die Segment-Ziffer läßt bezüglich "guter Form" viel zu wünschen übrig: sie wirkt zerrissen, "ausgefranst", eckig und hat unübersehbare Lücken an Stellen, wo Ziffer oder Buchstabe durchgängig sein sollte:

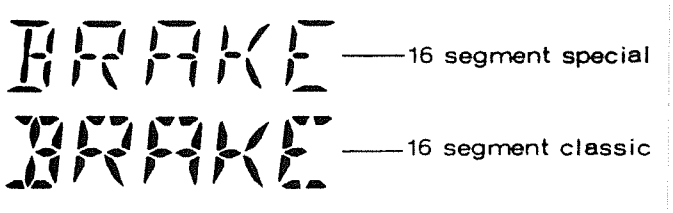


Abb. 5.19: Alphanumerisches Display (aus NEIDHARD, 1983, S.223)

Eine vergleichende Untersuchung von neun aktiven, optoelektronischen Anzeigen wurde von RADL-KOETHE & SCHUBERT (1971) durchgeführt.
Dargeboten wurde eine dreistellige Zahl. Um die praktische Anwendbarkeit zu berücksichtigen, wurde als objektives Bewertungskriterium die erforderliche Darbietungsdauer für fehlerfreies Ablesen in 90% der Fälle gemessen.
Die Darbietungsdauer lag bei den verschiedenen Anzeigen zwischen 240 msec und 3200 msec:

- Die LED-Anzeige liegt auf Rangplatz 1 nach objektiven Kriterien und erfordert eine Darbietungszeit von 240 msec.
- Die 7-Segment-LCD-Anzeige liegt auf Rangplatz 7 nach objektiven Kriterien und erfordert eine Darbietungszeit von 3200 msec.

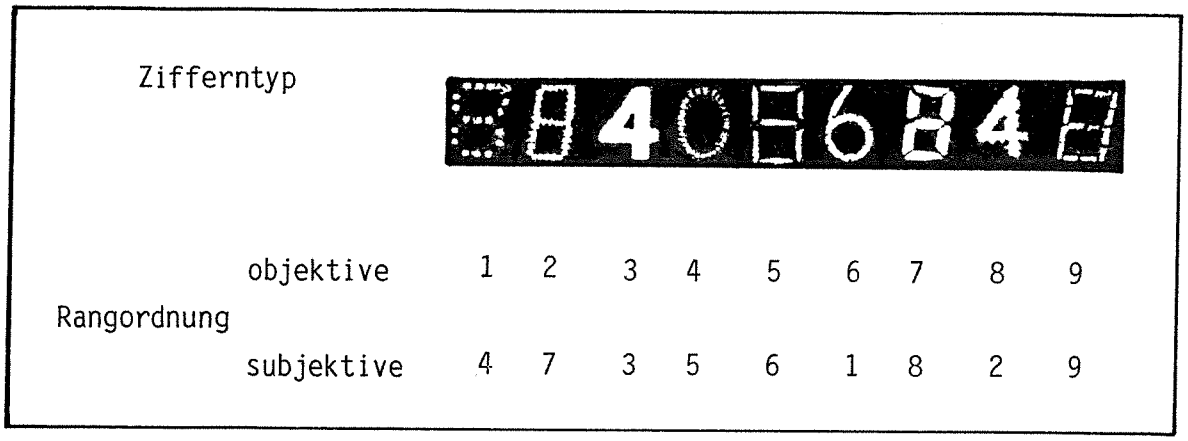


Abb. 5.20: Optoelektronische Anzeigen im Vergleich (von RADL-KOETHE & SCHUBERT, 1971)

TEMMING (1978) weist darauf hin, daß das teilweise sehr starke Auseinanderklaffen der objektiven und der subjektiven Rangreihe die Warnung unterstreiche, subjektive Eindrücke über die Lesbarkeit zu verallgemeinern. Möglicherweise seien die Ergebnisse auch nur für die untersuchten Bedingungen (200 Lux Beleuchtungsstärke) gültig, nicht aber für andere Randbedingungen, z.B. Sonnenlicht, oder gar auf andere Anzeigetechnologien übertragbar. Gerade im Bereich der optoelektronischen Anzeigen sei eine sorgfältige Prüfung aller denkbarer Eventualitäten erforderlich.

Anzumerken bleibt, daß dauerhaft aufgebrachte Beschriftung, etwa auf analogen Anzeigen, in der Regel keine größeren Probleme bereitet, da sie in ein Bezugssystem eingebettet ist. Anders verhält es sich mit optoelektronischen Anzeigen, die die Möglichkeit einer veränderlichen Anzeige bieten. Hier wäre eine beispielhafte Ausgestaltung besonders wichtig.

Buchstaben:

Durch die Einführung von Schriftfeldern auf der Armaturentafel stellen sich die gleichen Probleme auch für Buchstaben.
CAKIR, HART & STEWART (1980), die sich im Rahmen von Bildschirmarbeitsplätzen mit der Thematik auseinandersetzen, stellen folgende Verwechslungen bei alphanumerischen Zeichen fest:

- gegenseitig verwechselt werden vor allem I und 1, aber auch O-Q, T-Y, S-5, I-L, X-K
- einseitig wird besonders 2 mit Z, B mit 8 verwechselt, aber auch B-R, B-S, C-G, D-B, H-M, H-N, J-T, J-I, K-R.

"Je größer die Ähnlichkeit zwischen den wahrgenommenen Formen der Zeichen, um so größer das Risiko, sie bei der Erkennung zu verwechseln und Fehler zu machen. ... Wenn man Zeichen mit guter Leserlichkeit haben will, so sollte man schon beim Entwurf jedes Zeichen in seiner Form so festlegen, daß feine Unterschiede in Strichlänge, Krümmung, usw. erhalten bleiben, um Ähnlichkeiten zu vermeiden." (CAKIR et al., 1980, S.98).
Für Punktmatrizen, die zur Darstellung von alphanumerischen Zeichen dienen sollen, ist also größtmögliche Feinheit wünschenswert. Die feinere Matrix gestattet es, dem Betrachter vertraute Zeichenformen besser darzustellen. Für die Darstellung von Groß- und Kleinbuchstaben wird die 5 x 7-Matrix als Minimalanforderung angesehen, günstiger ist natürlich eine 7 x 9- oder 9 x 13-Matrix (vgl. CAKIR et al., 1980) oder noch feinere Auflösung.

Höhe der Beschriftung:

Die Höhe von festangebrachter, sich nicht verändernder Beschriftung läßt sich nach GRANDJEAN (1971) mit der Formel berechnen:

Höhe der Beschriftung = (visuelle Distanz in mm) : 200.

Für eine Distanz von 70 cm ergibt sich daraus eine Beschriftungshöhe von 3,5 mm, bei 80 cm sind es 4,0 mm, bei 90 cm 4,5 mm.

Bei sich ändernden Zeichen ist eine Ziffernhöhe von mehr als 24 Bogenminuten günstig, vorausgesetzt, die Form, die Kontur und der Kontrast sind gut. Fällt einer dieser drei Faktoren ungünstig aus, so wird voraussichtlich die DIN-Empfehlung den Wertebereich 24 - 40 Bogenminuten umfassen (FNErg AA 4 Nr. 35, 1986). Die Berechnung der Beschriftungshöhe erfolgt dann nach der Vorschrift:

Höhe der Beschriftung = (visuelle Distanz in mm) x tan $\frac{\alpha}{60}$.

Hierbei ist α die Winkelgröße der Beschriftungshöhe in Bogenminuten. In Tabelle 5.5. sind einige Beispiele berechnet:

Tab. 5.5: Höhe der Beschriftung für verschiedene Sehentfernungen und Winkelgrößen:
- 18' für dauerhaft aufgebrachte Zeichen
- 24' für veränderliche Zeichen unter günstigen und
- 40' für veränderliche Zeichen unter ungünstigen Bedingungen

Sehentfernung	Winkelgröße Winkelminuten 18'	24'	40'
70 cm	3,67 mm	4,89 mm	8,15 mm
80 cm	4,19 mm	5,59 mm	9,31 mm
90 cm	4,71 mm	6,28 mm	10,47 mm

Proportionen:

Für schwarze Schriftzeichen auf weißem Grund empfiehlt GRANDJEAN (1971) die Proportionen:

Breite des Zeichens:	2/3 der Höhe
Schriftstärke:	1/6 der Höhe
Abstand zwischen zwei Zeichen, Minimum:	1/5 der Höhe
Abstand zwischen zwei Wörtern oder Zahlen:	2/3 der Höhe
Verhältnis von Klein- zu Großbuchstaben:	2/3 der Höhe der Großbuchstaben.

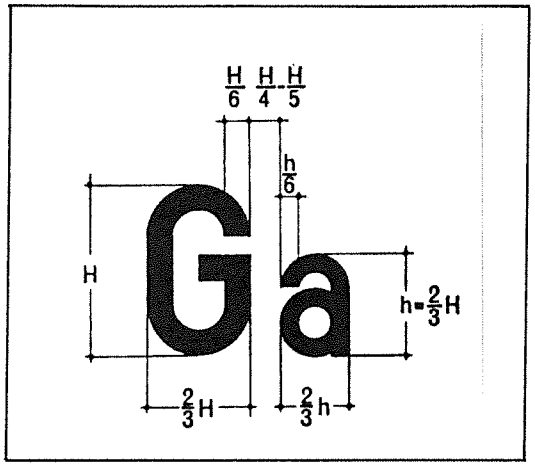


Abb. 5.21: Empfohlene Proportionen bei Schriftzeichen (aus GRANDJEAN, 1971, S.35)

Für weiße Zeichen auf schwarzem Grund ist eine geringere Schriftstärke erforderlich, da das helle Zeichen breiter wirkt (vgl. WOODSON & CONOVER, 1964). Es genügt eine Schriftstärke von 1/7 bis 1/8 der Höhe.

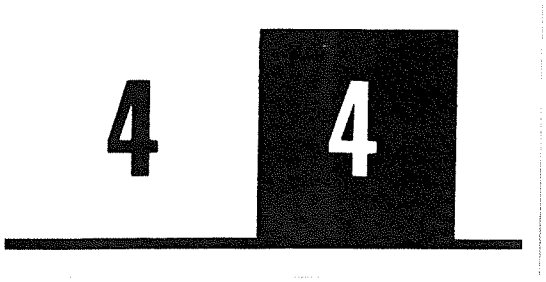


Abb. 5.22: Die Schriftstärke der beiden Zeichen wirkt gleich, doch ist die weiße Figur auf schwarzem Grund mit geringerer Strichstärke ausgeführt (aus WOODSON & CONOVER, 1964, S.2-10)

Positiv- und Negativdarstellung:

Dunkle Zeichen auf hellem Hintergrund (Abbildung 5.22, links) werden als Positivdarstellung bezeichnet, helle Zeichen auf dunklem Grund (Abbildung 5.22, rechts) als Negativdarstellung. Welche Faktoren in diesem Zusammenhang für die Wahrnehmung von Bedeutung sind, wurde in Kapitel 3.6. "Kontrast" ausführlich dargestellt.

Farben der Beschriftung:

In den ergonomischen Handbüchern werden nur die Farben schwarz und weiß besprochen, doch sind auch andere Farben denkbar:
Auf Grund der spektralen Empfindlichkeit des Auges kommen insbesondere die Farben Gelb, Grün, oder Gelbgrün für die Beschriftung in Betracht (vgl. 3.7.). Das Optimum für das hell- oder dunkeladptierte Auge liegt bei 534 Nanomter, was einem gelblichen Grün entspricht.
Berücksichtigt man die Ausdehnung des Farbengesichtsfeldes, so würde die Empfehlung für die gelbe Farbe lauten, da für sie das Farbengesichtsfeld bekanntlich größer ist (vgl. 3.10.).
Im Bereich der Bildschirmarbeitsplätze befaßt sich eine Untersuchung von RADL (1980) mit verschiedenen Farben. (Bildschirm auf CRT-Basis mit verschiedenen lichtemittierenden Beschichtungen und farbigen Plexiglas-

filtern, beleuchtet mit 500 Lux, keine Blendung, keine Reflexionen, Aufgabe: Übertragung eines Textes vom Blatt auf den Bildschirm.) Folgende Farben aus der DIN-Farbenkarte wurden verwendet:

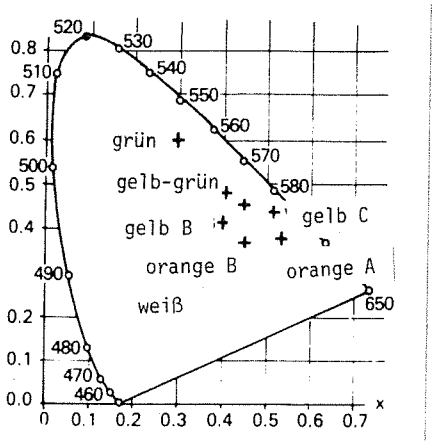


Abb. 5.23: In RADL's Untersuchung verwendete Farben aus der DIN-Farbenkarte (aus RADL, 1980, S.130)

Es ergeben sich folgende Ergebnisse:

Tab. 5.6: Prozentuale Veränderung im Buchstaben-Übertragungs-Test normiert auf die durchschnittliche individuelle Leistung bei allen Farben (nach RADL, 1980, S.131)

Farbe	Wert
gelb C (gelb mit bernsteinfarbenem Filter	+ 7,83 %
gelb A	+ 5,66 %
gelb B (weiß mit Filter)	+ 5,58 %
weiß	+ 1,83 %
grün	+ 0,91 %
orange A (weiß mit orangem F.)	- 4,91 %
orange B (gelb mit orangem F.)	- 16,50 %

Tab. 5.7: Präferenzen der Versuchspersonen für verschiedene Farben der Beschriftung, eingestuft auf einer Skala von 0 bis 10 (zehnstufig) (nach RADL, 1980, S.131)

Farbe	Präferenz	
gelb C	********	8.16
gelb A	*******	7,46
gelb B	*******	7,18
weiß	******	6,48
grün	*******	6,91
orange A	**	2,20
orange B	**	1,65

Unter dem Gesichtspunkt der Lesbarkeit ergeben sich zwischen den einzelnen Zeichenfarben nur geringe, meist nicht signifikante Unterschiede. Die Helligkeit und der Kontrast der Zeichen spielt für die Lesbarkeit eine wesentlich größere Rolle. Auf der subjektiven Seite gibt es hingegen große und signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Farben. RADL kommentiert die Ergebnisse dahingehend, daß farbige Filter, die vor einer Röhre mit weißem oder farbigem lichtemittierendem Phosphor plaziert sind, um die Bandbreite des Spektrums zu reduzieren, normalerweise keinen Vorteil brächten, da sie auch die Lumineszenz verringern. Empfehlen könne man nur Röhren mit Phosphoren, die die gesamte Energie des elektronischen Strahles in ein reduziertes Band innerhalb der gelb-grünen Region transformieren (1980, S.130f).

Farbe und Hintergrund:

In RADL's Untersuchung werden auch verschiedene Symbolfarben mit unterschiedlichen Hintergrundsfarben kombiniert. Aufgabe der Versuchspersonen ist, ein farbiges Rechteck auf einem TV-Monitor schnellst möglich zu entdecken und die Farbe zu benennen. Abbildung 5.24. zeigt die verwendeten Farben für Hintergrund und Symbole:

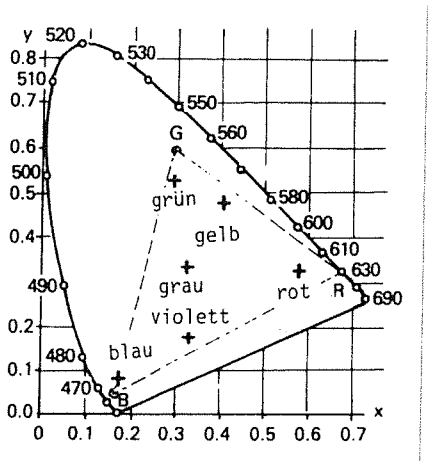


Abb. 5.24: Farben für Symbole und Hintergrund innerhalb des Standard-Farben-Diagramms (nach RADL, 1980, S.132)

Die Ergebnisse sind in Abbildung 5.25. dargestellt. Hier wird deutlich, daß auf die Farbkodierung und die Auswahl von Umgebungsfarben große Sorgfalt zu verwenden ist, denn je nach Hintergrund kann ein Zeichen mehr oder weniger gut erkannt werden.

Günstig, weil wenig fehlerbehaftet (Kriterium: Zeichen wird erkannt, Fehlerrate 0% ohne Klammer, bis zu 10% in Klammer), ist
- (blaue), grüne oder gelbe Farbe auf rotem Grund
- grüne oder gelbe Farbe auf blauem Grund

- rote, blaue oder violette Farbe auf grünem Grund
- rote, blaue oder violette Farbe auf gelbem Grund
- (blaue), grüne oder gelbe Farbe auf violettem Grund
- blaue, (grüne) oder gelbe Farbe auf grauem Grund

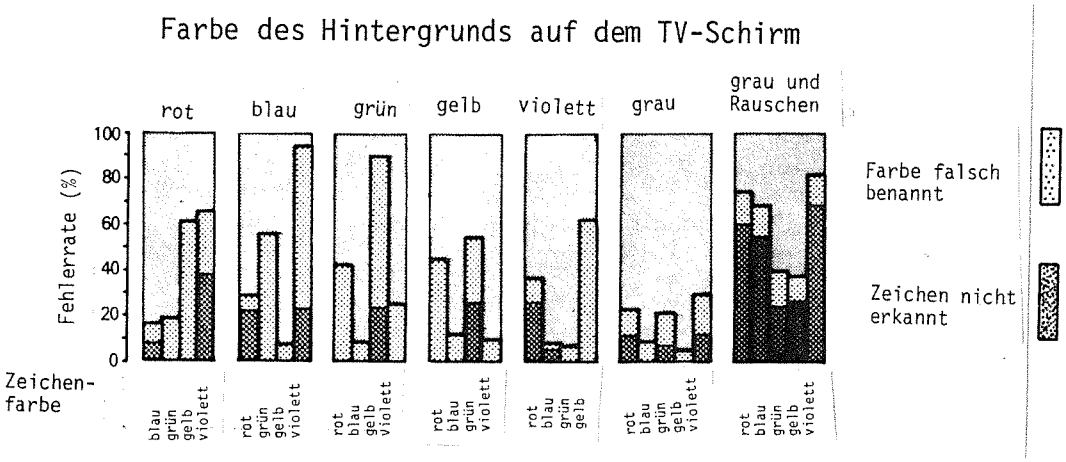


Abb. 5.25: Fehlerrate für verschiedene Farbvariationen von Zeichen und Hintergrund (nach RADL, 1980, S.133)

Wieviele Farben auf dem Display?

Die Empfehlungen von KREBS & WOLF (1979, S.12) beziehen sich zwar auf Bildschirmanzeigen im Flugzeugcockpit, doch dürften sie auch auf den Kfz-Bereich übertragbar sein. Sie lauten:

1. Verwende so wenig verschiedene Farben wie möglich.
2. Widerstehe der Versuchung, zusätzliche Farben zu verwenden, wenn sie in keiner Beziehung zu den Bedürfnissen des Benutzers stehen.
3. Auf dem Stand gegenwärtiger Literatur wird vorgeschlagen, nicht mehr als fünf Farben zu verwenden. Ein Optimum würde sicherlich die Verwendung von drei oder vier Farben darstellen.

Abbildung 5.26. zeigt folgende Beziehung: je mehr Farben Verwendung finden, desto schwieriger wird die Aufgabe für den Benutzer, jede Farbe zu identifizieren. Aus dem Farben"gewinn" folgt also negative Konsequenz.

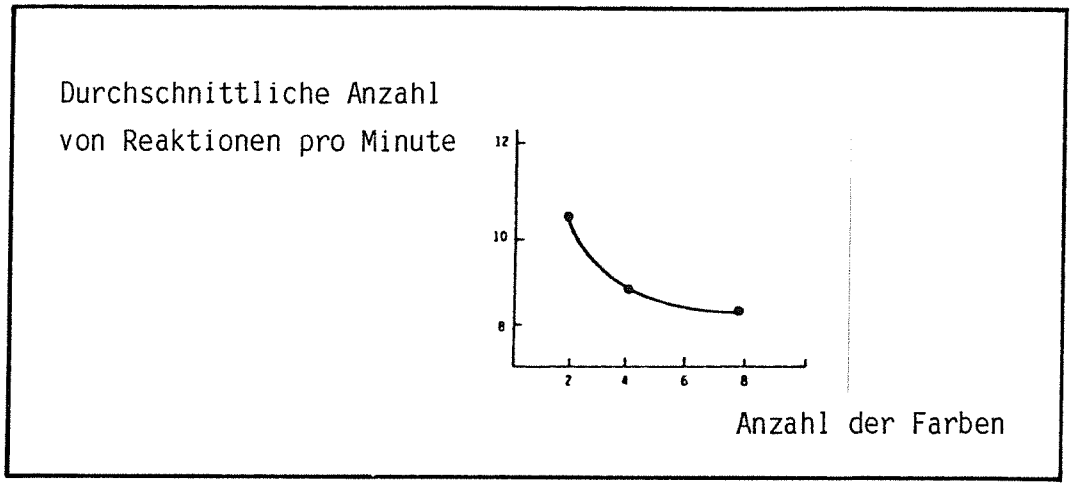


Abb. 5.26: Beziehung zwischen der Anzahl der Farben und der Geschwindigkeit der Identifizierung (angepaßt nach HITT, 1961, aus KREBS & WOLF, 1979, S.12)

Eine wichtige Rolle spielt allerdings auch die sinnvolle Zuordnung von Farbe und ihrer Bedeutung. KREBS & WOLF (1979) untersuchten in einer Studie (simulierte Cockpitsituation mit einer wichtigen Flugfunktion, dazu zweidimensionales Tracking) vier Bedingungen:

1. Die im Display verwendeten Zeichen sind farblich nicht kodiert.
2. In einem Drei-Farben-Display sind alle Zeichen und Skalen grün oder gelb. Rot wird nur verwendet, um anzuzeigen, wenn ein Wert in einen kritischen Bereich kommt.
3. In einem Drei-Farben-Display wird die Farbe dazu verwendet, Ähnliches in Gruppen zusammenzufassen (z.B. alle Skalen grün, alle alphanummerischen Zeichen rot, andere Zeichen gelb).
4. In einem Drei-Farben-Display hat die Farbe keine spezifische Funktion (z.B. einige Skalen waren grün, andere gelb, einige alphanumerische Zeichen waren grün, andere rot).

Am günstigsten schneidet die zweite Versuchsbedingung ab, bei der die Farbe Hinweisreize liefert. Am schlechtesten schneidet die Bedingung vier, "Farbe hat keine spezifische Funktion", ab. Die anderen beiden Versuchsbedingung liegen dazwischen.

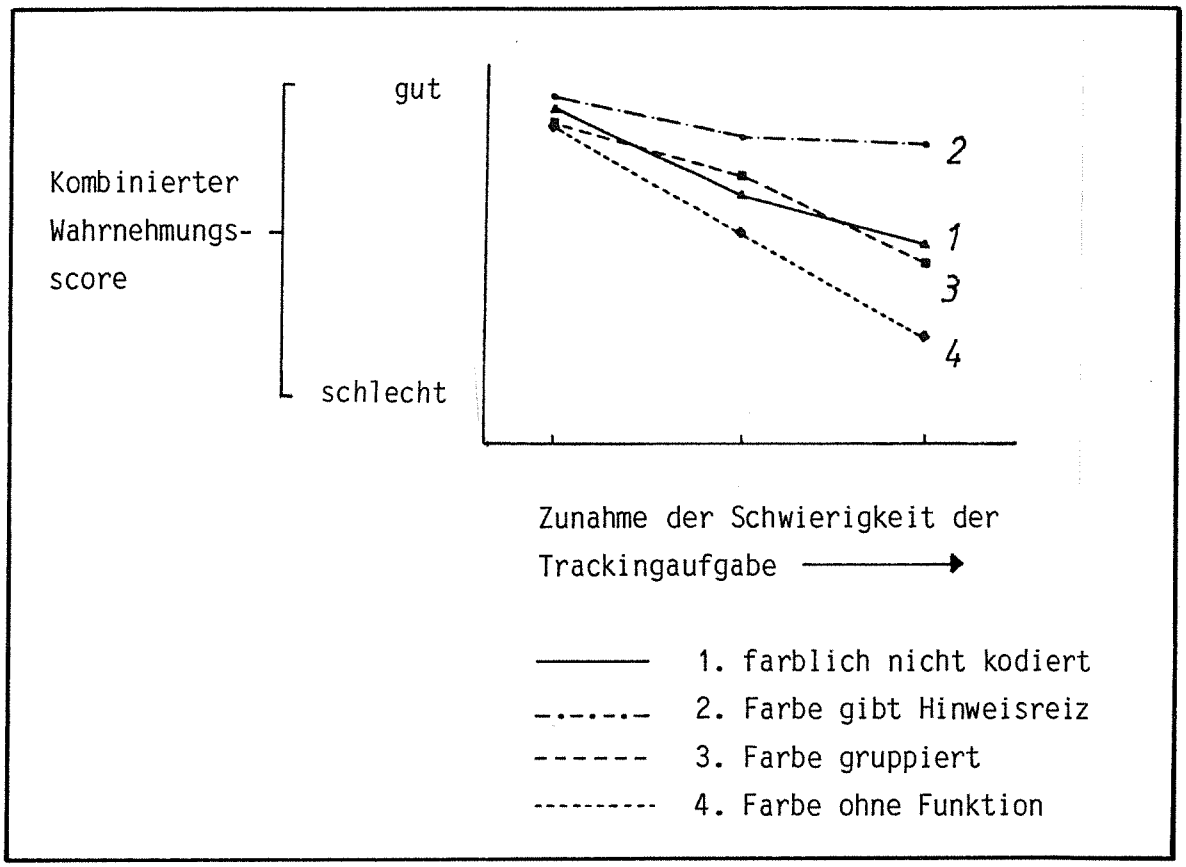


Abb. 5.27: Verlauf der Wahrnehmung mit zunehmender Aufgabenschwierigkeit für verschiedene Farbkodierungen (aus KREBS & WOLF, 1979, S.11)

Großschreibung:

Noch eine Anmerkung zur Großschreibung (alle Buchstaben eines Wortes werden groß geschrieben), die im Rahmen der neuen Technologien verstärkt um sich greift: Ein Wort, das mit einem Großbuchstaben beginnt und mit Kleinbuchstaben weitergeschrieben wird, ist erheblich leichter zu lesen, als ein Wort, das sich aus lauter GROSSBUCHSTABEN zusammensetzt.

Beschriftungsarten:

GREEN (1984) experimentierte mit den verschiedensten Beschriftungsarten. Unter Berücksichtigung der persönlichen Gewohnheiten der Versuchspersonen (z.B. der Tank ist subjektv leer, wenn er noch zu einem Viertel gefüllt ist) läßt sich, bezogen auf die Häufigkeit von Fehlern, folgende Beschriftungsrangreihe bilden:

Tab. 5.8: Fehlerwahrscheinlichkeit für verschiedene analoge und bildhafte Anzeigen für den Treibstoffvorrat (nach Daten von GREEN, 1984).

Bildhafte oder Analoge Skalenform:		
Rangplatz	Fehlerwahrsch.	Beschriftung
1	.061	0 - 1/2 - 1
2	.065	0 - F
3	.089	0 - 1/2 - 1/1
4	.111	Empty - 1/2 - Full
5	.112	Empty - Full
6	.117	R - F
7	.118	0 - R - F
8	.119	0 - 1/1
9	.121	0 - 1
10	.127	1/4 - 1/2 - 3/4
11	.132	0 - 2/4 - 4/4
12	.134	0 - 4/4
13	.151	E - F
14	.195	E - 1/2 - F
15	.204	○ ●

Tab. 5.9: Fehlerwahrscheinlichkeit bei verschiedenen Anzeige- und Beschriftungsarten, hier untersucht an der Anzeige für Treibstoff. Rangplatz 1 hat die wenigsten Fehler, usw. (nach Daten von GREEN, 1984, S.150).

Digitale Anzeigen:			
Rangplatz	Fehlerwahrsch.	Beschriftung	
1	.117	% Full	anstelle von "x" wird der entsprechende Wert eingesetzt
2	.139	x Miles to Empty	
3	.155	x Miles left	
4	.161	x/8	
5	.174	x Liters	
6	.191	x/16	
7	.215	x Gallons	
8	.253	x Kilometers to Empty	

Die einfache Gliederungsform "0 - 1/2 - 1" zeigt, wie Tabelle 5.8. verdeutlicht, die niedrigsten Fehlerwerte.

Wir können davon ausgehen, daß "1/2" auch vom mathematisch unbedarften Benutzer sofort verstanden wird. Anstelle von "1/1", das sich in moderneren Fahrzeugversionen gerade einzubürgern beginnt, sollte jedoch "1" geschrieben werden. Diese Information ist einfacher und klarer. (Schließlich käme auch niemand auf die Idee, anstelle von "0" den Bruch "0/0" zu setzen!).

Die digitalen Anzeigen beginnen mit einer höheren Fehlerwahrscheinlichkeit als die bildhaften oder analogen Skalen (vgl. Tab. 5.8. und 5.9.).

5.1.11. Zeigerformen

Herkömmliche Zeiger:

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß der Zeiger weder die Beschriftung, noch die Skalenmarkierung überdecken darf. Dieser Forderung gerecht zu werden gelingt auf zwei Arten:

- Entweder wird die Beschriftung auf die der Skala gegenüberliegende Seite plaziert,
- oder der Zeiger wird so kurz gestaltet, daß er die Beschriftung nicht verdeckt.

Allerdings argumentiert MURRELL (1965), Untersuchungsergebnisse von VERNON (1946) und CHURCHILL (1956) zitierend, die Zeigerspitze solle gerade bis zu den Teilstrichen der Skala reichen. Abbildung 5.30. verdeutlicht dies.

Ist die Skala wenig unterteilt (d.h. der Teilstrichabstand ist groß), so ist der Einfluß der Zeigerlänge sehr gering. Bei einer stark gegliederten Skala dagegen (z.B. Teilstichabstand A = 6 mm oder A = 13 mm), steigt die Anzahl falscher Ablesungen um so stärker, je weiter die Zeigerspitze von der Skala entfernt ist.

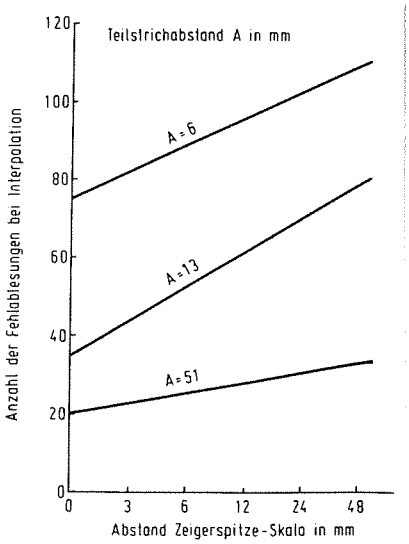


Abb. 5.28: Falsche Ablesungen in Abhängigkeit vom Abstand der Zeigerspitze zur Skala für die Teilstrichabstände (A = 6mm, A = 13mm, A = 51mm) (aus BERNOTAT, 1981, S.467)

Besteht das Ziel nun darin, dem Fahrer einen möglichst exakten Wert anzuzeigen, so wird die Entscheidung auf die erstgenannte Möglichkeit fallen, die Beschriftung an die Außenseite der Skala zu legen - selbst wenn damit gegen das "Gesetz der Geschlossenheit" (vgl. 3.12.) verstoßen wird. Genügt jedoch auch eine gröbere Angabe, so kann der Zeiger kürzer gestaltet werden und nur bis zu den Ziffern reichen.

Für die Ausführung der Zeigerbreite gibt es verschiedene Vorschläge:
- Zeigerbreite = Abstand zwischen zwei Teilstrichen (besonders für Skalen mit Feineinteilung).
- Zeigerbreite = Länge der Hauptmarken, multipliziert mit 0,3 (vgl. BERNOTAT, 1981).

Wie die Spitze des Zeigers ausgeführt sein soll, darüber gibt es keine einheitlichen Ausführungen:
- Nach GRANDJEAN (1971) soll die "Spitze" des Zeigers ebenso dick sein wie die Skaleneinteilung,
- BERNOTAT (1981) empfiehlt für die Zeigerspitze die V-Form, die Spitze solle einen Winkel zwischen 40 und 60 Grad beschreiben.

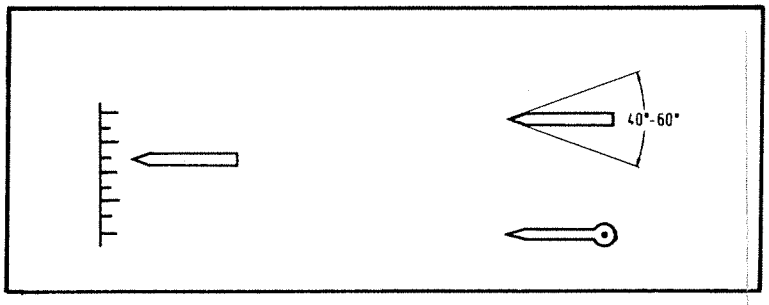


Abb. 5.29: Vorschläge zur Gestaltung der Zeigerspitze

Im Kraftfahrzeug verwendete Zeiger für Rundinstrumente sollen optisch von der Skalenmitte ausgehen, also nicht mit einem "Gegengewicht" ausgestattet sein. Dieser Vorschlag geht zurück auf Versuche von WHITE et al. (1953), zitiert in MURRELL (1965), die feststellten, daß bei einer 180-Grad-Skala weniger Verwechslungsfehler auftraten, wenn der Zeiger kein "Gegengewicht" hatte. Sollte es aus technischen Gründen nicht möglich

sein, den Zeiger in der Skalenmitte beginnen zu lassen, so muß das "Gegengewicht" des Zeigers unsichtbar gemacht werden (z.B. durch Einfärben in der Farbe der Skala).

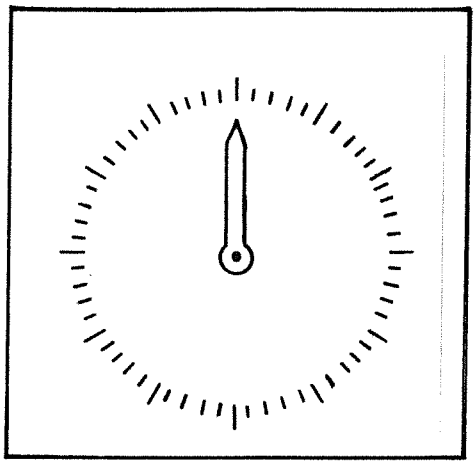


Abb. 5.30: Zeigergestaltung

Zur farblichen Abstimmung zwischen Zeiger, Skalenmarkierung und Skala betont MURRELL, die beste Leistung werde erreicht, wenn der Kontrast zwischen Skalenmarkierung, Zeiger und Skala maximal sei. Dies bedeute für gewöhnlich, daß das eine schwarz und das andere weiß sein solle. Ob schwarze Markierungen auf weißem Hintergrund oder das umgekehrte Arrangement besser sei, lasse sich aufgrund der uneinheitlichen Versuchsergebnisse nicht entscheiden. Er zitiert KUNTZ & SLEIGHT (1950) und NAYLOR (1954), die keine Unterschiede zwischen den beiden Alternativen feststellten, während PAPALOIZOS (1961) fand, helle Skalen würden mit signifikant weniger Fehlern gelesen als dunkle. MURRELL schlägt deshalb vor, unter normalen Sehbedingungen weißgrundige Skalen zu verwenden, da sich die visuelle Genauigkeit verschlechtere, wenn die Umgebung heller sei, als die Aufgabe selbst. Wenn jedoch Dunkeladaptation eine Rolle spiele, so schlage er die Verwendung schwarzer Skalen und weißer Markierungen vor. Um scharfe Kontraste zwischen Skala und Hintergrund zu vermeiden, sollten die schwarzen Skalen in dunkle Gehäuse eingebaut werden (nach MURRELL, 1965, S.197).

Beim Stand der Technik wäre nun denkbar, die Farbe des Hintergrunds und des Dargestellten je nach Beleuchtungsstand zu wechseln. Dem Vorzug, für jeden Beleuchtungsstand optimale Wahrnehmungsbedingungen zu liefern, stünde allerdings der Nachteil möglicher Störungen des Fahrers gegenüber: So wäre beispielsweise zu klären, wie "intelligent" ein derartiges System sein müßte, um bei sich ändernden Beleuchtungsbedingungen (Tunnel, "Aprilwetter" mit Sonnenschein und Gewitterwolken im Wechsel) nicht einen permanenten Farbwechsel zu verursachen. Diese und andere Fragen müßten empirisch überprüft und unter Extrembedingungen getestet werden, ehe ein derartiges System für die Praxis zugelassen werden könnte.

Ist ein Wechsel der Farben aus technischen oder psychologischen Gründen nicht sinnvoll, so sollte die Grundfarbe der Skalen und ihrer Umgebung aus o.g. Gründen dunkel gestaltet werden.

Zeiger und Skalenmarkierung sollen in derselben Farbe ausgeführt sein.

Zur Verhinderung von Parallaxenfehlern ist der Abstand zwischen Zeiger und Skala so gering wie möglich zu halten (vgl. BERNOTAT, 1981).

Segment-Bargraphen als Zeiger:

In Abbildung 5.31. ist eine Zeigerart, entstanden durch optoelektronische Anzeigentechnologie, dargestellt. Hier handelt es sich nicht mehr um einen Zeiger, der mechanisch an einer Skala vorbeigeführt wird, sondern um ein Segment bzw. eine Reihe von Segmenten, die einen Wert oder einen Wertebereich anzeigen sollen.
Von GREEN (1984) wird berichtet, daß Fahrer mit einer Reihe aufleuchtender Segmente mehr Probleme haben als mit einem einzelnen Segment. Der Unterschied in der Fehlerrate läge bei 10 %. Ein Problem zu- und abnehmender Segmentreihen dürfte auch die permanente Helligkeitsänderung darstellen, die vor allem in der Netzhaut-Peripherie zu Orientierungsreaktionen führt. Empirische Ergebnisse liegen hierüber bisher noch nicht vor.

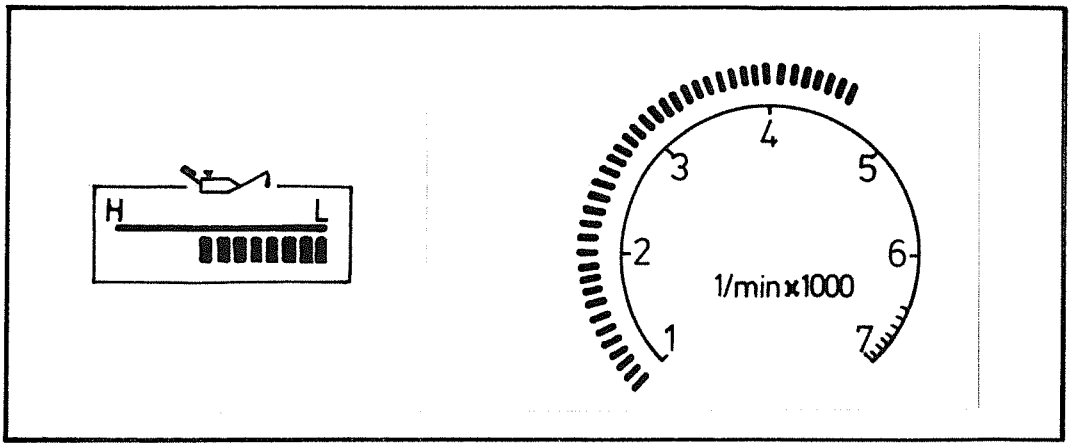


Abb. 5.31: Segment-Bargraphen als Zeiger

Bedeutung der Bewegungsrichtung von Zeigern:

Die Grundprinzipien der Bedeutung einer Bewegung sind im Anzeigenbereich recht einfach:

Rundinstrument, Zeiger nach rechts	=	Zunahme
horizontale Skala, Zeiger nach rechts	=	Zunahme
vertikale Skala, Zeiger nach oben	=	Zunahme

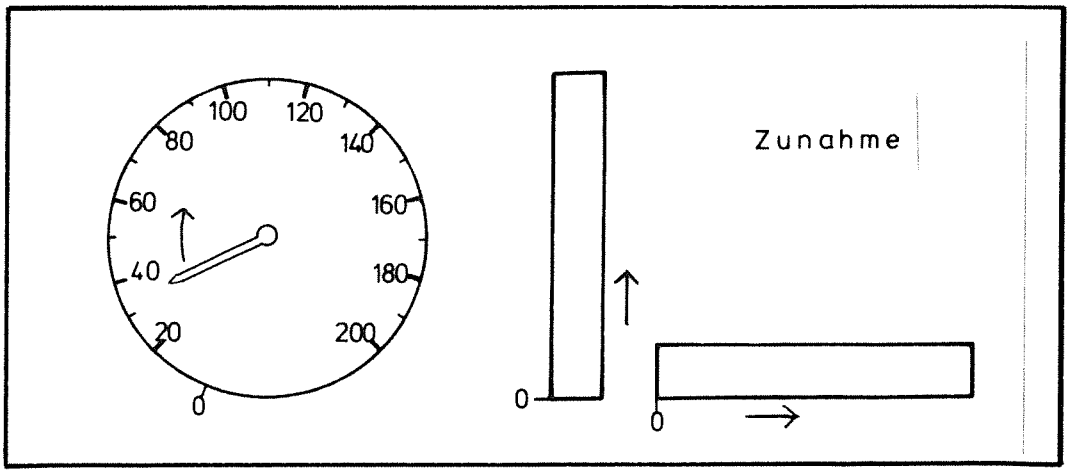


Abb. 5.32: Bedeutung der Bewegungsrichtung bei verschiedenen Skalen

5.1.12. Symbole

Graphische Symbole, auch Piktogramme genannt, bieten folgende Vorteile:
- Sie übermitteln die gewünschte Information wesentlich schneller, allerdings gilt dies nur unter der Bedingung, daß die Bedeutung des Piktogramms dem Fahrer bekannt ist.
- Sie benötigen wesentlich weniger Platz als ein Schriftfeld.
- Sie sind nicht sprachgebunden.

An Symbole stellen sich die Forderungen:
- Sie sollen eindeutig sein.
- Sie sollen selbsterklärend sein, d.h. der Betrachter soll intuitiv erfassen, was das Symbol bedeutet.

Probleme, die aus diesen Forderungen erwachsen, sind:
Je größer das Bedürfnis wird, den Fahrer zu informieren, je größer die Informationsmenge, desto umfangreicher wird das "Vokabular" der Symbolschrift. Da die Menge selbsterklärender und gut voneinander abgrenzbarer Zeichen sehr beschränkt ist, entsteht leicht eine eigene Symbolschrift, die ihrerseits wieder erlernt werden muß. Sie ist dann vergleichbar mit der Hieroglyphen-Schrift der alten Ägypter, die nur der fachlich Versierte richtig dekodieren kann, die den Laien aber hoffnungslos überfordert.

So fand bereits im Jahre 1972 Elizabeth HEARD (1974) in einer Untersuchung über 15 Piktogramme, durchgeführt in vier Ländern, eine Variationsbreite der richtigen Antworten zwischen 26 und 93 Prozent. Dies zeigt, daß manche der Symbole recht gut verständlich sind, andere jedoch in punkto Verständlichkeit sehr zu wünschen übrig lassen.

Selbst die Festlegung einer Norm kann diesem Problem nicht abhelfen:
So enthält etwa der DIN-Entwurf 70 005, Teil 2 (1985) **107** graphische Symbole, das sind viermal so viele Zeichen, wie das deutsche Alphabet Buchstaben umfaßt. Wer sollte dieses umfangreiche Bilder-Vokabular lernen und auf Dauer behalten, bei Bedarf ergänzen?

Dem wird allerdings entgegenzuhalten sein, daß beim Entwurf der Symbole eine bestimmte Systematik eingehalten wurde, so z.B. die Windschutzscheibe als gekürztes Kreissegment, die Heckscheibe eher als Rechteck, usw. Aber selbst wenn der Benutzer versteht, "dieses Symbol hat etwas mit dem Scheibenwischer zu tun", so muß er doch sehr genau prüfen: geht ein Strich durch die Abbildung, so bedeutet dies "Wischer", ein angedeuteter Spritzbrunnen bedeutet "Waschen", eine gestrichelte Linie über dem ganzen Gebilde bedeutet "Intervall", usw. Er muß also nicht nur das Symbol "Windschutzscheibe" erkennen, sondern auch eine ganze Bildgeschichte "lesen". Den Wert von Piktogrammen kann nur der Fahrer nutzen, der die übergeordnete Logik kennt und aus ihr die richtigen Schlüsse ziehen kann. Für den technischen Laien und naiven Benutzer ist dies sicherlich eine zu hohe Erwartung.

Lfd. Nr	Form	Benennung	Reg.-Nr nach DIN 30 600	Symbol-Nr nach ISO 7000 IEC 417
36		Flüssigkeitsstand des Scheibenwischers E: level of windscreen washer liquid F: niveau de reservoir de lave-glace	3126	
37		Heizung und Belüftung der Heckscheibe E: rear window demisting and defrosting F: chauffage et aération de la lunette arrière	0487	0636
38		Scheibenwischer der Heckscheibe E: rear window wiper F: essuie-glace de la lunette arrière	3127	0097
39		Scheibenwascher der Heckscheibe E: rear window washer F: lave-glace de la lunette arrière	3128	0099
40		Scheibenwischer und -wascher der Heckscheibe E: rear window wiper and washer F: essuie-glace/lave-glace de la lunette arrière	3129	0098
41		Flüssigkeitsstand des Heckscheibenwaschers E: level of rear window washer liquid F: niveau de liquide de lave-glace de la lunette arrière	3130	
42		Intervall-Scheibenwischer der Heckscheibe E: rear window wiper intermittent F: essuie-glace intermittent de la lunette arrière	3131	
43		Seitenscheibenheizung E: lateral window heating F: chauffage des glaces laterales	3132	

Lfd. Nr	Form	Benennung	Reg.-Nr nach DIN 30 600	Symbol-Nr nach ISO 7000 IEC 417
31		Heizung und Belüftung der Windschutzscheibe E: windscreen demisting and defrosting F: chauffage et aeration du pare-brise	0482	0635
32		Scheibenwischer der Windschutzscheibe E: windscreen wiper F: essuie-glace du pare-brise	0247	0086
33		Scheibenwascher der Windschutzscheibe E: Windscreen washer F: lave-glace de pare-brise	0359	0088
34		Scheibenwischer und -wascher der Windschutzscheibe E: windscreen wiper and washer F: essuie-glace/lave-glace du pare-brise	0358	0087
35		Intervall-Scheibenwischer E: windscreen wiper intermitent F: essuie-glace du pare-brise intermittent	3125	0647
44		Rückblickspiegelheizung E: exterior rear view mirror heating F: chauffage du retroviseur exterieur	3133	
45		Rückspiegel-Verstellung E: exterior rear view mirror adjustment F: reglage de retroviseur exterieur	3134	

Abb. 5.33: Graphische Symbole zum Thema "Sicht" (aus DIN 70 005, Teil 2, Entwurf, 1985)

Symbol oder Text?

Wen wundert es, wenn bei all diesen Problemen immer wieder die Forderung auftritt, die Information mittels Text kund zu tun (z.B. METZLER et al., 1981). ELSHOLZ & BORTFELD (1978) prüfen experimentell, ob es günstiger ist, mit Text oder mit Symbolen zu beschriften. Dazu präsentieren sie per Dia ein Wort oder ein Symbol (max. Projektionszeit 30 sec), und die Versuchsperson soll mitteilen, was das Dargebotene bedeutet oder welche Assoziation sie hat.
Tabelle 5.10. zeigt, in welchen Fällen sich das Symbol als günstiger erwies (Kriterium: 75 % richtige Identifikation der Funktionsgruppe und der exakten technischen Funktion), in welchen Fällen Symbol und Text gleichermaßen gut abschnitten und in welchen Fällen das Wort günstiger war.
Das bessere Abschneiden einiger Symbole in diesem Test verwundert zunächst, denn die Symbole hatten, genau genommen, die schlechteren Chancen: Wird z.B. das Wort "Warnblinkanlage" angeboten, so kann der Proband das Wort einfach ablesen - und präsentiert damit die richtige Antwort. Sieht er jedoch ein Dreieck, so muß er erst einmal überlegen, was dies bedeuten könnte, an welcher Stelle das Zeichen in seinem Fahrzeug angebracht ist, usw. Ein Wort zu lesen und auszusprechen ist eine vollkommen andersartige Aufgabe, als ein Piktogramm richtig zu interpretieren. Eine genauere Inspektion der Daten zeigt aber, daß Probleme mit der Wortdarstellung vor allem bei sehr technischen und ungewohnten Begriffen wie "Frontklappe" oder "Heckklappe" auftraten. Wären die Begriffe durch die technisch nicht ganz korrekten Begriffe "Motorhaube" oder "Kofferraumdekkel" ersetzt worden, so sähe das Ergebnis sicher anders aus. Spricht dies nun vollkommen gegen symbolische Darstellungen und für Darbietung von entsprechend alltagssprachlich formulierten Texten? Sicherlich nein. Es ist beispielsweise denkbar, daß die Erkennungszeit für ein (bekanntes oder intuitiv eingängiges) Piktogramm kürzer ist als die Ablesezeit für ein Wort, was in der Untersuchung von ELSHOLZ & BORTFELD nicht geprüft wurde. In diesem Falle wäre es, gerade unter dem Gesichtspunkt der Ablenkung vom Verkehrsgeschehen, günstiger, das Piktogramm zu verwenden. Das Kriterium sollte also nicht die "Ablesezeit" sein, sondern die geringere

Tab. 5.10: Gute Verständlichkeit bei Symbol und/oder Wort ist mit einem "x" gekennzeichnet (nach Daten von ELSHOLZ & BORTFELD, 1978)

Bedeutung	Symbol günstig	Text günstig
Motorkühlmitteltemperatur	x	
Scheibenwischer der Windschutzscheibe	x	
Scheibenwascher der Windschutzscheibe	x	
Frontklappe	x	
Heckklappe	x	
Motoröl	x	x
Sicherheitsgurt	x	x
Fahrtrichtungsanzeiger	x	x
Fernlicht	x	x
Parkleuchte	x	x
Hupe, Horn	x	x
Kraftstoff	x	x
Scheibenwischer und -wascher	x	x
Warnblinkanlage		x
Luft		x
Temperatur		x
Öl		x
Feststellbremse		x
Starterklappe (Choke)		x
Nebelscheinwerfer		x
Scheinwerferreinigung		x
Fensterheber		x
Heizung und Belüftung der Heckscheibe		x
Zigarettenanzünder		x
Schiebedach		x

Ablenkung. Ein Wort, besonders ein langes, oder gar ein Statement oder Satz bindet, so ist zu vermuten, mehr Aufmerksamkeit, als ein einzelnes Zeichen. Das entscheidende Kriterium zur Bewertung von Texten oder Symbolen ist daher, welche Informationsdarstellung mit möglichst geringer Ablenkung zur adäquaten Handlung führt.

Die Frage, ob nur Symbole oder nur Text verwendet werden soll, ist somit nicht einfach zugunsten des einen oder anderen zu beantworten, sondern muß im Einzelfall geprüft werden.

Anforderungen an Symbole:

Wir stellen folgende Maxime auf:
Nach Möglichkeit ist mit Symbolen zu arbeiten,
- die einfach und klar gestaltet sind (nicht zu diffizil ausgeformt),
- ihren Sinn spontan erkennen lassen (auch dem technisch nicht Versierten = selbsterklärend),
- sich gut voneinander unterscheiden (eindeutig)

Für die Unterscheidbarkeit versuchen GEISELMAN et al. (1982) einen Index zu entwickeln (allerdings ist ihr Untersuchungsgegenstand die Symbole der Armee). Sie stellen fest, daß die äußeren Linien des Symbols den größten Einfluß auf die Unterscheidbarkeit ausüben. Übertragen auf das Beispiel "Heckscheibenwischer" wäre dies das abgerundete "Rechteck".

Für die empirische Überprüfung der Eindeutigkeit und Selbsterklärungsfähigkeit bieten sich verschiedene Methoden an. Die Methode von ELSHOLZ & BORTFELD (1978) wurde bereits diskutiert.
Man könnte auch verschieden gestaltete Symbole desselben Inhalts miteinander vergleichen, wie McCORMACK (1974), und so die besten herausfiltern.
Eine weitere Untersuchungsart ist die Erstellung von Konfusionsmatrizen: Hier wird verglichen, welches Symbol mit welchem anderen verwechselt wird (z.B. GREEN & PEW, 1978 , HEARD, 1974)

Bei der Fülle der bereits existierenden Symbole ist es vermutlich sinnvoller, den Bestand kritisch durchzuforsten, als wiederum neue Symbole zu kreieren. Sollte dieses Bedürfnis dennoch aufkommen (etwa bedingt durch neue zu übermittelnde Information), so sei zur Anregung auf die Verfahrensweise von GREEN (1979), der von Benutzern "Entwürfe" erstellen läßt, oder auf DREYFUSS' Symbolsourcebook (1972) verwiesen. Bei diesem Werk handelt es sich um eine nahezu unerschöpfliche Quelle gängiger Symbole. Da die meisten Untersuchungen zu Piktogrammen in den 70er Jahren durchgeführt wurden, ist allerdings auch denkbar, daß bei den Kraftfahrern zwischenzeitlich ein Lernprozeß eingesetzt hat und sie über ein umfangreicheres Repertoire dieser "Bildersprache" verfügen. Dies soll in Kapitel 6. "Defizitanalyse zu Piktogrammen" geprüft werden.

Welche Maßnahmen sind zu ergreifen, wenn das "Vokabular" der "Bildersprache" gering ist, die Informationsaufnahme über Text zu viel Aufmerksamkeit abzieht, die Information aber für so wesentlich erachtet wird, daß sie dem Fahrer unbedingt vermittelt werden soll?
In diesem Fall sei auf die in 5.1.2. erwähnten Sprachausgaben verwiesen, die bei optimaler Gestaltung gute Anwendungsmöglichkeiten bieten, ohne sich negativ auf die Verkehrssicherheit auszuwirken.

Größe und Darstellungsform von Symbolen:

Symbole sollen deutlich größer ausgeführt sein als Buchstaben oder Ziffern.
SIMMONDS (1974) experimentiert mit Symbolen in verschiedener Größe: 2, 3, 5, 8, 12, 18, 25 mm Durchmesser (jedes Symbol ist von einem Kreis umrandet, die Messung bezieht sich auf den Kreisdurchmesser). Die Aufgabe der Versuchspersonen besteht darin, ein auf der linken Seite dargebotenes Symbol aus einer in der Mitte dargestellten Menge von neun Symbolen herauszufinden (Beleuchtungsstärke 5 Lux, n=16). Für den Bereich 2 mm bis 18 mm gilt die Aussage: Je größer das Symbol, desto höher der Prozentsatz richtiger Antworten. Ab diesem Wert zeigt die Kurve einen asymptotischen Verlauf.

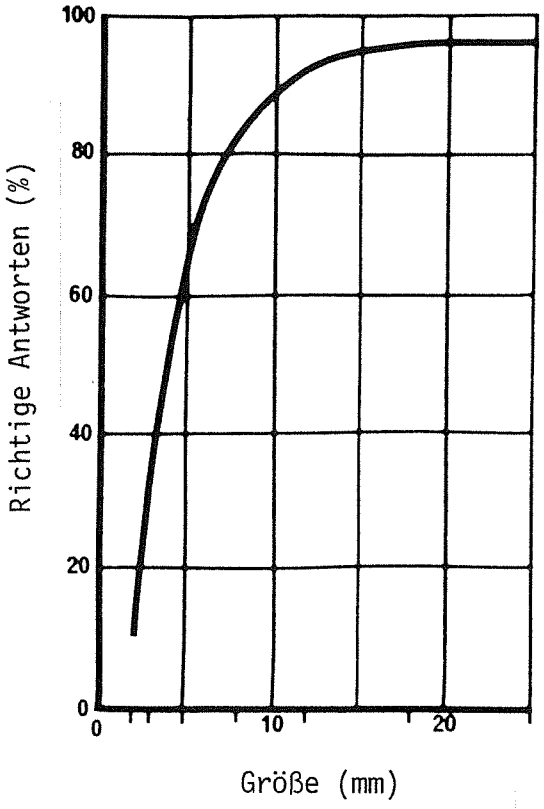


Abb. 5.34: Prozentsatz richtiger Antworten in Abhängigkeit von der Größe des Symbols (gemittelt über 24 Symbole) (aus: SIMMONDS, 1974, S.3)

KRAISS (1972) empfiehlt für Symbole bei Bildschirmdarstellung einen Sehwinkel von 30 bis 50 Bogenminuten.
Leider ist nicht zu überprüfen, ob die beiden Empfehlungen übereinstimmen, da in SIMMOND's Publikation nicht mitgeteilt wird, welcher Abstand zwischen Symbol und Versuchsperson liegt. Geht man davon aus, daß es sich um einen fahrzeugüblichen, also um 70 - 90 cm, handelt, so entspräche dies 60 - 90 Bogenminuten.

Werden die Symbole in einer 32 x 32 Punkte-Matrix, in Form der ISO-Norm, dargestellt, so ergibt sich für die Lesbarkeit kein Unterschied gegenüber der normalen Darstellung (GALER et al., 1983).

Ebenso wie Buchstaben oder Ziffern sollen Symbole aufrecht stehen. Je größer der Winkel, in dem ein Symbol gedreht wird, desto höher wird die Reaktionszeit auf das Symbol, wie GREEN & DAVIS (1976) zeigten.

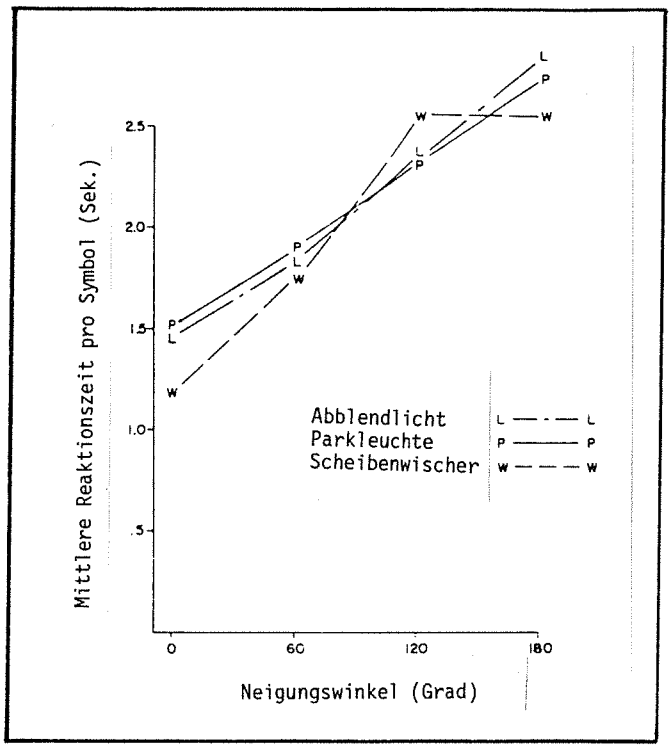


Abb. 5.35: Reaktionszeit auf ein Symbol bei verschiedenen Neigungswinkeln (aus GREEN & DAVIS, 1976, S.182)

Die Frage, ob ein Symbol auf weißem oder auf schwarzem Hintergrund besser sichtbar ist, läßt sich nicht klar beantworten. Aus SIMMOND's Untersuchung (1974) ergaben sich zwar keine signifikanten Unterschiede für die beiden Bedingungen, doch zeigen sich in der Varianzanalyse signifikante Interaktionen zwischen Symbol und Hintergrund, was bedeutet, daß einige Symbole auf dunklem Hintergrund, andere besser auf hellem Hintergrund erkannt werden. Die günstigere Konstellation muß also im Einzelfall geprüft wer-

den. Sie dürfte von den Flächenanteilen von Figur und Hintergrund des jeweiligen Symbols abhängen.

5.1.13. Farbkodierung

Farbliche Kodierung ist am effektivsten,

- wenn eine spezifische Bedeutung mit der Farbe in Verbindung gebracht wird (z.B. rot = Gefahr)
- wenn sie mit anderen Methoden, die zur Unterscheidung dienlich sind (z.B. Beschriftung, Form, Größe und Plazierung eines Elements), abgestimmt ist.

Generell sollten nur fünf Farben zur Kennzeichnung von Elementen verwendet werden: rot, orange, gelb, grün und blau (vgl. CHAPANIS & KINKADE, 1972).

Bei der Farbmarkierung ist zu berücksichtigen, daß sich bestimmte Bedeutungen eingebürgert haben:

Tab. 5.11: Zusammenhang zwischen Farbe und Bedeutung

Farbe	Bedeutung
rot	Gefahr
orange	Gefahr
gelb	Achtung
grün	normaler Betrieb
blau	Fernlicht ist in Betrieb

Während bei Warn- oder Kontrolleuchten diese Farbkodierung inzwischen von allen Herstellern eingehalten wird, finden sich bei bildhaften oder analogen Anzeigen immer wieder Regelverletzungen: so zum Beispiel bei einem Tachometer (Hintergrund dunkel, Skaleneinteilung und -beschriftung weiß, Zeiger rot). Aus Sicherheits- und Wahrnehmungsgesichtspunkten ist kein vernünftiger Grund für diese Zusammenstellung erkennbar. Die Zeiger sollen keine Warnfunktion ausüben, und auch für die Wahrnehmbarkeit ist dieses Farbenspiel ungünstig, denn, wie bereits besprochen, ist die

Brechkraft des menschlichen Auges abhängig von der Wellenlänge des Lichts (vgl. 3.8. Chromatische Aberration). Skalenbeschriftung und Zeiger erfordern somit unterschiedliche Einstellung des Auges - ein Effekt, der vermutlich in dieser Weise nicht beabsichtigt war.

5.1.14. Beleuchtung von Anzeigen

Die Beleuchtung von Armaturen (herkömmliche Zeigerinstrumente) wurde von GALER & SIMMONDS (1985) untersucht (vgl. auch GALER, 1984). Getestet wurden fünf Farben: Blau-Grün, Rot, Grün, Orange und Gelb (Anmerkung: alle Farben beinhalten verschiedene Wellenlängen, nicht monochromatisches Licht) unter Nachtsichtbedingungen in einem Fahrstand. Hinsichtlich der Lesbarkeit und des Instrumentengebrauchs ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Beleuchtungsbedingungen.
In den subjektiven Einschätzungen der 80 Versuchspersonen schnitt Blau-Grün am Besten ab: es sei am leichtesten zu lesen, die Geschwindigkeit sei bei dieser Beleuchtung gut einzuschätzen, es lenke am wenigsten ab, sehe gut aus und würde im eigenen Fahrzeug bevorzugt.
In der Gunst der Beurteiler steht Gelb an zweiter Stelle, es wird auch von Personen, deren Farbensehen gestört ist, präferiert. Rot steht an letzter Stelle.

Bei dieser Untersuchung überraschen zwei Ergebnisse:
- Zum einen das Fehlen objektiv feststellbarer Unterschiede zwischen den verschiedenen Beleuchtungsarten,
- zum anderen das subjektiv schlechte Abschneiden der Farbe Rot.

Bereits in Kapitel 3.7. "Adaptation" berichteten wir über ADRIAN's Empfehlung, zur Instrumentenbeleuchtung langwelliges Rotlicht zu verwenden. Die Farbe Rot regt nur das Zapfensehen an und läßt die Stäbchen unbehelligt. "D.h., Rot stört die Dunkelanpassung des Auges kaum, macht aber die Informationen auf Instrumenten sichtbar. Nach ADRIAN darf rotes Licht mit 57fach größerer Lichtdichte scheinen als weißes, um eine gleichartige Blendung hervorzurufen. Auch die Sehschärfe leidet nachts bei rotem Licht kaum, weil es die Nachtkurzsichtigkeit kompensiert. In rotem Licht kann man adaptieren. Es erlaubt außerdem eine rasche Readaptation und erzeugt im Vergleich zu anderen Lichtfarben auch einen geringeren Simultankontrast." (HERGET, 1982, S.8).

Gründe für die Diskrepanz zwischen Theorie und experimentellen Ergebnissen von GALER & SIMMONDS dürften im experimentellen Design liegen. Die Vpn mußten eine Trackingaufgabe mit einem Bildschirm erfüllen, und die Umgebungshelligkeit im Versuchsraum betrug maximal 100 lux. Probleme wie "Blendung durch entgegenkommende Fahrzeuge", die für realistische Nachtfahrten wesentlich sind, traten nicht auf. Der Vorteil von roter Skalenbeleuchtung konnte unter diesen Versuchsbedingungen wahrscheinlich nicht zum Tragen kommen. Interessant an der Studie ist aber die subjektiv so negative Einschätzung der Farbe Rot für Skalenbeleuchtung, zeigt sie doch wieder einmal die Diskrepanz zwischen sicherheitsorientierter Bewertung und geschmacklicher Bewertung von Anzeigeelementen.

Bezüglich einer Variation der Beleuchtungsstärke ergeben sich nach SAUTER & KERCHAERT (1972) Unterschiede zwischen jüngeren und älteren (über 45 Jahre) Kraftfahrern: Eine Reduktion der Sichtbarkeit hat für die Älteren wesentlich negativere Folgen.

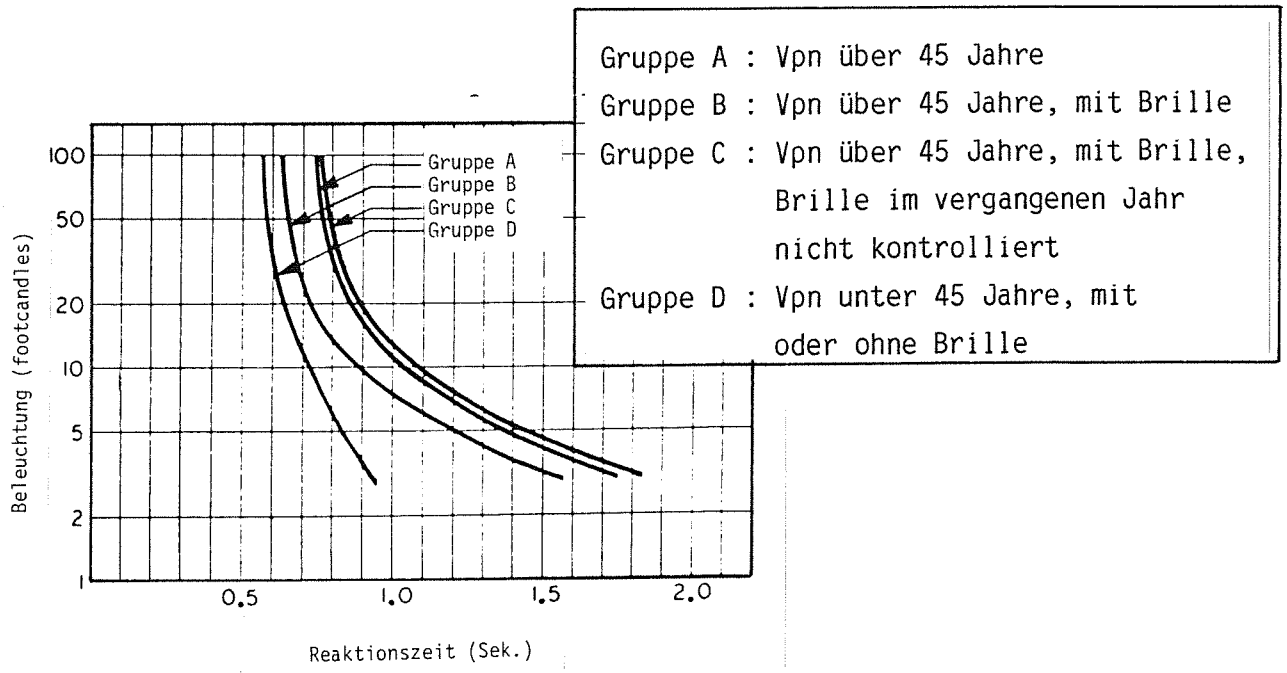


Abb. 5.36: Reaktionszeiten in Abhängigkeit von der Beleuchtung der Armaturentafel für verschiedene Gruppen.
(aus SAUTER & KERCHAERT, 1972, S.7)

5.1.15. Die Anordnung verschiedener Anzeigen zueinander

Statistische Methode:

Eine statistische Methode zur Anordnung von Anzeigen auf dem Armaturenbrett stellt WIERWILLE (1981) vor:

1. Die Fixierungswahrscheinlichkeit p_i für jedes Instrument i im Arrangement ist experimentell festzulegen.
2. Die relative Wichtigkeit M_i eines Instrumentes i ist von Experten festzulegen. Diese Wichtigkeitseinschätzung ist zu normieren durch die Gleichung:

$$m_i = M_i : \sum_{i=1}^{N} M_i .$$

3. Das Zentrum der Instrumententafel wird bestimmt und es wird festgelegt, wo die N Instrumente plaziert werden können. Es wird vorausgesetzt, daß für N Instrumente auch N Positionen auf der Instrumententafel möglich sind.
4. Es wird ein Kriterium entwickelt, das die gewichtete Wichtigkeit und die gewichtete Ablesehäufigkeit, multipliziert mit dem Abstand einer jeden Anzeige zum Zentrum berücksichtigt:

$$Q_{ai} = \{ \beta p_i + (1 - \beta) M_i \} \; d_{ai} .$$

   In dieser Gleichung ist β eine relative Gewichtungskonstante ($0 \leqslant \beta \leqslant 1$), die vor der Optimierung festgelegt werden muß.
   d_{ai} ist der Abstand des Instruments i vom Zentrum der Instrumententafel des Arrangements a.
   Q_{ai} ist der Kriteriumswert für Instrument i für die Anordnung a.
5. Durch Summieren über alle Instrumente erhält man das Kriterium.

$$Q_a = \sum_{i=1}^{N} Q_{ai} .$$

   Für jede Anordnung a erhält man einen bestimmten Wert Q_a .

Die beste Anordnung besteht dann, wenn Q_a ein Minimum erreicht hat.

WIERWILLE schlägt als praktikable Lösung vor, das Instrument mit dem größten Wert aus der Kombination von Wichtigkeit und Fixierungshäufigkeit so zu plazieren, daß der Abstand zum Zentrum der Armaturentafel minimal wird. Das Instrument mit dem zweitgrößten Wert soll in der zweiten Position plaziert werden, usw.

WIERWILLE's Modell versucht, die Einteilung der Anzeigen, die bisher mehr oder weniger vom "guten Augenmaß" abhing, zu formalisieren und so eine Grundlage für objektve Messungen zu schaffen.
Allerdings, so ist kritisch anzumerken, fließt in die Berechnung als subjektives Element das "Expertenrating" ein. Der Ansatz ist also nicht so objektiv, wie er aufgrund der Formalia vermuten ließe. Dennoch gibt er interessante Anregungen, die im weiteren berücksichtigt und ergänzt werden sollen.

Deskriptive Vorgehensweise:

Aus der Sicht der Verkehrssicherheit stellt sich die Forderung:

Die wichtigste Anzeige auf den besten Platz.

Diese Forderung wirft zwei Fragen auf:
- Welche Anzeige ist die wichtigste?
- Welches ist der beste Platz?

Um die Wichtigkeit einer Anzeige zu klären, wird einerseits eine Prioritätenlogik entwickelt, die den Sachverhalt aus dem Blickwinkel der Verkehrssicherheit zu klären sucht; sie ist in 5.4. dargestellt.
Andererseits ist geplant, auch eine Untersuchung zur subjektiven Wertigkeit durchzuführen, die erfassen soll, welche Elemente aus der Sicht des Benutzers wichtig sind.

Was nun den "besten Platz" betrifft, wäre wohl nach allem, was bisher über Wahrnehmung gesagt wurde, zu vermuten: möglichst zentral auf der Armaturentafel. Welche Schlüsse lassen experimentelle Untersuchungen zu?

SAUTER & KERCHAERT (1972) versuchen experimentell zu klären, ob die mittlere Position auf der Armaturentafel günstiger ist als die linke oder die rechte (Darbietung der Reize in einem Winkel von 20 Grad unterhalb der normalen Sichtlinie). Die Daten zeigen zwar eine eindeutige Tendenz zur Verkürzung der Reaktionszeit (Knopfdruck bei Erkennen des Reizes), wenn der Reiz in der Mitte auftritt, doch scheint die Differenz statistisch nicht signifkant zu sein, da die Autoren folgern, die Position des Reizes beeinflusse die Erkennungsleistung nicht ernsthaft.

Ziel einer ergonomisch günstigen Anordnung von Anzeigen ist, den Aufwand des visuellen Abtastens so gering wie möglich zu halten: eine Sakkade sollte genügen, um die gewünschte Information aufzufinden (vgl. 3.2.). Dies impliziert aber auch den Verzicht auf unnötige, in der momentanen Fahrsituation nicht unbedingt erforderliche Informationen.

Das Motto lautet:

- Besser wenig Information, dieses Wenige aber optisch gut ausgestalten und "leicht verdaulich" darbieten.

Als Fehlentwicklung muß in diesem Zusammenhang die Tendenz bezeichnet werden, alle Informationen, die möglich sind (dank Mikroprozessortechnologie), auch an den Mann zu bringen. In diese Richtung geht beispielsweise der Vorschlag von GREENE & SENDELBACH (1980), eine alphanumerische Uhr, die die Funktionen Stunden, Minuten, Sekunden, Wochentag, Datum,... in sich vereinigt, eine Anzeige, die die tatsächlich gefahrene Wegstrecke mit der geschätzten Entfernung vergleicht, usw. ins Fahrzeug einzubringen. Wozu, so fragen wir uns, benötigt der Fahrer die Sekunden-Information, wozu soll der angesprochene Vergleich dienen? Dem entspannten Fahren sicherlich nicht!

Die Reduktion auf das Wesentliche birgt zudem einen außerordentlichen Vorteil: der Prozentsatz, mit dem Dargestelltes (in Abbildung 5.37. z.B. die Zeigerstellung eines Tachometers) richtig erkannt wird, ist wesentlich höher, was sich besonders drastisch auswirkt, wenn der Winkel zwischen horizontaler Sehachse und Anzeige größer wird.

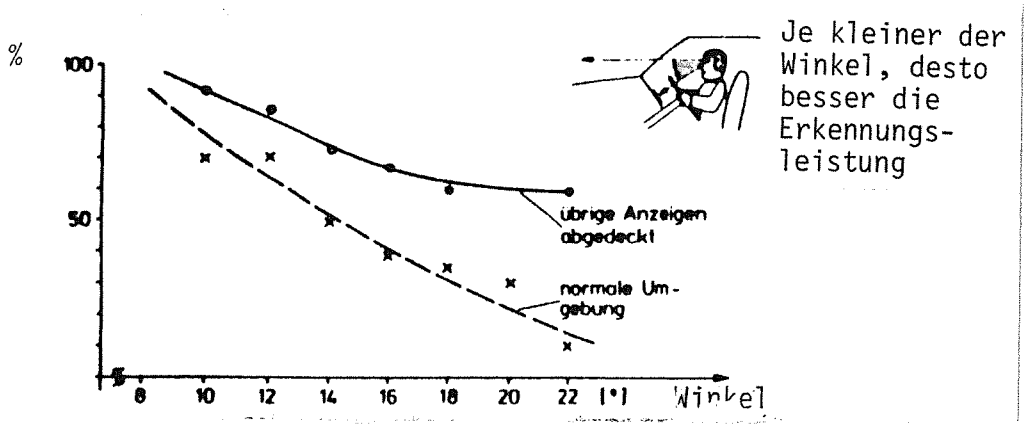


Abb. 5.37: Periphere Wahrnehmung der Zeigerstellung des Tachometers in Abhängigkeit vom Winkel zwischen der horizontalen Sehachse und der Blickrichtung zum Tachometer (aus GEISER et al., 1984, S.300)

Um zu erfahren, wie viel (genauer gesagt: wie wenig) Information als noch ausreichend empfunden wird, werden wir Kraftfahrer befragen.

Sind mehrere Aussagen zu vermitteln, die sich in gleichartigen Skalen darstellen lassen, so sind diese Skalen zu Funktionsgruppen zusammenzufassen.
Greifen wir zur Veranschaulichung das oben angesprochene Problem der Berücksichtigung zweier Kriterien (Bewegung des Zeigers, Markierung des kritischen Bereichs) auf: In Form einer Quadrant-Skala oder einer Querskala soll der Stand von Öl, Treibstoff, Öltemperatur und Wassertemperatur angezeigt werden. Bezogen auf die Füllmenge von Öl und Treibstoff liegt der kritische Bereich auf der linken Skalenseite (die kritische Größe ist zu wenig Öl, zu wenig Treibstoff). Dagegen liegt der kritische Bereich bei der Öl- oder Wassertemperatur auf der rechten Skalenseite (zu hohe

bei der Öl- oder Wassertemperatur auf der rechten Skalenseite (zu hohe Temperatur). In Abbildung 5.38. sind zwei Darstellungsmöglichkeiten aufgeführt. Günstig ist diejenige, die nach folgenden Kriterien verfährt:

1. horizontale Skala, Zeiger nach rechts, bedeutet Zunahme
2. kritische Werte optisch an den äußeren Rand.

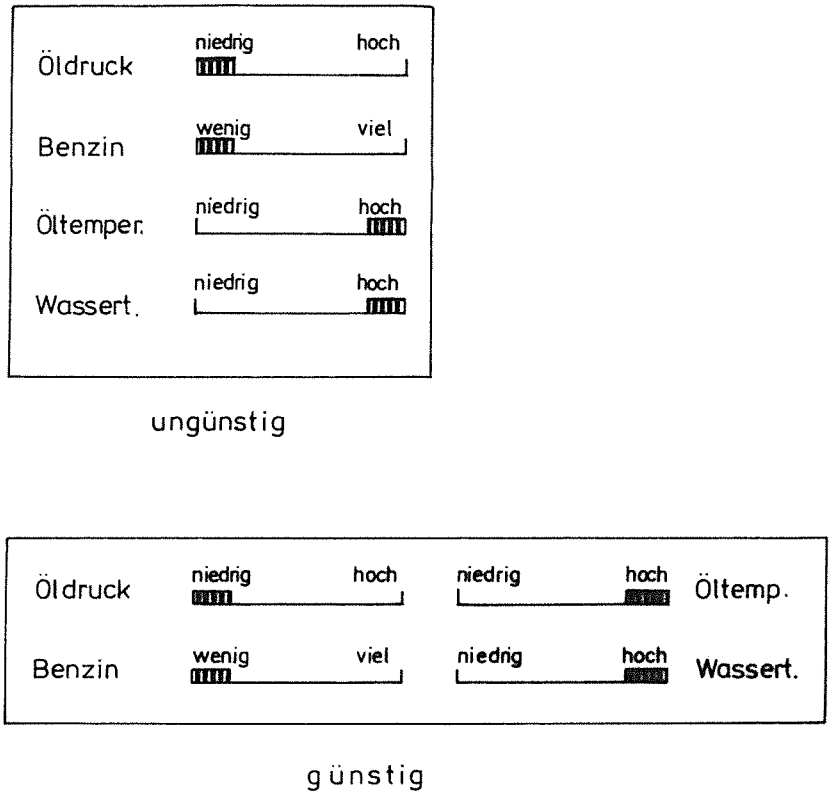


Abb. 5.38: Ungünstige und günstige Anordnung von ähnlichen Skalen

Gleichartiges soll also auf gleiche Weise dargestellt werden, eine Positionsverschiebung kann auf unterschiedliche Inhalte hinweisen.

Gleiche Skalenarten müssen auch den gleichen Ordnungskriterien folgen.

Während es sich bei Vollkreisskalen (z.B. Uhr) eingeschliffen hat, den Nullpunkt nach oben zu legen (= 12 Uhr-Position), liegt der Nullpunkt einer Dreiviertelkreis-Skala am linken Skalenende (zwischen der 7 bis 8 Uhr-Position).
Liegen zwei gleichartige Skalen nebeneinander, so soll bei beiden der Nullpunkt in derselben Position liegen.

Um die Wegstrecke, die das Auge vom Verkehrsgeschehen auf die Armaturentafel zurücklegen muß, möglichst kurz zu halten, muß die wichtigste und am häufigsten benötigte Information auf der Armaturentafel oben, möglichst zentral angebracht sein.
Im Gegensatz zum Bildschirm-Arbeitsplatz, wo die Leserichtung von links nach rechts erfolgt und somit auch die Information von links nach rechts ihrer Wichtigkeit nach geordnet ist, gilt im Kraftfahrzeug der Grundsatz:

Die wichtigste Information muß im Zentrum angeboten werden.

Um dieses Zentrum herum sind die Elemente von zweiter Priorität, daran anschließend die von dritter Priorität, usw. zu gruppieren.
Dies steht mit dem Aufbau des menschlichen Auges in Zusammenhang: Die Zapfen (vgl. 3.1.), die im zentralen Bereich der Netzhaut angesiedelt sind, registrieren Unterschiede sehr gut. Diese Fähigkeit nimmt um so stärker ab, je weiter die Abbildung des Sehgegenstandes in die Peripherie der Netzhaut rückt.

Hinzu kommt ein weiteres Ordnungskriterium:
Bei der Gruppierung farbiger Anzeigen (z.B. Warnleuchten, Funktionsanzeigen) ist darauf zu achten, daß der Bereich, in dem Farben wahrgenommen werden können, von Farbe zu Farbe verschieden ist (vgl. 3.10. Farbengesichtsfeld).

Für die Farbe Grün ist dieser Bereich kleiner als für die Farbe Rot.

Für die Farbe Rot ist er kleiner als für die Farbe Gelb. Am größten ist das Farbengesichtsfeld für die Farbe Blau. Abbildung 5.39. zeigt die Grenzlinien für die Wahrnehmung einer Farbe. Dies bedeutet allerdings nicht, daß z.B. ein rotes Signal nicht in der Mitte plaziert werden dürfte, sondern nur, daß ein grünes Signal innerhalb des grünen "Schmetterlings" unterzubringen ist.

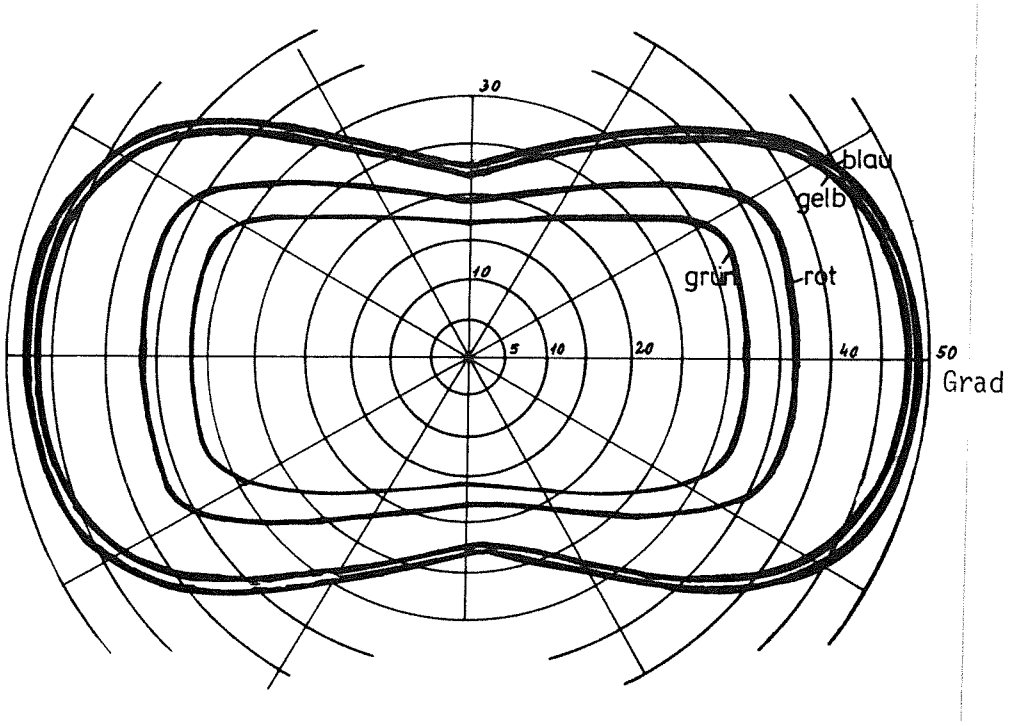


Abb. 5.39: Grenzen für die Unterbringung verschiedenfarbiger Signale, Objektgröße 25 Minuten (= 5 mm bei 70 cm Sehabstand), Objektleuchtdichte 100 asb.

Multifunktionsdisplay:

Durch die Möglichkeiten neuer Technologien eröffnet sich die Frage, ob bestimmte Anzeigen immer an derselben Stelle dargeboten werden sollen, oder ob sich die Displaygestaltung völlig flexibel an den Wünschen des Fahrers sowie an situativen und verkehrsbedingten Erfordernissen orientieren soll. In Analogie zum Kriterium "Verläßlichkeit" aus der Softwareergonomie kann hierzu die Forderung aufgestellt werden:

▷ Wichtige und häufig benutzte Elemente sollen immer an derselben Stelle dargeboten werden. Dies erleichtert die Informationsaufnahme und verhindert Fehlinterpretationen.

In wieweit innerhalb einer Funktionsgruppe (z.B. Fahrzeugzustände) Variationen möglich sind, muß noch empirisch untersucht werden.

Welche Elemente subjektiv, d.h. aus der Sicht des Fahrers für wichtig empfunden werden, darüber wird die von uns geplante Befragung zur subjektiven Wertigkeit von Anzeige- und Bedienelementen Auskunft geben. Sie wird aber auch die Spanne individueller Unterschiede aufzeigen.
Eine vom Standpunkt der Verkehrssicherheit objektiv richtige Reihenfolge versucht die Prioritätenlogik (vgl. 5.4.) aufzustellen.

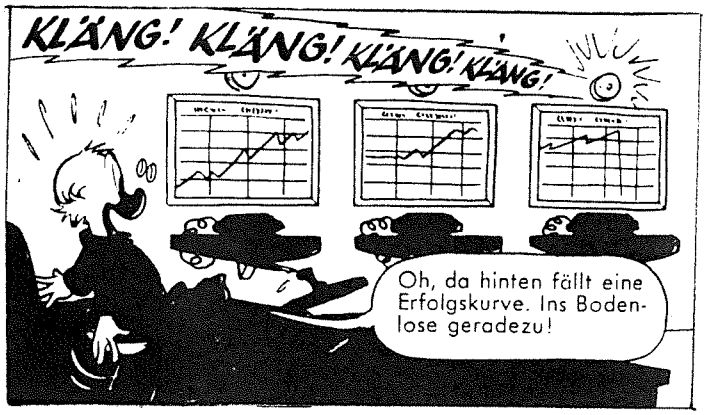
Über die Auswirkungen eines zentralen Warnfeldes für Extremzustände (z.B. Fehlen von Öl und Treibstoff, zu hohe Temperatur) können an dieser Stelle nur Vermutungen ausgesprochen werden. DEANGELIS & MARTINEC (1985) berichten zwar über die hohe Akzeptanz der Benutzer eines Displays mit Multifunktionsanzeige, doch handelt es sich bei den Befragten um Personen, die sich beim Kauf gerade für ein derartiges Display entschieden haben - im Sinne der Reduktion kognitiver Dissonanz kann also nur dieses Befragungsergebnis erwartet werden. Wer würde schließlich viel Geld für ein besonderes Display ausgeben, um sich hinterher einzugestehen, er sei damit nicht zufrieden?

Da das Platzangebot beschränkt ist, wird häufig der Gedanke einer zentral positionierten Warnleuchte, die im Falle einer Störung aufblinkt, vorgetragen. Für die zentral positionierte, alternierend blinkende Warnleuchte spricht ihre rasche Entdeckung:

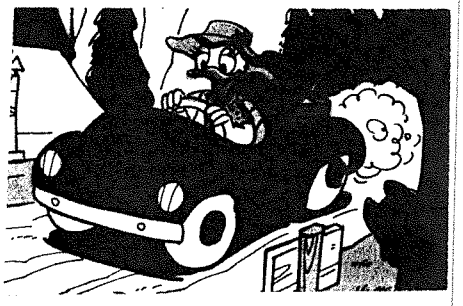
- zentral positionierte Signale werden schneller entdeckt als periphere,
- blinkende Reize werden schneller wahrgenommen als dauerleuchtende Reize, allerdings müssen sie innnerhalb der Grenze des Gesichtsfeldes der gewählten Farbe liegen.

Gegen eine zentrale Warnleuchte sprach bisher, sie vermittle außer der Mitteilung "Gefahr!" keine weitergehende Information, führe damit nur zu einer Verunsicherung des Fahrers und möglicherweise zu folgenschweren Fahrfehlern. Die technische Möglichkeit einer flexiblen Anzeigengestaltung würde allerdings erlauben, die zentrale Warnleuchte mit der gerade anliegenden Information anzureichern, etwa, indem das Ölkännchen aufleuchtet, wenn der Ölstand zu niedrig ist.

Akustische Zusatzinformationen in Form eines Signaltons zur Gefahrenanzeige, die in anderen Bereichen sinnvoll sind, z.B. in der industriellen Fertigung (vgl. Abb. 5.40.), scheinen dagegen im Kraftfahrzeug weniger hilfreich: GEISER berichtet über ein Experiment, bei dem die Kraftfahrer unvorbereitet mit einem plötzlich einsetzenden Dauerton (Öldruckalarm) konfrontiert wurden. Es zeigt sich, "daß bei akustisch/optischer Codierung bereits nach 6 s alle Antworten in richtiger Weise erfolgt waren, während bei optischer Codierung ein wesentlich späteres Eintreffen der Antworten zu beobachten war. Die akustische Codierung führte zu signifikant kürzeren Antwortzeiten, allerdings verbunden mit teilweise ungewollten Reaktionen, z.B. in Form von Vollbremsungen." (GEISER, 1985, S.82). Um dies zu vermeiden, fordert GEISER weich einsetzende akustische Signale. Aufgrund umfangreicher Untersuchungen empfehlen wir akustische Warnungen in Form von Sprachausgaben, da sie dem Fahrer neben Zustandsinformationen in schwierigeren Fällen auch Handlungshilfen bieten können (vgl. FÄRBER & FÄRBER, 1984).



Signal gut



Signal schlecht

Abb. 5.40: Nützlichkeit von Signaltönen
- Signal angebracht z.B. in der industriellen Fertigung (oder bei der Erfolgskontrolle) als Warnsignal
- Signal unangebracht im Kfz, da ungewollte Reaktionen, z.B. Vollbremsungen, auftreten können.

Die Aussage, eine zentrale Warnleuchte könne durchaus flexibel gestaltet werden (je nachdem, welche Information gemeldet werden muß, wird das entsprechende Piktogramm abgebildet), ist nicht auf Zustandsanzeigen zu übertragen.

Eine Zustandsanzeige (z.B. Blinker, Fernlicht) soll immer an derselben Stelle der Armaturentafel zu sehen sein.

Begründen läßt sich dies mit folgenden Argumenten:
- Erstens ist es sehr wahrscheinlich, daß mehrere Zustandsanzeigen gleichzeitig in Betrieb sind und deshalb auch nebeneinander dargeboten werden müssen.
- Zweitens sind Zustandsanzeigen praktisch ständig "in Benützung", wohingegen Warnanzeigen - so steht zu hoffen - sehr selten in Aktion treten.
- Drittens kann die Information leichter und schneller vermittelt werden, wenn ein häufig verwendetes Piktogramm immer an der erwarteten Position auftritt.

Die Betrachtung von Designstudien zur Anordnung von Anzeigen mit neuen Technologien erweckt manchmal den Eindruck, das "Prinzip Zufall" habe eine entscheidende Rolle gespielt: In Abbildung 5.41. nimmt das Gesamt der Warn- und Kontrollanzeigen die Form einer Haufenwolke an, wirkt unstrukturiert und "ausgefranst". Wir dürfen in diesem Zusammenhang nochmals darauf hinwiesen, daß gute Gestaltung (vgl. 3.12. Gestaltwahrnehmung) die Aufnahme der Information erleichtert.

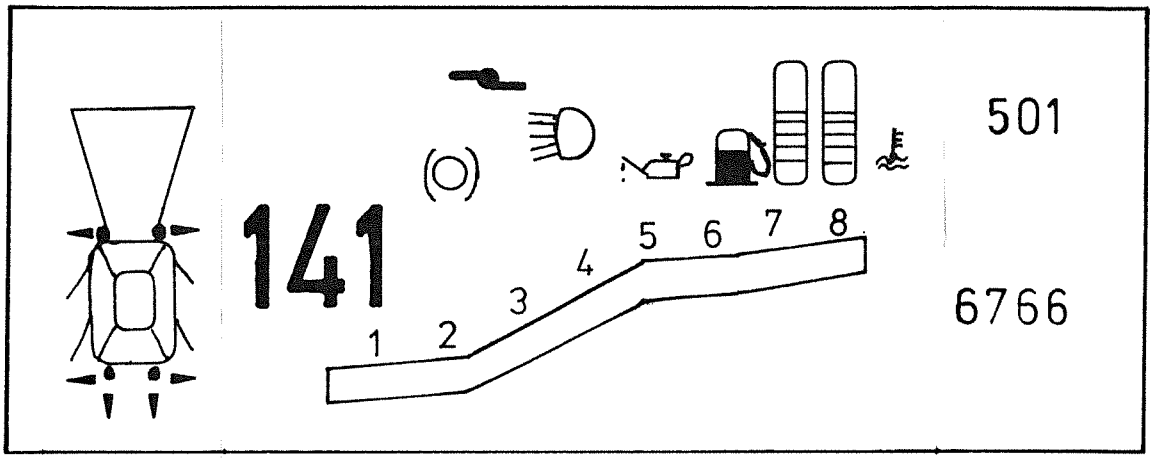


Abb. 5.41: Ungünstig gestaltetes Display

Die obige Abbildung läßt sich auch zur Demonstration eines weiteren Problems heranziehen: Hier ist der Abstand zwischen den einzelnen Warn- und Kontrollanzeigen und besonders der Abstand zum Tachometer zu gering.

5.1.16. Darzustellende Informationen im Kraftfahrzeug

Die im Kraftfahrzeug darzustellende Information läßt sich nach den verschiedensten Kriterien ordnen. Bei TEMMING (1978) findet sich eine sehr übersichtliche Liste, die dem Kriterium der Funktionsweise folgt, zudem die wünschenswerte Darstellungsform und den Zeitpunkt, zu dem die Anzeige erfolgen soll, berücksichtigt:

Tab. 5.12: Liste darzustellender Informationen im Kfz (in Anlehnung an TEMMING, 1978)

Anzeige	Darbietungsform				Zeitpunkt d. Anzeige		
	qualitativ			quantitativ		bei	auf
	2	3	mehr		Dauer	Bedarf	Abruf
Betriebszustand							
Tachometer				x	x		
Kilometerzähler				x	x		
Tageskilometerz.				x	x		
(Drehzahlmesser)				x	x		
(Momentanverbr.)			(x)	x	x		
Tankinhalt			x	x		x	
(Restreichweite)				x	x		
Öldruck	x			(x)		x	
Öltemperatur		x		(x)		x	(x)
Ölmenge		x	(x)	(x)		x	(x)
Kühlwassermenge	x					x	(x)
Kühlwassertemp.			x		(x)	x	
Scheibenwasser	x					x	

wird fortgesetzt

Anzeige	Darbietungsform				Zeitpunkt d. Anzeige		
	qualitativ			quantitativ		bei	auf
	2	3	mehr		Dauer	Bedarf	Abruf
Bremsbelagkontr.	x					x	(x)
Vorrat Bremsflüss.	x					x	(x)
Reifendruck	x	(x)				x	(x)
Handbremse angezog.	x					x	
Ausfall eines Bremskreises	x					x	
Aufbau/Aussstattung							
Gurt anlegen	x					x	
Türschließkontr.	x					x	
Schließkontrolle Motor- und Kofferraumhaube	x					x	
Zeituhr				x	x		
Wartungsintervalle		x				x	(x)
Elektrische Anlage							
Ladezustand Batt.			x	(x)		x	(x)
Ladekontrolle	x					x	
Fernlichtanzeige	x					x	
Blinkeranzeige	x					x	
Warnblinkanzeige	x					x	
Nebelschlußleuchte	x					x	
Nebelleuchten vorn	x					x	
Heizb. Heckscheibe	(x)					(x)	
Funktionskontrolle Außenlampen	x					x	(x)

wird fortgesetzt

Anzeige	Darbietungsform				Zeitpunkt d. Anzeige		
	qualitativ			quantitativ		bei	auf
	2	3	mehr		Dauer	Bedarf	Abruf
Rundfunk							
Einschaltkontrolle	x				x		
Empfangsfrequenz				x	(x)		x
Verkehrsfunkanzeige	x				x		
Bereichskennung			x		x		
Wegleitsystem							
Zielbenennung					x		
Fahrtrichtungssymbol			x			x	
Umleitungsempfehl.						x	
Warnungen							
Glättewarnung	x					x	
Nebelwarnung	x					x	
Abstandswarnung	x					x	

5.2. Bedienelemente

5.2.1. Ziel der Bedienelemente

Die Hauptaufgabe des Fahrers ist das sichere Führen des Fahrzeugs im Verkehr. "Bedienelemente sind alle technischen Geräte, die der Fahrer benötigt, um die in Erfüllung dieser Aufgabe notwendigen Informationen an Fahrzeug und Umwelt zu geben. Dies sind Lenkrad, Pedale, Schalter, Drehknöpfe, können in Zukunft aber auch Spracheingabeelemente sein." (BERNOTAT, 1984, S.199).

Die Bedienelemente sind so zu gestalten und anzubringen, daß
- die sichere Erfüllung der Fahraufgabe möglich ist,
- die Belastung durch die Aufgabenerfüllung weder zur Überforderung noch zur Unterforderung des Fahrers führt.

Die Forderung nach sicherer Aufgabenerfüllung impliziert nicht nur
- genaue und schnelle Eingabe, sondern auch
- die Möglichkeit, rasch von einer Funktion zur nächsten zu wechseln
- Verläßlichkeit (wenn z.B. die Taste x gedrückt wird, erfolgt zuverlässig die Funktion X)
- Angemessenheit des Bedienelements an die Aufgabe (z.B. einfache Handhabung)
- Selbsterklärungsfähigkeit des Bedienelements (die Bedeutung eines Elements und seiner Funktionsweise sollte ohne Vorkenntnisse verständlich sein)
- Fehlertoleranz in einem gewissen Rahmen (kleinere Bedienungsfehler sollen nicht zu drastischen Fehlfunktionen des Fahrzeugs führen).

Was den zweiten Punkt, die Belastung bzw. Beanspruchung des Fahrers betrifft, so ist ein mittlerer Pegel an Aktivierung günstig.
Wie Abbildung 5.42. verdeutlicht, ist es ungünstig, wenn das Aktivierungsniveau zu stark absinkt (der Mensch würde in Schlaf verfallen oder seine Aufgabe ungenügend erfüllen), aber auch, wenn das Aktivierungsniveau zu stark ansteigt (der Kraftfahrer hat keine Möglichkeit, eine der-

artige Streßsituation adäquat zu meistern.

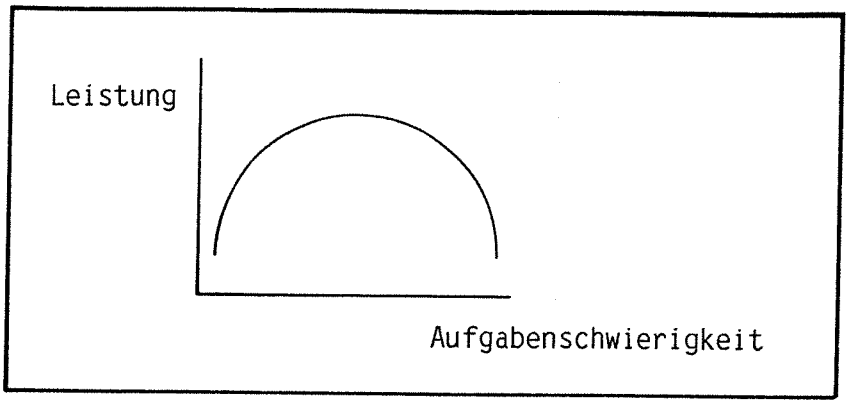


Abb. 5.42: YERKES-DODSON-Gesetz (1908). Es zeigt den Zusammenhang zwischen Aufgabenschwierigkeit und Leistung einer Person.

Ein weiteres Ziel ist, Bedienelemente so zu gestalten, daß
- Personen, die zwar ausgebildet sind (Fahrschule), deren Ausbildung jedoch Jahre, wenn nicht gar Jahrzehnte zurückliegt,
- Personen, die von einem Fahrzeugtyp auf einen anderen wechseln, sicher und eindeutig damit zurecht kommen.

Dies kann nur bei "intuitiv richtiger" Gestaltung gelingen.

5.2.2. Sinnesmodalitäten

Bedienelemente im Kraftfahrzeug werden bislang primär über den haptischen Kanal in Gang gesetzt. Teile des Bewegungsapparates werden aktiv, um letztlich mit einem oder mehreren Fingern, einer oder beiden Händen, einem oder beiden Füßen die gewünschte Wirkung zu erzielen.

Diese Bewegung ist erwünscht.
Es zeigt sich, daß es selbst bei optimaler Sitzhaltung durch die statische Haltearbeit etwa der Rücken-, Hals-, und Beinmuskulatur (rechtes Bein bei langer Autobahnfahrt) zu Durchblutungsstörungen kommt. Die Folge sind u.a. schmerzhafte Verspannungen der Muskulatur.
Die Arme und das linke Bein sind durch den häufigeren Stellungswechsel und die damit verbundene dynamische Arbeit von einer Muskelermüdung durch statische Arbeit weniger betroffen. Allerdings wird in unübersichtlichen und gefährlichen Verkehrssituationen z.T. der Muskeltonus erheblich gesteigert, was die feinmotorische Koordination negativ beeinflußt. Die Bewegungen werden zunächst fahrig und überschießend (wie beim Lampenfieber). Steigt der Muskeltonus so stark, daß es zur Ermüdung der Muskeln kommt, resultieren steife, langsame Bewegungen (vgl. EHRENSTEIN & MÜLLER-LIMMROTH, 1984, S.79f).

Der haptische Sinn ist beim Führen eines Kraftfahrzeugs zuständig für Bewegungsabläufe wie
- greifen (z.B. das Lenkrad, den Gangwahlhebel)
- drehen (z.B. das Lenkrad, Drehknebel)
- drücken (z.B. Taste),
- ziehen (z.B. Griffe), und nicht zu vergessen,
- das suchende Tasten (wenn z.B. ohne Beteiligung des optischen Apparates die Ein-/Ausfunktion des Radios, Heizungs- oder Lüftungsregulierung gefunden werden soll).

Beim suchenden Tasten (ohne Blickzuwendung) ist der Fahrer meist erfolglos. Inwieweit dies in der mangelnden Vielfalt verwendeter Formen, an ergonomisch ungünstiger Gestaltung oder in der mangelnden Erfahrung der Kraftfahrer begründet ist, kann auf dem Stand gegenwärtiger Untersuchungen nicht festgelegt werden.

In den meisten Fällen muß der optische Sinn dem haptischen zu Hilfe kommen. Dies ist, wie sich in unserer Untersuchung über Bedienelemente zeigen wird, für die Verkehrssicherheit unerwünscht oder gar kritisch, da die Blickabwendungszeiten vom Verkehrsgeschehen relativ lang sind.

Um diesem Dilemma zu begegnen, werden gegenwärtig Einsatzmöglichkeiten von Spracheingabesystemen im Kraftfahrzeug erforscht (FÄRBER, POPP & STAPF, in Arbeit).
Hier stellt sich zunächst die Frage, wie der Spracherkenner konzipiert sein muß, um mit dem Bild, das sich der Fahrer von der inneren Funktionsweise der Systeme macht, in Einklang zu kommen (wohlgemerkt: Gegenstand ist nicht die Funktionsweise selbst!).
Weiterhin ist zu prüfen, ob die Entlastung, die man sich von einem Spracheingabesystem zunächst verspricht, nicht durch zusätzliche mentale Belastung aufgehoben wird. So ist beispielsweise denkbar, daß Handlungen, die zumindest der routinierte Fahrer haptisch weitgehend souverän ausführt, schwer in Sprache zu "übersetzen" sind. Als Beispiel sei daran erinnert, wie schwierig es ist, den Bewegungsablauf des Skifahrens zu erklären, während die Tätigkeit an sich ganz einfach auszuführen ist - wenn man sie beherrscht.
Aufgrund der bisherigen Erfahrung teilen wir zwar nicht den von RÜHMANN geäußerten Optimismus, mit der Erfindung von Maschinen, die menschliche Sprache "verstehen", würde der Codierungsaufwand für die Informationsübermittlung (abgesehen von einer sachorientierten Phraseologie) praktisch zu Null (vgl. RÜHMANN, 1981, S.362), würden aber einer vorsichtigeren Prognose zustimmen.

5.2.3. Formen der Bedienelemente

Bei der Betrachtung der Norm DIN 33 401 "Stellteile; Begriffe, Eignung, Gestaltungshinweise" (1977), und des zugehörigen Beiblatts (1978) läßt sich ein Eindruck gewinnen, wie vielfältig die Form von Bedienelementen sein kann. Ob Lenkrad, Pedale, Schalthebel, Fensterkurbel, Schalter, Tasten, Knöpfe und Schieber, alles fällt unter den Begriff "Stellteil". Abbildung 5.43. zeigt einen kleinen Ausschnitt:

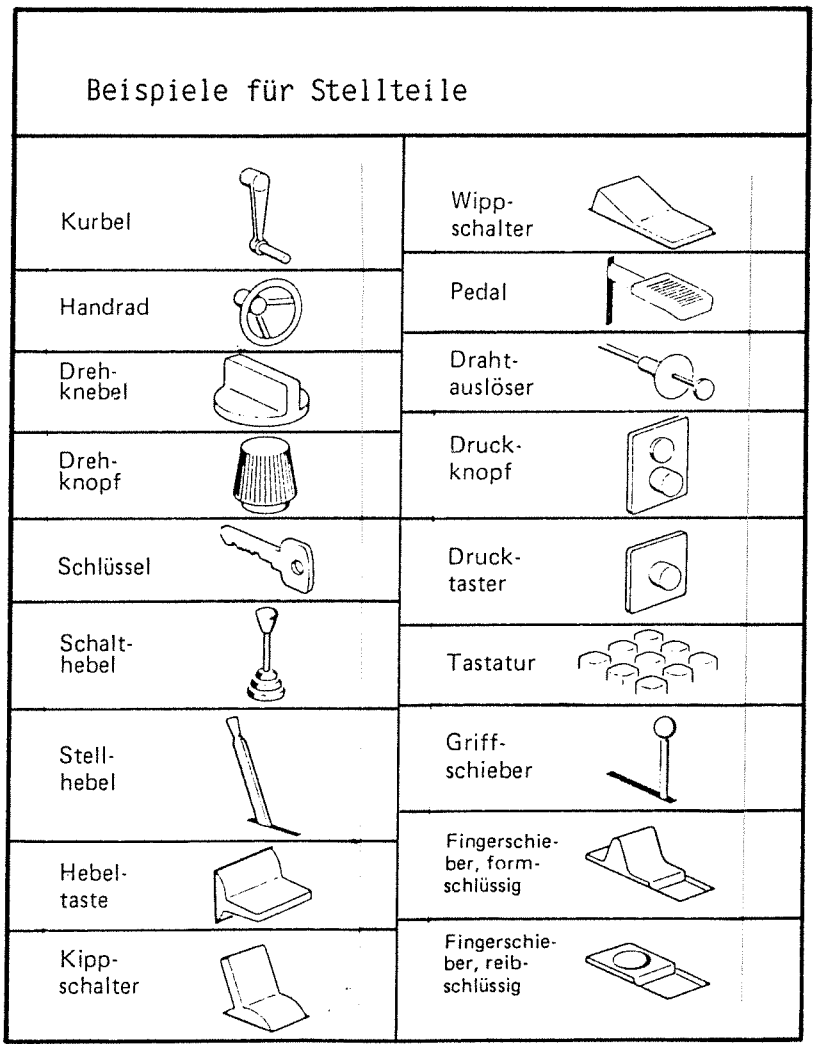


Abb. 5.43: Stellteile (aus DIN 33 401, 1977)

Der Formenreichtum der Bedienelemente ist bedingt durch die vielfältigen Anforderungen:

- Sicherheit - Schnelligkeit - Genauigkeit - Umfang - Ablauf	der Handlung
- Widerstand - Funktionsrichtung - Kraftrichtung	des Bedienelements
- Körperstellung - Bewegungsform - Bewegungsumfang - Haltung - Greif-, Tretart	des Menschen
- Kopplungsart	zwischen Mensch und Bedienelement
- Form - Abmessungen - Material - Oberfläche	des Bedienelements

5.2.4. Räumliche Position von Bedienelementen

Die räumliche Position der Bedienelemente geht zunächst einmal vom Platzangebot im Kraftfahrzeug aus:

- im Lenkradbereich (rechts und links vom Lenkrad, am Lenkgestänge, auf dem Pralltopf, hinter dem Lenkrad)
- auf der Armaturentafel
- auf der Mittelkonsole
- im Bereich der Beifahrer-Konsole
- am oder im Anschluß an das Fahrzeugdach
- an den Fahrzeugtüren
- im Fußraum.

Dieses Raumangebot muß nun mit den Körpermaßen des Menschen in Einklang gebracht werden. Hierzu sind bereits eine Reihe von Normen entwickelt, z.B. DIN 33 402 "Körpermaße des Menschen". Besonders interessant sind jedoch die Handreichweiten (siehe DIN ISO 3958) und die Anforderungen an den Fußraum (siehe ISO 3409).

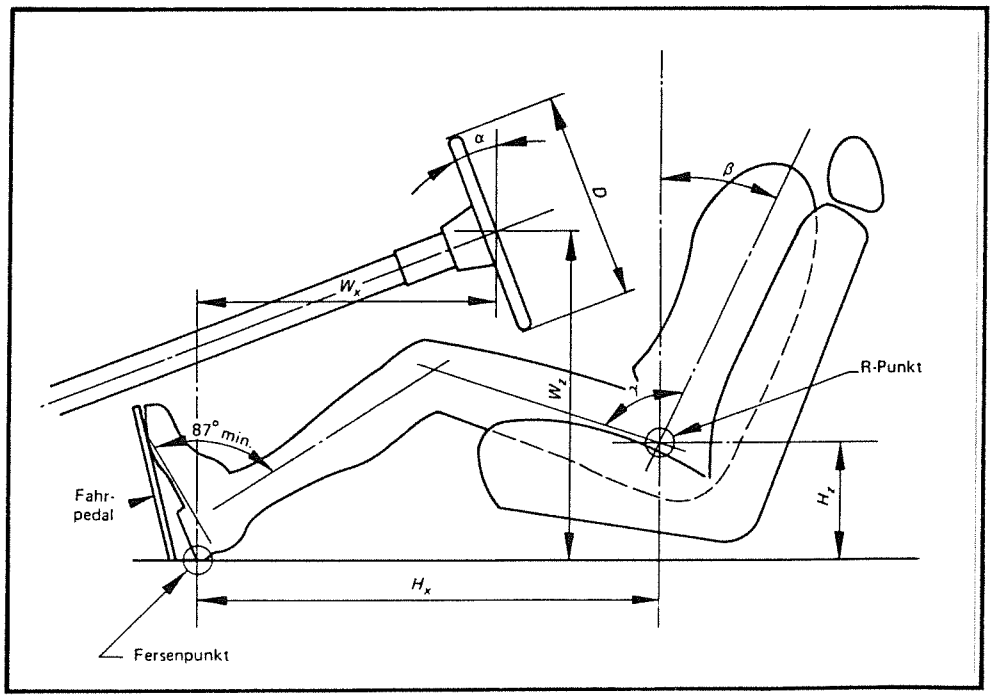


Abb. 5.44: Modell mit Meßpunkten (aus DIN ISO 3958, S.7)

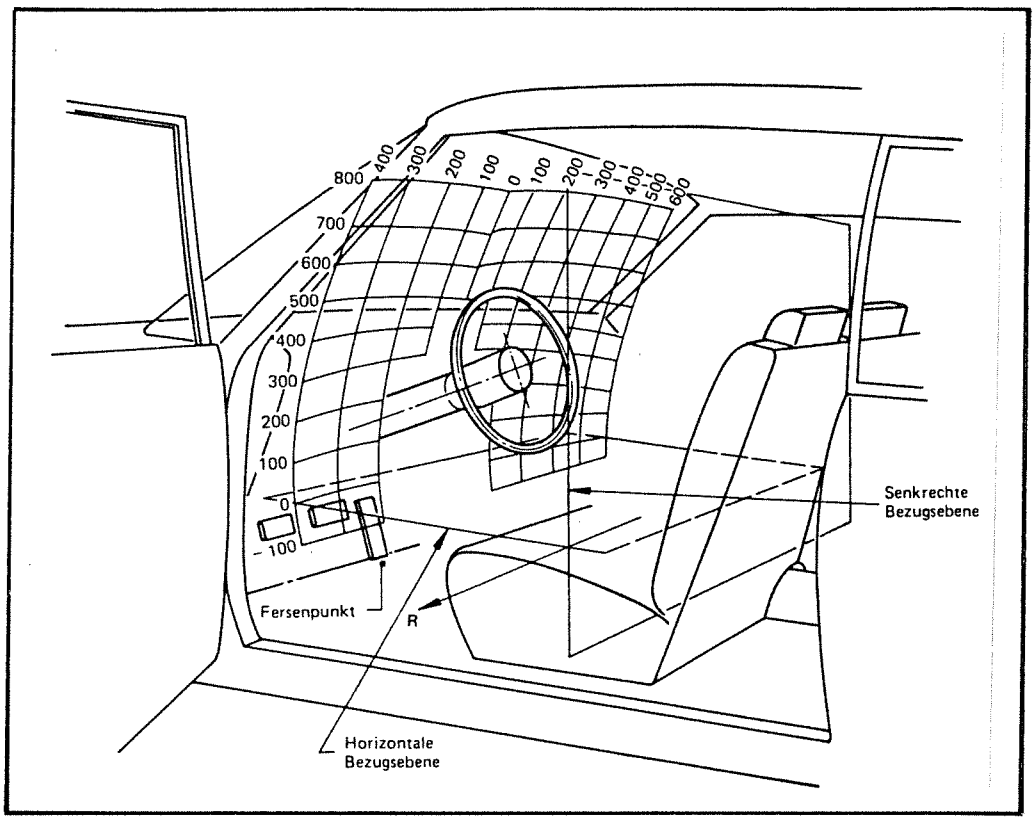


Abb. 5.45: Konstruktionsskizze zur Ermittlung der Handreichweiten-Hüllfläche (aus DIN ISO 3958, S.8)

Mit Hilfe dieses Rasters wird die Handreichweite angegurteter Kraftfahrer für bestimmte horizontale und vertikale Bezugssysteme erfaßt und tabelliert. Sie beträgt z.B. für 600 mm über horizontaler Bezugsebene und 0 mm senkrechter Bezugsebene 584 mm (Verhältnis von 50 % männlichen und 50 % weiblichen Führerscheininhabern). Die Berechnungen fallen unterschiedlich aus, je nachdem, ob als Versuchspopulation jeweils 50 % Männer und 50 % Frauen herangezogen werden, oder das Verhältnis je nach voraussichtlicher Benutzerpopulation den Erwartungen angepaßt wird (z.B. bei LKW 90 % Männer + 10% Frauen).

Meist werden Verteilungen der Körpermaße von Frauen und Männern angelegt und die jeweils 5 % kleinsten bzw. 5 % größten der Verteilung "abgeschnitten". Man spricht von einer Variationsbreite zwischen dem 5. und 95.

Perzentil. Für diese Personengruppe existiert eine Vielzahl von Normen (siehe Literatur/Anhang). Der gesamte Bereich, der bei ergonomischen Betrachtungen als berücksichtigungswürdig befunden wird, reicht somit von der "5-Perzentil-Frau" bis zum "95-Perzentil-Mann", und beinhaltet je nachdem, wie sich die Kurven überschneiden, 90 - 95 % der Erwachsenen. Welche Probleme bereits unter dieser Einschränkung auftreten, veranschaulicht Abbildung 5.46.:

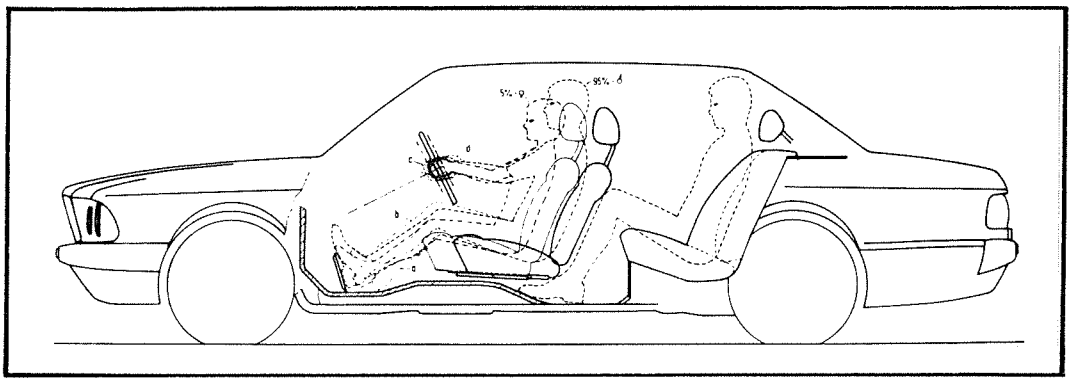


Abb. 5.46: Sitzhaltung einer 5-Perzentil-Frau in Relation zu der eines 95-Perzentil-Mannes, wobei Beinlängen (a und b) und Armlängen (c und d) variiert sind. (aus BUBB & SCHMIDTKE, 1984, S.336)

In Abbildung 5.47. wird zwischen maximalem und Komfortbereich für Hand- und Fußbedienung unterschieden.

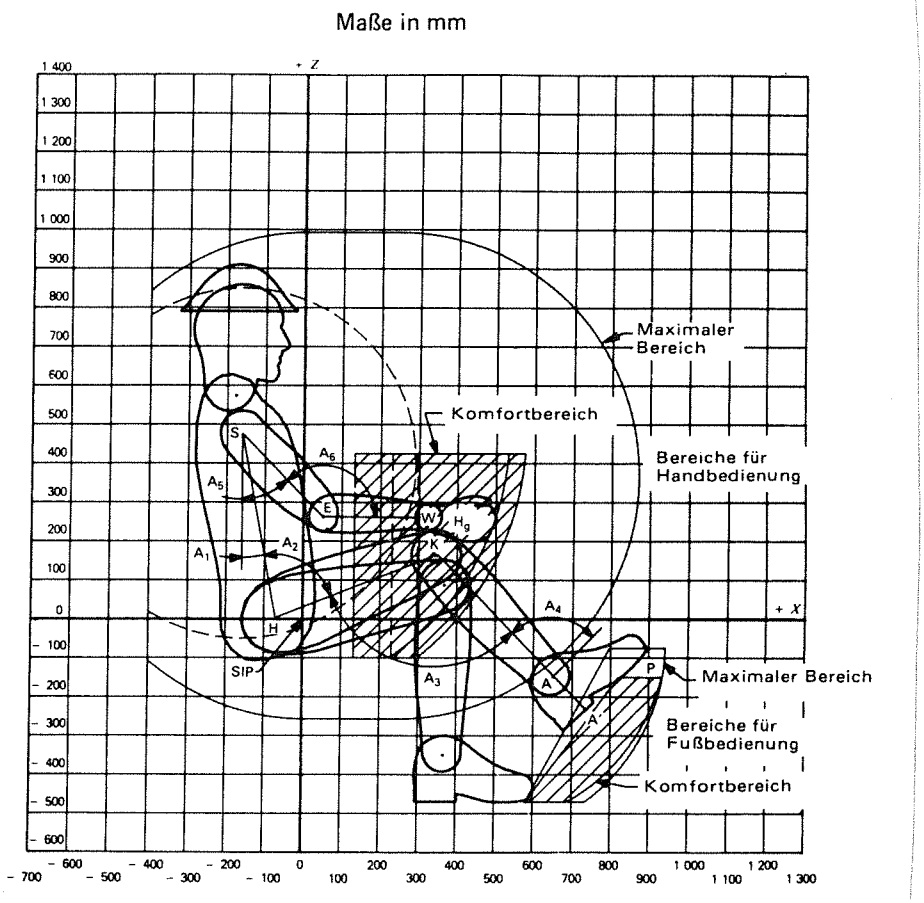


Abb. 5.47: Maximale und Komfortbereiche für Hand- und Fußbedienung (aus DEY & BUTZ, 1982, S.23)

Nun hat sich die Ergonomie im Kraftfahrzeug einerseits nach dem optimalen Greifraum des Kraftfahrers zu richten, andererseits aber auch nach dem Sehraum, vor allem, wenn das Element schnell und sicher bedient werden soll und "blindes" Bedienen nicht vorausgesetzt werden kann. Abbildung 5.48. zeigt den aus ergonomischer Sicht günstigen Greif- und Sehraum im Vertikalschnitt, Abbildung 5.49. im Horizontalschnitt.

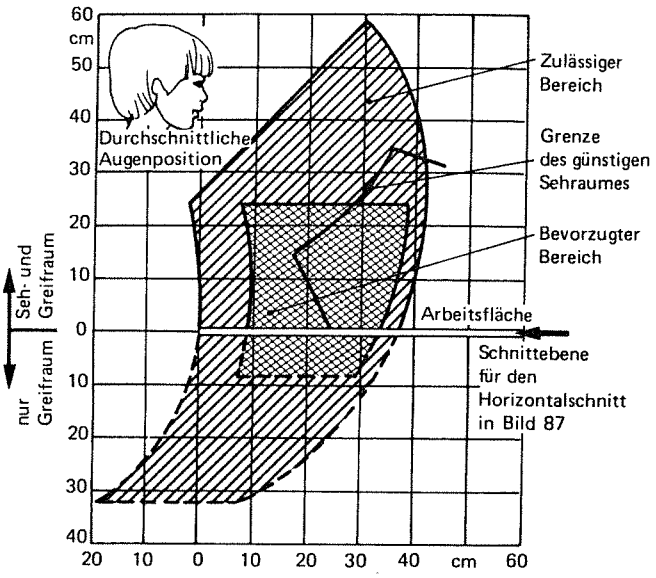


Abb. 5.48: Ergonomische Beurteilung des Greif- und Sehraums, Vertikalschnitt (aus VDI-Handbuch, 1980, S.92)

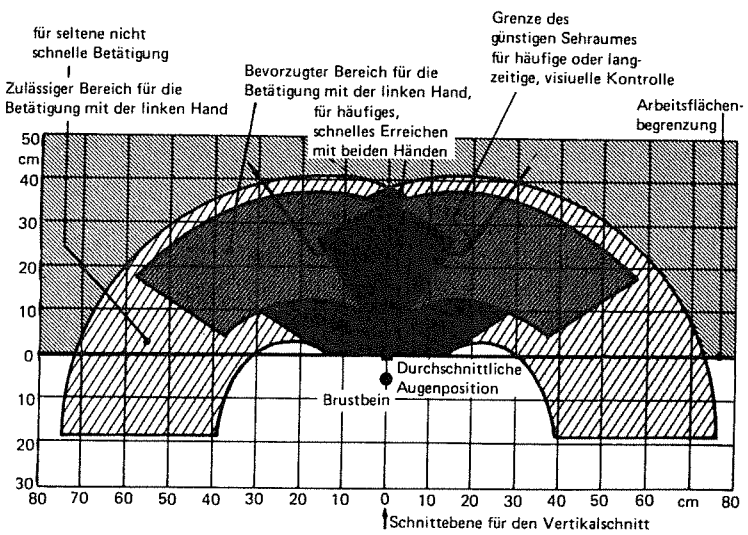
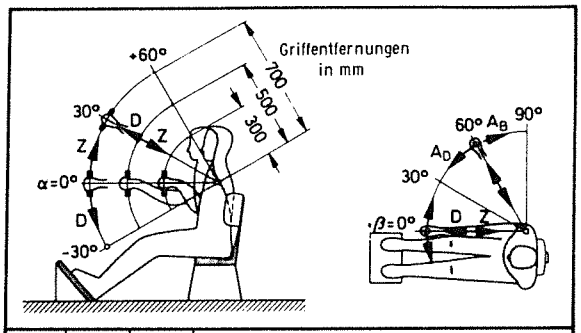


Abb. 5.49: Ergonomische Beurteilung des Greif- und Sehraums, Horizontalschnitt (aus VDI-Handbuch, 1980, S.93)

Je nachdem, an welchem Ort sich das Bedienelement befindet, muß mit verschiedenen Körperkräften des Benutzers gerechnet werden. Entscheidend ist auch die Art der Bewegung. Eine generelle Leitlinie, etwa der Art "eine Vorwärtsbewegung des Armes bedeutet höheren Kraftaufwand als eine Rückwärtsbewegung" kann nicht aufgestellt werden. Es kommt immer auf die Reichweite und den Winkel des Armes im Raum an. Abbildung 5.50. verdeutlicht dies am Beispiel der durchschnittlichen Maximalkraft von Männern.



in Grad	in Grad	Reichweite in mm	Stellungskräfte in N					
			zurück Z	vor D	aufwärts Z	abwärts D	einwärts AD	auswärts AB
0	0	300	313	285	161	343	180	127
		500	367	528	116	248	154	106
		700	431	615	122	181	114	84
	30	300	322	297	157	384	180	111
		500	383	635	126	274	147	93
		700	409	556	108	195	112	80
	60	300	327	276	152	346	165	106
		500	379	554	127	260	152	84
		700	398	499	110	179	110	76
-30	0	300	300	315	156	275	195	107
		500	424	545	125	263	179	97
		700	477	484	105	196	129	83
0	0	300	300	309	159	360	179	112
		500	353	581	121	282	147	91
		700	375	467	107	182	114	78
+30	0	300	310	279	155	363	163	109
		500	351	623	120	252	131	89
		700	381	602	108	190	106	80

Abb. 5.50: Durchschnittliche Maximalkraft von Männern in sitzender Position (aus BULLINGER, 1979, S.46, nach Meßwerten von CALDWELL, 1959)

Über die Aufteilung des Fußraumes im Kraftfahrzeug gibt ISO 3409 Auskunft:

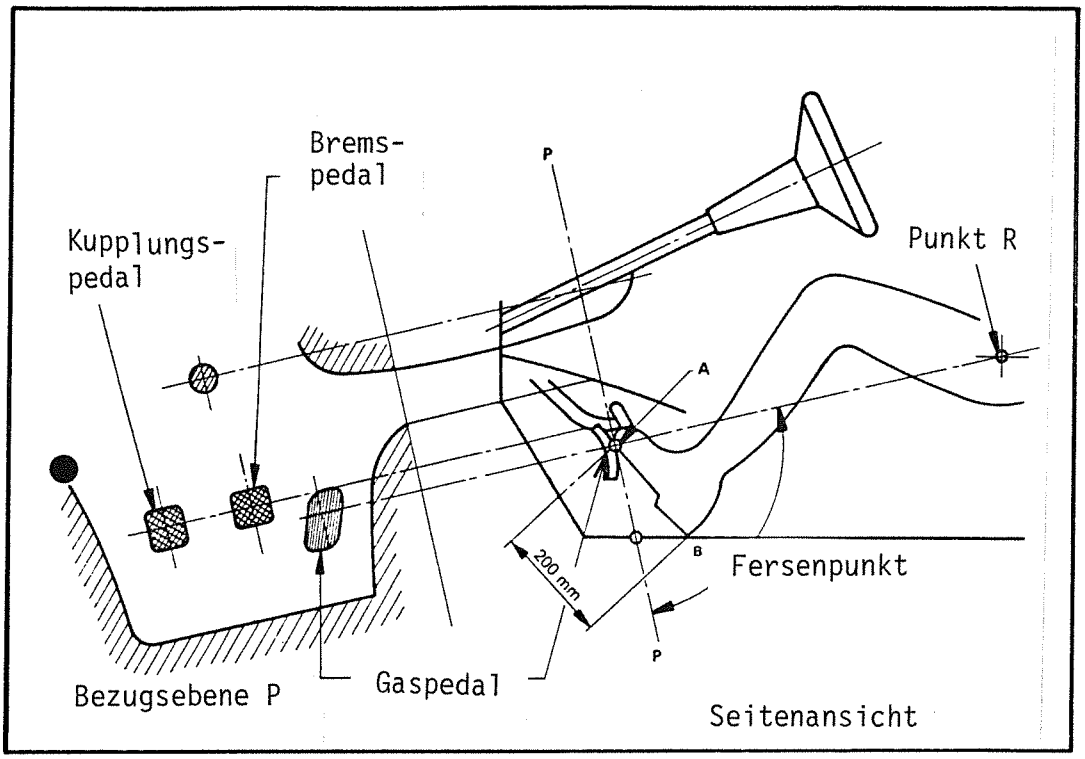


Abb. 5.51: Fußraum im Kraftfahrzeug, Position der Pedale und ihre Abstände (aus ISO 3409 (E), 1975, S.2)

5.2.5. Bewegungsmöglichkeiten

Voraussetzung für die ergonomisch günstige Gestaltung der Bedienelemente ist die Kenntnis der Bewegungsmöglichkeiten des Kraftfahrers, insbesondere im Hand-Arm-System.

Für die Messung menschlicher Bewegung gibt es eine Reihe von Methoden, wie HOLZHAUSEN (1981) ausführt. Hier sollen sie kurz angerissen werden:

- Die **mechanische Methode** arbeitet mit mechanischen Geräten, beispielsweise dem "Frankenstein'schen anthropometrischen Meßapparat", womit Handreichweiten u.ä. ermittelt werden können.
- Die **fotografische Methode** ist die älteste und geht auf BRAUNE (1895) zurück. Sie ermöglicht die Analyse von Bewegungen als Funktion der Zeit.
- Die **elektronische Methode** erfaßt Bewegungen z.B. mit Hilfe eines Potentiometers.
- Mit Hilfe von **Modellen** werden Bewegungsabläufe des Menschen simuliert.

Das Hand-Arm-System:

Das Hand-Arm-System beginnt bei den Fingergliedern und erstreckt sich über das Handgelenk zum Unterarm (Elle und Speiche), das Ellbogengelenk, den Oberarm und den Schultergürtel. Abbildung 5.52. stellt dies dar:

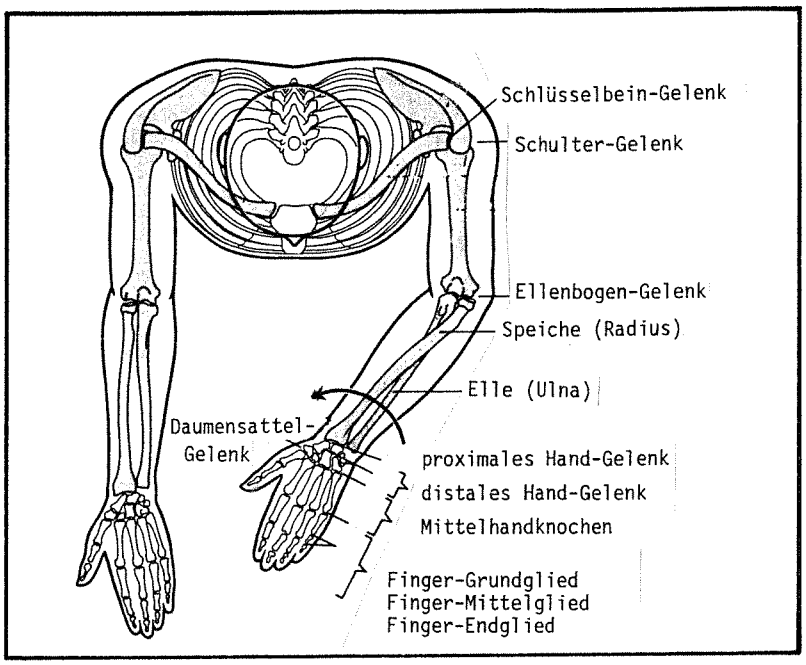


Abb. 5.52: Elemente des Hand-Arm-Systems (aus ROHEN, 1975, S.385)

Je größer der erforderliche Bewegungsumfang, desto mehr Gelenke werden in der Regel eingesetzt.

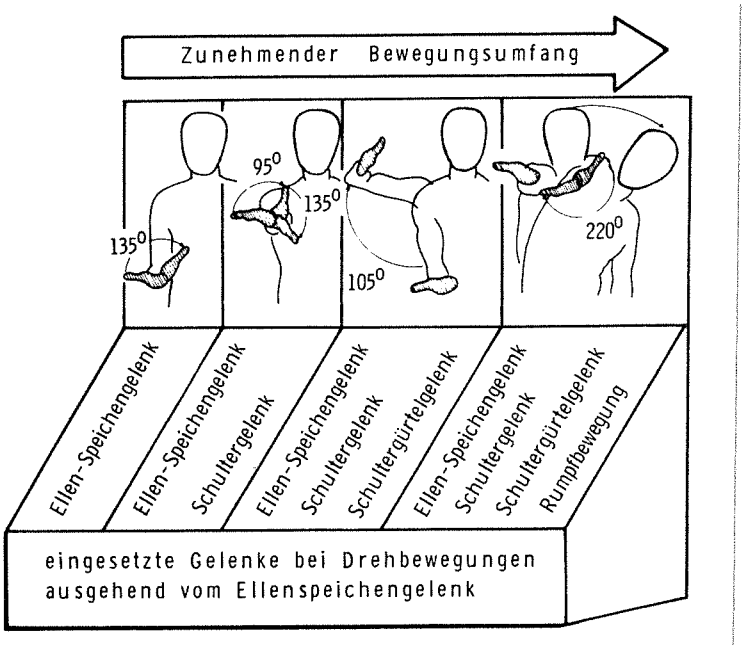


Abb. 5.53: Bewegte Gelenke, je nach Umfang der Bewegung (aus BULLINGER, 1979, S.68)

Form der Bewegung:

Bei den Formen der Bewegung wird unterschieden zwischen
- translatorischer Bewegung (ziehen, schieben, drücken)
- rotatorischer Bewegung (schwenken, drehen).

Bei großen Widerständen ist die translatorische Bewegung günstiger, da hier größere Muskelgruppen eingesetzt werden, die Bewegungen für die Körpermitte statischer ablaufen und deshalb der Körper abgestützt werden kann.
Ist der Widerstand klein, so erweist sich die rotatorische Bewegung als günstiger. Allerdings wird bei sehr kleinen, häufig aufzubringenden Kräften, Drücken, also eine translatorische Bewegung empfohlen (vgl. BULLINGER, 1979, S.94f).

Optimale Verhältnisse beim Bedienen eines Elements liegen vor,
- wenn sich das Hand-Arm-System in normaler Lage befindet, d.h., die Drehachse in der Horizontalebene liegt und gegenüber der Normalstellung des Schultergürtels (Transversalebene) um 60 Grad gedreht ist,
- und wenn Unterarm und Drehachse in einer Flucht liegen.

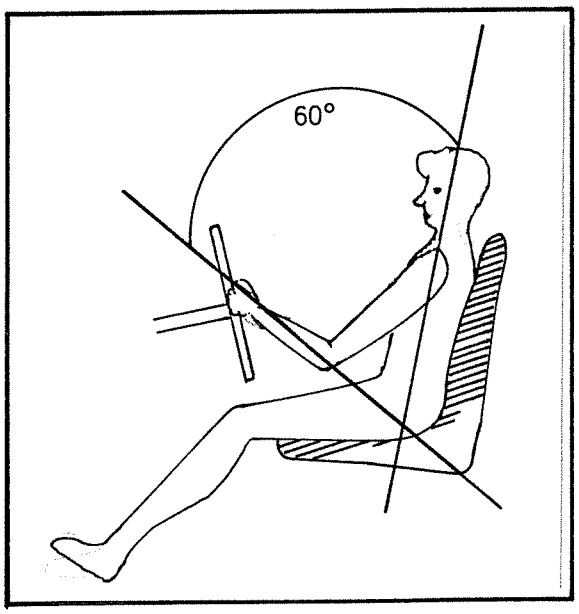
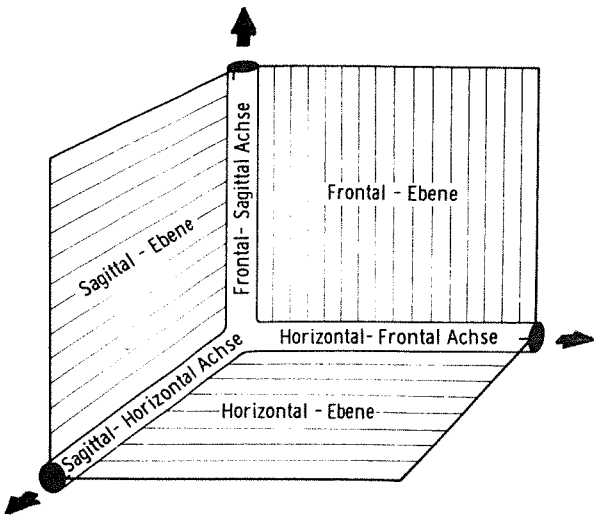


Abb. 5.54: Optimale Verhältnisse beim Bedienen eines Elements

BULLINGER (1979) bespricht eine Reihe weiterer Möglichkeiten von funktionellen Achsen und anatomischen Gegebenheiten. Es würde zu weit führen, dies im einzelnen wiederzugeben, doch erlaubt Tabelle 5.13. eine Übersicht:

Funktionsachse / Unterarmachse	Rotations-Drehachse horizontal	Rotations-Drehachse vertikal	Translation
horizontal-frontal ↔	OO	O	O
sagittal-frontal ↕	O	OOO	OO
sagittal-horizontal ↗	OOO	O	OOO

OOO zu bevorzugen



Tab. 5.13: Grobe Zuordnung von funktionellen und anatomischen Achsen bei rotatorischen und translatorischen Bewegungen (aus BULLINGER, 1979, S.100 und S.29)

Bewegungsrichtungen des Armes:

Abbildung 5.55. "zeigt optimale Bewegungsrichtungen des Armes für jeden Punkt eines horizontalen Arbeitsfeldes. Die gestrichelten Linien sind Kreise um das Schultergelenk. Die eingezeichnete Kreisscheibe mit verschieden stark getönten Sektoren gibt die Bewegungsgeschwindigkeit in den betreffenden Richtungen an. Stellt man sich diese Kreisscheibe innerhalb der eingezeichneten horizontalen Arbeitsebene beweglich vor und richtet sie derart ein, daß die Richtung 0 Grad (weißer Sektor) tangential zu den gestrichelten Kreisen verläuft, so geben die schwarz gezeichneten Sektoren die günstigsten Bewegungsrichtungen an. Je heller diese Sektoren werden, desto ungünstiger werden die Bewegungsrichtungen. Die

stark ausgezogenen Linien kennzeichnen die günstigsten Bewegungsrichtungen. Für menschliche Tätigkeiten im Kraftfahrzeug sind derartige Ergebnisse von Wichtigkeit, wenn gezielte Handbewegungen zu bestimmten Bedienungselementen rasch durchgeführt werden sollen." (ROHMERT, 1976, S.159f)

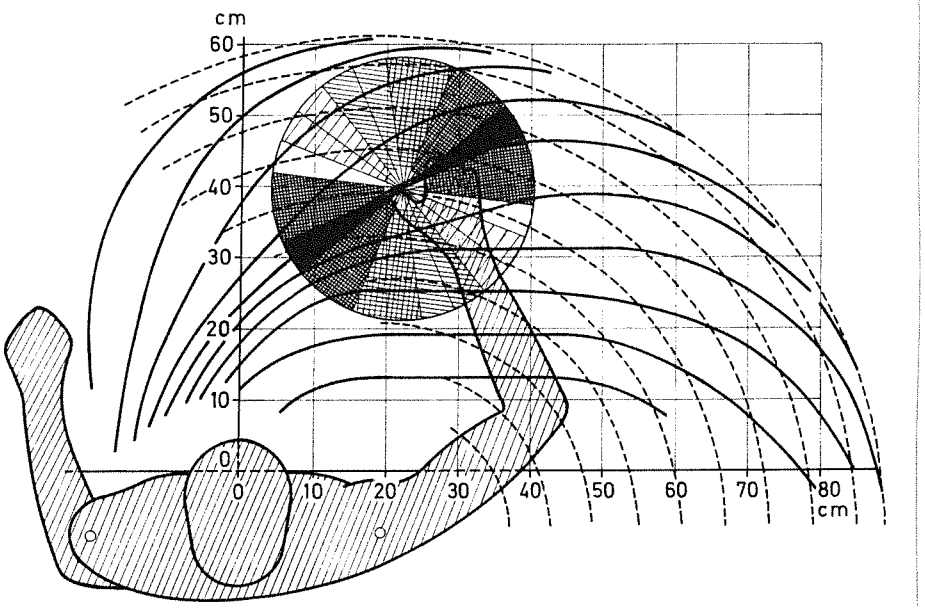


Abb. 5.55: Bewegungsrichtungen des Armes. Erläuterungen siehe Text (aus ROHMERT, 1976, S.160, nach STIER, 1959)

Bewegungsumfang des Handgelenks:

Den Bewegungsumfang des Handgelenks gibt Abbildung 5.56. wieder:

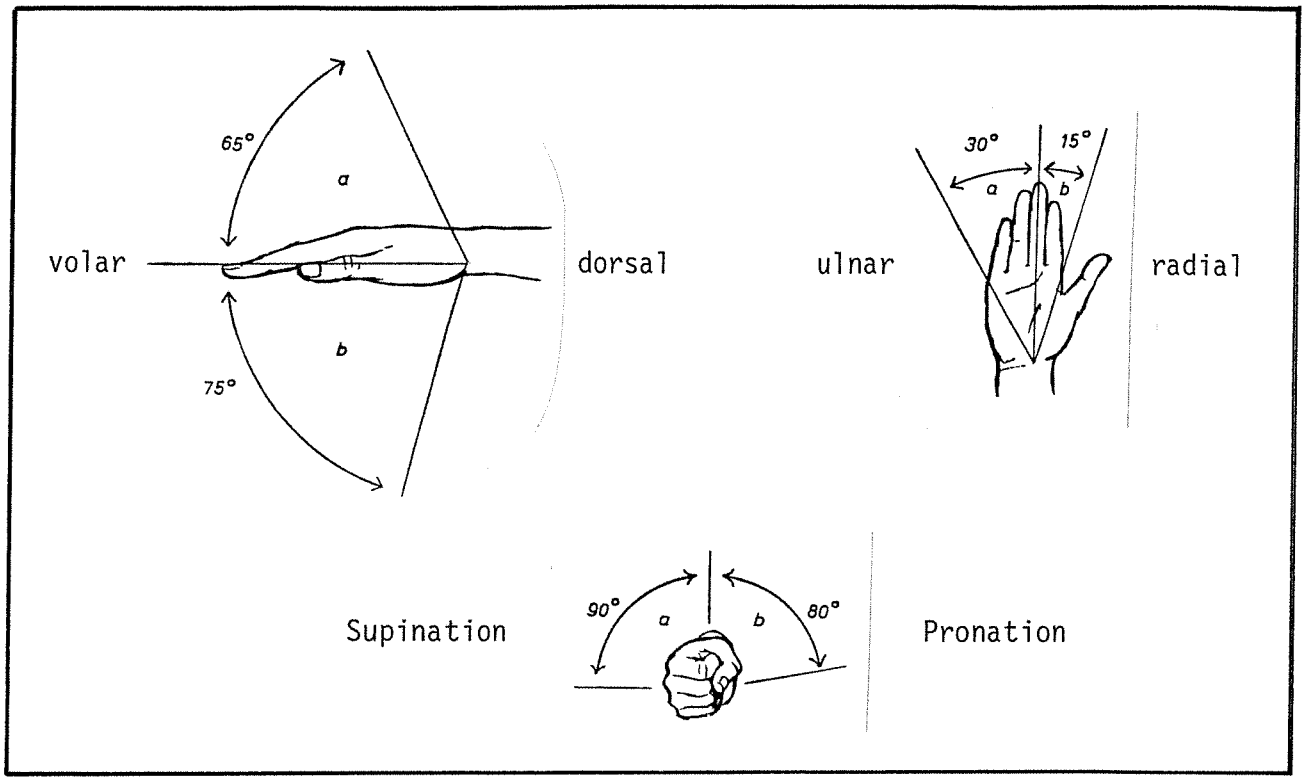


Abb. 5.56: Bewegungsraum des Handgelenks nach den verschiedenen Seiten (aus MURELL, 1971, S.52)

Für die Ausführung großer Bewegungen ist der dorsal-volare Bereich günstiger, wie die nachstehende Abbildung am Beispiel des Griffs, der von einer Seite zur anderen bewegt werden soll, veranschaulicht:

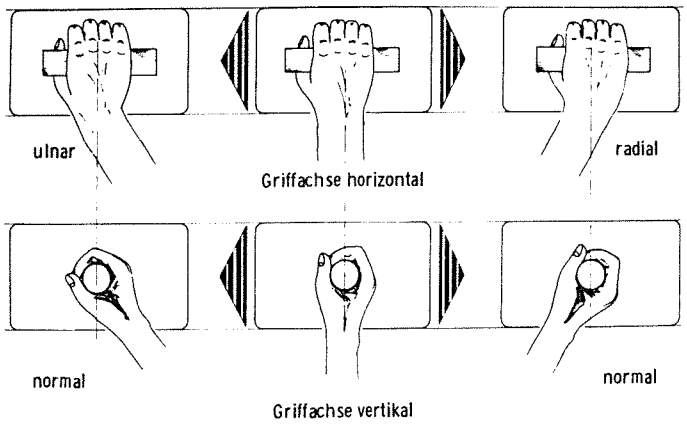


Abb. 5.57: Ungünstig: Horizontale Griffachse, die das Handgelenk in eine ulnar-radiale Bewegung zwingt
Günstig: Vertikale Griffachse, die das Handgelenk in normaler bis leicht volar-dorsaler Bewegung beläßt (aus BULLINGER, 1979, S.104)

Größere Bewegungen werden im Kraftfahrzeug etwa beim Lenken, Schalten und den Fensterkurbeln nötig.
Beim herkömmlichen Lenkrad ist die Griffachse für das Handgelenk eher vertikal angeordnet, es erlaubt somit die volare Bewegung des Handgelenks und ist in diesem Punkt als ergonomisch günstig zu beurteilen.
Geht man von einer weitgehend aufrechten Sitzposition aus (die aus orthopädischer Sicht am günstigsten ist), wäre es jedoch für das gesamte Hand-Arm-System günstiger, wenn die Drehachse in der Horizontalebene läge, um 60 Grad gegenüber der Normalstellung des Schultergürtels gedreht wäre und Unterarm und Drehachse sich in einer Flucht befänden.
Soweit dies anhand einer Abbildung zu beurteilen ist, erfüllt das "aktive Bedienelement" (vorgeschlagen von P. BUBB, 1978, zitiert nach H. BUBB, 1985) diese Bedingungen. Weitere Vor- und Nachteile des aktiven Bedienelements sollen an dieser Stelle nicht erörtert werden.

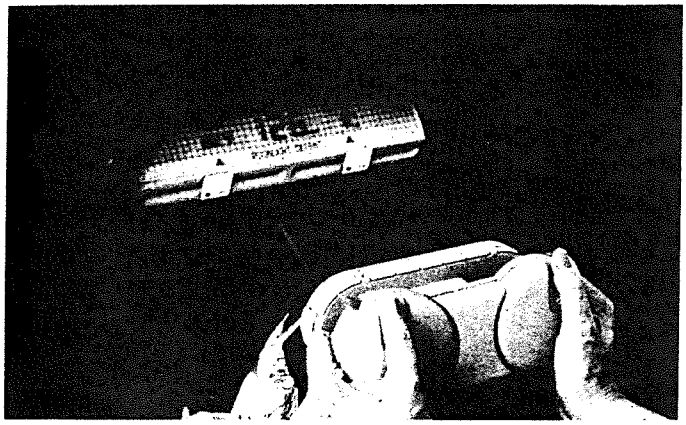


Abb. 5.58: Aktives Bedienelement (aus H. BUBB, 1985; vorgeschlagen von P. BUBB, 1978; Design LAMMEL, 1983)

Greifarten:

Zu unterscheiden ist zwischen Kontakt-, Zufassungs- und Umfassungsgriff.

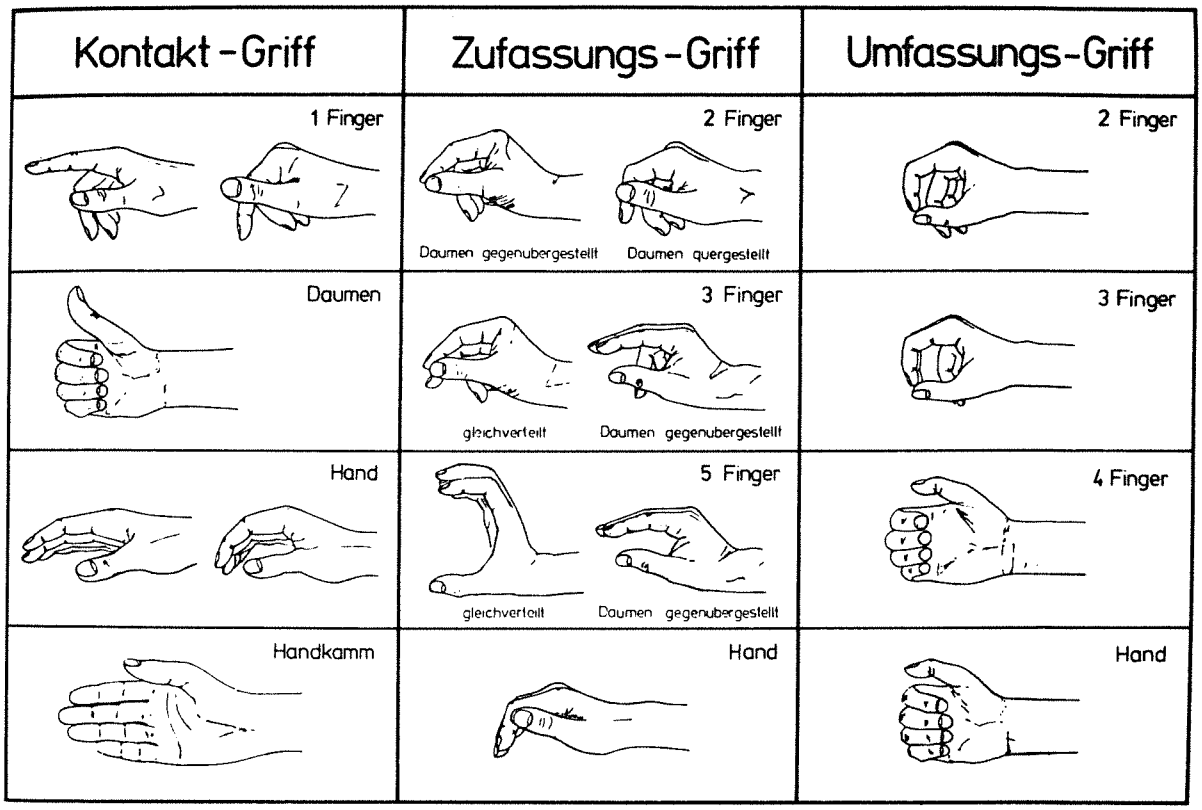


Abb. 5.59: Greifarten (aus BULLINGER, 1979, S.115)

Der **Kontaktgriff** ist offen, das (oder die) Kopplungsglied(er), z.B. die Fingerspitze liegen auf dem Bedienelement auf. Er ist besonders günstig, wenn Schnelligkeit gefordert ist. Für häufiges, schnelles Bedienen im Kontaktgriff eignet sich besonders der Zeigefinger. Besonders beim Kontaktgriff ist die Kraft der Finger bei den verschiedenen Bewegungen wichtig:

- Am größten ist die Kraft der Finger in der Normalachse (auf/ab),
- am zweitgrößten ist die Kraft in der Längsachse (vor/zurück),

- am kleinsten ist sie in der Querachse (rechts/links).
- Querbelastungen der Finger sind zu vermeiden.

Der **Zufassungsgriff** ist geschlossen, die Kopplungsglieder, z.B. zwei Finger, liegen von mehreren Seiten punktuell am Bedienelement an. Bezüglich Schnelligkeit schneidet er zwar nicht so gut ab wie der Kontaktgriff, doch ist er aufgrund seiner Zuverlässigkeit bewährt.
Soll ein Element durch den Daumen und einen anderen Finger bedient werden, so ist zu berücksichtigen, daß das Daumengelenk um 40 Grad versetzt zu den anderen Fingergelenken angeordnet ist. Das Element ist daher so zu gestalten, daß bei einer Schließbewegung der Daumen auf den Zeige- und/ oder Mittelfinger zuläuft. Der günstige Winkel für Zwei- oder Dreifinger-Zufassung ist in Abbildung 5.60. dargestellt:

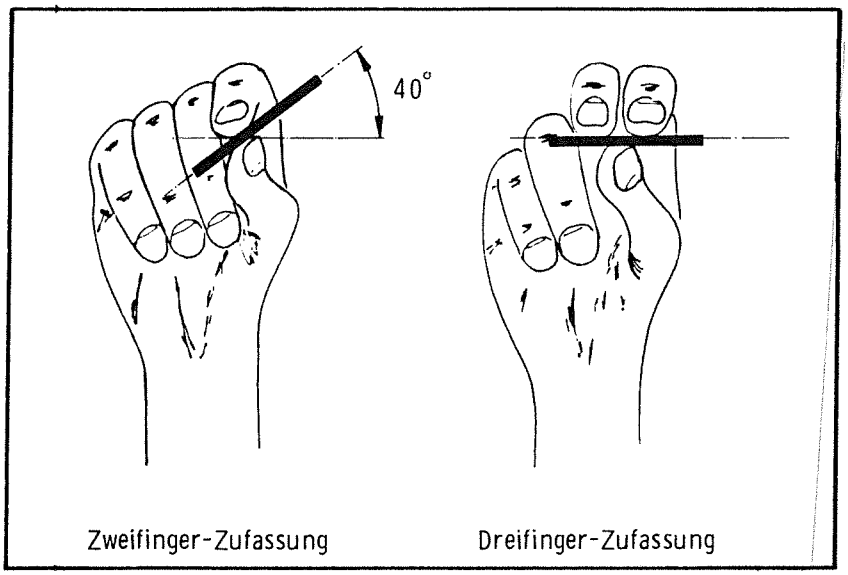


Abb. 5.60: Günstiger Winkel eines Bedienelements bei Zwei- oder Dreifinger-Zufassung (aus BULLINGER, 1979, S.136)

Soll ein Bedienelement nur durch Fingerbewegungen gedreht werden, so wäre, um die Normalstellung der Hand zu erreichen, eine Neigung der Bedienfläche um 40 Grad günstig (siehe Abbildung 5.61). Kann jedoch die Drehung auch im Ellen-Speichen-Gelenk erfolgen, so ist diese Schrägstellung nicht erforderlich.

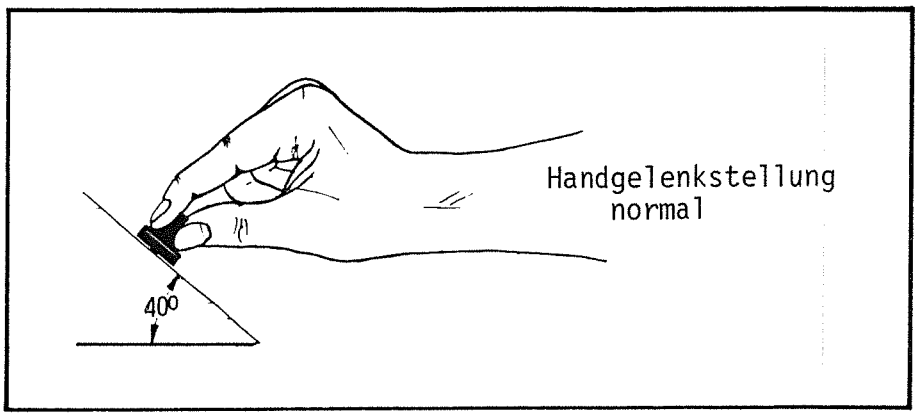


Abb. 5.61: Neigung der Bedienfläche um 40 Grad, wenn die Bewegung nur von den Fingern ausgeführt werden soll (aus BULLINGER, 1979, S. 135).

Beim **Umfassungsgriff** wird das Bedienelement vollständig von den Kopplungsgliedern, z.B. der Hand, umschlossen. Er ist besonders bei hohem Arbeitswiderstand angezeigt.

5.2.6. Gestaltungsgrundsätze

Größe, Form, Funktion und Auslenkungsbereich von Bedienelementen:

Druckschalter und -taster für den Fingerbetrieb benötigen sehr wenig Raum. Sie können leicht farblich markiert werden.
Ihre Oberfläche muß groß genug sein, um der Fingerspitze sicheres Aufdrücken zu ermöglichen und sie nicht abrutschen zu lassen.

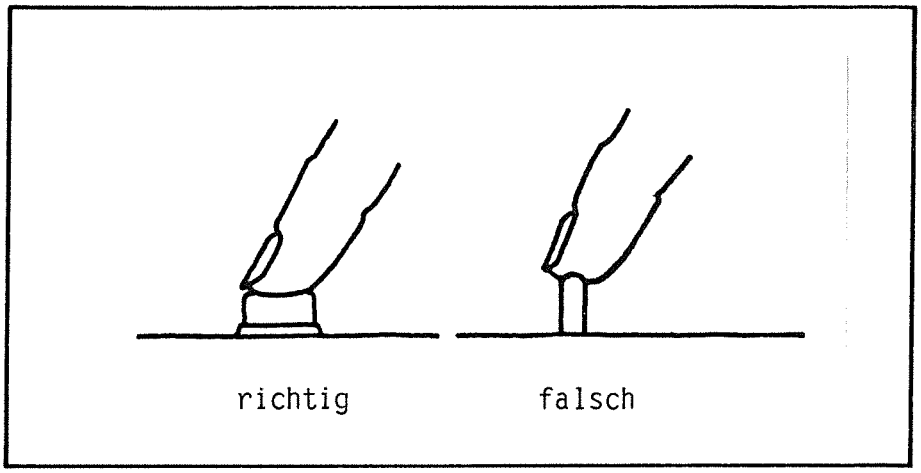


Abb. 5.62: Richtig und zu dünn gestalteter Druckschalter (aus GRANDJEAN, 1971, S.36)

Tab. 5.14: Maßangaben für Druckschalter und -taster

Meßgröße	Maßangaben:	Autor:
Durchmesser	12,7 mm, (Minimum 6,4 mm) 12 - 15 mm 10 - 25 mm	WOODSON & CONOVER, 1964 GRANJEAN, 1971 SCHMIDTKE & RÜHMANN, 1981
Stellweg	3,2 mm (Maximum 6,4 mm) 3 - 10 mm 3 - 40 mm	WOODSON & CONOVER, 1964 GRANDJEAN, 1971 SCHMIDTKE & RÜHMANN, 1981
Kraft	283,5 g - 567 g (bzw. p) 250 g - 500 g (bzw. p) Maximum 60 N = 6000 p	WOODSON & CONOVER, 1964 GRANJEAN, 1971 VDI-Handbuch, 1980
Abstand von anderen	19,1 mm - 25,4mm (Handschuhe) Minimum 8 mm	WOODSON & CONOVER, 1964 SCHMIDTKE & RÜHMANN, 1981

Wie Tabelle 5.14. zeigt, unterscheiden sich die Angaben der drei zitierten Autoren z.T. erheblich. Dies liegt vermutlich daran, daß es auch Druckschalter gibt, die im Handkontakt betätigt werden, wozu eine größere Kopplungsfläche nötig ist als für den Fingerkontakt. Allerdings ist es aufgrund der unspezifischen Angaben schwierig, festzulegen, welches Maß nun für den uns interessierenden Bereich günstig ist.

Über die Form des Druckschalters sind sich die Autoren jedoch einig: die Kopplungsfläche soll konkav gestaltet sein, um den Finger vor dem Abgleiten zu bewahren. CHAPANIS & KINKADE (1972) empfehlen neben der konkaven Kopplungsfläche auch eine rauhe Oberfläche als Abgleitsicherung.

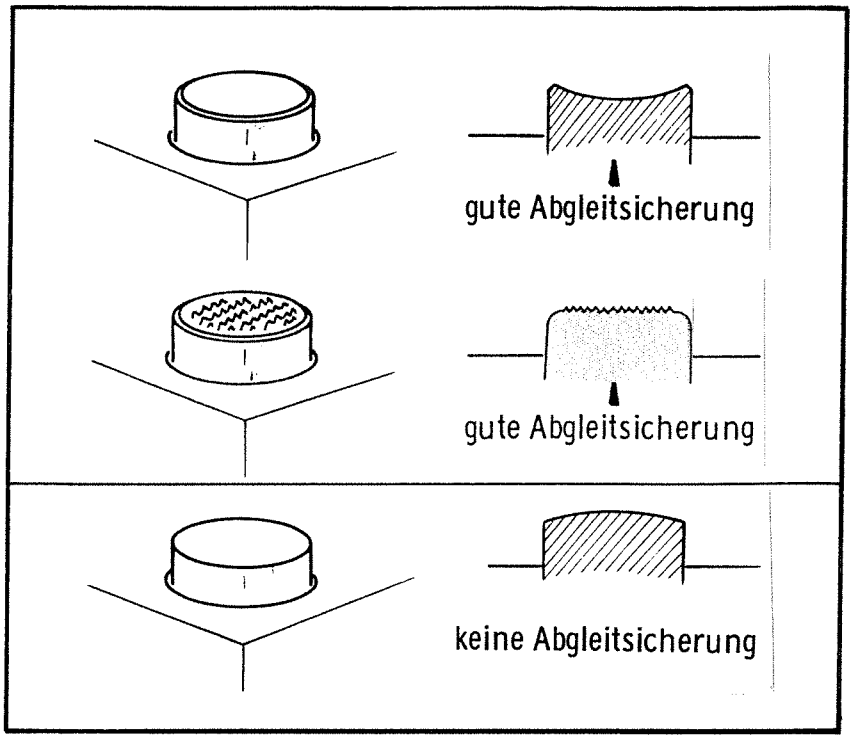


Abb. 5.63: Bei Druckschaltern und -tastern bedeutet
konkave Kopplungsfläche = gute Abgleitsicherung
rauhe Kopplungsfläche = gute Abgleitsicherung
konvexe Kopplungsfläche = keine Abgleitsicherung
(aus BULLINGER, 1979, S.176 und CHAPANIS & KINKADE, 1972, S.358)

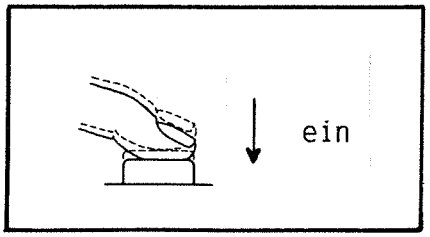


Abb. 5.64: Aktiviert wird die Funktion durch einwärtsdrücken des Schalters oder Tasters

Werden mehrere Drucktaster zu einer **Tastatur** zusammengefaßt, so empfehlen SCHMIDTKE & RÜHMANN (1981), die Tasten zu versenken. Dadurch wird ein unbeabsichtigtes Betätigen der Taste vermieden.
Ob die Tastenform rund oder quadratisch mit abgerundeten Kanten ausgeführt sein soll, darüber herrscht keine Einigkeit.
WOODSON & CONOVER (1964) plädieren für quadratische Tasten, da dies das Abgleiten der Finger zwischen die Tasten verhindere (bei Betätigung der Tastatur mit mehreren Fingern).
BULLINGER (1979) wertet aufgrund der Form der Fingerspitzen die runde Tastenform als gut geeignet, hält aber die Form der Taste bei einhändiger Bedienung für nicht so entscheidend, weshalb er die Vierkantform für die Einhand-Betätigung akzeptiert.

Für Tastenfelder mit besonders kleinen Tasten, angeordnet in kleinem Abstand, schlägt BULLINGER (1979) die konvexe Tastenform vor, um die Gefahr unbeabsichtigten Stellens zu vermeiden. Wir halten jedoch weder kleine Tasten, noch geringen Abstand und somit auch die konvexe Tastenform im Kfz-Bereich für geeignet.

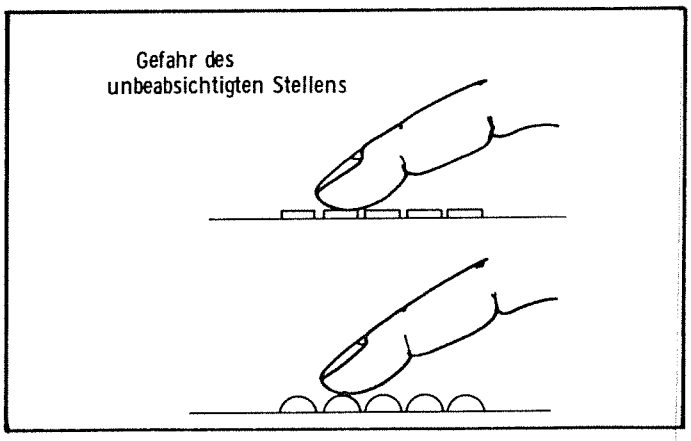


Abb. 5.65: Tastenfelder mit kleinen Tasten und geringem Abstand sind für den Kfz-Bereich ungeeinget (Abb. aus BULLINGER, 1979, S.184)

Tab. 5.15: Maßangaben für Tastaturen

Meßgröße	Maßangaben:	Autor:
Breite der Taste	19,1 mm Minimum 14 mm	WOODSON & CONOVER, 1964 SCHMIDTKE & RÜHMANN, 1981
Stellweg	9,5 mm 2 - 5 mm	WOODSON & CONOVER, 1964 SCHMIDTKE & RÜHMANN, 1981
Kraft	28,35 g - 226,8 g (bzw. p)	WOODSON & CONOVER, 1964
Abstand zw. Tasten	1,6 mm Minimum 3 mm	WOODSON & CONOVER, 1964 SCHMIDTKE & RÜHMANN, 1981

Wenn es um die Anordnung von Tasten auf einem Tastenfeld geht, wird in der Praxis meist die bei Taschenrechnern bzw. Tastentelefonen übliche übernommen, ohne zu hinterfragen, ob dies die im Kfz wünschenswerte Blindbetätigung begünstigt. BOUIS, HALLER & HEINTZ (1981) berichten über den Versuch, eine derartige Tastatur haptisch zu verbessern, stellten allerdings fest, "daß die weitgehende Ein- oder Zwei-Fingerbenutzung solche Hilfen nur wenig zur Wirkung bringt, und außerdem auch nach einiger Übung keine Blind-Betätigung dieser Tastenformen bei der Zifferneingabe stattfindet." (a.a.O., S.538). In Abbildung 5.66. ist die Tastatur eines Tastentelefons und die haptisch verbesserte Form nach BOUIS et al. dargestellt:

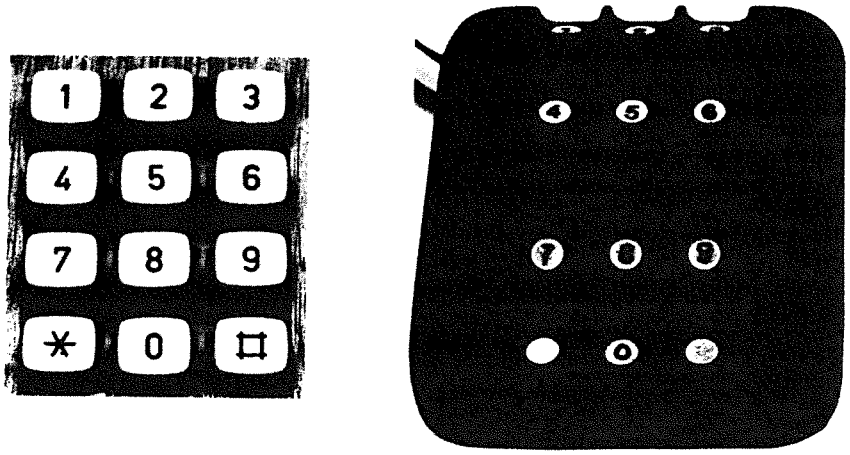


Abb. 5.66: Tastatur eines Tastentelefons und die von BOUIS et al. haptisch verbesserte Form (aus BOUIS, HALLER & HEINTZ, 1981, S.538)

Es könnte sich als lohnend erweisen, mit einem Tastenfeld zu experimentieren, das der Anatomie der gebeugten Hand entspricht, wie in Abbildung 5.67. skizziert:

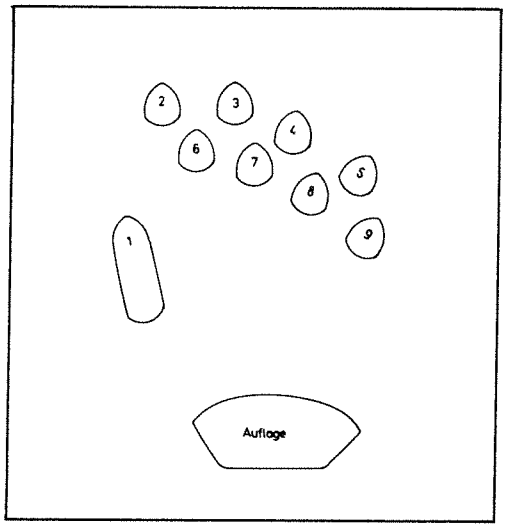


Abb. 5.67: Entwurf eines nach der Anatomie der rechten Hand (in Schreibhaltung gebeugt) konstruierten Feldes für 5 oder 9 Tasten

Druckschalter, die mit der ganzen Hand betätigt werden, sollten sich der Handwölbung anpassen. Die sog. "Pilzköpfe" erfüllen diese Forderung.

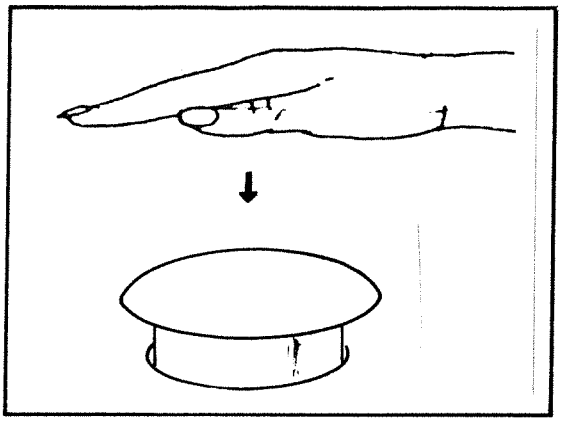


Abb. 5.68: Druckschalter, der mit der ganzen Hand betätigt wird (aus BULLINGER. 1979, S.140)

Bei **Kippschaltern** sind im Prinzip zwei Arten zu unterscheiden: eine kegel- oder stangenförmige und eine flache Form. Die kegel- oder stangenförmige Art findet im Kraftfahrzeug wegen der Verletzungsgefahr keine Verwendung mehr.

▷ **Kippschalter** sind besonders geeignet, wenn der Benutzer sehen und fühlen soll, in welcher Position sich der Schalter befindet (ein/aus).

Dieses "Erkennen auf einen Blick" oder Ertasten ist allerdings nur möglich, wenn der Schalter zweistufig ausgeführt ist - ein Grundsatz, gegen den in der Praxis leider verstoßen wird: zum Teil ist der Schalter dreistufig ausgelegt (Stufe I/Aus/Stufe II), was für diese Schalterform unangemessen ist.
Ebenso ungünstig ist es, den Schalter in Querrichtung anzuordnen, da auch hier die Information (welche Stellung bedeutet ein, welche aus?) nicht eindeutig übermittelt werden kann.

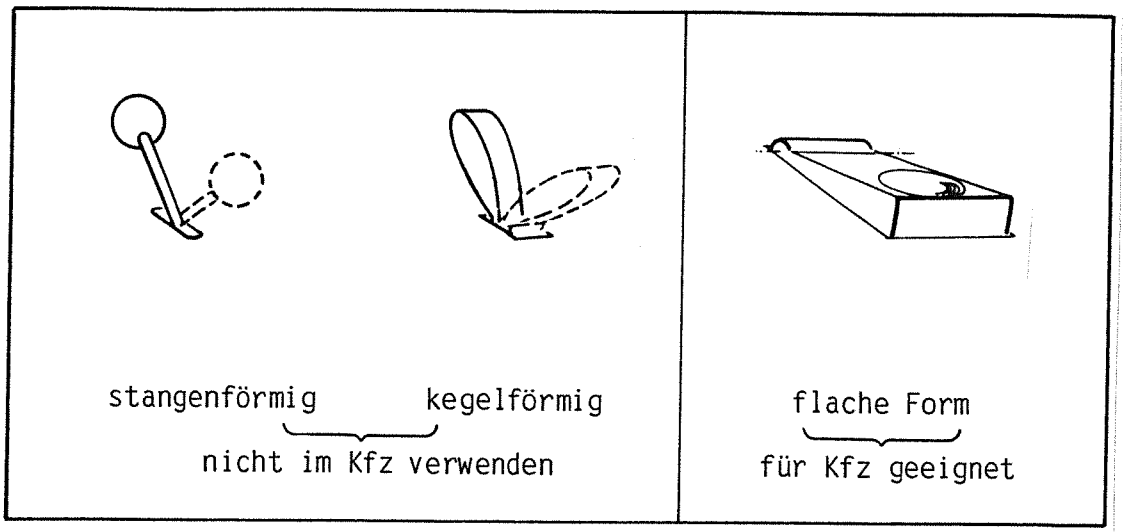


Abb. 5.69: Zwei Arten von Kippschaltern

Abbildung 5.70. zeigt die richtige Anordnung: In Ruhestellung (= aus) streckt der Schalter sozusagen seine Nase dem Benutzer entgegen. Schaltet der Benutzer ein, so bleibt die Kopplungsfläche in der neuen Position, bündig mit der Oberfläche der Armaturentafel. (Wir dürfen an dieser Stellen an die Diskussion in Abschnitt "Kompatibilität der Bewegung" verweisen.

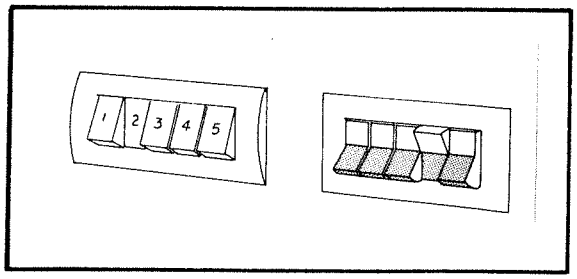


Abb. 5.70: Ergonomisch günstig angebrachte Kippschalter (aus WOODSON & CONOVER, 1964, S.2-96)

Kippschalter sollten nicht auf einer horizontalen Ebene angebracht werden, da man sie in dieser Position leicht per Zufall eingeschaltet. Als Beispiel sei hier die Fläche über der Armaturentafel genannt, die in LKW oder Bussen gerne als "Zettelablage" o.ä. dienen.

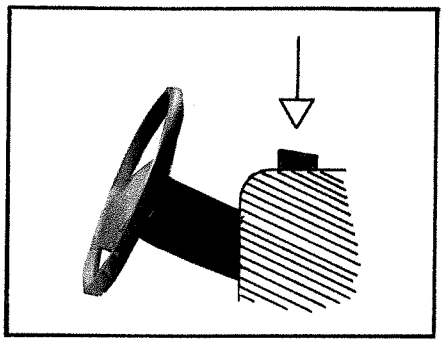


Abb. 5.71: Ungünstig angebrachter Kippschalter

Wippschalter sind zwar, wie sich zeigen wird, in der Form sehr ähnlich, in ihrer Funktionsweise jedoch gänzlich verschieden: sie rasten nicht in einer Position ein, sondern wippen in die Ausgangslage (meist in die Mittelposition) zurück. Aus diesem Grunde geben sie auch durch ihre Position keinerlei Information darüber, in welchem Status sich das System befindet. Sie sind daher nur geeignet, wenn der Fahrer diese Information auf andere Weise (z.B. akustisch) erhält. Ist beispielsweise die Funktion "Ausschalten" am Radio per Wippschalter auszuführen, so erhält der Benutzer darüber unmittelbare Rückmeldung - das Radio läuft, oder es schweigt. Gleiches gilt für die Funktion "Lautstärkeregelung". Der Funktionszustand von Nebelscheinwerfern oder Nebelrückleuchten ist hingegen nicht ohne weiteres ersichtlich. Entweder muß er über Kontrollampen angezeigt werden oder eine andere Schalterart ist zu wählen.

Kipp- und Wippschalter werden mit der Fingerspitze oder der Fingerbeere betätigt. Auch hier ist, um ein Abgleiten der Fingerspitze zu vermeiden, eine Mulde oder Querriffelung vorzusehen.

Ergonomisch günstig ist die trapezförmige Ausführung des Schalters: auf diese Weise ist der Benutzer nicht gezwungen, den Finger längs zur Achse des Schalters auszurichten, womit eine ungünstige Stellung des Handgelenks verbunden wäre (vgl. Abbildung 5.72.) Dies gilt vor allem für Schalter, die weiter vom Benutzer entfernt angebracht sind.

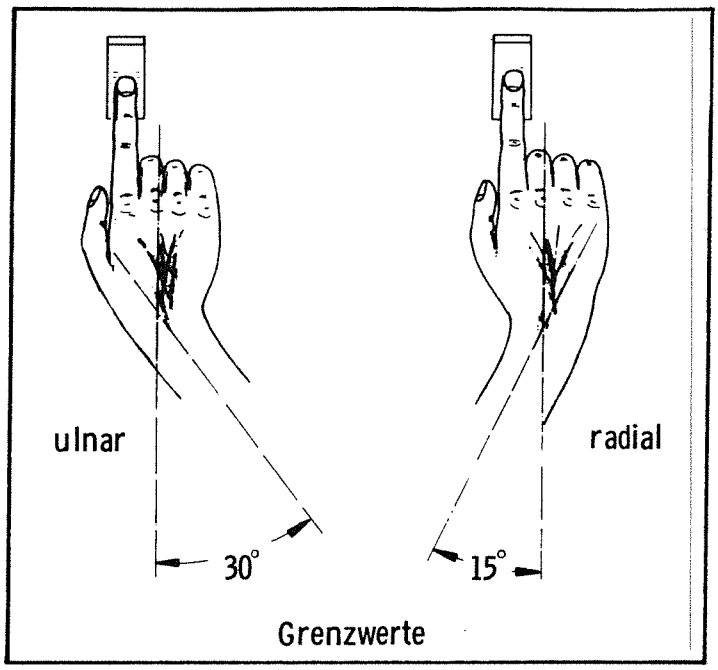


Abb. 5.72: Rechteckige Taste erzwingt bei seitlicher Lage ungünstige Handgelenksstellung (aus BULLINGER, 1979, S.178)

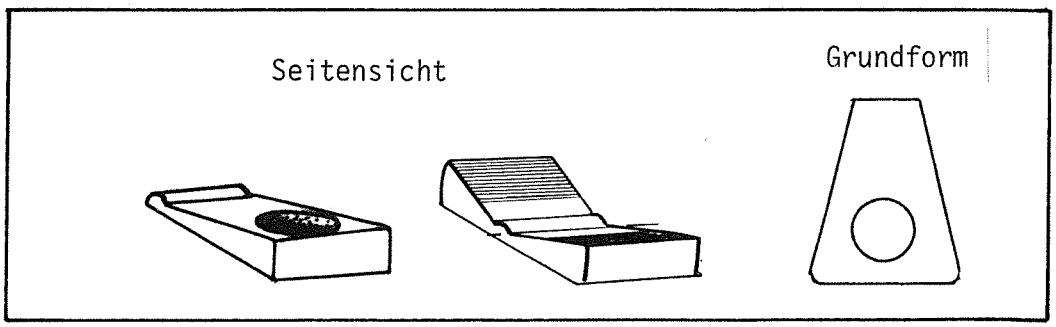


Abb. 5.73: Gestaltungsbeispiele für Kipp- und Wippschalter, trapezförmig und mit Abgleitsicherung

Stockschalter sind im Prinzip Kippschalter mit langem Hebel, die hinter dem Lenkrad an der Lenksäule angebracht sind. Auch sie wollen durch ihre Position dem Fahrer anzeigen, in welchem Status sich der Schalter befindet, was schwierig ist, weil sie in den freien Raum ragen und somit keinen Bezugspunkt (Nullstellung) besitzen.

Die "natürliche" Bewegungsrichtung für einen Stockschalter ist nach oben (= ein, Zunahme) oder unten (= aus, Abnahme).
Bereits bei dieser Bewegungsdimension finden wir große individuelle Unterschiede bezüglich der Bedienart. Ein- oder Zweifinger-Kontaktgriff, Dreifinger-Zufassungsgriff und schieben mit den seitlichen Fingerendgliedern sind denkbar.
Die gewiß schwierige Aufgabe besteht nun darin, die Form für derart vielfältige taktile Möglichkeiten zu optimieren.

Erschwerend kommt hinzu, daß dem Stockschalter noch andere Bewegungsrichtungen zugeordnet werden: Während die Bewegung "zum Fahrer hin ziehen / von ihm weg drücken" noch akzeptabel sein mag, wird spontan niemand auf den Gedanken kommen, einen Stockschalter in Richtung Lenkrad zu drükken und ihm somit eine vollkommen andersartige Funktion, nämlich die eines Druckschalters, zuzuweisen.
Diese Funktionsänderung ist vergleichbar, als wolle man einem Schraubenzieher die Funktion des Hammers unterstellen.
Eine weitere Funktion, die Stockschaltern zugewiesen wird, ist das Drehen des Hebels. Auch dies entspricht nicht einer intuitiv richtigen Bewegung und fällt, wie eine Untersuchung von KUECHENMEISTER (1974) zeigte, den Versuchspersonen schwer.

Ausgehend von den verschiedenen Bedienarten ist die Forderung besonderer Leichtgängigkeit des Stockschalters mit wohldefinierten Druckpunkten aufzustellen.
Für die in Frage kommenden Bedienarten ist die Form eines Quaders mit abgerundeten Kanten günstig: sie bietet den seitlichen Fingerendgliedern genügend "Angriffsfläche" und ist für die genannten Greifarten günstig.

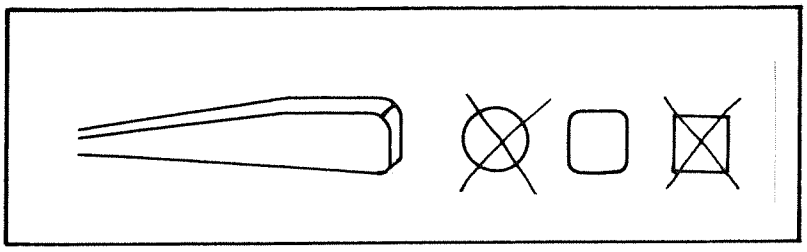


Abb. 5.74: Beispiel für Stockschalter (Grundform: Quader, mit abgerundeten Kanten)

Der **Schieber** erfordert eine translatorische Form der Bewegung, d.h. er ist durch ziehen, drücken oder schieben zu betätigen. Schieber gibt es in den verschiedensten Formen: als Kugel, als räumliches Dreieck, als flachen Knauf, als Kegelfläche, oder schalterähnlich.

Die besondere Funktionsweise des Schiebers liegt in seiner <u>kontinuierlichen Verstellbarkeit</u>.

Da Flächenschieber eine größere Kontaktfläche aufweisen, sind sie günstiger als Kugelschieber (nach BULLINGER, 1979).

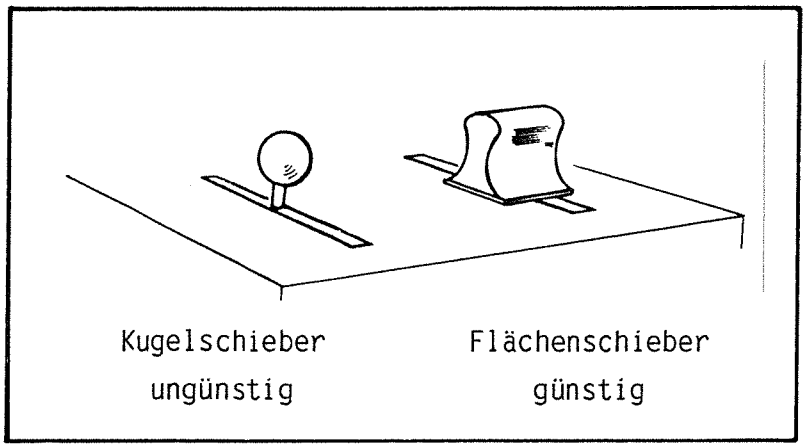


Abb. 5.75: Beispiele für Schieber (aus BULLINGER, 1979, S.179)

Schalterähnliche Schieber sollten nicht verwendet werden und zwar aus folgendem Grund: Wie bereits besprochen, bietet ein Schalter "auf einen Blick" die Information, in welchem Status er sich befindet (ein/aus). Er soll daher nur zweistufig ausgeführt sein. Ein Schieber ist dagegen kontinuierlich zu verstellen. Gibt es schalterähnliche Schieber, so ist letztlich weder die Funktion von Schaltern, noch die von Schiebern eindeutig definiert, eine Konfusion, die es zu vermeiden gilt.

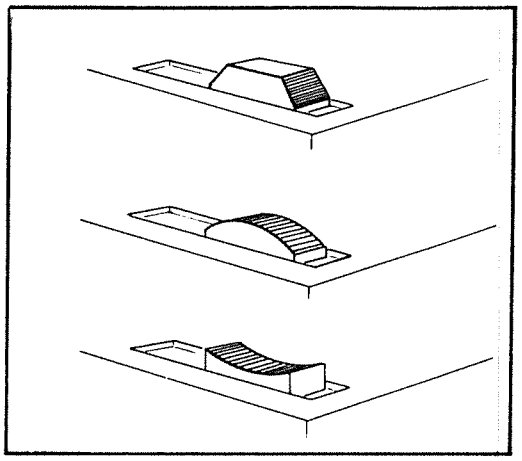


Abb. 5.76: Schalterähnliche Schieber, die aufgrund der Verwechslungsgefahr mit Schaltern nicht verwendet werden sollten.

SCHMIDTKE & RÜHMANN (1981) empfehlen beim Flächenschieber eine Breite von minimal 6 mm und eine Länge von ebenfalls minimal 6 mm. Die Breite des Flächenschiebers sollte sich unserer Ansicht nach an der Daumenbreite der Fahrer orientieren. Median bei Frauen: 19 mm, Median bei Männern: 23 mm (vgl. DIN 33 402, Teil 2, Tab. 20).

Ebenso wie die Bewegung des Zeigers bei Skalen bedeutet die Bewegung des Schiebers von links nach rechts oder von unten nach oben "Zunahme", beispielsweise Zunahme der Luftmenge, Zunahme der Wärme:

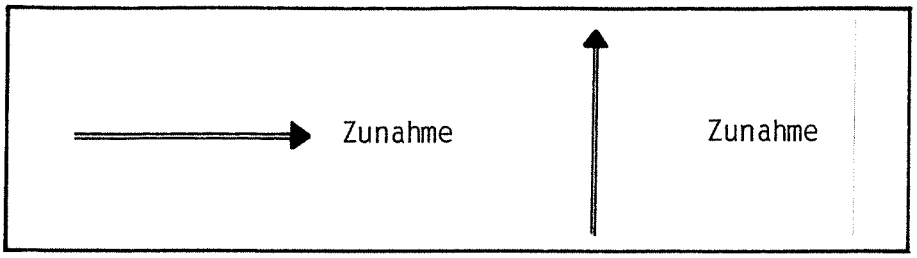


Abb. 5.77: Bedeutung der Bewegungsrichtung des Schiebers

Schalt- oder Gangwahlhebel erfordern, wie Schieber, eine translatorische Bewegungsform (schieben, ziehen, drücken). Allerdings sind sie nicht kontinuierlich verstellbar, vielmehr müssen sie in bestimmte Positionen gebracht werden.
Als Greifart kommt die Fünffinger-Zufassung (Element wird zwischen Daumen und den anderen Fingern gehalten) oder die Hand-Zufassung (Element wird zwischen Fingern, Daumen- und Kleinfinger-Ballen gehalten) in Betracht. Wie BULLINGER ausführt, böte die ellipsoide Form zwar bessere Kopplungsbedingungen, doch erlaubt die runde Form beliebige Änderungen in der Grifflage.
Somit ist die runde Form bei einer H-Schaltung günstiger (Bewegungsablauf z.B. vor / seitlich / vor). Muß die Bewegung jedoch nur in einer Richtung erfolgen, ist der ellipsoiden Form der Vorzug zu geben.

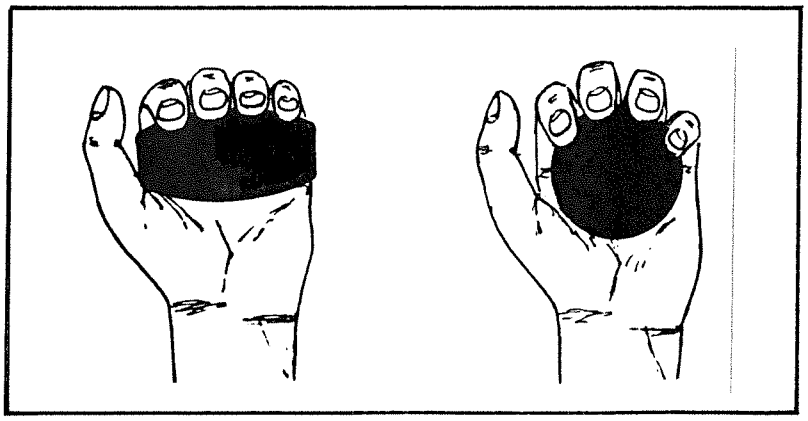


Abb. 5.78: Schalt- oder Gangwahlhebel in ellipsoider oder runder Form bei Hand-Zufassung (aus BULLINGER, 1979, S.220)

Geht man ausschließlich von der Kompatibilität der Bewegung aus, so ist folgende Regel aufzustellen:

- Rückwärtsfahren --> Gang nach hinten
- Vorwärtsfahren --> Gang nach vorn
- schneller vorwärts --> Gang weiter vor.

In Abbildung 5.79. sind Überlegungen skizziert, die diesem Grundsatz entsprechen und die bei Automatik-Getrieben realisiert werden sollten. Für die Anwendung bei Schaltgetrieben sind weitere Überlegungen und Versuche zur Praktikabilität angezeigt.

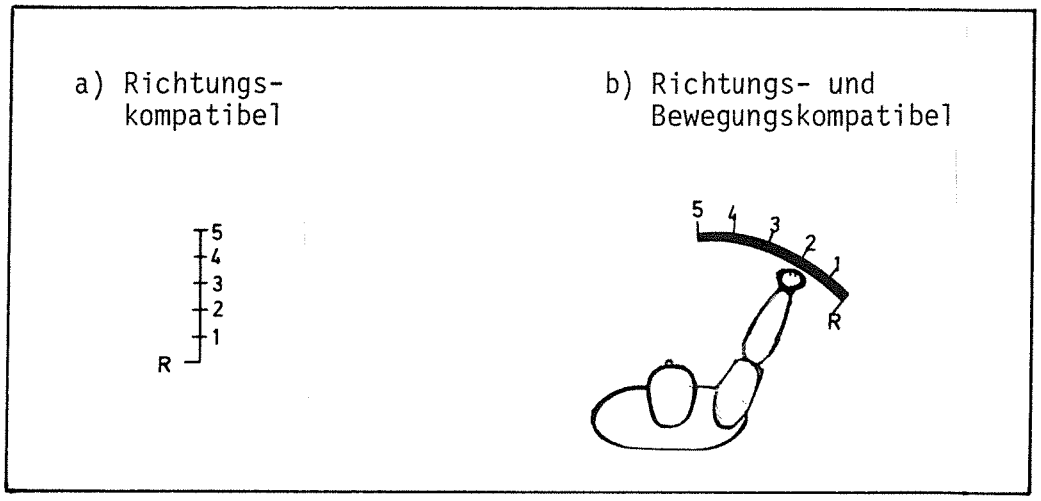


Abb. 5.79: Mit der gewünschen Bewegung des Fahrzeugs kompatibles Schaltschema

Abbildung 5.80. zeigt verschiedene Versionen von Schaltungen:
Version a) ist sehr ungünstig, da hier der Rückwärtsgang entgegen der gewünschten Bewegungsrichtung des Fahrzeugs, also intuitiv "falsch", einzustellen ist.
Bei Version b) und c) ist zumindest der Rückwärtsgang Bewegungskompatibel, womit die Lösung als relativ günstig zu beurteilen ist.
Bei Version d) wird zwar der Rückwärtsgang in der gewünschten Bewegungsrichtung des Fahrzeugs (nach hinten) eingelegt, doch verstößt diese Version gegen das bei der H-Schaltung realisierte Prinzip "je weiter der He-

bel nach rechts, desto schneller das Fahrzeug".
Aus technischer Sicht wird Version d) der Version c) oft vorgezogen, da c) eine Schaltgasse mehr, und damit auch mehr Platz beansprucht. Liegen die Schaltgassen enger beieinander, so sind Schaltfehler wahrscheinlicher. Andererseits setzt die Auslegung des 5. Ganges und des Rückwärtsgangs in einer Schaltgasse eine deutliche und damit schwer zu überwindende Sperre voraus, die die Bedienbarkeit erschweren kann.
Je nach Anordnung der Gesamtkonzeption oder des Raumangebots kann also Version c) oder d) günstiger sein.

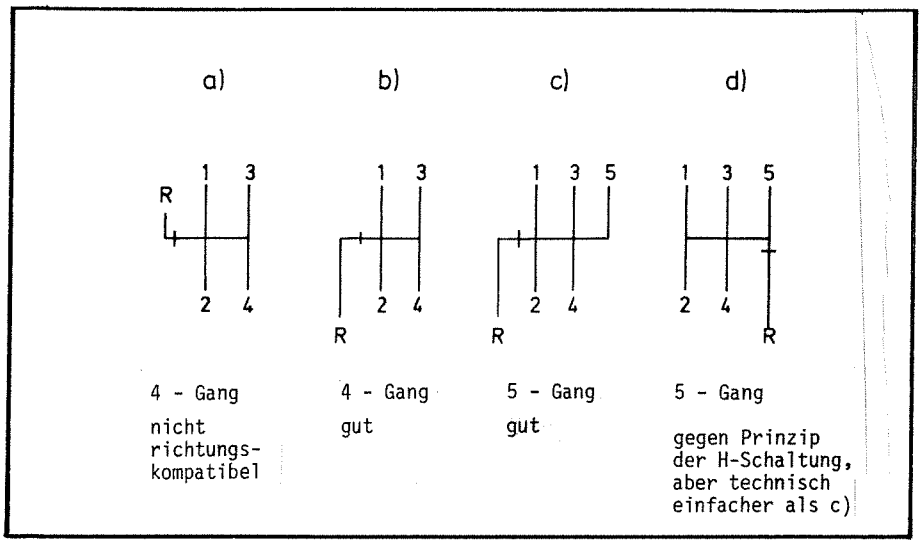


Abb. 5.80: Verschiedene Versionen bei der H-Schaltung

Drehknöpfe werden für kontinuierliche Funktionen verwendet.
Sie zeigen einen besonderen Formenreichtum: meist ist ihre Grundform rund (gerader Kreiszylinder, Kreiskegelstumpf), selten ist sie quadratisch (Würfel) oder dreieckig (Tetraeder).

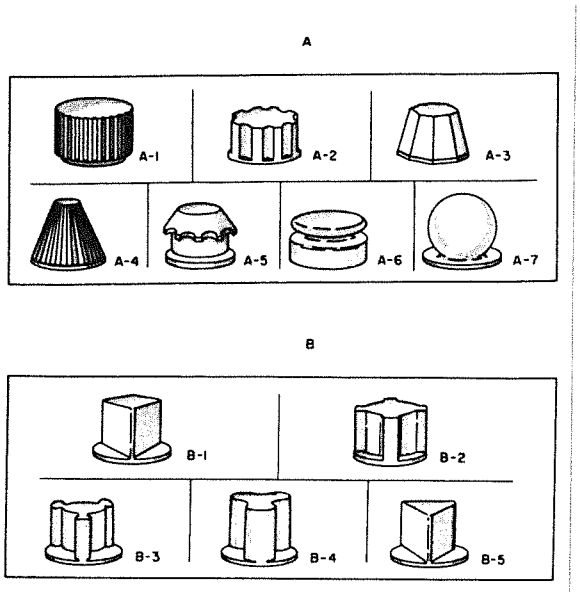


Abb. 5.81: Beispiele für Drehknöpfe mit runder (A) und quadratischer oder dreickiger Grundfläche (B) (aus CHAPANIS & KINKADE, 1972, S.366)

Diese Formen werden abgleitsicher, wenn sie mit Längs-, bzw. Querriffelung oder Griffmulden versehen sind.

Die runde Grundform ist geeignet, wenn eine ganze Umdrehung (oder mehr) erforderlich ist, die Position des Knopfes aber keine so bedeutende Rolle spielt (ist die Postion wichtig, Drehknebel verwenden!).
Die Form des Kreizylinders ist besonders günstig für das "Zwirbeln" (twirling), einer Drehbewegung zwischen Daumen und Zeigefinger. Hier werden zwei verschiedene Abrollvorgänge unterschieden: quer zum Zeigefinger und längs dazu. Die Abrollbewegung längs des Zeigefingers ist günstiger, weil

- sie von der Kraftübertragung her günstiger ist,
- der Drehbereich, der ohne Nachgreifen möglich ist, größer ist,
- die Stabilität durch das Abstützen des Zeigefingers am Mittelfinger größer ist,
- die dorsale Handhaltung, die beim Zwirbeln quer zum Zeigefinger eingenommen werden muß, vermieden wird.

Nachteil: der Bewegungsraum muß deutlich größer sein als beim Zwirbeln quer zum Zeigefinger. (Vgl. BULLINGER, 1979)

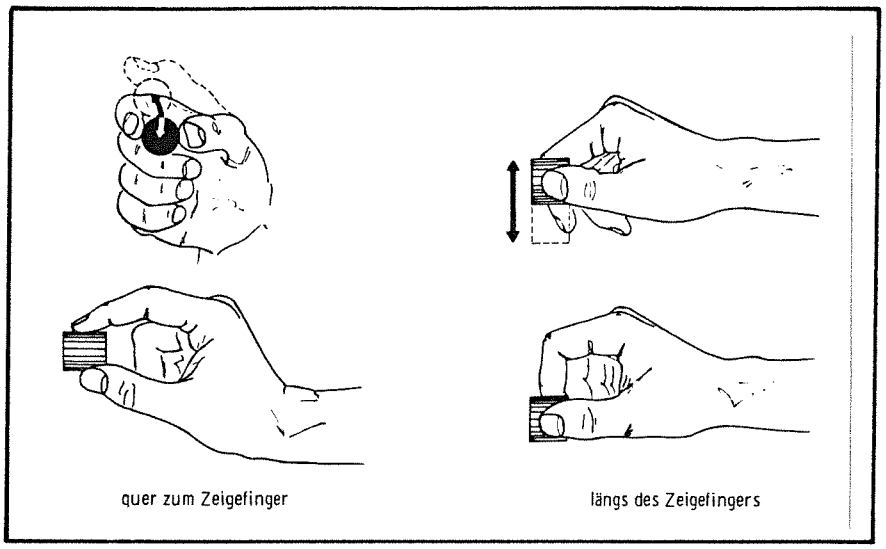


Abb. 5.82: Zwirbeln längs des Zeigefingers ist günstiger als zwirbeln quer zum Zeigefinger (aus BULLINGER, 1979, S.122)

Bei einem Kreiskegelstumpf wird nach Meinung BULLINGER's (1979) das kontinuierliche Verstellen oft dadurch erschwert, daß die Finger beim Nachgreifen auf unterschiedliche Durchmesser des Stellteils treffen. Er bemängelt auch, daß der von KROEMER (1967) empfohlene Kegelwinkel von 5 Grad nicht dem anatomisch richtigen Winkel entspreche, weshalb in der Praxis die Kopplung oft an der vorderen Kante des Drehknopfs erfolge (vgl. Abb. 5.83, Fall a). Abhilfe schaffe hier ein Kombinationsdrehknopf mit unterschiedlichen Steigungswinkeln (vgl. Abb. 5.83, Fall b). Das Scheuern der Fingerspitzen bzw. -nägel wird durch eine Scheibe hinter dem Knopf vermieden (vgl. Abb. 5.83, Fall c)

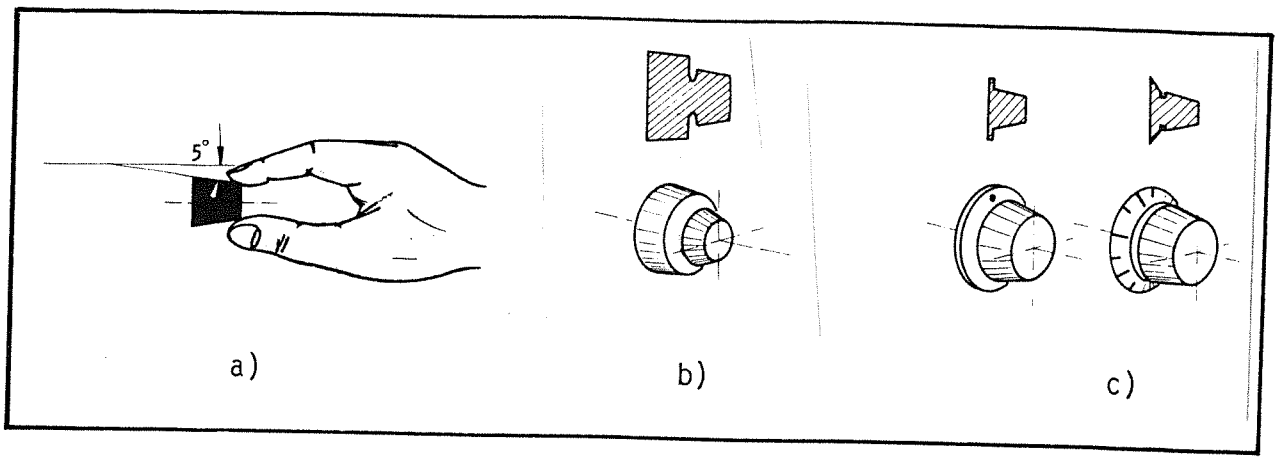


Abb. 5.83: Von BULLINGER (1979, S.197f) diskutierte Drehknopfvarianten, anatomisch günstig sind die Formen b) und c)

Drehknöpfe in Form dünner Stangen (Abbildung 5.84.) sind wegen möglicher Verletzungsgefahren im Kraftfahrzeugbereich nicht geeignet.

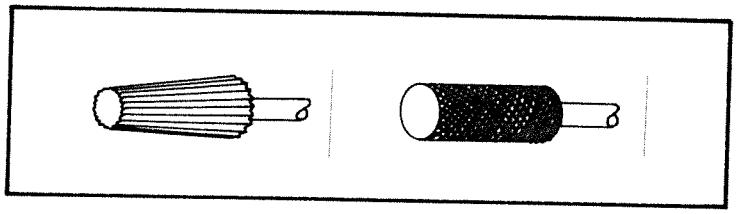


Abb. 5.84: Stangenförmige Drehknöpfe sind im Kfz-Bereich nicht geeignet (Abb. aus WOODSON & CONOVER, 1964, S.2-103)

Die quadratische oder dreieckige Form wurde geschaffen, um die Bedeutung des Knopfes auch im Dunklen ertasten zu können. Sie ist allerdings nur geeignet, wenn keine ganze Umdrehung des Knopfes erforderlich und die exakte Position nicht so wichtig ist (vgl. CHAPANIS & KINKADE, 1972).

Tab. 5.16: Maßangaben für Drehknöpfe

Meßgröße	Maßangaben:	Autor:
Durchmesser	19,1 mm (12,7 mm - 50,8 mm)	WOODSON & CONOVER, 1964
	9,5 mm - 101,6 mm	CHAPANIS & KINKADE, 1972
	10 - 100 mm	SCHMIDTKE & RÜHMANN, 1981
	10 - 30 mm (2-3 Finger)	GRANFJEAN, 1971
	35 - 75 mm (ganze Hand)	
Tiefe	12,7 mm - 19,1 mm	WOODSON & CONOVER, 1964
	12,7 mm - 25,4 mm	CHAPANIS & KINKADE, 1972
	12 mm - 70 mm	SCHMIDTKE & RÜHMANN, 1981
	12 mm - 25 mm (Finger)	GRANDJEAN, 1971
	20 mm - 50 mm (Hand)	
Kraft	max. 85,05 p bei 0 25,4 mm	WOODSON & CONOVER, 1964
	max. 170,1 p bei 0 12,7 mm	
	max. 283,5 p bei 0 50,8 mm	
Drehmoment	Minimum: 0	CHAPANIS & KINKADE, 1972
	max. 3240,4 mmg bei 0 25,4 mm	
	max. 4320,54 mmg für größere	
	ca. 4500 mmg bei 0 10-30 mm	GRANDJEAN, 1971
	max. 25000 mmg bei 0 35-75 mm	
Abstand von anderen	Minimum: 25 mm	SCHMIDTKE & RÜHMANN, 1981

Bei Drehknöpfen bedeutet die Bewegungsrichtung von links nach rechts "Zunahme", beispielsweise Zunahme der Lautstärke des Radios. Bei Schraubbewegungen an Drehknöpfen, z.B. am Tankdeckel, hat sich die Bedeutung "Zudrehen" für die Bewegung von links nach rechts eingebürgert.

Drehknebel können für kontinuierliche oder für mehrstufige Einstellungen verwendet werden. Allerdings sollte weniger als eine gesamte Umdrehung erforderlich sein. Vorteil des Drehknebels ist, daß er (bei günstiger Gestaltung) deutlich anzeigt, in welcher Position sich der Schalter befindet. Die in Abbildung 5.85. dargestellten Drehknebel erfüllen diese Funktion nicht, sind außerdem noch scharfkantig und daher für den Kfz-Bereich ungeeignet.

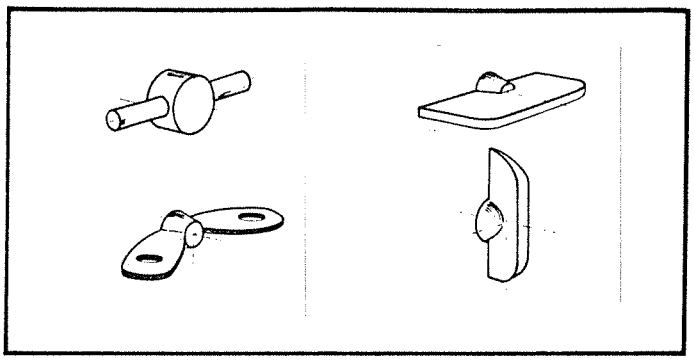


Abb. 5.85: Ungünstig gestaltete Drehknebel, zeigen Schalterposition nicht und sind scharfkantig (aus BULLINGER, 1979, S.202)

Wesentlich günstiger sind die in Abbildung 5.86. vorgestellten Drehknebel:

- sie zeigen, in welcher Position (z.B. in Bezug zu einer Skala oder zu Piktogrammen) der Schalter steht,
- sie ermöglichen das Greifen mit zwei bis drei Fingern, wobei der Daumen quergestellt werden kann,
- sie haben abgeflachte Kanten, was die Verletzungsgefahr mindert.

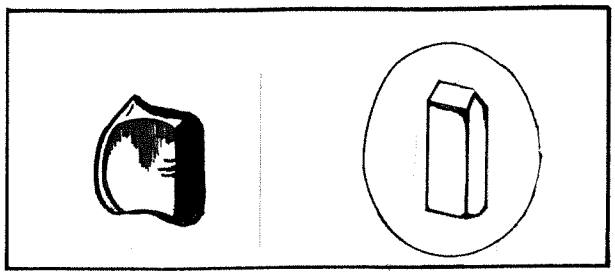


Abb. 5.86: Günstig gestaltete Drehknebel

CHAPANIS & KINKADE (1972) geben noch folgende Empfehlungen:

- Wird eine Skala verwendet, so sollte sie auch dann sichtbar sein, wenn der Benutzer den Drehknebel bedient.
- Der Zeiger (hier: Spitze des Knebels) sollte so nahe wie möglich an der Skala sein, um Parallaxefehler zu vermeiden.
- Die Werte sollen zunehmen, wenn der Knebel im Uhrzeigersinn gedreht wird.

Tab. 5.17: Maßangaben für Drehknebel

Meßgröße	Maßangaben:	Autor:
Breite	Maximum 25 mm	GRANDJEAN, 1971
	10 mm - 25 mm	SCHMIDTKE & RÜHMANN, 1981
Höhe	12 mm - 70 mm	GRANDJEAN, 1971
	12 mm - 70 mm	SCHMIDTKE & RÜHMANN, 1981
Länge	Minimum 25 mm	GRANDJEAN, 1971
	25 mm - 100 mm	SCHMIDTKE & RÜHMANN, 1981
Kraft	250 - 1400 g (bzw. p)	GRANDJEAN, 1971
Abstand zu anderen	Minimum 25 mm	SCHMIDTKE & RÜHMANN, 1981

Die Frage, ob für kontinuierliche Regelung (z.B. Einstellung der Heizung) ein Drehknebel oder ein Schieber verwendet werden sollte, kann im Vorgriff auf eine später darzustellende Untersuchung (FÄRBER & FÄRBER, in Arbeit) wie folgt beantwortet werden:
Primär ist nicht entscheidend, ob ein Drehknebel oder ein Schieber verwendet wird. Vielmehr sind die wesentlichen Kriterien:

- Kompatibilität von Bewegungsrichtung und Funktion (Soll z.B. bei der Luftverteilung die Luft nach oben strömen, so muß der Zeiger des Drehknebels nach oben weisen bzw. der Schieberegler nach oben bewegt werden. Ungünstig ist beispielsweise ein horizontaler Schieberegler für die Luftverteilung zwischen Frontscheibe und Fußraum.)
- gute Erreichbarkeit (Führt beispielsweise ein horizontaler Schieberegler zu einer weit ausholenden Bewegung in Richtung Beifahrerseite, so kann sich ein nah beim Fahrer positionierter Drehknebel als günstiger erweisen.)
- klare Bezeichnung (z.B. Pfeile).

Hebeltasten, wie sie beispielsweise zum Öffnen der Fahrzeugtüren oder zur Sitzverstellung verwendet werden, erfordern den Kontaktgriff von zwei bis vier Fingern (ohne Beteiligung des Daumens).

Ist das Hebelscharnier oben befestigt, so sind, um die Tür eines Fahrzeugs zu öffnen, allerlei Verrenkungen erforderlich:

- wird die rechte Hand verwendet, so muß sie nach hinten (dorsal) abgebeugt werden,
- wird die linke Hand eingesetzt, so ist neben einer Beugung der Hand nach hinten (dorsal) auch noch eine Drehung in Richtung Daumen (radial) erforderlich. Hinzu kommt die Drehung im Unterarm.

Ist das Hebelscharnier seitlich befestigt,

- wird bei Verwendung der rechten Hand diese radial abgebeugt werden, da der Türgriff meist zu weit hinten angebracht ist,
- wird die linke Hand eingesetzt, so muß sie meist stark ulnar (Richtung kleiner Finger) und volar (nach unten) gedreht werden, wozu die Drehung des Unterarms kommt.

Verringern könnte man diese unharmonische Zwangshaltung durch eine veränderte Position:

1. Ausstellung des Türinnen-Elements, in das der Türöffner integriert ist, in Richtung Fahrer (der Hebel kommt dem Fahrer - bildlich gesprochen - entgegen). Die Tür kann wahlweise mit der linken oder der rechten Hand geöffnet werden. Abbildung 5.87. versucht dies zu verdeutlichen.
2. Verlegen des Türgriffs nach vorne (in Richtung Motorhaube). Hierbei stellt das Lenkrad (bei Bedienung des Türgriffs mit der rechten Hand) ein Begrenzung des Greifraums dar.

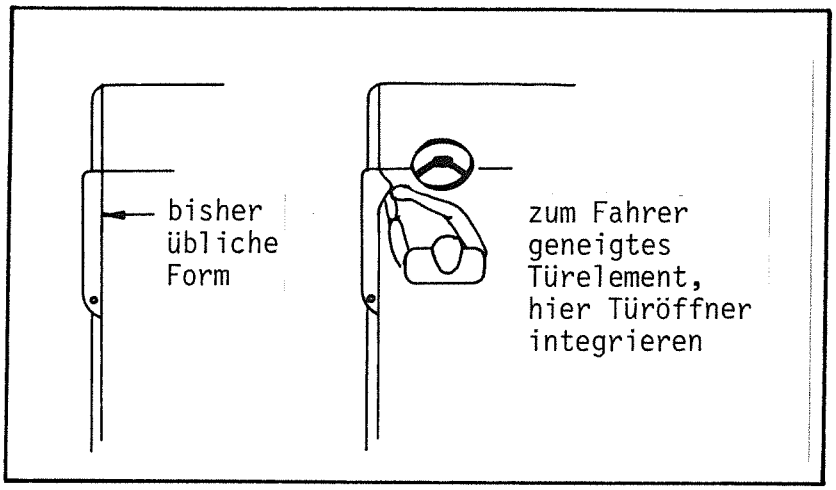


Abb. 5.87: Skizze zur günstigen Position des Türöffners:
Das Türelement, in das der Türöffner integriert ist, neigt sich in Richtung Fahrer.
Der Türöffner ist so weit nach vorne gelegt, wie es der Spielraum zum Lenkrad hin erlaubt.

Zur Form des Türöffners ist folgendes zu sagen:

- Zur Erhöhung der passiven Sicherheit muß der Hebel in das Türelement integriert sein.
- Der Türöffner ist so breit auszulegen, daß vier Finger bequem eingreifen können. Hierbei kann man sich an der Handbreite des 95-Perzentil-Mannes orientieren, die 93 mm beträgt. Zwar sind die Fingerendglieder in aller

Regel schmäler als die Handbreite, doch ist dieser Spielraum willkommen.

- Zur Berechnung des erforderlichen Freiraums der Finger (bzw. der Länge des Türöffners) dient die Länge des Mittelfingers. Sie beträgt beim 95-Perzentil-Mann 92 mm. Davon greifen etwa 2/3 (für zwei Fingerendglieder) ein, dies sind 61 mm, was auch eine komfortable Lösung für Personen mit etwas längeren Fingernägeln darstellt.
- Dementsprechend sollte auch der Raum, in den die Finger eingreifen können, einen Radius von 61 mm aufweisen.

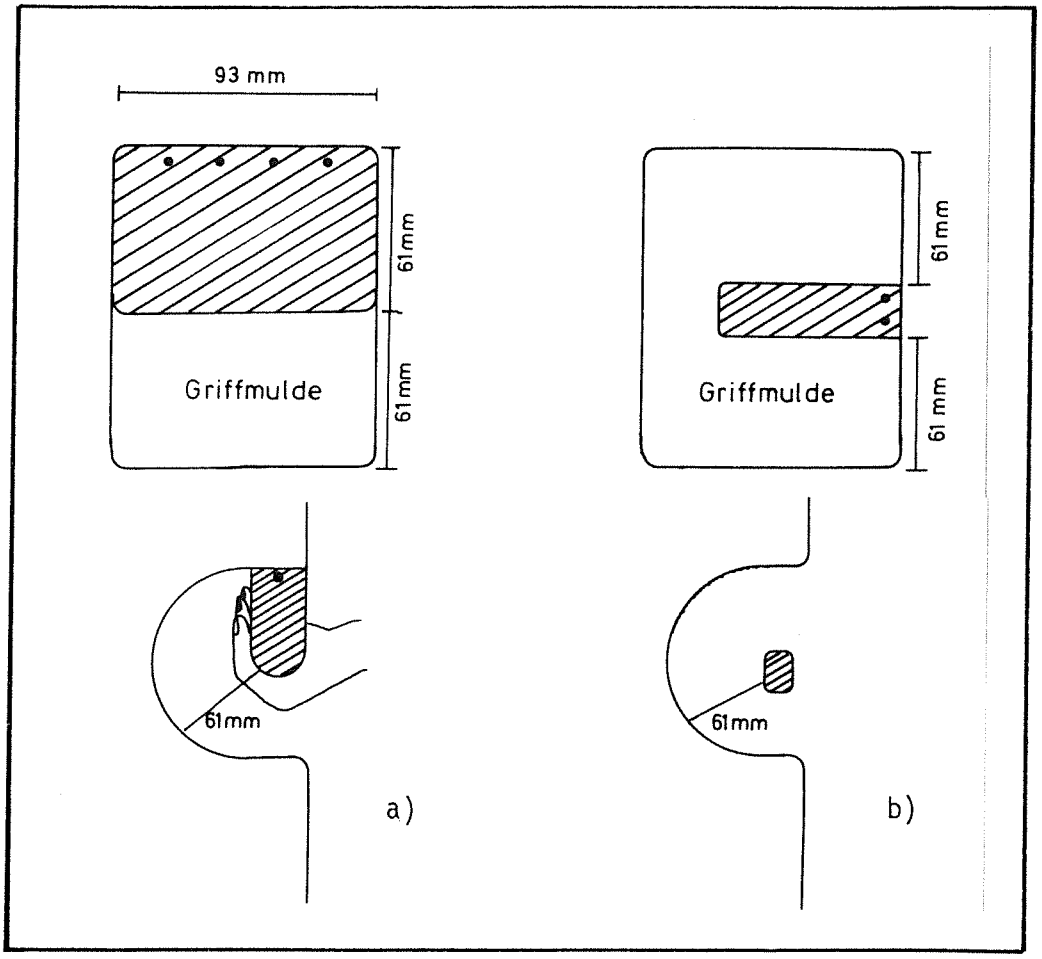


Abb. 5.88: Gestaltungsbeispiele für den Türöffner
a) Scharnier oben
b) Scharnier seitlich

Aus Sicherheitsgründen ist eine Normierung der Türöffner sehr wünschenswert.

In Gefahrensituationen und bei Unfällen kann auf diese Weise wertvolle Zeit gewonnen werden. Auch für das Öffnen der Tür bei Nacht würde die Vereinheitlichung der Türöffner subjektiv, d.h. im Bewußtsein des Fahrers oder Beifahrers, einen erheblichen Gewinn an Komfort darstellen.

Kraftfahrzeuge werden traditionellerweise mittels **Lenkrad** gesteuert. Überlegungen zur Lenkradposition wurden bereits in 5.2.5. angestellt: Das Lenkrad ist mit optimalen Bewegungen zu bedienen, wenn Unterarm und Drehachse in einer Flucht liegen und sich das Arm-Hand-System in normaler Lage befindet (Drehachse in der Horizontalebene, Winkel zwischen Arm und Schultergürtel 60 Grad). Diese Angabe nimmt den Fahrer als Bezugspunkt. Verstellt der Fahrer die Neigung seines Sitzes, so müßte auch die Lenkradposition angepaßt werden, um weiterhin optimale Bewegungen des Arm-Hand-Systems zu gewährleisten.
WOODSON (1981) empfiehlt zunächst für maximalen Komfort einen Winkel von 60 Grad, ausgehend von einer waagrechten Linie, differenziert jedoch später nach Art des Fahrzeugs:

Schwerer Lastwagen:	Horizontales Lenkrad, 0 Grad Neigung
Mittlerer Lkw und Bus:	15 - 30 Grad Neigung
Standard-Pkw:	45 - 60 Grad Neigung
Sportwagen:	60 - 90 Grad Neigung.

Aus WOODSON's Ausführungen (1981, S.588) ist nicht ersichtlich, wie diese Angaben zustande kommen. Handelt es sich um experimentelle Befunde, um physiologische Messungen, um Befragungsergebnisse, um Erfahrungswerte, oder einfach um die Meinung des Autors? Aufgrund der ungeklärten Genese empfehlen wir, wie oben bereits ausgeführt, den Menschen als Bezugspunkt zu nehmen.

Das Lenkrad muß mit einer Abgleitsicherung für die Hände ausgestattet sein - eine Forderung, die leider noch nicht in allen Fahrzeugen umgesetzt ist. Die Benutzer kommen in ihrem Bemühen, das Lenkrad abgleitsicher "nachzurüsten", allerdings oft zu abenteuerlichen Lösungen (z.B. Lenkradbezug aus Plüsch oder glattem Plastik). Die üblichen (glatten) Rippen auf der Rückseite eines ebenfalls glatten Lenkrades, die wohl der Fingerform des Menschen folgen wollen, können aufgrund der großen individuellen Unterschiede bezüglich der Fingerbreite (z.B. variiert die Mittelfingerbreite von Erwachsenen zwischen 16 und 23 mm) nur in geringem Maß Abhilfe schaffen. Eine ergonomisch günstige, wenn auch nicht gerade billige Lösung wäre ein Bezug aus aufgerauhtem, genarbtem, gestanztem Leder. Überträgt man die Untersuchung über Griffe von BULLINGER, KERN & SOLF (1979), so schneidet genoppter Gummi oder feiner Gummi recht gut ab. Allerdings ist nach SCHMIDTKE & RÜHMANN (1981) darauf zu achten, daß der Reibungsbeiwert des Materials nicht zu hoch wird, da mit ihm die Belastung der Haut wächst.

Vom Standpunkt der passiven Sicherheit aus muß das Lenkrad mit gestaltfesten Speichen, großem Pralltopf (über 250 cm^2) und konkav hinter der Lenkradebene gelegener Aufprallfläche versehen sein, wie GÖGLER (1976) an eindrucksvollen Unfallanalysen nachweist.

CHAPANIS & KINKADE (1972) zufolge ist das Lenkrad am effektivsten in einem Bereich von $\pm$ 60 Grad zu bedienen, WOODSON & CONOVER (1964) und WOODSON (1981) geben als maximale Auslenkung eine Drehung von 120 Grad an, in diesem Fall müsse der Fahrer nicht umgreifen.

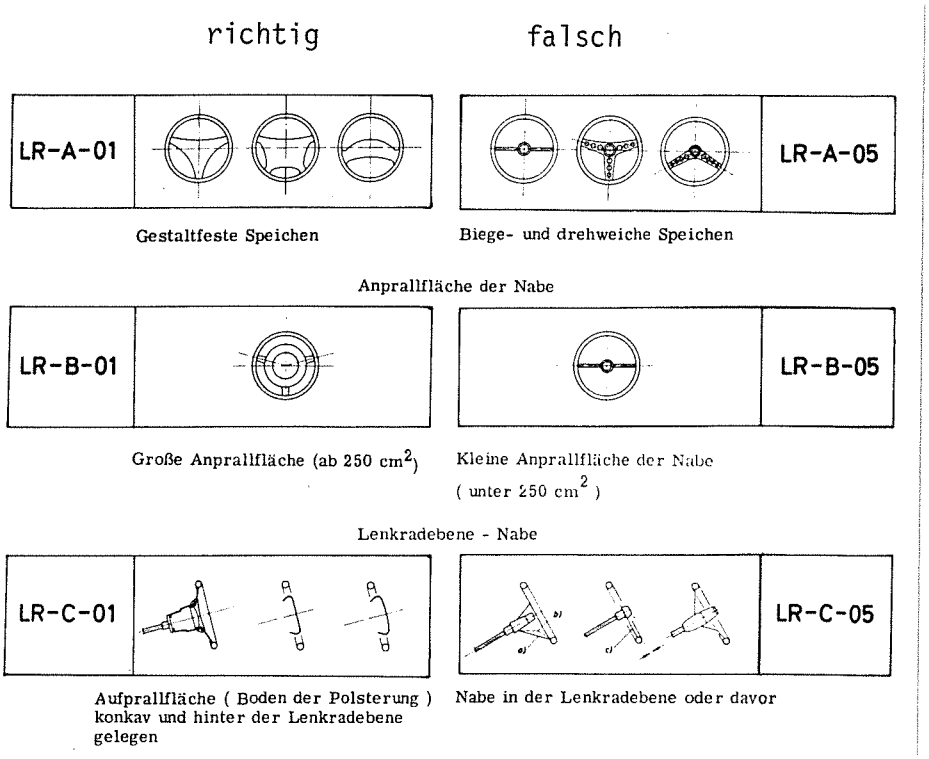


Abb. 5.89: Gestaltung von Speichen und Aufprallfläche am Lenkrad (aus GÖGLER, 1976, S.224)

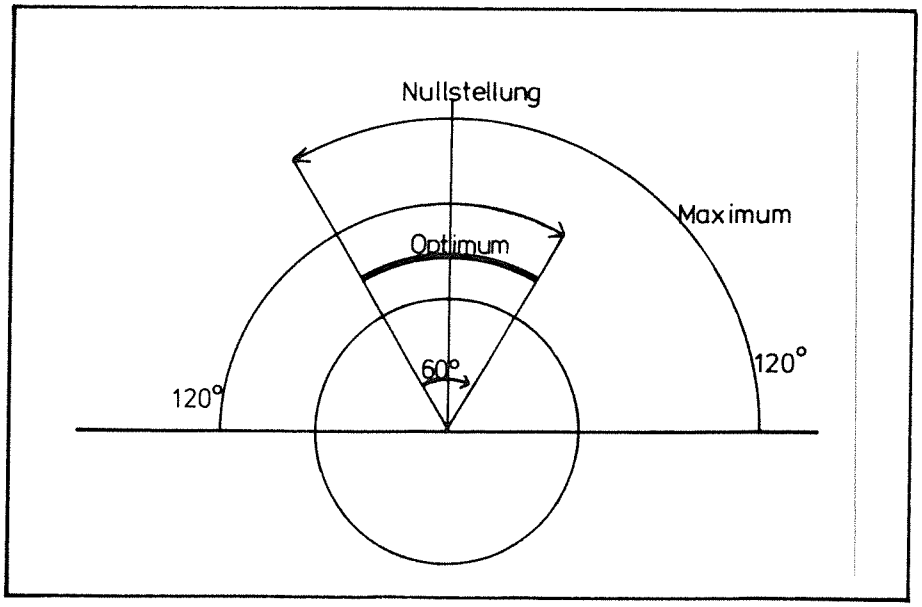


Abb. 5.90: Optimum und Maximum des Lenkradausschlags

Tab. 5.18: Maßangaben für Lenkräder

Meßgröße	Maßangaben:	Autor:
Durchmesser des Lenkrads	30,48 cm - 45,72 cm	WOODSON & CONOVER, 1964
	gr. Lkw: 45,7 - 50,8 cm	WOODSON, 1981
	kl. Lkw: 40,6 - 43,2 cm	WOODSON, 1981
	Pkw: 35,6 - 38 cm	WOODSON, 1981
	Sportwagen: 35,6 cm	WOODSON, 1981
Durchmesser des Griffs	19,1 mm - 38,1 mm	WOODSON & CONOVER, 1964
	19,1 mm - 50,8 mm	CHAPANIS & KINKADE, 1972
	gr. Lkw: 28 mm	WOODSON, 1981
	kl. Lkw: 25,4 mm	WOODSON, 1981
	Pkw: 19 mm	WOODSON, 1981
	Sportwagen: 19 mm	WOODSON, 1981
Widerstand	453,59 g - 13607,7 g	WOODSON & CONOVER, 1964
	453,59 g - 13607,7 g	CHAPANIS & KINKADE, 1972

Die Dicke des Lenkradkranzes sollte mit der Größe des Lenkraddurchmessers anwachsen. Auch beim Widerstand sind Variationen denkbar. So wurde von TEMMING (1984) eine variable Lenkungsübersetzung vorgestellt, bei der die Lenkung mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit indirekter wird, also auf Lenkunruhe weniger stark reagiert. Dies kann als Beispiel für "Fehlertoleranz" eines Bedienelements herangezogen werden.

Pedale, etwa zum Beschleunigen und Abbremsen des Fahrzeugs, bedürfen heutzutage keines großen Kraftaufwandes mehr. Abbildung 5.91. zeigt eine für diesen Zweck komfortable Position:

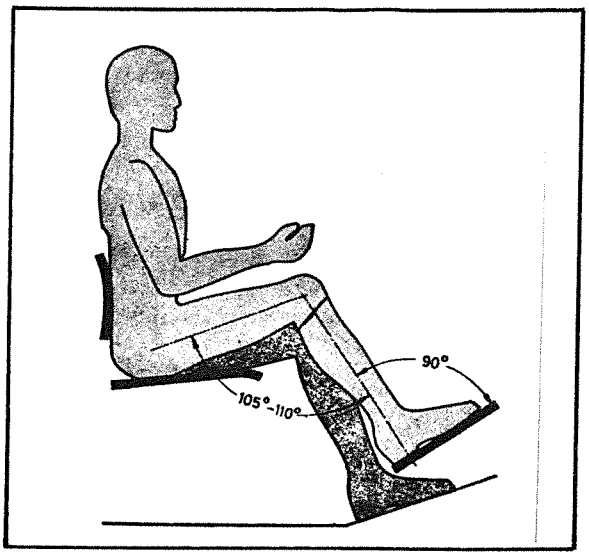


Abb. 5.91: Komfortable Position für Fußpedale, wenn geringe Kräfte aufzuwenden sind (aus GRANDJEAN, 1971, S.40)

Bleibt der Fuß des Fahrers auf dem Pedal (z.B. Gaspedal), so soll der Widerstand maximal 4,536 kp betragen (vgl. WOODSON & CONOVER, 1964, CHAPANIS & KINKADE, 1972).
Abbildung 5.92. zeigt den Weg für ein oben drehendes Pedal, entsprechend dem natürlichen Weg des Fußes:

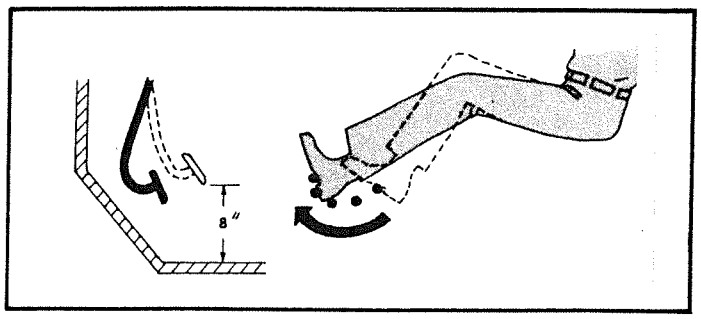


Abb. 5.92: Pedalweg, angeglichen an den natürlichen Weg des Fußes (aus WOODSON & CONOVER, 1964, S.2-110)

Das herkömmliche Pedal kehrt in seine Ausgangsposition zurück, wenn die Kraft weggenommen wird.
CHAPANIS & KINKADE (1972) empfehlen für die Größe der Pedale eine Minimalbreite von 2,54 cm und eine Minimallänge von 8,89 cm. Die maximale Größe bemesse sich am verfügbaren Platz.
Bezüglich des Pedalweges zitieren sie DUPUIS et al. (1955), der bei Pedalen, die mit dem ganzen Fuß bedient werden, eine Strecke von 5,08 cm - 10,16 cm für angemessen hält, für Bremspedale 2,08 cm - 7,62 cm mehr. Liegt die Ferse am Boden auf, so soll der Pedalweg 5,08 cm, entsprechend einem Bewegungswinkel von 10 Grad, betragen. WOODSON & CONOVER (1964) geben als Pedalweg für das Gaspedal einen Winkel von 15 Grad an:

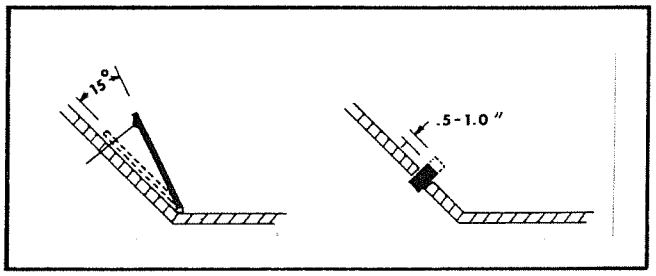


Abb. 5.93: Pedalweg des Gaspedals (aus WOODSON & CONOVER, 1964, S.2-110)

Bisher waren aus der Sicht des Benutzers mit dem Pedaldruck folgende Funktionen verbunden:

Druck auf das Gaspedal	=	Beschleunigung (technisch: Drosselklappenverstellung)
Druck auf das Bremspedal	=	Verzögerung
kein Druck auf das Pedal	=	Beendigung der jeweiligen Funktion.

Überlegungen in jüngerer Zeit beziehen auch die Tempostat-Funktion mit ein (vgl. TEMMING, 1984). Es bedeutet danach:

Druck auf das Gaspedal	=	Beschleunigung (technisch: Drosselklappenverstellung)

Druck auf das Bremspedal	=	Verzögerung
kein Druck auf das Pedal	=	Fahrzeug fährt mit konstanter Geschwindigkeit.

Mit dieser Regelung wäre ein Großteil der statischen Haltearbeit, die die Muskulatur des rechten Beins zu leisten hat (Gasfuß), zu vermeiden. Für den Viel- und Langstreckenfahrer wäre dies, gerade auf Autobahnen u.ä., eine große Erleichterung. Über Auswirkungen im Normalbetrieb mit stark wechselnden Geschwindigkeiten und über Umstellungsprobleme liegen bisher noch keine Erfahrungen vor.

Gestaltungsgrundsätze für Bedienelemente, die
- **Skalen**
- **Beschriftung**
- **Symbole**
- **Farbcodierung**
- **Beleuchtung**

betreffen, entsprechen denen der Anzeigeelmente, weshalb auf die entsprechenden Passagen in Kapitel 5.1. verwiesen werden darf.

Kompatiblität der Bewegung:

"Kompatibilität liegt vor, wenn der Codier- und Decodieraufwand bei der Informationsübertragung gering ist, und basiert auf elementaren Erwartungen der Operateure über die raumzeitlichen Beziehungen der Elemente, die als soziale Stereotypien oder Bewegungsstereotypien bezeichnet werden." (HOYOS, 1974, S.110). HOYOS erläutert dies an Beispielen: "Niemand wird erwarten, man müsse das Steuerrad eines Autos nach links drehen, um nach rechts abzubiegen. Wer einen Knopf nach rechts dreht, wird erwarten, daß ein zugeordneter Zeiger auch nach rechts geht." (a.a.O. S.95). Man könne das Gegenteil zwar erlernen, würde jedoch in einer Gefahrensituation - einem Bewegungsstereotyp folgend - auf die **"natürliche" Bewegung** zurückgreifen.

Neben dieser intrinsischen Kompatibilität, die bei jeder Person gleich abläuft, gibt es, nach NEVETT (1972) eine zweite Art der **Kompatibilität, deren Ursprung in der Lerngeschichte verankert** ist, die von Land zu Land unterschiedlich sein kann. So bedeutet z.B. in Großbritanien eine Abwärtsbewegung des Lichtschalters "einschalten", in den USA bedeutet die Abwärtsbewegung "ausschalten". Diese nationalen Eigenheiten sind problematisch, wenn ein Produkt in beiden Ländern auf den Markt gebracht werden soll.
Neben diesen länderspezifischen Unstimmigkeiten sind auch die **fachspezifischen Unterschiede** zu beachten: In der Stromtechnik z.B. wird eine Erhöhung durch Drehen im Uhrzeigersinn erreicht, bei Wasser und Gasen durch Drehen gegen den Uhrzeigersinn, da dies dem Öffnen eines Ventils entspricht.

NEUMANN & TIMPE (1970) fassen die Bewegungszuordnung bei Bedienelementen übersichtlich zusammen:

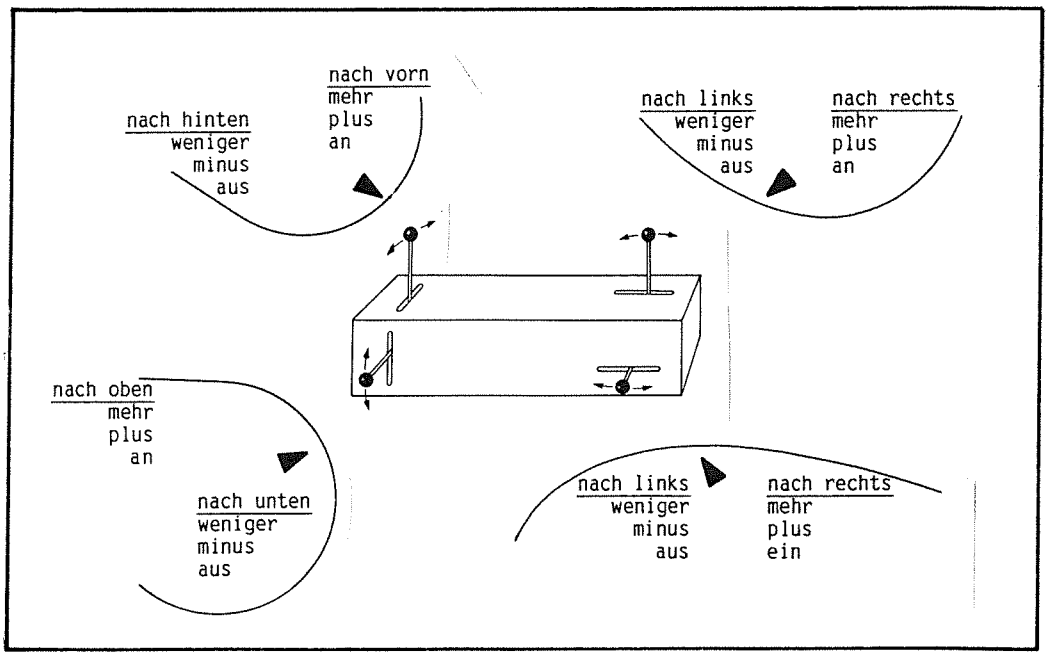


Abb. 5.92: Bewegungszuordnung bei Bedienelementen (NEUMANN & TIMPE, 1970, S.116)

Tab. 5.19: Funktion und Bewegung (nach SCHMIDTKE & RÜHMANN, 1981)

Funktion	Bewegungsrichtung
ein	im Uhrzeigersinn drehen aufwärts nach rechts aufwärts vorwärts ziehen
aus	gegen den Uhrzeigersinn drehen nach links abwärts rückwärts drücken
rechts	im Uhrzeigersinn drehen nach rechts
links	gegen den Uhrzeigersinn drehen nach links

Probleme bereitet diese Zuordnung beispielsweise, wenn sie nicht mit **Erfordernissen der Sicherheit** in Einklang steht. So bedeutet z.B. ein Nachvorneschieben des von BUBB (1985) besprochenen "aktiven Bedienelements", die Zunahme der Geschwindigkeit, Bewegung und Funktion sind kompatibel. Wird der Fahrer jedoch bei einem Unfall nach vorne, gegen das aktive Bedienelement gedrückt, so beschleunigt das Fahrzeug ebenfalls - mit gravierenden Folgen für die Fahrzeuginsassen.
Das herkömmliche Bremspedal, funktionsgleich mit der entgegengesetzten Funktion, dem Gaspedal, stellt zwar keine Kompatibilität zwischen Funktion (= langsamer werden) und Handlung (= Pedal treten) her, entspricht aber dem naturgegebenen Verhalten (= einstemmen bei Gefahr, Rückzug) und steht daher mit den Forderungen der Sicherheit in Einklang.

Einen weiteren kritischen Punkt stellt die Vereinigung zweier verschiedener Funktionen in einem Element dar (wobei relativierend anzumerken ist, daß der grundlegende technische Unterschied oft nur dem technisch Versierten auffällt, für den Laien jedoch kein Problem darstellt). Als Bei-

spiel ist hier die Wischerfunktion (zweistufig) zu nennen, die mit dem Intervallwischer kombiniert werden soll. Für den Techniker sind dies sehr verschiedenartige Funktionen. Vermutlich liegt hierin die Ursache für eine in der Praxis häufiger auftretende Eigenheit:

- wird der Intervallwischer-Modus gewünscht, so muß der Stockschalter nach unten bewegt werden,
- wird der "normale" Wischer-Modus (erste oder zweite Stufe) gewünscht, so muß der Stockschalter nach oben bewegt werden.

Dies widerspricht der Kompatibilität von Bewegung und Funktion (ein = Stockschalter nach oben schieben) und ist daher als sehr ungünstig zu bewerten.

Besser ist, alle Wischer aktivierenden Funktionen mit der Bewegung des Stockschalters nach oben zu verbinden, z.B. in der Reihenfolge

- etwas nach oben = Intervallwischer
- mehr nach oben = wischen mit normaler Geschwindigkeit
- ganz nach oben = wischen mit schneller Geschwindigkeit.

Schließlich darf die Erörterung der Kompatibilität von Bewegung und Bedienung den Einfluß der Schalterart nicht außer acht lassen. Wie unsere Untersuchung über Bedienelemente zeigen wird (FÄRBER & FÄRBER, in Arbeit), veranlaßt die Form des Warnblinkschalters beim Ford Fiesta die Kraftfahrer eher zum Ziehen als zum Drücken. Eine andere Gestaltung ohne Einbuchtung hätte mit großer Sicherheit die Personen veranlaßt, den Knopf zu drücken (vgl. Abb. 5.93).

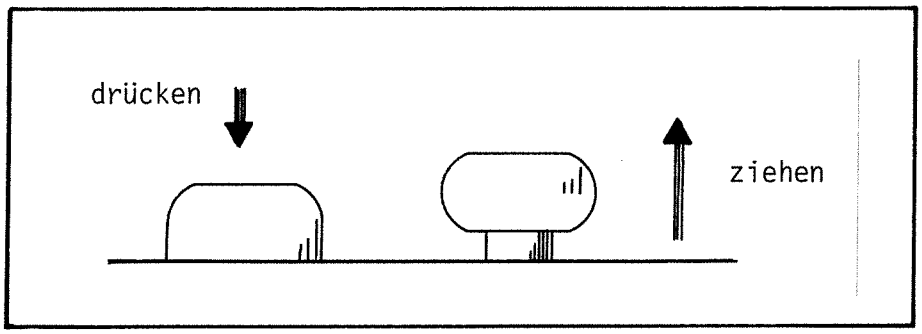


Abb. 5.93: Zwei verschiedene Tastenformen, die unterschiedliche Bewegungsrichtungen zum Einschalten nahelegen

Anordnung verschiedener Bedienelemente:

Für die Anordnung verschiedener Bedienelemente stellen sich folgende Fragen:

1. **Wichtigkeit**: Wie wichtig muß ein Element sein, um im Kraftfahrzeug aufgenommen zu werden, und welche Auswirkungen hat dies auf die Position?
2. **Menge**: Wieviele Elemente sollen aufgenommen werden?
3. **Form**: Wie soll das Element gestaltet sein, welche Form soll es annehmen? Welche Elemente sollen verschieden, welche ähnlich gestaltet werden?
4. **Organisation**: Wie müssen die Elemente zueinander stehen, wie soll die Gliederung erfolgen?

Überblickt man die Literatur, so herrscht eine gewisse Ratlosigkeit vor. SIMMONDS schreibt sinngemäß: Wir wissen keine Antwort darauf, welches der beste Kompromiß ist zwischen wenigen komplexen Bedienelementen und vielen einzelnen (einfachen) Bedienelementen (1979, S.139).

Ein Versuch, diese Ratlosigkeit zu überwinden, besteht in der Ordnung der Elemente in ihrer **Wichtigkeit.** Da dies für Anzeige- und Bedienelemente in gleicher Weise zutrifft, soll die Ordnung mit Hilfe einer Prioritätenlogik in Abschnitt 5.4. besprochen werden.

Die zweite Frage nach der **Menge der Bedienelemente** kann aufgrund bisheriger Ergebnisse nicht befriedigend beantwortet werden. Dazu fehlen Modelle über die Informationsaufnahme und -verarbeitung des Fahrers in verschieden komplexen und unterschiedlich gefährlichen Verkehrssituationen sowie über seine Handlungsvorbereitung, -ausführung und die Bereitschaft zur Handlungsunterbrechung. Im Augenblick ist die lapidar klingende Feststellung zu treffen: so wenig Bedienelemente wie möglich und so viel wie nötig!

Die **Form** der einzelnen Elemente wurde im Abschnitt "Größe, Form, Funktion und Auslenkungsbereich von Bedienelementen" ausführlich besprochen.

Der vierte Gesichtspunkt umfaßt die **Organisation**, d.h. welche Elemente ähnlich gestaltet, welche zu Gruppen zusammengefaßt und wo Funktion und Element räumlich zugeordnet werden.

Die Zusammenfassung in **Funktionsgruppen** soll am Beispiel der Lüft- und Heizfunktion und den Lichtfunktionen erläutert werden:
In den meisten Fahrzeugen sind die Lüft- und Heizfunktionen für die Frontscheibe und den Fußraum in der Mittelkonsole angeordnet. Diese **thematische Gliederung** bezieht aber selten die Heizung der Heckscheibe mit ein. Beim Stichwort "heizen" wird der Benutzer an der Mittelkonsole zu suchen beginnen und, falls erfolglos, links oder rechts vom Lenkgestänge, mehr oder weniger erfolgreich, weiterfahnden. Das Argument, das an dieser Stelle gerne auftritt, lautet: in der Mittelkonsole sei kein Platz für einen zusätzlichen Schalter. Dies mag für Armaturentafeln, die sich in gerader Form von der Fahrer- zur Beifahrerseite erstrecken, zutreffen. Warum jedoch kann eine **Armaturentafel** nicht im **Halbrund**, entsprechend dem ergonomisch günstigen Greifraum, sozusagen um den Fahrer herum gruppiert werden? Weil dann, so das gängige Argument, der Beifahrer nicht mehr Heizung und Radio bedienen kann. Dieses Problem wäre aber zu lösen, wenn das Radio z.B. schwenkbar als oberstes Element angebracht wäre und je nach Bedarf zum Fahrer oder Beifahrer gedreht werden könnte. Die Lüft- und Heizfunktionen, die den Beifahrer betreffen, könnte man gegengleich auf der Beifahrerseite montieren, womit dieser Einwand entkräftet ist.

Was nun die Lichtfunktionen betrifft, so bietet sich auch hier eine Zusammenfassung zur **Funktionsgruppe** an. Dies kann einerseits bedeuten, alle Lichtfunktionen (ausgenommen Fernlicht) in einem Schalter (z.B. Drehknebel) zu vereinigen, denkbar ist jedoch auch der Einsatz verschiedener Schalter in unmittelbarer Nachbarschaft zueinander.

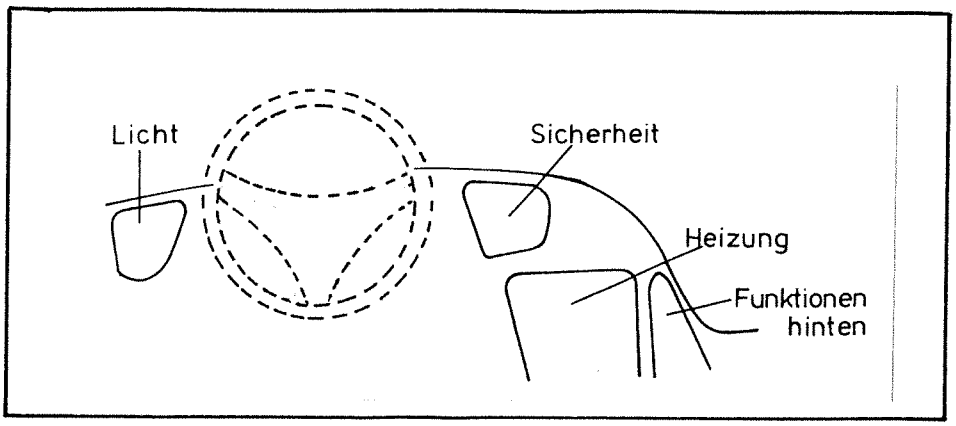


Abb. 5.94: Ein mögliches Beispiel für die Gliederung der Armaturen in Funktionsbereiche aus der Sicht des Fahrers

Ein anderer Gliederungsgesichtspunkt ist die **Zuordnung von Funktion und Element.** So wird man beispielsweise intuitiv den Türöffner an der Tür, den Fensterheber unter dem Fenster, die Außenspiegelverstellung auf der entsprechenden Stelle der Türinnenseite, die Sitzverstellung seitlich am oder unter dem Sitz, die Schiebedachbedienung am Schiebedach erwarten.

Diese Art der Gliederung widerspricht zwar in gewisser Weise der Gruppierung nach Funktionen, da beispielsweise auch denkbar wäre, die "Öffnungs-Funktionen" (Tür, Fenster, Dach, ...) auf einer Stelle zu versammeln. Entscheidend ist, welcher Aspekt von **primärer Bedeutung** ist:

- beim Türöffner ist dies die Tür
- beim Fensterheber das Fenster
- beim Abblendlicht das Licht
- bei der Heckscheibenheizung die Heizung.

Abschließend sei noch auf die **Gestaltung der Armaturentafel** eingegangen. Wie bereits erwähnt, handelt es sich häufig um ein relativ ebenes Gebilde, sozusagen ein Band, das sich von der Fahrer- zur Beifahrerseite zieht. Wir äußerten bereits den Vorschlag, Anzeige- und Bedienelemente im **Halbrund** um den Fahrer zu gruppieren.

Es stellt sich eine weitere Frage, über die nachzudenken sich möglicherweise lohnt: Warum muß die Armaturentafel eben sein, vergleichbar mit einer begradigten Landschaft nach der Flurbereinigung? Wohl gemerkt, hier soll nicht einer Auflösung aller Formen zu Lasten der Ästhetik und Übersichtlichkeit das Wort geredet werden. Es ist jedoch überlegenswert, ob die Bedienelemente nicht günstiger auf einem für sie angemessen geraden oder mit verschiedenen Neigungen versehenen Untergrund aufzubringen sind, die zu anatomisch besseren, weil harmonischeren Bewegungen führen.
Ziel sollte es nicht sein, auf dem Reißbrett (oder dem Bildschirm) ein Element, losgelöst von allem anderen, zu entwickeln, sondern ein Zusammenspiel der verschiedenen Elemente, unter Berücksichtigung der menschlichen Fähigkeiten auf dem Gebiet der Wahrnehmung, der Informationsverarbeitung und der Bewegungsmöglichkeiten.

5.3. Interaktion von Anzeige- und Bedienelementen

Während in den vorhergehenden Abschnitten Anzeigeelemente und Bedienelemente unabhängig voneinander betrachtet wurden, soll in diesem Kapitel die Interaktion zwischen beiden im Vordergrund stehen.
Im manuell/optischen Bereich sind folgende Beziehungen denkbar:

1. Anzeige- und Bedienelement stehen in einem funktionalen Zusammenhang, sind aber räumlich voneinander getrennt (z.B. Fernlicht-Anzeige und -Schalter).
2. Anzeige- und Bedienelement sind als integriertes Element ausgelegt (z.B. Schalter mit Lämpchenanzeige für die Heckscheibenheizung, berührungssensitiver Bildschirm). Es handelt sich hier, bildlich gesprochen, um die gemeinsame Schnittmenge der Elemente (vgl. Abbildung 5.95.).

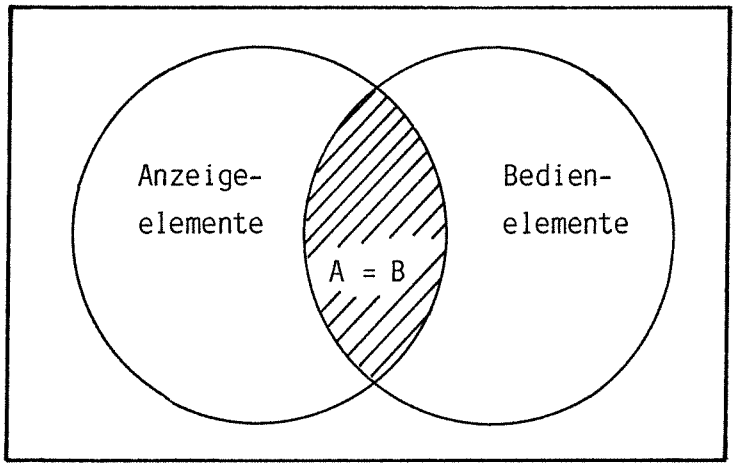


Abb. 5.95: (A=B) ist die Menge der Elemente, die sowohl Anzeige-, als auch Bedienelemente ist

Unter Einbeziehung der Akustik gibt es ebenfalls zwei Möglichkeiten:

1. die akustische "Anzeige" mit manuellem Bedienelement,
2. Sprachdialogsysteme, wobei Anzeige- als auch Bedienelement akustisch ausgelegt ist.

Besonders bei Anzeige- und Bedienelementen, die funktional, nicht aber räumlich zusammenhängen, steht die Interaktion der Elemente selten im Mittelpunkt. In der verfügbaren Literatur stellt sie eher eine Randbedingung dar. Weshalb diese interessante Thematik ein Schattendasein führt, mag zum einen an der ungeheuren Vielzahl der Variationsmöglichkeiten liegen. Zum anderen ist es meist einfacher, die Elemente getrennt zu untersuchen, da sie meist verschiedenen Kriterien genügen müssen:

- für Anzeigen ist die günstigste Position in visueller Hinsicht ausschlaggebend,
- Bedienelemente müssen primär gut zu greifen und zu betätigen sein, erst an zweiter Stelle steht die gute Sichtbarkeit.

Bereits in Abbildung 5.48. und 5.49. wurde die ergonomische Beurteilung des Greif- und Sehraums dargestellt.

5.3.1. Interaktion zwischen räumlich getrennten Anzeige- und Bedienelementen

BOUIS, HALLER & HEINTZ (1981) (vgl. auch HEINTZ et al., 1982) berichten über den Versuch, eine dreistellige Zahl während einer Simulatorfahrt einzugeben. Dabei werden zwei verschiedene Tastaturen (Tastentelefon und Sequenztastatur, ähnlich einer Morsetaste) verglichen und, was uns hier besonders interessiert, die Position der Tastaturen und der Anzeige (vierstellige Ziffernanzeige) variiert. Dabei erwieß sich "eine Kombination mit der Anzeige möglichst dicht unterhalb der normalen Blickrichtung und der Sequenztastatur auf Schalthebelhöhe an der Mittenkonsole als günstigste Lösung." (a.a.O., S.539). Abbildung 5.96. zeigt die Ergebnisse im einzelnen:

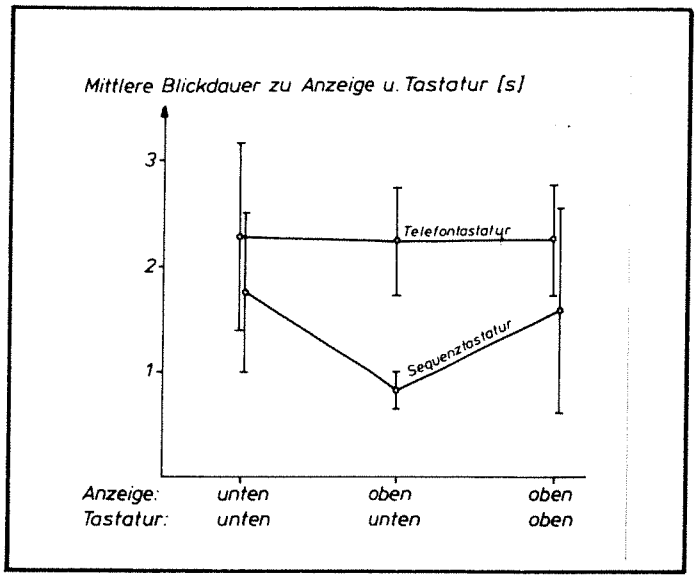


Abb. 5.96: Mittlere Blickdauer (längster Blick) zu Anzeige und Tastatur (Telefon- bzw. Sequenztastatur) bei den verschiedenen Positionskombinationen (aus BOUIS, HALLER & HEINTZ, 1981, S.539)

Von GALER, SPICER, GEYER & HOLTUM (1983) wurde ein Fahrzeug-Informationssystem, genannt VCM ("Vehicle condition monitor"), getestet. Es ist neben dem Drehzahlmesser auf der Armaturentafel positioniert. Direkt unter der Anzeige befindet sich, wie Abbildung 5.97. veranschaulicht, das zugehörige Bedienelement.
Die Position der Elemente wird bei dieser Untersuchung nicht variiert, so daß kaum Rückschlüsse auf die Interaktion zwischen Anzeige- und Bedienelement möglich sind. Auch erfolgt die Mitteilung der Ergebnisse des Simulator-Experiments nur in globaler Form, so z.B. die meisten Probanden hielten das Fahrzeug-Informationssystem VCM für eine gute Idee, die Mehrheit der Probanden berichtete, das gezeigte Symbol diene als Aufmerksamkeitserreger, die Bedeutung der Mitteilung werde jedoch durch die Mitteilung im Schriftfeld erfaßt, usw. Die Autoren berichten weiter, das VCM werde als nützlich, sein Design als befriedigend eingestuft - ob von den Versuchspersonen oder von den Experimentatoren, ist nicht klar ersichtlich.

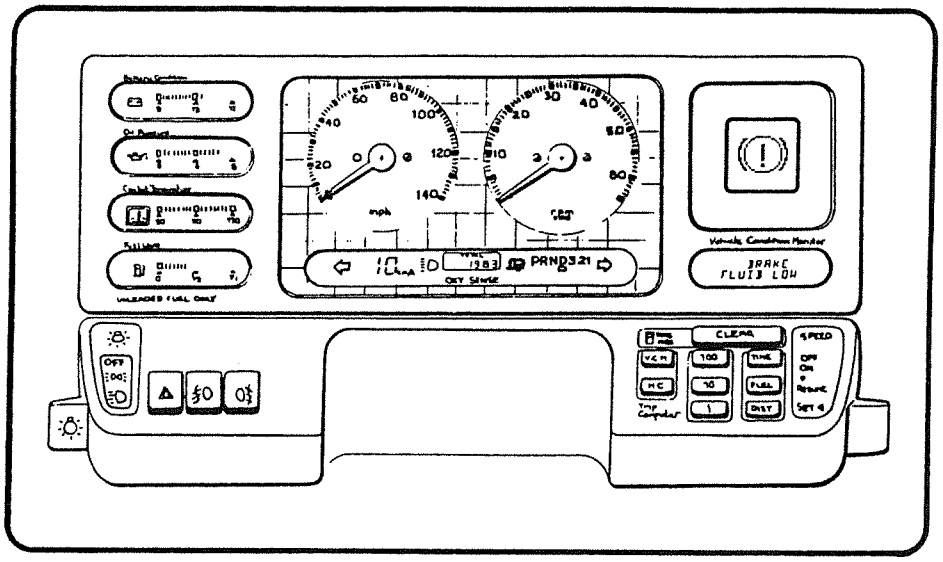


Abb. 5.97: Die Anzeige des Fahrzeug-Informationssystems befindet sich auf der rechten Seite der Armaturentafel, direkt darunter das Bedienelement (aus GALER et al. 1983, S.192)

Gegenstand einer Untersuchung von HEINTZ, BOUIS & HALLER (1985) ist ein zentrales Informationssystem (CIS) für den Autofahrer, das die Funktionen Radio, Casettenrecorder, Tripcomputer und Autotelefon in sich vereinigt. Die Information wird auf einem Bildschirm dargestellt, zu bedienen ist das System mittels Tastatur. Die Autoren unterscheiden zwischen drei theoretischen Möglichkeiten, das System zu bedienen (vgl. Abb. 5.98.):

- Die <u>parallele Vorgehensweise</u> läßt sich damit charakterisieren, daß jeder Funktion eine Taste zugeordnet ist. Den Vorteil dieser Methode sehen die Autoren in der freien Auswahl, die dem geübten Benutzer geboten wird, den Nachteil in der Menge der Alternativen, die den ungeübten Benutzer möglicherweise verwirrt.

- Die serielle Vorgehensweise in ihrer extremsten Ausprägung bietet dem Benutzer eine schrittweise Vorgehensweise an, wobei der Benutzer bei jedem Schritt nur eine Ja- oder Nein-Entscheidung fällen kann. Während dies für den ungeübten Benutzer eine hilfreiche Anleitung darstellt, ist das Verfahren für den geübten Benutzer zu langatmig. Zwischen paralleler und serieller Vorgehensweise sind auch Mischformen denkbar, die dem Benutzer mehrere Alternativen zu jedem Zeitpunkt zur Verfügung stellen.
- Die Menue-Steuerung stellt einen Kompromiß zwischen paralleler und serieller Vorgehensweise dar. Zu einem Zeitpunkt wird eine Reihe von Wahlmöglichkeiten angeboten. (vgl. hierzu auch GEISER, 1985)

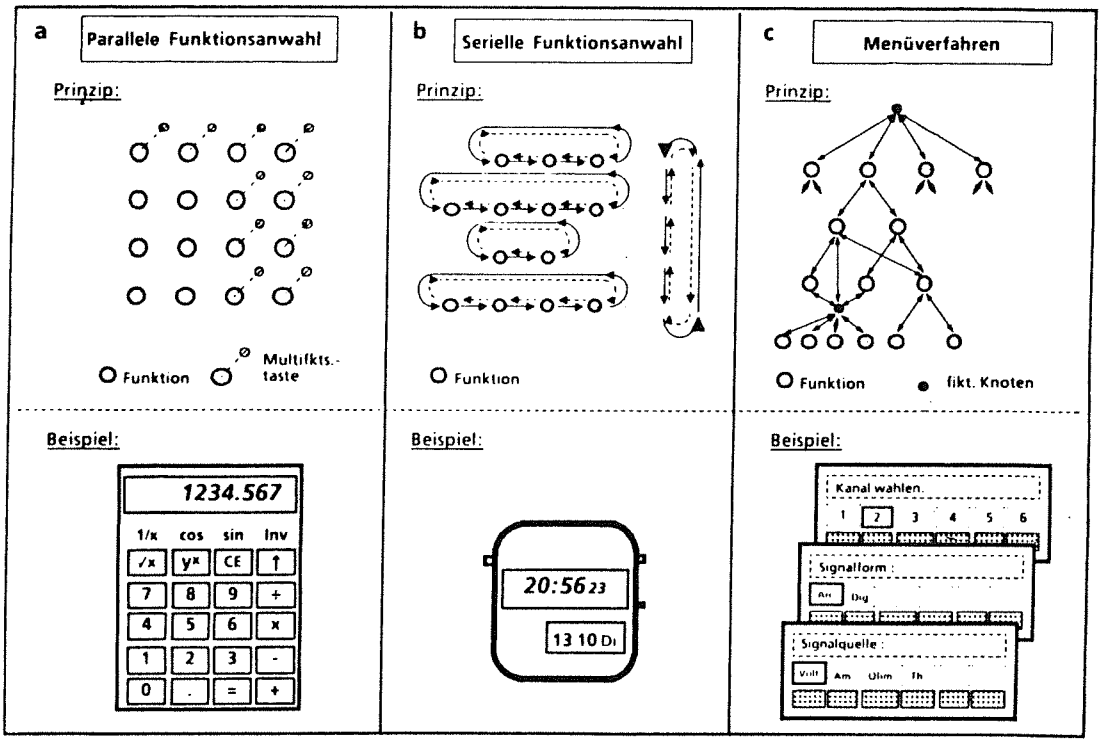


Abb. 5.98: Prinzip der paralellen, seriellen und Menue-Steuerung (aus GEISER, 1985, S.83)

Folgende Alternativen werden experimentell während einer Simulatorfahrt geprüft:

- Herkömmliche Bedienung (parallele Vorgehensweise)
- Menue-Steuerung in drei Stufen (wird z.B. der Radiosender SWF 3 gewünscht, so sind folgende Tasten zu drücken: "Radio", "alle Stationen", "SWF 3").
- Menue-Steuerung in zwei Stufen (für Radiosender SWF 3 sind die Tasten "Radio", "SWF 3" zu drücken).

Wie die Abbildungen 5.99. und 5.100. zeigen, schneidet das dreistufige Menue schlechter ab als die herkömmliche Bedienung der Elemente, das zweistufige Menue ist jedoch der herkömmlichen Bedienung überlegen.

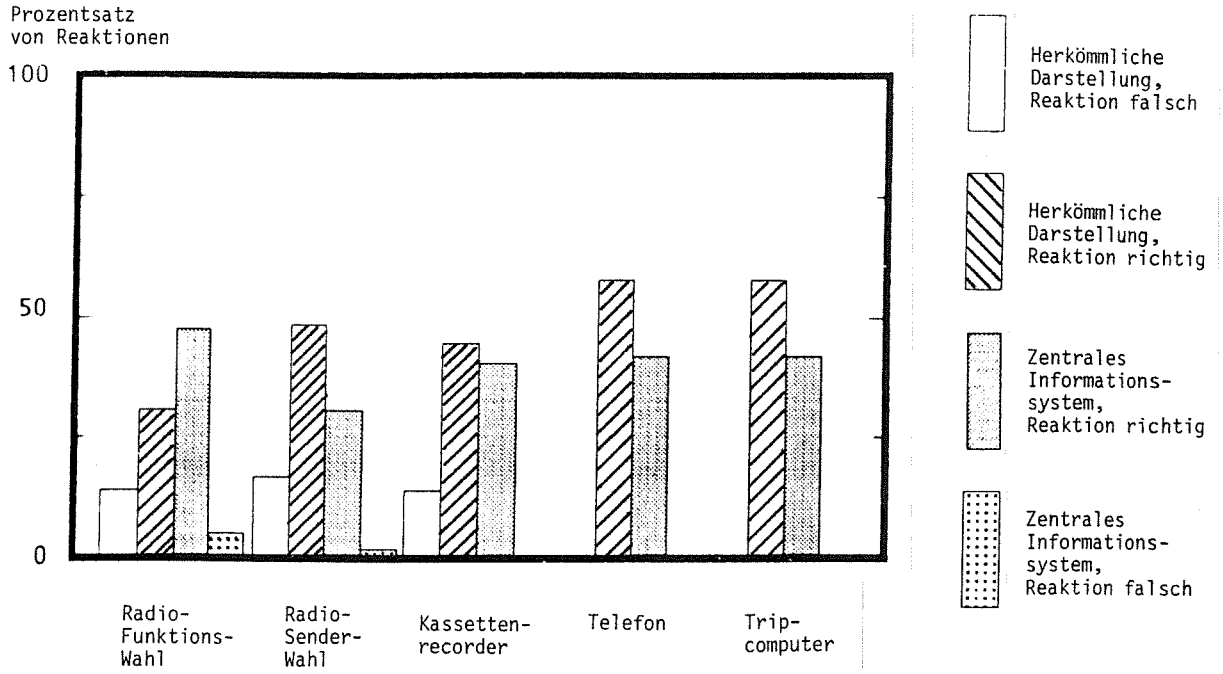


Abb. 5.99: Vergleich zwischen herkömmlicher Bedienung verschiedener Elemente und einem zentalen Informationssystem mit dreistufiger Menue-Steuerung (nach HEINTZ et al., 1985, S.121)

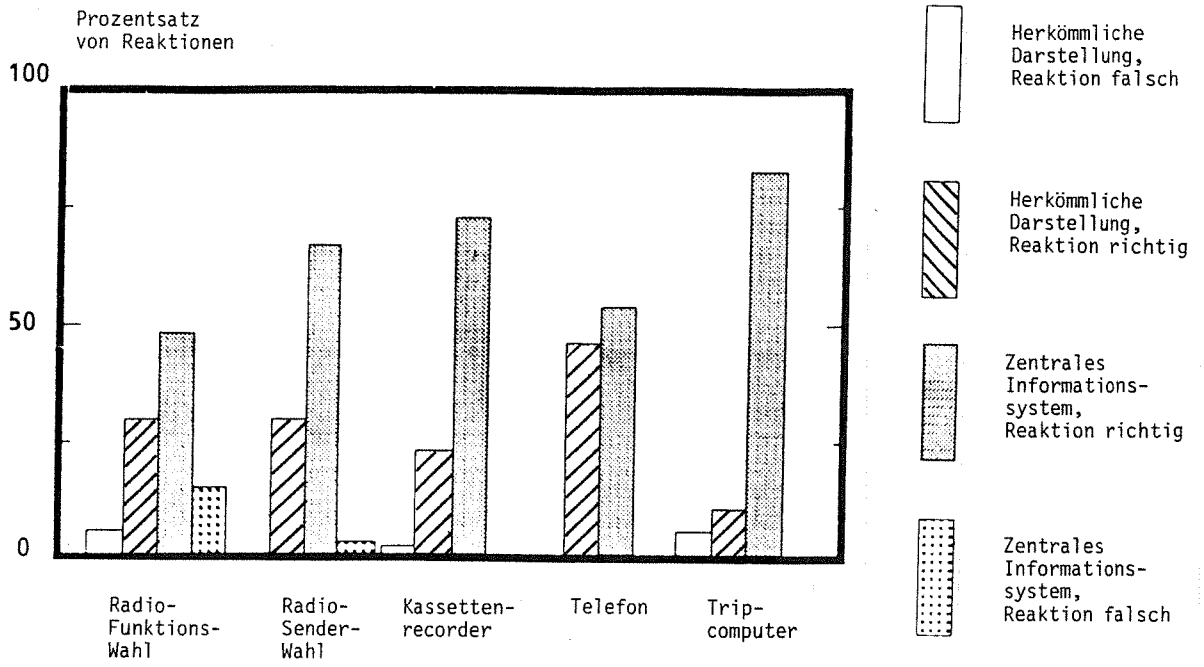


Abb. 5.100: Vergleich zwischen herkömmlicher Bedienung verschiedener Elemente und einem zentralen Informationssystem mit zweistufiger Menue-Steuerung (nach HEINTZ et al., 1985, S.121)

Ein interessantes Ergebnis dieser Versuche betrifft die Fixierungszeit: Ist das zentrale Informationssystem im optimalen Sehraum untergebracht (an der Stelle des Armaturenbretts, an der sich üblicherweise der Tachometer befindet) und das Tastenfeld rechts vom Lenkrad, so sind die Fixierungszeiten pro Bedienungsvorgang um nahezu die Hälfte kürzer als bei herkömmlichen Bedienelementen (vgl. Abb. 5.101.).
Wird dagegen das zentrale Informationssystem rechts vom Lenkrad postiert mit einer Gruppierung der Tasten, die bei dieser Realisierung kleiner ausfallen, um den Bildschirm, so verlängern sich die Fixierungszeiten um etwa 300 msec (verglichen mit der optimalen Position). In diesem Fall präferiert auch nur noch die Hälfte der Versuchsteilnehmer das System gegenüber der herkömmlichen Anordnung.

Diese Ergebnisse sprechen für eine ausschließlich zentrale Anordnung wichtiger Anzeigeelemente.

Sie zeigen weiterhin, daß zusätzliche Untersuchungen zur Softkey-Thematik sinnvoll sind.

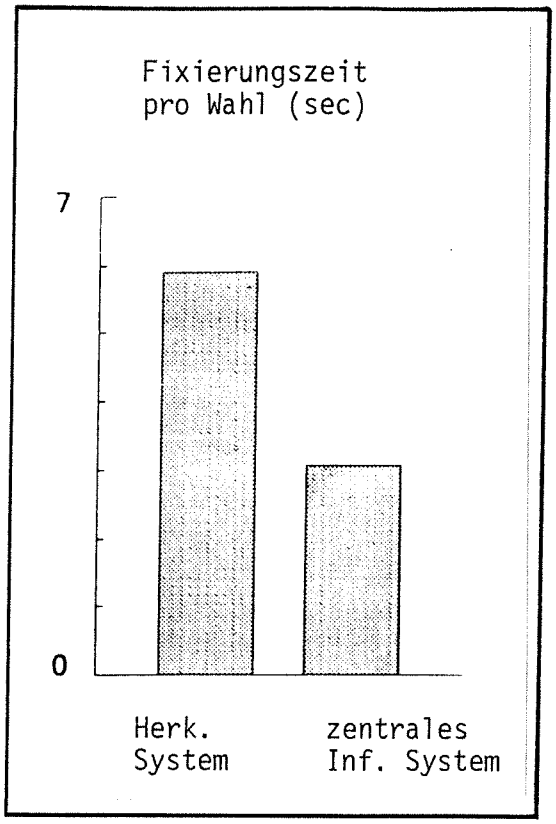


Abb. 5.101: Fixierungszeit bei den untersuchten herkömmlichen Bedienelementen und beim optimal positionierten zentralen Informationssystem (nach HEINTZ et al., 1985, S.122)

5.3.2. Integriertes Anzeige- und Bedienelement

Elemente, die gleichzeitig Anzeige und Bedienteil darstellen, sind uns in ihrer herkömmlichen Art bekannt, etwa in Form des Schalters der Nebelschlußleuchte, in den ein Lämpchen eingelassen ist, das den Betriebszustand anzeigt.

Eine neue Methode, die Anzeige gleichzeitig als Bedienteil auszuformen, stellt der sogenannte Touch screen dar. Es handelt sich dabei um einen Bildschirm, der mit einer Membran belegt ist und auf Berührung anspricht.

Zunächst sind die Begriffe Hardkey und Softkey zu erläutern, die im Zusammenhang mit neueren Entwicklungen, auch der Touch-screen-Technik, auftreten:
Bei herkömmlichen Bedienteilen ist jedes Element mit einer Funktion fest belegt. Ein Element mit unveränderlicher Funktion wird als Hardkey bzw. Hardswitch bezeichnet. Beispielsweise kann mit der Taste für Nebelscheinwerfer nur der Nebelscheinwerfer ein- oder ausgeschaltet werden, jedoch keine andere Funktion aktiviert werden.
Ist es jedoch möglich, die Funktion eines Elements zu verändern, so wird es als Softkey bzw. Softswitch bezeichnet.

Elemente dieser Art entstanden aus dem Bestreben, dem Benutzer mehr Anzeige- und Bedienfunktionen zugänglich zu machen, ohne jedoch eine riesige Tastenbatterie aufzubauen. Sowohl das begrenzte Raumangebot, als auch der eingeschränkte Greifraum bei unveränderter Sitzposition legen diese Entwicklung nahe.
Mehr Anzeige- und Bedienmöglichkeiten, die zudem variabel sind, implizieren jedoch auch eine Zunahme der Informationsaufnahme und -verarbeitung. Es ist daher zu prüfen, in wieweit dieses "Mehr an Information" für den Fahrer sinnvoll und nutzbar und wie es optimal zu gestalten ist.

Softkeys ändern ihre Funktion, je nach dem, welche aktuelle Bedeutung ihnen per Programm zugewiesen wird. Diese Zuweisung kann entweder mittels Hardkey (Funktionstaste, Steuertaste) erfolgen, oder die Auswahl wird

aus einem Menue mittels Cursor getroffen.

Bisher liegen für die Anwendung im Kfz-Bereich folgende Realisierungen vor:

- für die Steuerung per Menue die in 5.3.1. besprochene Untersuchung
- für die Stuerung per Hardkey die im folgenden diskutierten Publikationen:

SEEGER, VARNER, SHEAHAN & GUARNA (1985) stellen die Software für ein CRT-Fahrer-Informations-System vor (CRT = Cathod ray tube): Mit Hardkeys wird der Bereich ausgewählt, innerhalb dessen durch Softkeys die feinere Auswahl erfolgt. Das System beinhaltet zehn Bereiche, beginnend mit der automatischen Kontrolle der Temperatur, über einen Kalender, der die Monate der Jahre 1900 bis 2099 umfaßt, bis zu einer Kontrolle aller Fahrzeugsysteme. Aus der Sicht der Verkehrssicherheit wird man sich an dieser Stelle fragen, was der Kalender, eine Information, die für das Verkehrsgeschehen völlig irrelevant ist, auf der Armaturentafel des Fahrzeugs zu suchen hat. Es ist auch nicht einleuchtend, weshalb bei einer Kontrolle der Fahrzeugsysteme jedes Detail per Softkey einzeln abgefragt werden soll; Schließlich würde es genügen, einen auftretenden Defekt zu melden und ansonsten "alles in Ordnung" zu signalisieren. Offensichtlich wurde von den Autoren z.B. das Kriterien der sparsamen Informationsdosierung nicht berücksichtigt.

ORTEGA, BARKER, WILSON & KRUSE (1986) unterteilen die Bedienelemente in zwei Gruppen: Erstens die primären Elemente, die für normale Fahroperationen benötigt werden, zweitens die sekundären Elemente, wie Funktionskontrollen und Anzeigen, die dafür nicht erforderlich sind. Während die primären Elemente auf herkömmliche Weise bedient werden, können für die sekundären Elemente sechs Funktionsbereiche per Hardkey aktiviert werden (Klimaanlage, Zusammenfassung, Radio, Anzeigen, Diagnostik, Trip Monitor), nach dem gleichen Prinzip wie bei SEEGER et al. (1985) beschrieben. Innerhalb eines Bereiches wird mittels Softkey in einer 5 x 5 Matrix zwischen 25 verschiedenen Alternativen gewählt. Die wichtigsten und am häufigsten frequentierten Funktionen werden an der obersten Stelle des

Displays plaziert, so z.B. auf der Seite "Radio" die Lautstärkenregelung links oben. Auch auf der Seite "Zusammenfassung", die 90 % der von Fahrer benötigten Funktionen enthält, erscheint die Lautstärkeregelung für das Radio noch einmal, und zwar an der gleichen Stelle wie auf der Seite "Radio". Dies soll der Erwartung des Benutzers, ein Element immer an der selben Position vorzufinden, entgegenkommen. Das System wurde in den verschiedenen Phasen seiner Entwicklung getestet. Die Autoren teilen mit, das System sei gleich gut oder etwas besser als ein entsprechend ausgerüstetes herkömmliches Fahrzeug.
Inwieweit diese Aussage zutrifft, ist nicht nachzuvollziehen, da weder die Versuche, noch die Ergebnisse genauer beschrieben sind.
Zum Vergleich der beiden Testfahrzeuge bleibt anzumerken: Es ist schwer vorstellbar, daß ein herkömmliches Fahrzeug mit derartig vielen Wahlmöglichkeiten (150 abzüglich der Doppelbelegungen) ausgestattet ist.
Interessant wäre es nun zu erfahren,

- welche der sechs Funktionsbereiche während der Fahrt aufgerufen wurden (ob z.B. nur auf die Seite "Zusammenfassung" zugegriffen wurde)
- wieviele der 150 Wahlmöglichkeiten in Anspruch genommen wurden
- welche Wahlmöglichkeiten die Benutzer überhaupt als sinnvoll erachten.

Der Informationsstand auf diesem Gebiet ist noch relativ unbefriedigend. Ehe die Einführung dieser neuartigen Technologie im Kraftfahrzeug erwogen wird, sollte mit einer größeren Versuchspersonengruppe eine Klärung folgender Fragen herbeigeführt werden:

- Sind Tasten, die ihre Funktion ändern, für den Kraftfahrzeugbereich geeignet?
- Wofür sollten Hardkeys und wofür Menuesteuerung eingesetzt werden?
- Für welche Anwendungsbereiche sind variable Tasten sinnvoll?
- Wieviele Funktions- und Unterfunktionsbereiche sind sinnvoll?

5.3.3. Sprache als Anzeige- und Bedienelement

Eine Reihe von Problemen, z.B. das der Plazierung von Anzeige- und Bedienelementen, könnte durch den Einsatz des Mediums "Sprache" gelöst werden. Die Vorzüge akustischer Anzeigen wurden in Absatz 5.1.2. kurz angesprochen, ausführliche Informationen über die optimale Gestaltung von Sprachausgaben finden sich bei FÄRBER & FÄRBER, 1982, 1984/1, 1984/2.
In wieweit Sprache als Bedienelement geeignet ist, sowie die Interaktion zwischen Sprachein- und Sprachausgabe wird gegenwärtig von FÄRBER & POPP untersucht.

5.4. Entwicklung einer Prioritätenlogik für Anzeige- und Bedienelemente

Da zum einen weder die Größe noch die Anzahl von Anzeige- und Bedienelementen beliebig verringert werden kann, zum anderen der verfügbare Platz im Fahrzeug begrenzt ist und drittens der optimale Greif- und Sehraum extrem eingeschränkt ist, haben Überlegungen über die Wichtigkeit der einzelnen Elemente große Bedeutung. Derartige Überlegungen wurden in der Vergangenheit von verschiedenen Autoren angestellt und führten zu teilweise sehr unterschiedlichen Ergebnissen. Die Abweichungen gehen auf zwei Ursachen zurück:

1. Die Bewertung ist nicht ohne subjektive Einschätzungen möglich, die naturgemäß Abweichungen zeigen.
2. Die Bewertung ist abhängig von den Kriterien, die herangezogen werden.

Ein Versuch der Klassifikation der Wichtigkeit von Bedienelementen stammt von EHLERS (1980):
Erfaßt wird zunächst die Benutzungsfrequenz und die Benutzungsdauer bei 100.000 km Fahrt, dann wird die Wichtigkeit (subjektiv) des Elements für sicheres Fahren eingestuft. Nach diesen Kriterien erfolgt die Zuordnung der Elemente zur primären oder sekundären Gruppe.
Beispiele für die primäre Gruppe sind etwa:

- Fahrtlicht (Häufigkeit = 9600, Dauer = 610 h, Wichtigkeit = 1),
- Hupe (Häufigkeit = 3300, Dauer = 1 h, Wichtigkeit = 1).

In der sekundären Gruppe finden sich Bedienelemente wie

- Anlasser (Häufigkeit = 11.000, Dauer = 5 h, Wichtigkeit = 2),
- elektrisch bedienbarer Außenspiegel (Häufigk. = 3500, D. = 3 h, W. = 3)
- Schiebedach (Häufigkeit = 9000, Dauer = 12 h, Wichtigkeit = 3).

In einem zweiten Schritt wird ein weiteres Klassifikationsprinzip hinzugefügt, das die Bedienelemente ordnet nach

- gesetzlich vorgeschriebenen

- für die Bedienung des Fahrzeugs nötigen
- nach Meinung des Verbrauchers erforderlichen Bedienelementen.

All diese Kriterien zusammengefaßt ergeben eine Sechsfelder-Matrix:

Tab. 5.20: Entscheidungshilfe für die Positionierung eines Bedienelements (nach EHLERS, 1980)

		Benutzungshäufigkeit Wichtigkeit	
		Bedienelemente	
		Primäre Gruppe	Sekundäre Gruppe
Abstand vom Lenkrad	Gesetz		
	Funktion		
	Komfort		

Am Beispiel der Einstufung des elektrisch verstellbaren Außenspiegels kann die Schwierigkeit dieses Vorgehens verdeutlicht werden. Der elektrisch verstellbare Außenspiegel erhält in der Kategorie "Wichtigkeit" nur den Wert 3 und wird als "Komfort-Element" eingestuft. Diese intuitiv zunächst einleuchtende Klassifizierung führt nach Tabelle 5.20. zu einer Anordnung im rechten unteren Quadranten. Unserer Meinung nach bedingt die richtige Einstellung des Außenspiegels hohe Konzentration und weit mehr Kontrolloperationen als etwa das Ablesen des Tachos oder das Einschalten des Radios. Zudem wird der Spiegel von der Mehrzahl der Fahrer erst während der Fahrt richtig eingestellt. Unter dem Gesichtspunkt der Informationsbelastung kommt dieser Funktion daher eine hohe Bedeutung zu, was zu einer vollkommen anderen Positionierung dieses Bedienelements führen würde.

Ein weiterer Punkt ist, daß die Elemente eines Systems zu verschiedenen Kategorien gehören können. Beim Radio bespielsweise betrifft die Lautstärke und die Senderwahl die Kategorie "Funktion", der Mono-Stereo-Umschalter, die Empfindlichkeit für Feldstärke von Sendern gehört zu "Komfort". Man kann dieser Einteilung zustimmen, nimmt aber in Kauf, daß sie zu einer Anordnung der Bedienelemente eines Systems an völlig unterschiedlichen Positionen führt. Das Prinzip der Bildung von Funktionsgruppen wird somit durchbrochen.
Das Entscheidungssystem ist sicherlich in der Lage, Hilfestellungen zu geben bei der Überlegung, welches Element wo plaziert wird, es ermöglicht aber noch keine eindeutige Zuordnung.

ELSHOLZ (1976) ordnet die Anzeige- und die Bedienelemente in jeweils drei Gruppen von Prioritäten (erste Nennung Anzeigen, zweite Nennung Bedienelemente):

- Priorität I : Wahrnehmungsgegenstand ohne Kopfbewegung vollständig sichtbar, Anordnung im primären Sichtfeld.

  Bedienelement ist vom angegurteten Fahrer erreichbar, Kennzeichnung bzw. Anordnung im primären Sichtfeld.

- Priorität II : Wahrnehmungsgegenstand ohne Kopfbewegung mindestens teilweise sichtbar, Anordnung zumindest im sekundären Sichtfeld.

  Bedienelement ist vom angegurteten Fahrer erreichbar, Kennzeichnung bzw. Anordnung sichtbar oberhalb der 11 m - Linie (dort nicht näher definiert).

- Priorität III : Haltungsänderung des Fahrers zum Wahrnehmen zulässig.

  Bedienelement ist vor Fahrtantritt aus der Sitzposition des Fahrers erreichbar.

Zur ersten Priorität gehören im ELSHOLZ'schen System Anzeigeelemente wie Rückspiegel, Öldrucktemperatur oder Fernlicht, zur dritten das Gangwahlschema. Bei den Bedienelementen fallen unter Priorität I z.B. Wischerfunktionen, Aschenbecher oder Sicherheitsgurtentriegelung, unter Priorität III beispielsweise Innenbeleuchtung und Autotelefon.

Weitere Listen und Kategorisierungen von Anzeige- und/oder Bedienelementen stammen von BOEHNCKE (1981), MACKIE (1981), VON BENNIGSEN (1985), doch soll an dieser Stelle nicht weiter darauf eingegangen werden.

Aus dem Versuch, alle relevanten Gesichtspunkte zu berücksichtigen, entstand eine **Prioritätenlogik**, die alle Elemente zunächst in 5 Bereiche gliedert:
- Verkehrssicherheit
- Betriebssicherheit
- Verkehrsleitung
- Wirtschaftlichkeit des Fahrzeugs
- Sonstige.

Bei den Elementen zur Verkehrs- und Betriebsicherheit wird zudem unterschieden zwischen zeitkritischen und nicht zeitkritischen Ereignissen. Die hieraus resultierende Rangfolge entspricht in etwa der Anordnung vom Zentrum zur Peripherie. Innerhalb der Rangfolge sind aber zwei zusätzliche wesentliche Gesichtpunkte zu beachten:

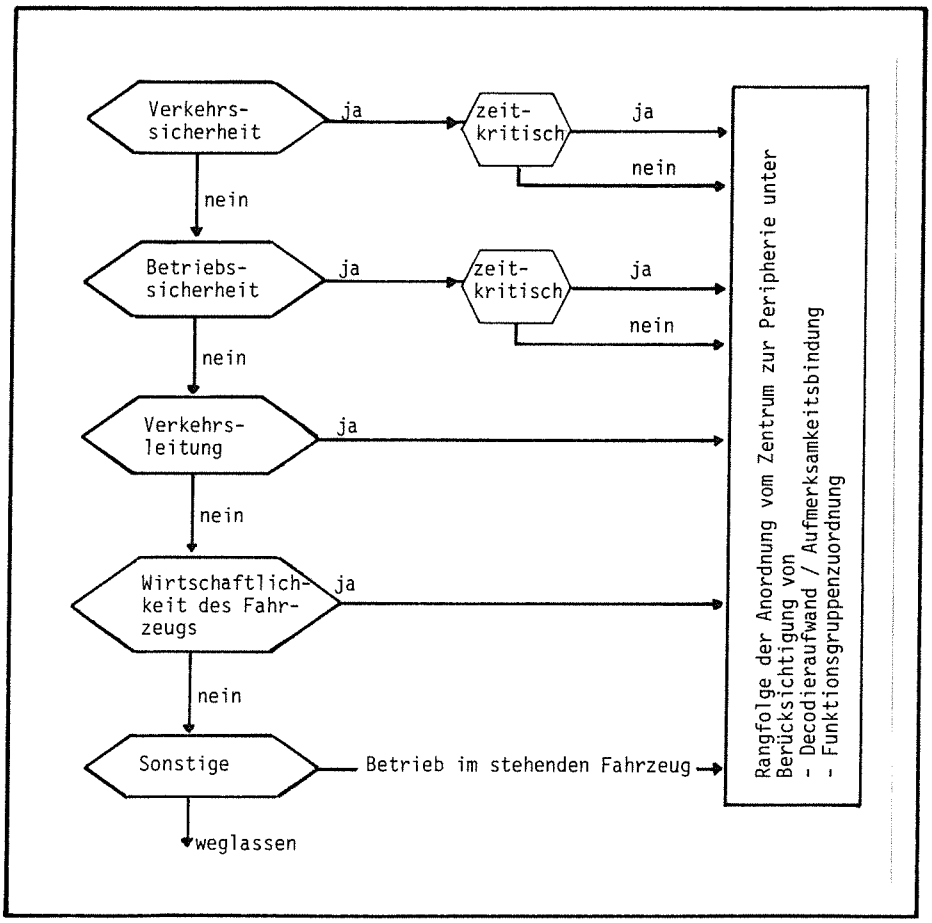
1. Die Aufmerksamkeitsbindung durch ein Anzeige- oder Bedienelement,
2. Die Zuordnung zu einer Funktionsgruppe.

Ist beispielsweise ein Anzeigeelement wegen seiner Komplexität schwer decodierbar (z.B. bestimmte Arten optischer Wegleitinformationen) oder ein Bedienelement erfordert hohe Konzentration (z.B. Verstellung des rechten Außenspiegels), so muß dies bei der Anordnung berücksichtigt werden.
Die Ordnung von Elementen in eine Funktionsgruppe impliziert beispielsweise, daß das Parklicht, das in der Hierarchie weit unten angesiedelt sein dürfte, trotzdem den Lichtfunktionen zugesellt wird. Gleiches

gilt für bestimmte Radiofunktionen, die lediglich Komfortcharakter besitzen, wie etwa Klangregler oder Mono-Stereo-Umschalter, trotzdem aber beim Radio angeordnet werden.

Schließlich muß bei der Bewertung dieser und jeder anderen Prioritätenlogik berücksichtigt werden, daß die konkrete Ausgestaltung eines Elements mit einfließt. So hat z.B. die prinzipielle Entscheidung für mehrere Stockschalter oder eine Lenkradtastatur für bestimmte Funktionen wesentliche Auswirkungen auf die Verteilung aller anderen Bedienelemente. Trotz dieser Einschränkungen ist die in Tabelle 5.21. dargestellte Prioritätenlogik als ein Ansatz zu sehen, die Gestaltung des Innenraums weiter zu objektivieren und einer rationalen Diskussion zugänglich zu machen.

Tab. 5.22: Prioritätenlogik



5.5. Welche Forschungsschwerpunkte ergeben sich für den Bereich der Anzeige- und Bedienelemente?

Wie aus den vorausgegangenen Kapiteln ersichtlich, liegen zu vielen Themenbereichen, die für die Gestaltung des Anzeige- und Bedienbereichs von Interesse sind, Untersuchungen vor. Der Versuch, aus der Vielzahl von Publikationen die einschlägigen Informationen herauszufiltern und ein zufriedenstellendes Ganzes daraus zu formen, stößt auf vielerlei Probleme:

Manchmal stehen die Ergebnisse, oder zumindest die Schlußfolgerungen, die die Autoren aus ihren Daten ziehen, zueinander im Widerspruch (siehe z.B. die Diskussion über Digital-/Analoganzeigen oder die Verwechslungsgefahr bei Ziffern). Oft waren die Experimentatoren auch nur an einem bestimmten Detail interessiert und untersuchten folglich nur diesen Aspekt. Variationsmöglichkeiten, die für uns wichtige Aussagen ermöglicht hätten, wurden nicht ausgeschöpft. An den jeweiligen Textstellen finden sich Hinweise auf offen gebliebene Fragen.

Um Anzeige- und Bedienelemente bewerten und gestalten zu können, ist weitere, am Kriterium der Verkehrssicherheit orientierte Forschungsarbeit erforderlich. Im Anschluß an diese Literaturanalyse soll nun eine Bestandsaufnahme im praktischen Feld der Anzeige- und Bedienelemente durchgeführt und, darauf aufbauend, werden die wichtigsten Probleme experimentell untersucht.

5.5.1. Erhebung des Ist-Zustands

Beim gegenwärtigen Stand der Technologie und Auslegung von Anzeige- und Bedienelementen sind folgende vier Problembereiche untersuchenswert:

1. Positionsanalyse der wichtigsten Anzeige- und Bedienelemente in gängigen Fahrzeugen:
   Diese Analyse hat zum Ziel, den Ist-Zustand bei neuen Personenkraftwagen festzustellen, zu klären, welche Elemente in verschiedenen Fahrzeugen in einheitlichen Positionen angetroffen werden, welche Elemente verstreut positioniert sind.
2. Erfassung des aktuellen Wissensstandes von Kraftfahrern über die Bedeutung von Piktogrammen:
   Hier soll geklärt werden, ob das Wissen der Kraftfahrer mit der starken Verbreitung von Piktogrammen gewachsen ist, ob es Piktogramme gibt, die allseits bekannt und daher auch ohne Probleme eingesetzt werden können, oder ob eine andere Lösung für die Informationsübermittlung gefunden werden muß.
3. Defizitanalyse zu Bedienelementen im Lkw- und im Pkw-Bereich:
   Um Bedienelemente optimal gestalten zu können, ist es zunächst einmal erforderlich, ungünstige Gestaltungsvarianten zu erkennen. Es muß der Einfluß der Schalterart und der Schalterposition auf die Bedienungssicherheit systematisch untersucht werden.
4. Untersuchung zur subjektiven Wertigkeit von Anzeige- und Bedienelementen:
   Es soll in Erfahrung gebracht werden, welche Anzeige- und Bedienelemente für den Benutzer aus seiner subjektiven Sicht generell als wichtig erachtet werden und welche er für wünschenswert hält. Diese Analyse kann als Basis für zukünftige Realisierungen dienen.

5.5.2. Fragestellungen aufgrund neuer Technologien

Die ergonomischen Fragestellungen, die sich aus der Entwicklung neuer Technologien ergeben, können nur zum Teil aufgrund allgemeiner ergonomischen Erkenntnisse beantwortet werden. Mit Blick auf künftige technologische Veränderungen im Kfz erscheinen drei Untersuchungsschwerpunkte wichtig:

1. Auswirkungen mehrerer digitaler Anzeigen:
   Obwohl zur Auswirkung digitaler Anzeigen schon eine Reihe von Ergebnissen vorliegen, ist bisher ungeklärt, wie sich zwei oder mehr parallel dargestellte digitale Anzeigen auswirken. Bei der Untersuchung digitaler Anzeigen muß zudem die Frage stärker berücksichtigt werden, welche der Informationen der Benutzer von bestimmten Anzeigen (z.B. vom Tachometer) verwertet.

2. Bedeutung und Auswirkung variabler Anzeigen:
   Im Zusammenhang mit der Entwicklung von Multifunktionsdisplays, die theoretisch beliebige Anzeigen an beliebigen Positionen darbieten können, ist zu untersuchen, in welchem Maße eine Variabilität der Anordnung verschiedener Anzeigen zulässig ist und wie sich Verstöße gegen das Kriterium der "Verläßlichkeit" auf das Verhalten des Kraftfahrers auswirken. Zudem sollen Aufschlüsse gewonnen werden, wieviel Information der Kraftfahrer simultan verfügbar haben möchte.

3. Untersuchung zu verschiedenen Arten der Steuerung:
   Einerseits verlangen die neuen Anzeigemöglichkeiten mit Multifunktionsdisplays nach einer Steuerung mittels Tastatur, andererseits eröffnen neue Arten von Tastaturen völlig veränderte Eingabemodalitäten. Neben der Art des Steuerungsablaufs, wie parallele Funktionswahl, serielle Funktionswahl, und Menue-Steuerung ist die physikalische Auslegung von Bedienteilen zu optimieren. Hierbei bietet sich ein Vergleich zwischen herkömmlich gestalteten Tasten bzw. Schaltern, Touch screen, 5-er Tastatur bzw. 9-er Tastatur in Handform an.

Literatur

ADRIAN, W. (1970): Die Beleuchtung auf Schiffsbrücken. Zentralblatt für Arbeitsmedizin und Arbeitsschutz, Bd. 20, Heft 4. Heidelberg: Haug

AKEYOSHI, K. & TERADA, I. (1983): Consideration of LCD legibility for automobiles. Displays, 11-15

ALLPORT, D.A., ANTONIS, B. & REYNOLDS, P. (1972): On the division of attention: A disproof of the single channel hypothesis. Quart. J. exp. Psychol., 24, 225-235

BAEGER, H., HAHLGANSS, G. & RÖMER, H. (1980): Entwicklungstendenzen bei Fahrerinformationssystemen. VDI-Berichte Nr. 368, 325-330

BAINES, P.A., SPICER, J., GALER, M.D. & SIMMONDS, G. (1981): Ergonomics in automotive electronics. Proceedings of the Third International Conference on Automotive Electronics, London, C 166/81, 33-38

BENNIGSEN, G. von (1985): Ergonomische Kriterien zur Instrumentierung von Kraftfahrzeugen im Hinblick auf Sicherheit und Ökonomie. Automobil-Industrie, 3, 279-283

BERGEMANN, H. (1985): Plasmabildschirme. Der Elektroniker, 1, 48-53

BERGT, H.-E. & WALTER, K.-H. (1976): Optoelektronische Anzeigeeinheiten (Wirkungsweise-Aufbau-Anwendung). Elektronik, 4, 36-42

BERNOTAT, R. (1981): Anzeigengestaltung. In: H. Schmidtke (Ed.), Lehrbuch der Ergonomie. München: Hanser

BERNOTAT, R. (1984): Ergonomische Kriterien und Bewertungsmethoden zur Gestaltung und Anordnung von Bedienelementen im Kraftfahrzeug. ADAC-Schriftenreihe Straßenverkehr, 29, 199-210

BOEHNCKE, R.-J. (1981): Gestaltung eines Anzeigedisplays für ein Mittelklasseauto unter Verwendung von Flüssigkristallanzeigen (LCD). Diplomarbeit, DFVLR, Technische Universität Braunschweig

BOUIS, D., HALLER, R. & HEINTZ, F. (1981): Erhöhung der Verkehrssicherheit durch ergonomische Gestaltung des Bordrechners im Kraftfahrzeug. Automobiltechnische Zeitschrift, 83, 537-540

BOUIS, D., HALLER, R., GEISER, G. & HEINTZ, F. (1983): Ergonomic optimization of LCD-Displays im motor vehicles. International Symposium on Automotive Technology & Automation, Cologue, Proceedings, Vol. 2

BRENEMAN, E.J. (1960): The luminance-difference threshold in viewing projected pictures. Journal of the Society of Motion Picture and Television Engineers, Vol. 69, 4, 235-238

BROADBENT, D.E. (1958): Perception and communication. Oxford: Pergamon Press

BUBB, H. (1976): Verbesserung der Geschwindigkeitsregelung im Kraftfahrzeug durch die Anzeige des Bremsweges. Zeitschrift für Verkehrssicherheit, 22, 3

BUBB, H. (1977): Analyse der Geschwindigkeitswahrnehmung im Kraftfahrzeug. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 31, 103

BUBB, H. (1980): The influence of braking distance indication on the driver's behaviour. In: D.J. Oborne & J.A. Levis (Eds.), Human factors in transport research, Vol. 2. London: Academic Press

BUBB, H. (1985): Arbeitsplatz Fahrer. Eine ergonomische Studie. Automobil-Industrie, 3, 265-275

BUBB, H. & SCHMIDTKE, H. (1984): Ergonomische Gesichtspunkte beim Entwurf von Kraftfahrzeugen. In: H.-J. Wagner (Ed.), Verkehrsmedizin. Berlin: Springer

BULLINGER, H.-J. (1979): Gestaltungssystematik für Arbeitsmittel. Forschungsbericht 12, Humanisierung des Arbeitslebens. Bonn: Bundesminister für Arbeit- und Sozialordnung (Ed.)

BULLINGER, H.-J., KERN, P. & SOLF, J.J. (1979): Reibung zwischen Hand und Griff. Forschungsbericht Nr. 213 der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung, Bremerhaven.

BURGER, W.J., SMITH, R.L., QUEEN, J.E. & SLACK, G.B. (1977): Accident and near accident causation: The contribution of automobile design characteristics. Dunlap and Associates INC., Studie im Auftrag des Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, Washington D.C.

BURNS, M. (1975): Information processing limits: The effects of information load and age. T.I.T. Journal of Live Sciences, 5, 57-60

CAKIR, A., HART, D.J. & STEWART, T.F.M. (1980): Bildschirmarbeitsplätze. Berlin: Springer

CAMPBELL, F.W. & WESTHEIMER, G. (1960): Dynamics of accomodation responses of the human eye. Journal of Physiology, 151, 285-295

CHAPANIS, A. & KINKADE, R.G. (1972): Design of controls. In: H.P. van Cott & R.G. Kinkade (Eds.), Human engineering guide to equipment design. New York: Wiley & Sons

COHEN, A.S. (1983): Einflußgrößen auf das nutzbare Sehfeld. Bericht zum Forschungsprojekt 8005 im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen, Zürich.

DEANGELIS, L.E. & MARTINEC, R.C. (1985): 1985 Thunderbird Cougar LCD electronic instrument cluster. The fifth international conference on Automotive Electronics, IMechE Conference Publications, C 223/85, 15-21

DEUTSCH, J.A. & DEUTSCH, D. (1963): Attention: Some theoretical considerations. Psych. Rev., 70, 1, 80-90

DEY, W. & BUTZ, N. (1982): Fahrerplatz - Synapse der Normen und Vorschriften. Gestaltung von Fahrerplätzen. DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Ed.). Berlin: Beuth

DREYFUSS, H. (1972): Symbolsourcebook - An authoritative guide to international graphic symbols. New York: Mc Graw - Hill Book Company

EGETH, H., JONIDES, J. & WALL, S. (1972): Parallel processing of multielement displays. Cognitive Psychology, 3, 674-698

EHLERS, K. (1980): Driver and car. A problem of communication. Paper aus dem Hause VW, Wolfsburg.

EHRENSTEIN, W. & MÜLLER-LIMMROTH, W. (1984): Physiologische Grundlagen der Anforderungen im Straßenverkehr. In: H.-J. Wagner (Ed.), Verkehrsmedizin. Berlin: Springer

ELSHOLZ, J. (1976): Die Gestaltung des Arbeitsplatzes nach ergonomischen und physiologischen Gesichtspunkten. 4. Status-Seminar. Kraftfahrzeug- und Straßenverkehrstechnik des BMFT, 473-488

ELSHOLZ, J. & BORTFELD, M. (1978): Investigation into the identification and interpretation of automotive indicators and controls. SAE Paper, No. 780340

ERIKSEN, C.W. & SPENCER, T. (1969): Rate of information processing in visual perception: Some results and methodological considerations. J. exp. Psych. Monogr., 79, (2, Pt. 2)

FÄRBER, Berthold (1987): Theorien der Aufmerksamkeit und ihre Anwendung in der Verkehrspsychologie. Habilitationsschrift der Universität Tübingen

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

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

FÄRBER, Berthold & FÄRBER, Brigitte (1984b): Sprachausgaben im Kraftfahrzeug - Ein Handbuch für Anwender -. FAT Schriftenreihe, Nr. 40, Frankfurt

FÄRBER, Berthold, POPP, M. & STAPF, K.-H. (in Arbeit): Sprachdialogsysteme im Kraftfahrzeug. Forschungsbericht

FÄRBER, Brigitte (1980): Perzeptive Organisation - Vergleichende experimentelle Untersuchungen haptischer Leistungen Geburtsblinder und optischer bzw. haptischer Leistungen Normalsichtiger an Täuschungsmustern. Dissertation, Universität Regensburg

FREIDES, D. (1974): Human information processing and sensory modality: Cross-modal functions, information-complexity, memory and deficit. Psychological Bulletin, 81, 284-310

FREIDES, D. (1975): Information complexity and cross-modal functions. British Journal of Psychology, 66, 283-287

GÄRTNER, K.-P. & STEIN, W. (1985): Bewertung von Mensch-Maschine-Systemen - Einführung und Übersicht-. Vortrag, gehalten auf dem DGLR-Symposium "Bewertung von Mensch-Maschine-Systemen - Methoden und Problematik", Köln

GAGE, S. (1985): Fortschritte der LED-Technologie. Der Elektroniker, 1, 42-46

GALER, M. (1984): The application of ergonomics in the design of automotive displays. Displays. Technology and applications, Vol. 5, 4, 224-228

GALER, M. & SIMMONDS, G. (1984): Ergonomic aspects of electronic instrumentation: A guide for designers. SAE Paper, SP-576

GALER, M. & SIMMONDS, G. (1985): The lighting of car instrument panels - drivers' responses to five colours. SAE Paper, No. 850328

GALER, M., SPICER, J., GEYER, T.A.W. & HOLTUM, C. (1983): The design and evaluation of a trip computer and a vehicle condition monitor display. Proceedings of Fourth International Conference on Automotive Electronics, IEE, 192-196

GEISELMAN, R., LANDEE, B. & CHRISTEN, F. (1982): Perceptual discriminability as a basis for selecting graphic symbols. Human Factors, 24, 329-337

GEISER, G. (1985): Mensch-Maschine-Kommunikation im Kraftfahrzeug. Automobiltechnische Zeitschrift, 2

GEISER, G., BOUIS, D., HALLER, R. & VOSS, M. (1982): Systematik zur ergonomischen Gestaltung von Informationssystemen im Kraftfahrzeug, Möglichkeiten und Grenzen der Informationsdarstellung. Der Bundesminister für Forschung und Technologie (Ed.), Entwicklungslinien für Kraftfahrzeuge und Kraftstoffe. Forschungsbilanz. Köln: Verlag TÜV-Rheinland

GILLESSEN, K. & SCHAIRER, W. (1982): LEDS - Stand der Technik und Weiterentwicklung. Elektronik, 14, 73-76

GÖGLER, E. (1976): Präventivmedizinische Aufgaben der Verkehrsmedizin. ADAC-Schriftenreihe Straßenverkehr, 19, 211-240

GOPHER, D. (1982): A selective attention test as a predictor of success in flight training. Human Factors, 24, 173-183

GOPHER, D. & KAHNEMAN, D. (1971): Individual differences in attention and the prediction of flight criteria. Perceptual and Motor Skills, 33, 1335-1342.

GRAMBERG-DANIELSEN, B. (1967): Sehen und Verkehr. Berlin: Springer

GRAMBERG-DANIELSEN, B. (1984): Ophthalmologie und Verkehrsmedizin. In: H.-J. Wagner (Ed.), Verkehrsmedizin. Berlin: Springer

GRANDJEAN, E. (1971): Fitting the task to the man. London: Taylor & Francis

GRANDJEAN, E. (1979): Physiologische Arbeitsgestaltung. Leitfaden der Ergonomie. München: Ott

GREEN, P. (1979): Development of pictographic symbols for vehicle controls and displays. SAE Technical Paper Series. Congress and Exposition Cobo Hall, Detroit.

GREEN, P. (1984): Driver understanding of fuel and engine gauges. SAE Paper, No. 840314

GREEN, P. & DAVIS, G. (1976): The recognition time of rotated pictographic symbols for automobile controls. Journal of savety research, 8, 180-183

GREEN, P. & PEW, R.W. (1978): Evaluating pictographic symbols: An automotive application. Human Factors, 20, 103-114

GREENE, E.S. & SENDELBACH, D.R. (1980): Definition of driver information instrumentation features. SAE Paper, No. 800353

GREGORY, R.L. (1972): Auge und Gehirn. Zur Psychophysiologie des Sehens. Frankfurt a. M.: Fischer

GRETHER, W.F. & BAKER, C.A. (1972): Visual presentation of information. In: H.P. van Cott & R.G. Kinkade (Eds.), Human engineering guide to equipment design. New York: Wiley & Sons

Handbuch der Arbeitsgestaltung und Arbeitsorganisation (1980): Verein Deutscher Ingenieure, VDI-Gesellschaft Produktionstechnik (ADB) (Ed.). Düsseldorf: VDI-Verlag

Handbuch der Ergonomie, mit ergonomischen Konstruktionsrichtlinien (1975): Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung (Ed.). München: Hanser

HARTMANN, E. (1970): Beleuchtung und Sehen am Arbeitsplatz. München

HARTMANN, E. (1971): Seh- und Schätzvermögen des Menschen. Automobilindustrie, Jg. 16, 3, 91-99

HARTMANN, E. (1977): Physiologisch-optische Probleme des nächtlichen Straßenverkehrs. Zeitschrift für Verkehrsrecht, Jg. 22, 11, 343-349

HARTMANN, E. (1984): Sichtverhältnisse bei Tag und Nacht. ADAC-Schriftenreihe Straßenverkehr, 29, 171-183

HdE, siehe Handbuch der Ergonomie, mit ergonomischen Konstruktionsrichtlinien (1975) ...

HEARD, E.A. (1974): Symbolstudy-1972. SAE Paper, No. 740304

HEINTZ, F., BOUIS, D. & HALLER, R. (1985): A concept of user-guidance for vehicle information systems. Automotive Electronics, SAE Paper, No. 850309

HEINTZ, F., HALLER, R. & BOUIS, D. (1982): Safer trip computers by human factors design. SAE Paper, No. 820105

HERGET, J. (1982): Über Informationsdarstellung an Bord. Zeitschrift für Verkehrssicherheit, 28, 3-10

HINZ, W. (1985): Ergonomische Anforderungen an die Wartengestaltung - Bewertungsmethode -. DGLR-Symposium "Bewertung von Mensch-Maschine-Systemen - Methoden und Problematik". Köln

HIRST, W., SPELKE, E.S., REAVES, C., CAHARACK, G. & NEISSER, U. (1980): Dividing attention without alternation or automaticity. J. exp. Psychol.: General, Vol 109, 1, 98-117

HÖFNER, K.J. & HOSKOVEC, J. (1973): Registrierung der Blickbewegungen beim Autofahren - bisherige Forschungen. Zeitschrift für Verkehrssicherheit, 19, 222-241

HOLZHAUSEN, K.-P. (1981): Analysis of human movements for workplace design. In: J. Moraal & K.-F. Kraiss (Eds.), Manned systems design. Methods, equipment and applications. New York: Plenum

HOUTMANS, M.J.M. & SANDERS, A.F. (1983): Is information acquisition during large saccades possible? Bulletin of the Psychonomic Society, 21, 127-130

HOUTMANS, M.J.M & SANDERS, A.F. (1984): Perception of signals presented in the periphery of the visual field. Acta Psychologica, 55, 143-155

HOYOS, C. Graf (1974): Kompatibilität. In: H. Schmidtke (Ed.), Ergonomie 2. München: Hanser

HUSSY, W. & SCHELLER, R. (1976): Informationsverarbeitung und individuelle Differenzen. Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie, 23, 605-622

ISHII, I. (1980): Comparison of visual recognition time of analogue and digital displays in automobiles. SAE Paper, SP 457

ISO (International Organization for Standardization) (1981): Road vehicles - Lateral spacing of foot controls. ISO-Paper

ITO, H. & IWAI, S. (1985): Development of automobile coloured LCD instrument cluster. The fifth international conference on Automotive Electronics, IMechE Conference Publications, C220/85, 1-8

JENNINGS, A.E. & CHILES, W.D. (1977): An investigation of time-sharing ability as a factor in complex performance. Human Factors, 19, 535-547

JOHANSSON, G. & BACKLUND, F. (1968): Drivers and road signs II. The Department of Psychology. University of Uppsala, Sweden. 50th report, April

KAHNEMAN, D. (1973): Attention and effort. Englewood Cliffs: Prentice-Hall Inc.

KAHNEMAN, D., BEN-ISHAI, R. & LOTAN, M. (1973): Relation of a test of attention to road accidents. J. appl. Psych., 58, 113-115.

KATZ, D. (1969): Gestaltpsychologie. Basel: Schwabe & Co

KEIDEL, W.D. (Ed.) (1970): Kurzgefaßtes Lehrbuch der Physiologie. Stuttgart: Thieme

KLEBELSBERG, D. (1982): Verkehrspsychologie. Berlin: Springer

KLEINHENZ, H.: Der Einfluß der Ziffernform auf die Wahrnehmung projizierter, digitaler Meßdaten. Diplomarbeit an der Universität Frankfurt

KOFFKA, K. (1950): Principles of Gestalt Psychology. London: Routledge & Kegan

KRAISS, K.-F. (1972): Technische und anthropometrische Probleme elektronischer Anzeigen. Interkama 1971, Kongreßbeiträge, 182-191. München: Oldenbourg Verlag

KREBS, M.J. & WOLF, J.D. (1979): Design principles for the use of color displays. Proceeding of the S.I.D., Vol. 20/1, First Quarter, 10-15

KRELL, K. & KROCHMANN, J. (1984): Beleuchtungsverhältnisse im Straßenverkehr. In: H.-J. Wagner (Ed.), Verkehrsmedizin. Berlin: Springer

KUECHENMEISTER, T.J. (1974): Driver adaptability and acceptance of a multifunction control. SAE Paper, No. 741001

LEUKEL, H.W. (1984): Probleme der Autofahrer mit dem Arbeitsplatz Pkw. ADAC-Schriftenreihe Straßenverkehr, 29, 29-40

MACKIE, C. (1981): Vehicle condition monitoring and electronic instrument displays . Proceedings of Third International Conference on Automotive Electronics. C 175/81, 103-112

MADDEN, D.J. (1983): Aging and distraction by highly familiar stimuli during visual search. Development Psychology, Vol. 19, 4, 499-507

MARTIN, K.W. (1980): The influence of extremes of ambient illumination on cockpit display design. In: D.J. Oborne & J.A. Levis (Eds.), Human factors in transport research, Vol. 1. London: Academic Press

McCORMACK, P.D. (1974): Identification of vehicle instrument panel controls. SAE Paper, No. 740996

McCORMICK, E.J. (1976): Human factors in engineering and design. New York: McGraw-Hill

MERKLE, L. (1986): Trost & Rat, Liber Schpezi! Gute Fahrt, 11, 85. Bielefeld: Klasing & Co

METZGER, W. (1975): Gesetze des Sehens. Frankfurt a. M.: Kramer

METZLER, H.-G., BECK, P., HÄUSSERMANN, P. & KUPKE, M. (1981): Driver information system of the Mercedes-Benz research vehicle. Proceedings of the Third International Conference on Automotive Electronics, London, C 190/81, 200-215

MIESTERFELD, F.O.R. (1981): An innovative approach in designing an electronic instrument cluster. SAE Paper, No. 810308

MILGRAM, P., GODTHELP, H. & BLAAUW, G. (1982): An investigation of decision-making criteria adopted by drivers while monitoring vehicle state in the temporary absence of visual input. Proc. 2nd Eur. ann. conf. on human decision making and manual control, Bonn.

MILLER, G.A. (1956): The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. Psychological Review, 63, 81-97

MORAAL, J. (1982): Age and information processing. Proceedings of the Human Factors Society, 26th Annual Meeting

MORAAL, J. & RIEMERSMA, J.B.J. (1984): Behaviour research in road traffic. In: J. Cullen, J. Siegrist & H.M. Wegmann (Eds.), Breakdown in human adaption to 'stress'. Towards a multidisciplinary approach. Boston, Vol.1, 363-373

MORAY, N. (1959): Attention in dichotic listening: Affective cues and the influence of instructions. Quart. J. exp. Psychol., 11, 56-60

MORAY, N. (1967): Where is capacity limited? A survey and a model. Acta Psychologica, 27, 84-92

MÜLLER-LIMMROTH, W. (1984): Autofahren ist Arbeit. ADAC-Schriftenreihe Straßenverkehr, 29, 14-29

MURDOCK, B.B. (1968): Decoding as a function of the number of bits per chunk. J. exp. Psychol., 78, 1-7

MURRELL, K.F.H. (1965): Ergonomics. Man in his working environment. London: Chapman & Hall

MURRELL, K.F.H. (1971): Grundlagen und Praxis der Gestaltung optimaler Arbeitsverhältnisse. Düsseldorf: Econ

NEIDHARD, K. (1983): Design requirements for opto-electronic clusters and possibilities for implementation. SAE Paper, No. 830325

NEUMANN, J. & TIMPE, K.-P. (1970): Arbeitsgestaltung. Psychologische Probleme bei Überwachungs- und Steuertätigkeiten. Berlin: VEB

NEVETT, L.J. (1972): Human engineering applied to the design and grouping of electrical controls in the motor vehicle. SAE Paper, No. 720233

Opel "Tech 1" - A forerunner of the Manta for the next generation. P: Opel, 1982

ORTEGA, J., BAKER, C., WILSON, C. & KRUSE, R. (1986): An interactive, reconfigurable display system for automotive instrumentation. SAE Paper, No. 860173

POKORNY, M.L.I. & BLOM, D.H.J. (1984): Some theoretical condsiderations on accident research. In: J. Cullen, J. Siegrist & H.M. Wegmann (Eds.), Breakdown in human adaption to 'stress'. Towards a multidisciplinary approach. Boston, Vol. 1, 374-384

RADL, G.W. (1980): Experimental investigation for optimal presentation - mode and colours of symbols on the CRT-screen. In: E. Grandjean & E. Vigiliani (Eds.), Ergonomic aspects of visual display terminal. London: Taylor & Francis

RADL-KOETHE, H. & SCHUBERT, E. (1971): Comparative studies of the legibility of light emitting numerals. IEE-Conference Proceedings, No. 80, 217-223

RIEMERSMA, J.B.J. (1979): Perception in traffic. Urban Ecology, 4, 139-149

ROHEN, J.W. (1975): Funktionelle Anatomie des Menschen. Stuttgart: Schattauer

ROHMERT, W. (1976): Ergonomische Methoden zur Ermittlung biomechanischer Grundlagen des Systems "Mensch-Kraftfahrzeug". ADAC-Schriftenreihe Straßenverkehr, 19, 144-164

ROTHE, H.J., SEIFERT, R., TIMPE, K.-P. & WANDKE, H. (1975): Experimentelle Untersuchungen zur Informationscodierung und ihre Nutzung zur Arbeitsmittelgestaltung. Zeitschrift f. Psychologie, 183, 361-400

RÜHMANN, H. (1981): Schnittstellen in Mensch-Maschine-Systemen. In: H. Schmidtke (Ed.), Lehrbuch der Ergonomie. München: Hanser

RUTLEY, K.S. (1975): Control of drivers' speed by means other than enforcement. Ergonomics, 18, 89-100

SANDERS, A.F. (1986): Informationsverarbeitung während sakkadischer Augenbewegungen: ein experimentelles Paradigma und erste Ergebnisse. In: M. Amelang (Ed.), Bericht über den 35. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Psychologie in Heidelberg, Band 1. Göttingen: Hogrefe.

SAUTER, J.L. & KERCHAERT, R.B. (1972): Relating instrument panel visibility and driver perception time. SAE Paper, No. 720231

SCHAUER, A. (1978): New optoelectronic displays. Siemens Forschungs- und Entwicklungsbericht, Bd. 7, Nr. 2. Berlin: Springer

SCHAUER, A. (1982): Flacher Bildschirm aus deutscher Entwicklung. Elektronik, 14, 79-82

SCHENUIT, P. (1985): Fortschritte bei Vakuumfluoreszenzanzeigen. Der Elektroniker, 1, 54-58

SCHIEKEL, M. (1972): Moderne elektronische Anzeigetechniken. Der Elektroniker, 6, 287-294

SCHMIDTKE, H. & Graf HOYOS, C. (1970): Psychologische Aspekte der Arbeitsgestaltung in Mensch-Maschine-Systemen. Handbuch der Psychologie, Bd. 9, Betriebspsychologie. Göttingen: Hogrefe

SCHMIDTKE, H. & RÜHMANN, H. (1981): Betriebsmittelgestaltung. In: H. Schmidtke (Ed.), Lehrbuch der Ergonomie. München: Hanser

SCHNEIDER, W. & SHIFFRIN, R. (1977): Controlled and automatic information processing: I. Detection, search, and attention. Psych. Rev., 84, 1-66

SCHOBER, H. (1957): Das Sehen, Bd. I. Leipzig: VEB Fachbuchverlag

SCHOBER, H. (1964): Das Sehen, Bd. II. Leipzig: VEB Fachbuchverlag

SCHUMACHER, W. & GEISER, G. (1983): Sprachausgabe: Stand der Technik und ergonomische Gestaltung. Nachrichtentechnische Zeitschrift, 36, 740-744

SEEGER, M., VARNER, D., SHEAHAN, T. & GUARNA, V. (1985): Software architecture for a driver information system. SAE Paper, No. 850306

SHINAR, D. (1978): Psychology on the road. The human factor in traffic safety. New York: Wiley

SIMMONDS, G.R.W. (1974): The influence of size on the recognition of symbols for motor vehicle controls. SAE Paper, No. 740997

SIMMOMDS, G.R.W. (1979): Ergonomic standards for road vehicles. Ergonomics, 22, 135-144

SIMMONDS, G.R.W., GALER, M. & BAINES, A. (1981): Ergonomics of electronic display. SAE Paper, No. 810826

SLEIGHT, R. (1948): The effect of instrument dial shape on legibility. J. appl. Psychol., 32, 170-188

SNYDER, A.W., LAUGHLIN, S.B. & STAVENGA, D.G. (1977): Information capacity of eyes. Vision Research, 17, 1163-1175

SOMBERG, B.L. & SALTHOUSE, T.A. (1982): Divided attention abilities in young and old adults. J. exp. Psychol.: Human Perception and Perfomance, Vol. 8, 5, 651-663

STEFFENS, V. (1979): Subjektive Bewertung und objektive Leistungskriterien von Digitalanzeigen am Arbeitsplatz des Kraftfahrers. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Arbeits- und Fertigungswissenschaften an der TU Karlsruhe

TEMMING, J. (1978): Katalog ergonomischer Anforderungen an ein LISA-integrierendes Display für Kfz-Anzeigen. VW Forschungsbericht Nr. FFT 7808 V/5

TEMMING, J. (1984): Bedienungserleichterungen beim Beschleunigen, Bremsen, Lenken und Schalten. ADAC-Schriftenreihe Straßenverkehr, 29, 219-229

TEN BRUGGENCATE, G. (1980): Allgemeine Sinnesphysiologie. In: O.H. Gauer, K. Kramer & R. Jung (Eds.), Physiologie des Menschen, Bd. 10: Allgemeine Neurophysiologie. München: Urban & Schwarzenberg

TIERNEY, M. (1973): Dual task performance: The effects of manipulating stimulus-response requirements. Unpublished BA thesis, University of Reading

TREISMAN, A.M. (1960): Contextual cues in selective listening. Quart. J. exp. Psychol., 12, 242-248

TREISMAN, A.M. (1964): Selective attention in man. British Medical Bulletin, 20, 12-16

TREISMAN, A.M. & DAVIS, A. (1973): Divided attention between eye and ear. In: S. Kornblum (Ed.), Attention and Performance IV. New York: Academic Press

TREISMAN, A.M., SYKES, M. & GELADE, G. (1977): Selective attention and stimulus integration. In: S. Dornic (Ed.), Attention and Performance VI. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates

VAN DEN BRINK, G. (1984): On the hierarchy of sensory processes. In: A.J. Van Doorn, W.A. Van de Grind & J.J. Koenderink (Eds.), Limits in perception. Utrecht: VNU Science Press

VAN DER WILDT, G. (1984): Interchangeability of space and time in perception. In: A.J. Van Doorn, W.A. Van de Grind & J.J. Koenderink (Eds.), Limits in perception. Utrecht: VNU Science Press

VAN NES, F.L. (1984): Perceptual limits in man-machine communication. In: A.J. Van Doorn, W.A. Van de Grind & J.J. Koenderink (Eds.), Limits in perception. Utrecht: VNU Science Press

VDI-Handbuch (1980): siehe "Handbuch der Arbeitsgestaltung und Arbeitsorganisation. ..."

VON BENNIGSEN, G. (1985): Ergonomische Kriterien zur Instrumentierung von Kraftfahrzeugen im Hinblick auf Sicherheit und Ökonomie. Automobil-Industrie, 3, 279-283

VOSSIUS, G. (1980): Grundlagen der biologischen Kybernetik. In: O.H. Gauer, K. Kramer & R. Jung (Eds.), Physiologie des Menschen, Bd. 10: Allgemeine Neurophysiologie. München: Urban & Schwarzenberg

WERNER, F. (1985): "Intellisplays" - LED-Anzeigen der Zukunft. Elektronik, 13, 111-115

WESTHEIMER, G. & McKEE, S.P. (1975): Visual acuity in the presence of retinal-image motion. Journal of the Optical Society of America, 65, 847-850

WICKENS, C.D. (1980): The structure of attentional processes. In: R.S. Nickerson (Ed.), Attention and performance VIII. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.

WIERWILLE, W.W. (1981): Statistical techniques for instrument panel arrangement. In: J. Moraal & K.-F. Kraiss (Eds.), Manned systems design. Methods, equipment, and applications. New York: Plenum

WILD, P.J. (1972): Flüssigkeitkristalle als Anzeigeelemente. Der Elektroniker, 6, 295-299

WITTE, W. (1966): Haptik. In: Handbuch der Psychologie, Bd 1, Allgemeine Psychologie. Göttingen: Hogrefe

WOODSON, W.E. (1981): Human factors design handbook. Information and guidelines for the design of systems, facilities, equipment, and products for human use. New York: McGraw Hill

WOODSON, W.E. & CONOVER, D.W. (1964): Human engineering guide for equipment designers. Berkeley: University of California Press

WUNDT, W. (1911): Grundzüge der physiologischen Psychologie III. Leipzig: Engelmann

WURTZ, R.H., GOLDBERG, M.E. & ROBINSON, D.L. (1982): Optischer Reiz und visuelle Aufmerksamkeit. Spektrum der Wissenschaft, August, 92-101

YAMAGUCHI, T, KISHINO, T. & DORRIS, J.M. (1983): The visual recognition of vacuum fluorescent displays under sunlight conditions. SAE Paper, No. 820013

YERKES, R.M. & DODSON, J.O. (1908): The relation of strength of stimulus to rapidity of habit formation. Journal of Comparative Neurology and Psychology, 18, 459-482

Normen

DIN 33 401, Ausgabe 7/77, FNErg, Stellteile; Begriffe, Eignung, Gestaltungshinweise *)

DIN 33 401, Beiblatt 1, Ausgabe 9/78, FNErg, Stellteile; Erläuterungen zu Einsatzmöglichkeiten und Eignungshinweisen für Hand-Stellteile *)

DIN 33 402, Teil 1, Ausgabe 1/78, FNErg, Körpermaße des Menschen; Begriffe, Meßverfahren *)

DIN 33 402, Teil 2, Ausgabe 6/81, FNErg, Körpermaße des Menschen; Werte *)

DIN 33 402, Teil 3, Ausgabe 4/82, FNErg, Körpermaße des Menschen; Bewegungsfreiraum bei verschiedenen Körperhaltungen *)

DIN 33 402, Teil 2, Beiblatt 1 (Entwurf), Ausgabe 11/79, FNErg, Körpermaße des Menschen; Werte; Grundsätze für die Arbeit mit Perzentilen *)

DIN 33 402, Teil 2, Beiblatt 2 (Entwurf), Ausgabe 3/80, FNErg, Körpermaße des Menschen; Werte, Anwendung von Körpermaßen in der Praxis *)

DIN 33 402, Teil 2, Beiblatt 4 (Entwurf), Ausgabe 3/80, FNErg, Körpermaße des Menschen; Werte, Bewegungsfreiraum des Menschen bei verschiedenen Körperhaltungen *)

DIN 33 408, Teil 1, Ausgabe 9/81, FNErg, Körperumrißschablonen; Seitenansicht für Sitzplätze *)

DIN 33 408, Teil 1, Beiblatt 1, Ausgabe 9/81, FNErg, Körperumrißschablonen; Seitenansicht für Sitzplätze, Anwendungsbeispiele *)

DIN 33 411, Teil 1 (Entwurf), Ausgabe 2/80, FNErg, Körperkräfte des Menschen; Begriffe, Zusammenhänge, Bestimmungsgrößen *)

DIN 33 413, Teil 1 (Entwurf), Ausgabe 8/81, FNErg, Ergonomische Gesichtspunkte für Anzeigeeinrichtungen; Arten, Wahrnehmungsaufgaben, Eignung *)

DIN 33 413, Teil 2, Ausgabe 6/86, FNErg, Ergonomische Gesichtspunkte für Anzeigeeinrichtungen - Ziffernanzeigen- *)

DIN 43 602, Ausgabe 7/75, DKE, Betätigungssinn und Anordung von Bedienteilen *)

DIN 70 005, Teil 2 (Entwurf), Ausgabe 6/85, FNErg, Kraftfahrzeuge; Grafische Symbole, Grundlagen, Übersicht *)

DIN 73 001, Ausgabe 10/53, FAKRA, Bedienung von Kraftfahrzeugen mit Verbrennungsmotor *)

DIN 73 002, Ausgabe 5/85, FAKRA, Kraftfahrzeuge, Innere Türbetätigungen, Anforderungen *)

DIN 3208, Ausgabe 3/76, FAKRA, Straßenfahrzeuge; Bewertung vorstehender Teile in Personenkraftwagen *)

ISO 408, Ausgabe 1964, TC 80, Safety colours *)

ISO 3409 (Entwurf), Ausgabe 1975, TC 22, Passenger cars - Lateral spacing of foot controls *)

ISO 3409, Ausgabe 1975, TC 22, Passenger cars - Lateral spacing of foot controls *)

ISO 3436.3 (Entwurf), Ausgabe 1980, TC 22, Road vehicles - Controls, indicators and tell-tales - Vocabulary *)

ISO 3958, Ausgabe 1977, TC 22, Road vehicles - Passenger cars - Driver hand control reach *)

ISO 3958, Ausgabe 1978, TC 22, Straßenfahrzeuge - Personenkraftwagen - Handreichweiten des Fahrzeugführers *)

ISO 4040 (Entwurf für Folgeausgabe ISO 4040-80-01), Ausgabe 1977, TC 22, Road vehicles - Passenger cars - Location of hand controls, indicators and tell-tales *)

ISO 4040, Ausgabe 1983, TC 22, Straßenfahrzeuge - Personenkraftwagen - Anordnung der Handbedienteile - Anzeige- und Kontrollgeräte *)

ISO 4060 (Entwurf), TC 22, Road vehicles - Seat belts - Adjusting devices *)

ISO 4513, Ausgabe 1978, TC 22, Road vehicles - Visibility - Method for establishment of eyelipses for driver's eye location *)

ISO 4514 (Entwurf), Ausgabe 1980, TC 22, Road vehicles - Visibility - Methods of describing the driver's field of view *)

SAE J 287, Driver hand control reach **)

SAE J 834a, Passenger car rear vision **)

SAE J 941e, Motor vehicle driver's eye range **)

SAE J 985, Vision factors conciderations in rear view mirror design **)

SAE J 1050a, Describing and measuring the driver's field of view **)

SAE J 1052, Motor vehicle driver and passenger head position **)

SAE J 1138, Design criteria - Driver hand controls, location for passenger cars, mulitpurpose passenger vehicles, and trucks (10 000 GVW and under) **)

SAE J 1139, Supplemental information - Driver hand controls location for passenger cars, multipurpose passenger vehicles, and trucks (10 000 GVW and under) **)

EWG 71/127, Richtlinie des Rates vom 1. März 1971 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über "Rückspiegel von Kraftfahrzeugen" (einschließlich zwei Berichtigungen) ***)

EWG j74/60, Richtlinie des Rates vom 17. Dezember 1973 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten 43 über die "Innenausstattung der Kraftfahrzeuge" ***)

EWG 77/649/EWG, Richtlinie des Rates vom 27. September 1977 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über das "Sichtfeld der Fahrer von Kraftfahrzeugen" ***)

EWG 78/316/EWG, Richtlinie des Rates vom 21. Dezember 1977 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Innenausstattung der Kraftfahrzeuge (Kennzeichnung der Betätigungseinrichtungen, Kontrolleuchten und Anzeiger) ***)

EWG 78/317/EWG, Richtlinie des Rates vom 21. Dezember 1977 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über "Entfrostungs- und Trocknungsanlagen für die verglasten Flächen von Kraftfahrzeugen ***)

EWG 78/318/EWG, Richtlinie des Rates vom 21. Dezember 1977 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die "Scheibenwischer und die Scheibenwascher von Kraftfahrzeugen" ***)

EWG 79/795/EWG, Richtlinie der Kommission vom 20. Juli 1979 zur Anpassung der Richtlinie 71/127/EWG an den technischen Fortschritt ***)

ECE R 21, Gestaltung des Innenraums (PKW) ****)

ECE R 35, Anordnung von Fußbedienteilen ****)

*) Bezugsquelle: Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstr. 4-10, 1000 Berlin 30

**) Bezugsquelle: DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Auslandsnormenverkauf, Burggrafenstr. 4-10, 1000 Berlin 30

***) Bezugsquelle: Bundesanzeiger, Postfach 10 80 06, 5000 Köln 1

****) Bezugsquelle: DKF Dokumentation Kraftfahrwesen e.V., Postfach 560, 7120 Bietigheim/Bissingen

Anhang

Mitglieder des FAT – AK 2 „Der Mensch als Fahrzeugführer"

Dr. rer. nat. Rainer Fritz
Dr. Ing. h. c. F. Porsche AG
Abt. EE
Postfach 1140
7251 Weissach

G. Hahlganß
VDO A. Schindling AG
Abt. G-E
Postfach 6140
6231 Schwalbach/Ts.

Dipl. Ing. F. Krämer
Adam Opel AG
Abt. PEK-N 20 / Vorausentwicklung
Postfach 1560
6090 Rüsselsheim

Dipl.-Ing. H.-H. Hahn
MAN Nutzfahrzeuge GmbH
Abt. T
Postfach 500620
8000 München 50

Dr.-Ing. K. Niemann
Daimler-Benz AG
Abt. E 6 NA
Postfach 202
7000 Stuttgart 60

Dr. I. Pfafferott
Bundesanstalt für Straßenwesen
(BASt)
Bereich Unfallforschung
Postfach 100150
5060 Bergisch-Gladbach 1

Dr. Ing. F. Küppers
Mannesmann Kienzle, Abt. 014
Postfach 1640
7730 Villingen

Dr.-Ing. Josef Temming
Volkswagenwerk AG
Abt. 1776
Postfach
3180 Wolfsburg 1

Dipl.-Ing. Frieder Heintz
Robert Bosch GmbH
Abt. K/EVW
Sophienstraße 187
7500 Karlsruhe 21

Ing. D. Schneider
Ford-Werke AG
Abt. MC/PG
Postfach 604002
5000 Köln 60

Dr.-Ing. Manfred Vötter
Zahnradfabrik Friedrichshafen AG
Postfach 1340
7070 Schwäbisch Gmünd

Dipl.-Ing. G. Lerner
BMW AG
Abt. WF-32
Postfach 400240
8000 München 40

Dipl-Ing. Zuckmantel
Hella KG
Hueck & Co.
Abt. ZE
Postfach 2840
4780 Lippstadt

Dipl. Psych. W. Blume
VDO A. Schindling AG
Abt. G-E
Postfach 6140
6231 Schwalbach/Ts.

Bisher in der FAT-Schriftenreihe erschienen:

Nr. 1	Immissionssituation durch den Kraftverkehr in der Bundesrepublik Deutschland	vergriffen
Nr. 2	Systematik der vorgeschlagenen Verkehrslenkungssysteme	DM 20,–
Nr. 3	Literaturstudie über die Beanspruchung der Fahrbahn durch schwere Kraftfahrzeuge	DM 30,–
Nr. 4	Unfallforschung / Westeuropäische Forschungsprogramme und ihre Ergebnisse / Eine Übersicht	vergriffen
Nr. 5	Nutzen/Kosten-Untersuchungen von Verkehrssicherheitsmaßnahmen	DM 60,–
Nr. 6	Belastbarkeitsgrenze und Verletzungsmechanik des angegurteten Fahrzeuginsassen	DM 50,–
Nr. 7	Biomechanik des Fußgängerunfalls	DM 30,–
Nr. 8	Der Mensch als Fahrzeugführer	vergriffen
Nr. 9	Güterfernverkehr auf Bundesautobahnen	DM 50,–
Nr. 10	Recycling im Automobilbau – Literaturstudie	DM 50,–
Nr. 11	Rückführung und Substitution von Kupfer im Kraftfahrzeugbereich	DM 50,–
Nr. 12	Der Mensch als Fahrzeugführer	DM 50,–
Nr. 13	Sicherheitsmaßnahmen im Straßenverkehr Sammlung, Beschreibung und Auswahl für die Anwendung der Nutzen/Kosten-Analyse	DM 60,–
Nr. 14	Tierexperimentelle und epidemiologische Untersuchungen zur biologischen Wirkung von Abgasen aus Verbrennungsmotoren (Otto- und Dieselmotoren) – Literaturstudie	DM 60,–
Nr. 15	Belastbarkeitsgrenzen des angegurteten Fahrzeuginsassen bei der Frontalkollision	DM 50,–
Nr. 16	Güterfernverkehr auf Bundesautobahnen – Ein Systemmodell, 2. Teil	DM 50,–
Nr. 17	Ladezustandsanzeiger für Akkumulatoren	DM 50,–
Nr. 18	Emission, Immission und Wirkungen von Kraftfahrzeugabgasen	DM 30,–
Nr. 19	Sicherheitsmaßnahmen im Straßenverkehr Ergebnisse einer Nutzen/Kosten-Analyse von ausgewählten Maßnahmen	vergriffen
Nr. 20	Aluminiumverwendung im Automobilbau und Recycling	DM 50,–
Nr. 21	Fahrbahnbeanspruchung und Fahrsicherheit ungelenkter Dreiachsaggregate in engen Kurven	DM 50,–
Nr. 22	Umskalierung von Verletzungsdaten nach AIS – 80 (Anhang zu Schrift Nr. 15)	DM 50,–
Nr. 23	Grundlagen und Möglichkeiten der Nutzung sprachlicher Informationssysteme im Kraftfahrzeug	DM 50,–
Nr. 24	Altteileverwendung im Automobilbau	DM 50,–
Nr. 25	Energie für den Verkehr – Eine systemanalytische Untersuchung der langfristigen Perspektiven des Verkehrssektors in der Bundesrepublik Deutschland und dessen Versorgung mit Kraftstoffen im energiewirtschaftlichen Wettbewerb –	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 Ladezustandsanzeigegerätes 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 beim 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,–
Nr. 42	Fußgängersicherheit – Ergebnisse eines Symposiums über konstruktive Maßnahmen am Auto –	DM 30,–
Nr. 43	Auswirkungen der Nutzfahrzeugkonstruktion auf die Straßenbeanspruchung – Gesamtbericht –	DM 20,–
Nr. 44	Sprachliche Informationssysteme und Anwendungsmöglichkeiten im Kraftfahrzeug – Ergebnisse eines Symposiums –	DM 30,–
Nr. 45	Abgasemissions- und Kraftstoffverbrauchsprognosen für den Pkw-Verkehr in der Bundesrepublik Deutschland im Zeitraum von 1970 bis 2000 auf der Basis verschiedener Grenzwertsituationen	DM 50,–
Nr. 46	Bewertung von Personenverkehrssystemen – Systemanalytische Untersuchungen von Angebots- und Nachfrageelementen einschließlich ihrer Wechselwirkungen –	vergriffen
Nr. 47	Nutzen/Kosten-Analyse für einen Pkw-Frontunterfahrschutz an Nutzfahrzeugen	DM 30,–
Nr. 48	Radlastschwankungen und dynamische Seitenkräfte bei zwillingsbereiften Achsen	DM 40,–
Nr. 49	Studie über die Wirtschaftlichkeit von Verbundwerkstoffen mit Aluminiummatrix im Nutzfahrzeugbau	DM 50,–
Nr. 50	Rechnerische Simulation des dynamischen Verhaltens von nicht stationär betriebenen Antrieben und Antriebselementen	DM 250,–

Bisher in der FAT-Schriftenreihe erschienen:

		DM
Nr. 51	Simulationsmodell – Schwingungsprogramm zur Ermittlung der Beanspruchung von Antriebssträngen –	DM 275,–
Nr. 52	Verwendung von Kunststoff im Automobil und Wiederverwertungsmöglichkeiten	DM 125,–
Nr. 53	Entwicklung eines hochgenauen, normfähigen Verfahrens zur Wirkungsgradmessung an Antriebselementen	DM 160,–
Nr. 54	Erhebung und Auswertung von Straßenverkehrsunfalldaten in der Bundesrepublik Deutschland – Ergebnisse eines VDA/FAT-Fachgesprächs	DM 50,–
Nr. 55	Untersuchungen zur subakuten und chronischen Wirkung von Ottomotorabgasen auf den Säugetierorganismus	DM 75,–
Nr. 56	Pilotzelle zur Steuerung von Batterien in Fahrzeugen mit Elektro- oder Elektro-Hybrid-Antrieb	DM 40,–
Nr. 57	Wirkungen von Automobilabgas und seiner Inhaltsstoffe auf Pflanzen – Literaturstudie –	DM 30,–
Nr. 58	Rekonstruktionen von fünf realen Seitenkollisions-Unfällen – Ergänzende Auswertung der KOB-Daten –	DM 35,–
Nr. 59	Luftqualität in Fahrgasträumen	DM 50,–
Nr. 60	Belastbarkeitsgrenzen und Verletzungsmechanik des angegurteten Pkw-Insassen beim Seitenaufprall Phase II: Ansätze für Verletzungsprädiktionen	DM 95,–
Nr. 61	Erhebung und Analyse von Pkw-Fahrleistungsdaten mit Hilfe eines mobilen Datenerfassungssystems – Methodische und meßtechnische Ansätze für eine Pilotstudie –	DM 35,–
Nr. 62	Technische Erfahrungen und Entwicklungsmöglichkeiten bei Sicherheitsgurten im Fond von Pkw – Ergebnisse eines Symposiums –	
Nr. 63	Untersuchungen über Wirkungen von Automobilabgas auf pflanzliche Bioindikatoren im Umfeld einer verkehrsreichen Straße in einem Waldschadensgebiet	DM 95,–
Nr. 64	Sicherheitsorientierte Bewertung von Anzeige- und Bedienelementen in Kraftfahrzeugen – Grundlagen –	DM 75,–
Nr. 65	Quantifizierung der Radlastdynamik bei Einfach-, Doppel- und Dreifachachsen in Abhängigkeit vom Federungs- und Dämpfungssystem des Fahrzeugs	DM 30,–