

**Kurzkompodium
für kognitiv-ergonomische Gestaltungsrichtlinien
für computergestützte Informationsgestaltung im
Fahrzeug**

**Alf C. Zimmer
Universität Regensburg**

Zusammenstellung von Parametern, die für die Mensch-Maschine-Interaktion im Fahrzeug von Bedeutung sind

Bei der Befragung von Entwicklern lassen sich üblicherweise relativ einfach Anforderungen und Erwartungen für neuartige Geräte erheben, wenn die Funktionalität einer vertrauten Aufgabe entspricht. So lassen sich für die bislang besonders gut untersuchte Navigationsaufgabe relativ einfach allgemeine Gestaltungsrichtlinien formulieren; nach Landau, Hanley und Heyn (1998; leicht modifiziert, vor allem ist die Reihenfolge verändert, um allgemeine Prinzipien und konkrete Vorgaben zu trennen) sollen die folgenden Kriterien an die Gestaltung berücksichtigt werden:

1. Die Notwendigkeit, die visuellen Anforderungen an die Fahraufgabe mit der Gestaltung der visuellen Verarbeitung von Navigationsinformation zu koordinieren, und
2. die Notwendigkeit, eine Interferenz zwischen manueller Fahrzeugsteuerung und Bedienung des Navigationssystems zu minimieren,
3. die Notwendigkeit, zusätzliche Belastung zu vermeiden, wenn wegen der Hauptaufgabe häufig wechselnde Aufmerksamkeitszuwendungen und entsprechende Gedächtnisbelastungen auftreten,
4. Die Berücksichtigung der Variabilität der Nutzer und ihrer Kompetenzen,
5. die Sicherung, dass bei Mehrfach Tätigkeiten die für Stabilisierung und Regulierung beim Fahren notwendige Aufmerksamkeitskapazität nicht durch motorische Bedienvorgänge am Zusatzgerät eingeschränkt werden,
6. Die Notwendigkeit, Blickzuwendungszeiten und visuelle Suchprozesse bei der Aufnahme solcher Daten zu minimieren,
7. die Notwendigkeit, Lesbarkeit von Informationen bei Nacht und bei Tageslicht zu gewährleisten,
8. die Notwendigkeit, komplexe graphische Daten oder gesprochene Wegleitungen parallel zur extern gesteuerten Fahraufgabe zu machen,

Während die Kriterien 1-4 allgemeine Anforderungen an Zusatzgeräte im Fahrzeug auflisten, werden in den Anforderungen 5-8 die sensorischen und kognitiven Funktionen des Fahrers angesprochen, die dabei besonders berücksichtigt werden müssen. Ziel der folgenden Zusammenstellung ist es, solche Gestaltungsparameter zu identifizieren, die diese Funktionen beeinflussen.

Bei der Verwendung vielfacher Informationssysteme in Fahrzeugen müssen diese Anforderungen an Einzelgerätegestaltung und Interaktionen von Geräten präzisiert und wegen ihrer gegenseitigen Abhängigkeiten abgestimmt werden. Für die Entwicklung der folgenden Gestaltungsrichtlinien sind Daten speziell aus der militärischen Flugpsychologie, der Mensch-Computer-Interaktion und andere, ehre bereichsspezifische Untersuchungen zu Human Factors im Rahmen der Ingenieurpsychologie herangezogen worden (siehe Quellenangaben am Ende).

Die Richtlinien gehen über die Navigationsaufgabe hinaus und betreffen den gesamten Arbeitsplatz 'Kfz'. Dabei werden insbesondere folgende Punkte betrachtet:

1. Mensch-Computer-Interaktion
2. Gestaltung von Bildschirm (Displays) und Symbolen
3. Akustische Informationsdarstellung
4. Dateneingabe
5. Gestaltung von geographischer und navigatorischer Information

1. Mensch-Computer-Interaktion

Da für den Kraftfahrer die ihn bei der Fahraufgabe unterstützenden Computer im Fahrzeug ausschließlich Werkzeugcharakter haben sollen, muss zum einen sichergestellt werden, dass dieser Werkzeugcharakter

unmittelbar erkennbar wird und zum zweiten muss die Interaktion des Fahrers mit dem oder den Bordcomputern auf die Aufgaben beschränkt werden, wo der Fahrer Teil der Regelstrecke ist. Wo dies nicht der Fall ist (z.B. ESP oder ABS), sollte der Computer unsichtbar i.S. von Norman (1999) sein; lediglich bei Ausfall dieser Systeme muss eine entsprechende und dann direkt handlungsorientierte Warnung gegeben werden.

Da nicht der Bordcomputer, sondern das Kraftfahrzeug im Verkehr den Arbeitsplatz des Fahrers darstellt, muss die Mensch-Computer-Interaktion im Fahrzeug folgende Voraussetzungen auf Seiten des Fahrers berücksichtigen:

1. Für die meisten Interaktionen mit dem Bordcomputer besitzt der Fahrer keine Expertise, wie sie durch ständige Übung erreicht und aufrechterhalten wird, sondern nutzt den Computer dann, wenn es die jeweilige Situation erfordert und so wie es diese Situation erfordert.
2. Der Nutzer erlebt den Computer im Fahrzeug in dem Verkehrskontext und geht daher davon aus, dass dieser Kontext berücksichtigt wird.
3. Die Interaktion mit dem Computer ist häufig durch mangelnde Präzision und Konsistenz seitens des Nutzers gekennzeichnet, weil zum einen der Nutzer nicht Experte ist und zum anderen die Bedienung des Computers in vielen Fällen nur als Zweitaufgabe erfolgt.

Wenn diese Eigenschaften nicht berücksichtigt werden, resultiert eine qualitativ mangelhafte Interaktion mit dem Computer, gekennzeichnet durch hohe Fehlbedienungshäufigkeiten und einen hohen zeitlichen Aufwand, um den erwünschten Systemzustand wieder zu erreichen; dies führt zu starker Frustration und mangelnder Akzeptanz auf der Seite des Fahrers.

1.1 Gestaltung der Form der Interaktion

Die folgende Tabelle enthält Richtlinien dafür, wie ein Computer gestaltet werden muss, dessen Nutzer sich nur gelegentlich mit ihm beschäftigt. (die sog. casual user“- Gestaltung)

Tabelle 1.1: Gestaltung von Rückmeldung für die Nutzerführung und Bestätigung

1. Alle Eingaben des Nutzers müssen durch eine eindeutige Systemreaktion zurückgemeldet werden; d.h.:
 - a) Verstärkung richtiger Bedienungen
 - b) Handlungsorientierte Rückmeldung von Fehlern,
 - c) Rückmeldung darüber, dass das System auf die Eingabe reagiert (so lange, wie die Bedienung läuft)
 2. Allgemeinverständliche Dialoggestaltung; d.h.
 - a) Vermeidung von technischem oder Computerjargon,
 - b) Vermeidung unüblicher Ausdrücke,
 - c) Vermeidung von Abkürzungen (Ausnahme: Abkürzungen, die Teil der Umgangssprache geworden sind).
 3. Aufrechterhaltung eines hinsichtlich Zeit und Komplexität natürlichen Dialogflusses und Orientierung von Fragen und Eingaben gemäß den Regeln der Sprachpragmatik.
-

Tabelle 1.2: Gestaltungsrichtlinien für die Mensch-Computer-Interaktion, die berücksichtigen, dass der gelegentliche Nutzer durch andere Aufgaben abgelenkt wird und zudem vergesslich ist.

-
1. Vorgabe expliziter und gut abgegrenzter Optionen für die Eingaben durch den Nutzer; das bedeutet
 - a) Verwendung von Menuauswahl und erläuternde Hinweismeldungen,
 - b) Verdeutlichung der gegebenen Optionen (wenige, diese aber vollständig).
 2. Konzentration des Trainings auf Grundsätze und nicht auf Anwendungs-Details; d.h.
 - a) Vermittlung eines Systembildes für das Gesamtsystem,
 - b) Vermittlung der Prinzipien, die dem Interface zugrunde liegen,
 - c) Vermeidung von Vorannahmen über spezielle Kenntnisse des Nutzers (aber: Hilfe für den Nutzer bei der Einstellung von "Shortcuts" u.ä.)
-

Das Informationssystem für den gelegentlichen Nutzer muss so gestaltet sein, dass er sich in ihm mühelos orientieren kann. Dies bedeutet ganz konkret, dass nach einer längeren Nutzungspause sichergestellt werden muss, dass der Nutzer die von ihm selbst eingestellten "Shortcuts" noch versteht; diese müssen ihm dann in der entsprechenden Funktionalität wieder vorgestellt und nur dann verwendet werden, wenn sie vom Nutzer erneut bestätigt sind. Ganz allgemein sollte ein Informationssystem für den gelegentlichen Nutzer folgenden Richtlinien genügen:

Tabelle 1.3: Richtlinien für die Beschränkung der Anforderungen an den Nutzer hinsichtlich Datenstrukturen, Inhalten oder sonstigem semantischen Wissen auf das absolut Notwendige

-
1. Wenn Dateneingaben vom Nutzer gefordert sind, sollten diese beschrieben werden.
 2. Der Nutzer sollte durch Hinweisreize durch die Menge der zulässigen Optionen geführt werden.
 3. Bei der Verwendung von Icons sollten die entsprechenden Bezeichnungen und Kurzbeschreibungen leicht zugänglich sein.
 4. Bei logischen Verzweigungen sollen die daraus resultierenden Konsequenzen in Begriffen ausgedrückt werden, die der Nutzer direkt in die Fahraufgabe umsetzen kann.
-

Tabelle 1.4: Ausrichtung des Dialogs auf umgangssprachliche Ungenauigkeiten

1. Bei Anfangsfragen sollte die Suche bei der Interpretation der Eingaben weiter sein, da dort üblicherweise weniger präzise geantwortet wird als bei Nachfolgefragen.
 2. Auch auf breite oder fehlerhafte Eingaben sollten nicht alle, sondern nur die dem jeweiligen Kontext entsprechenden Informationen gegeben werden.
 3. Bei spezifischen Anfragen muss Unterstützung durch Alternativenvorgabe geleistet werden, weil der Fahrer in der Anfragesituation möglicherweise nicht über das spezifische Vokabular verfügt.
-

Die "Natürlichkeit" der gesprochenen Bedienung und Informationsausgabe erweckt zunächst beim Nutzer die Illusion eines kompetenten Sozialpartners (s. Nass & Reeves), was den Bediener dazu ermuntert, ähnlich wie im zwischenmenschlichen Dialog, gemeinsam Bekanntes nicht jeweils erneut zu spezifizieren, so dass die jeweilige Anfrage häufig unterdeterminiert ist. Die darauf seitens des sprachverarbeitenden Systems kommenden Fehlinterpretationen, Nachfragen und Bitten um Wiederholung irritieren den Nutzer und können so zu einer Erhöhung der Belastung führen. Damit eine vergleichsweise breite Einsetzbarkeit möglich wird, müssen folgende Richtlinien berücksichtigt werden:

Tabelle 1.5: Anpassung der Dialogsprache auf die Bedürfnisse und Kompetenz des Nutzers

1. Eine Reduktion der formalen Anforderungen an die Sprachbenutzung unterstützt speziell den gelegentlichen Nutzer.
 2. Das System sollte selbständig in der Lage sein, Syntax-Verstöße zu diagnostizieren und dem Nutzer so als Anfrage zurückzugeben, dass dieser die seinen Intentionen entsprechende Interpretation eingeben kann.
 3. Implizite, den Regeln der Umgangssprache entsprechende Formulierungen logischer Elemente (Quantoren und Konnektive) werden gerade vom gelegentlichen Nutzer seltener falsch interpretiert als explizite logische Begriffe.
 4. Bei der Analyse muss stets davon ausgegangen werden, dass bei Anfragen, die eine explizite logische Struktur erfordern, Fehler auftreten.
-

1.2 Gestaltung des Managements zeitlicher Abfolge in der Interaktion

Die zeitliche Aufeinanderfolge von Aktionen des Nutzers und des Systems bestimmt zum einen die Interpretation der sprachlichen Ein- oder Ausgabe, nämlich ob etwas Neues initiiert werden soll, ein laufender Prozess unterbrochen oder eine Aktion beendet werden soll, und den Übergang von einer Interaktion auf die nächste.

Tabelle 1.6: Ziele beim Management von Zeit und Reihenfolge der Interaktion

-
1. Konsistenz der Kontrollaktion (z.B. durchgängige Verwendung des Begriffs "Stopp" bei Beenden einer Interaktion "Halt", beim Unterbrechen einer Interaktion und "Weiter" bei der Wiederaufnahme einer unterbrochenen Interaktion).
 2. Minimierung der Belastung des Arbeitsgedächtnisses des Nutzers.
 3. Minimierung der Kontrollaktionen für die Interaktionen, so lange diese fehlerfrei laufen.
 4. Flexibilität des Zeit- und Reihenfolgemanagements zur Anpassung an die jeweiligen Bedürfnisse des Nutzers.
-

Diese Gestaltungsziele lassen sich in folgende Richtlinien übersetzen:

Tabelle 1.7: Die Modellierung des zeitlichen Verlaufs in Mensch-Computer-Dialogen

A. Gestaltung der Rolle des Nutzers

1. Minimierung der Kontrollanforderungen an den Nutzer
 - a) Maximale Vereinfachung der Kontrollbedienungen
 - b) Reduktion der vom Nutzer erforderten Kontrollaktionen je nach seiner Expertise im Systemumgang
2. Herstellung einer Übereinstimmung zwischen dem Management der Reihenfolge und den vom Nutzer bestimmten Zielvorstellungen
 - a) Für häufige und dringliche Kontrollaktionen muss der Zugang einfach und schnell sein (Ermöglichung von "Shortcuts"). Spezifische und auffällige Gestaltung von Systeminteraktionen, die zu Sicherheitsgefährdungen führen können; diese Interaktionen müssen unmittelbar erkennbar unter Kontrolle des Nutzers sein.
3. Anpassung des Spezifizierungsgrades von Kontrollen an die Kompetenz des Nutzers; wenn diese nicht bekannt ist, muss jeweils vom Einfachstniveau ausgegangen

werden, aber dem Nutzer die Möglichkeit von Zusatzforderungen gegeben werden, so dass er das von ihm gewünschte Spezifikationsniveau der Kontrolle erreichen kann.

4. Vorrang für die Bedienung durch den Nutzer
 - a) Das System sollte fortlaufende Nutzereingaben nicht unterbrechen.
 - b) Diagnostizierte Fehler in der Eingabe müssen sich explizit auf das vom Nutzer verwendete Vokabular beziehen.
 - c) Nur bei Routinevorgängen sollte die Kontrolle beim System liegen.
5. Betonung der aktiven Kontrolle durch den Nutzer
 - a) Der Nutzer muss jederzeit unterbrechen, verschieben oder abbrechen können.
 - b) Das System muss auf die üblichen Eingaben durch den Nutzer abgestimmt sein, um schnell eine Rückmeldung über entstehende Konsequenzen geben zu können.
 - c) Dialoge dürfen nicht in "Sackgassen" führen; d.h. das System muss in solchen Situationen auf die letzte Interaktion zurückgehen, in der durchführbare Optionen vorgelegen haben.
 - d) Das System sollte die jeweils möglichen Optionen für den Nutzer explizit machen.
6. Das System muss automatisch zwischen den sprachlichen Äußerungen des Nutzers und anderer im Fahrzeug anwesenden Personen unterscheiden können.
7. Die Reaktionszeit des Systems sollte den jeweiligen Interaktionen angepasst sein, d.h. dass z.B. bei einfacheren Interaktionen schneller reagiert werden sollte.
8. Die Geschwindigkeit der Eingabe sollte nicht durch die Verarbeitungszeit des Computers bestimmt werden.
 - a) Wenn Verzögerungen unvermeidlich sind, muss die Eingabe gestoppt werden; dies muss dem Nutzer unmissverständlich zurückgemeldet werden, z.B. bei Spracheingabe durch ein spezifisches Signal oder bei Tastatur- oder Regelknopfeingabe durch eine sofort haptisch erkennbare Blockierung.
 - b) Nach Ende der notwendigen Verzögerung muss die wieder hergestellte Interaktionsfähigkeit mit dem System automatisch signalisiert werden.
 - c) Der Nutzer sollte die Möglichkeit haben, während einer derartigen systembedingten Verzögerung den gesamten Vorgang abubrechen.
9. Auf jede Kontrolleingabe muss ein eindeutiges Feedback erfolgen.
 - a) Angabe für die Beendigung einer Verarbeitung
 - b) Aufforderung zu einer sofortigen Eingabe
 - c) Änderung des Bedienmodus
 - d) Hinweis auf eine nicht interpretierbare Eingabe
 - e) Bei systembedingten Verzögerungen von mehr als 0,5 sec. muss angezeigt werden, dass sich das System "in Arbeit" befindet.
10. Angaben und Beeinflussungen des Managements von Reihenfolge und zeitlicher Organisation sollten in Form und Position von allen anderen Angaben leicht unterscheidbar sein.

11. Gestaltung eines Warn- oder automatischen Eingreifsystems, um die zufällige Aktivierung potentiell sicherheitsrelevanter Kontrollaktionen zu verhindern, speziell auch solche Aktionen, die in das Systemmanagement eingreifen.
-

Um eine gute Passung zwischen Nutzereingaben und Systemreaktion zu erreichen, sollten die folgenden Richtlinien hinsichtlich einer aufgabenorientierten Sprachverwendung berücksichtigt werden:

Tabelle 1.8: Nutzer- und situationsorientierte Dialoggestaltung

1. Frage- und Antwortdialoge sollten bei allen Routineeingaben benutzt werden, wenn diese Daten prinzipiell bekannt sind und ihre Eingabe natürlich oder durch das System eingeschränkt werden können (z.B. Eingabe von Telefonnummern). Darüber hinaus ist diese Interaktionsform notwendig bei Nutzern mit wenig oder gar keiner System-Erfahrung, vorausgesetzt der Rechner ist hinreichend schnell.
 2. Wenn ein Nutzer hinreichend Erfahrung mit dem System hat, ist die Eingabe spezifischer Optionen möglich, die durch Standardfragen des Systems angezeigt werden.
 3. Menuselektion sollte für Aufgaben wie Planung und Überwachung eingesetzt werden, wenn Standardvokabular oder -daten vorliegen, vor allem wenn der Nutzer relativ wenig System-Erfahrung hat und der Rechner schnell reagieren kann.
 4. Für wenige, aber häufig auftretende Standardaktionen, speziell wenn sie für Syntaxverstöße sensibel sind, sollen integrierte Funktionen durch einzelne Bedienknöpfe oder Standardbefehle vorgesehen werden.
 5. Die Interaktion des Systems mit "commands" sollte auf Nutzer mit weit reichender Erfahrung beschränkt sein und explizit durch diese eingestellt werden müssen.
 6. Auf allen Systemebenen müssen die Kontrollbefehle durch gleiche Begriffe und Struktur gestaltet sein; vor allem dürfen Bedienungen nicht in dem Sinne kontextsensitiv sein, dass ihre Bedeutung von vorangegangenen Systeminteraktionen abhängig ist.
 7. Die Folge von zusammenhängenden Transaktionen mit dem System muss auf einer Aufgabenanalyse des Nutzers, und nicht den Erfordernissen des Systems basieren.
 8. Eine durchgängige Terminologie für Bedienungsanleitungen, Online-Informationen und Kontrollbegriffen und -ausdrücken muss unbedingt gegeben sein.
 9. Es dürfen ausschließlich aktivierbare Optionen angeboten werden.
-

1.3 Fehleridentifikation, -rückmeldung und -korrektur

Aufgrund der komplexen situativen Anforderungen im Straßenverkehr und der Tatsache, dass die meisten Nutzer einerseits nicht Experten in der Systeminteraktion sind und zum anderen selbst diese die Systeminteraktion üblicherweise als Zweitaufgabe bearbeiten, muss ein besonderes Gewicht auf den Umgang mit Fehlern in der Mensch-System-Interaktion gelegt werden.

Tabelle 1.9: Richtlinien für Fehlermanagement

-
1. Wenn der Nutzer einen Eingabefehler bemerkt, sollte er sofort die Eingabe unterbrechen können und auf die Menuebene zurückkehren, die dem Fehler vorausging.
 2. Systemseitig sollten alle Eingaben bis zu diesem Punkt abgearbeitet bzw. ausgeführt werden.
 3. Bemerkt der Nutzer erst bei der Ausführung, dass eine Eingabe fehlerhaft gewesen ist, soll er jeder Zeit den Prozess abbrechen und in den Eingabemodus zurückkehren können, der dem Auftreten des Fehlers vorangegangen ist.
 4. Die Zurückweisung von fehlerhaften Eingaben sollte jeweils so präzise sein, daß der Nutzer sie mit geringst möglichem Aufwand korrigieren kann.
 5. Fehlermeldungen sollen jeweils sofort gegeben werden.
 6. Beim Auftreten mehrfacher Fehler, sind diese auf einem Display exakt zu bezeichnen oder bei Sprachausgabe in der Reihenfolge vorzugeben, in der sie korrigiert werden müssen.
 7. Wenn Fehler bei der Fehlerkorrektur auftreten, müssen diese durch gesonderte Fehlermeldungen bezeichnet werden.
 8. Jede Fehlermeldung sollte folgende Punkte enthalten:
 - a) Ort des Fehlers
 - b) Art des Fehlers
 - c) eine oder mehrere Optionen für die Fehlerbehebung oder Verweise auf Dokumentationen.
 9. Fehlermeldungen sollten aus der Sicht des Nutzers formuliert werden und direkt auf die ihm möglichen Handlungsweisen ausgerichtet sein.
 10. Fehlermeldungen sollten leicht verständlich und gut akzeptabel für den Nutzer sein, d.h. technisches oder Computerjargon sollte vermieden werden und der Hinweis auf den Fehler sollte in höflicher, nicht Angst auslösender Weise (schlechtes Beispiel: „**fatal** error“) erfolgen.

11. Der Nutzer sollte einstellen können, wie detailliert die Fehlermeldung sein sollte.
 12. Seltene Fehler oder Fehler in Programmbereichen, die nur in seltenen, spezifischen Situationen auftreten, sollten ausführlicher kommentiert werden, als häufig auftretende Fehler.
 13. Fehler in Routinebereichen, die häufig auftreten, weisen auf Aufmerksamkeitsdefizite hin, aber nicht auf Fehlkonzeptionen, daher müsse sie zwar reliabel rückgemeldet, aber nicht ausführlich kommentiert werden.
 14. Sobald ein Fehler vom Nutzer bemerkt oder an diesen zurückgemeldet worden ist, sollte eine Fehlerkorrektur möglich sein.
-

2. Gestaltung von Bildschirm (Displays) und Symbolen

Für die Gestaltung von Displays hinsichtlich Auflösung, Kontrast und Farbe sind die Kriterien der Symbolidentifikation und der Lesbarkeit von primärer Bedeutung. Unter Symbolidentifikation wird die Schnelligkeit und Korrektheit der Bedeutungserfassung einzelner Symbole (Icons, Buchstaben, abstrakte Zeichen) ohne die jeweilige Einbindung in den Kontext verstanden. Lesbarkeit bezieht sich auf die Erkennung von Worten oder Wortgruppen in einem Kontext. Üblicherweise ist Symbolerkennung die Voraussetzung für Lesbarkeit, allerdings nicht immer, wie Experimente mit verstümmelten Buchstaben zeigen, die einzeln nicht identifiziert werden können, aber insgesamt ein mühelos lesbares Schriftbild ergeben.

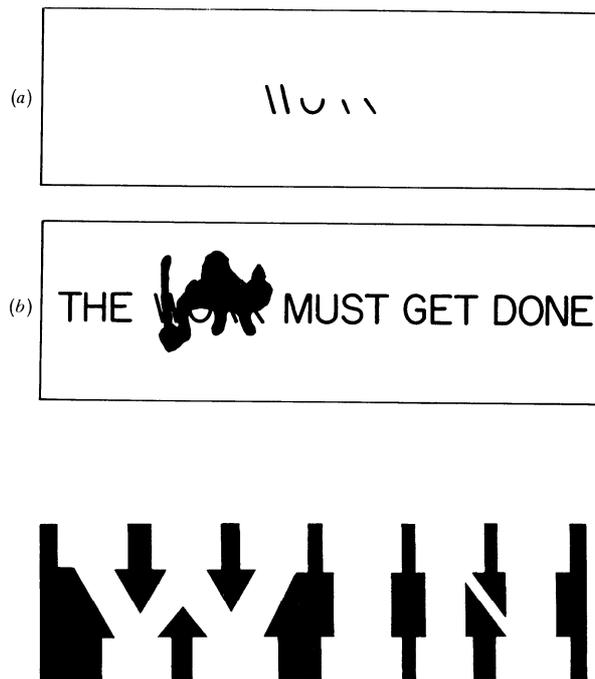


Abbildung 1a & 1b: Kontextabhängige Erkennbarkeit von Schrift

2.1 Kontrastgestaltung

Der Begriff "Kontrast" bezieht sich auf den Unterschied, üblicherweise als Verhältnis- oder Prozentsatz angegeben, zwischen der Leuchtdichte eines Symbols und der Leuchtdichte des Hintergrunds.

Wenn L_{\max} die Leuchtdichte der helleren von zwei kontrastierenden Flächen bezeichnet und L_{\min} die dunklere, dann wird das Kontrastverhältnis folgendermaßen ausgedrückt

$$\frac{L_{\max}}{L_{\min}}$$

Durch Multiplikation mit 100 ergibt dies den prozentualen Kontrastunterschied. Der Modulationseffekt des Kontrastes lässt sich durch die folgende Gleichung darstellen:

$$\frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max} + L_{\min}}$$

Tabelle 2.1: Richtlinien für die Kontrastgestaltung auf Bildschirmen (Displays)

-
1. Der Modulationseffekt sollte mindestens 0.5 ausmachen; dies entspricht einem Kontrastverhältnis von 3:1. Sinnvoll ist jedoch ein Modulationseffekt von mindestens 0.75, entsprechend einem Kontrastverhältnis von 7:1.
 2. Bei der Verwendung von kleinen Symbolen oder einer großen Entfernung des Bildschirms vom Betrachter (resultierende Symbolgröße 10 bis 17 Bogenminuten) ist eine Helligkeitsmodulation $M = 0.3 + 0.07(20 - S)$ notwendig, wobei S die vertikale Höhe des Symbols in Bogenminuten darstellt.
-

Die praktische Bestimmung der Leuchtdichtemodulation sollte unter Bedingungen normaler Umgebungsbeleuchtung erfolgen, vor allen Dingen, um auch entstehende Reflektionen von der Bildschirmoberfläche zu berücksichtigen. Die angegebenen Modulationskriterien beziehen sich auf monochrome Bildschirme (über die Verwendung der Farbe s. den nächsten Punkt). Die angegebenen Mindestwerte gelten nur für Populationen unter 60 Jahren; für ältere Fahrer muss das Helligkeitsverhältnis um das bis zu 3fache erhöht werden. Angesichts der bei Älteren häufig auftretenden längeren Lesezeiten, höherer Blendungsempfindlichkeit und Empfindlichkeit für Reflektionen empfiehlt es sich generell, die Leistung älterer Fahrer (über 60 Jahre) bei der Bestimmung der notwendigen Leuchtdichtemodulation zu untersuchen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Kontrast, ausgedrückt als Leuchtdichtemodulation, von großer Bedeutung sowohl vor wie auch während der Fahrt ist.

2.2 Farbgestaltung

Farbliche Darstellungen auf Bildschirmen stellen eine gute Möglichkeit dar, Texte und Symboldarstellungen gleichen Kontrastes zu gliedern. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass sich die Rezeptoren für Magenta, Grün,

Cyan und Helligkeit hinsichtlich Empfindlichkeit und Verteilung auf der Retina unterscheiden. Dies erfordert zum einen, dass die entsprechenden Kontraste der Sensitivität angepasst werden müssen und zweitens, dass die Position des Bildschirms in Relation zum Betrachter bei dieser Bestimmung berücksichtigt muss (s. Abbildung 2). Aus dieser Abbildung geht hervor, wo im Sehfeld die einzelnen Grundfarben wahrgenommen werden können. Setzt man den Nullpunkt als die Blickfixation beim Blick nach vorn, dann ergeben sich daraus die möglichen Positionen für farbcodierte Informationen, die z.B. auf Systemveränderungen hinweisen bzw. Rückmeldung geben.

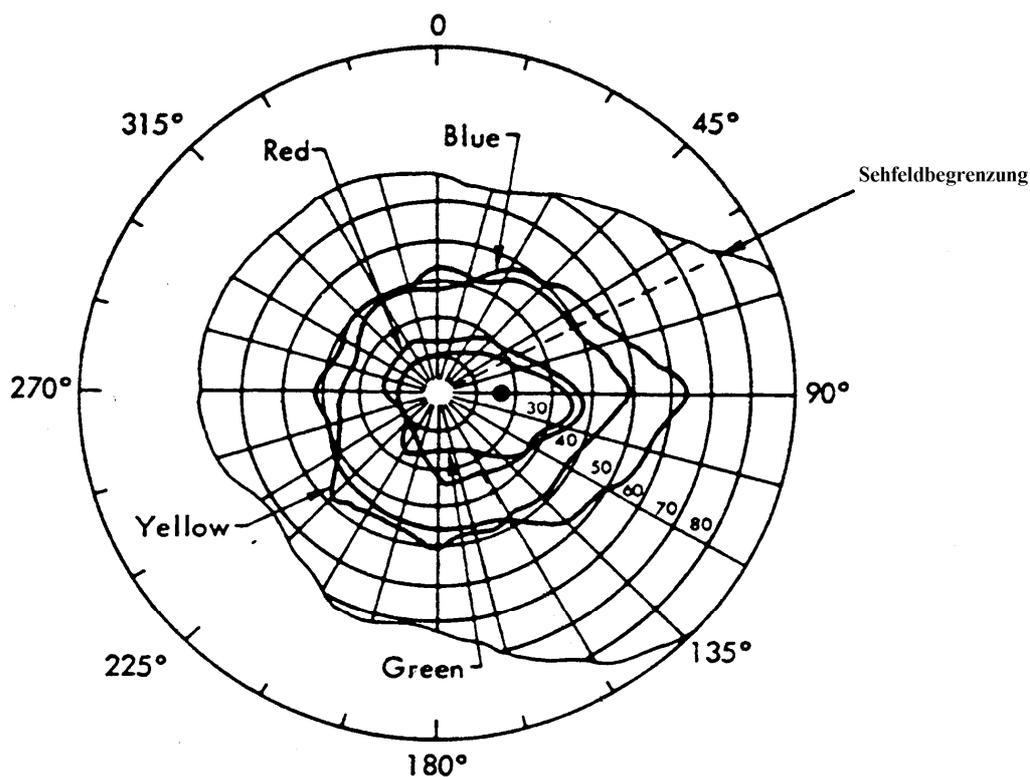


Abbildung 2: Die Sichtbarkeit unterschiedlicher Farben im Sehfeld in Abhängigkeit von der Exzentrizität der Reize in Bezug auf die Fovea

Farbwahrnehmung lässt sich in drei Dimensionen beschreiben, nämlich Farbton, Sättigung und Helligkeit. Der Farbton bezieht sich auf die dominante Wellenlänge im sichtbaren Spektrum, die Sättigung wird vor

allem durch die spektrale Bandbreite bestimmt und die Helligkeit hängt von der Leuchtdichte ab. Die Interaktion von Sättigung, wahrgenommener Helligkeit und Farbkontrast beeinflusst die Symbolwahrnehmung stärker als der Farbton allein. Wenn mehrere Farben auf dem Bildschirm verwendet werden, lässt sich die Symbolerkennbarkeit vor allem aufgrund der Farbkontraste vorhersagen, diese beziehen sich auf die wahrgenommene Unterschiedlichkeit hinsichtlich Farbton und Sättigung zweier farblicher Objekte. Auf der Grundlage von Messungen der wahrgenommenen Unterschiedlichkeit von Farben resultieren in dem von 1976 definierten CIE **Uniform Colour Space (UCS)** durch die Definition von Metriken für diesen Farbraum können Farbkontrastmaße definiert werden, die eine Voraussage der Symbolerkennbarkeit ermöglichen. Für die Symbolwahrnehmung von Bedeutung ist der experimentelle Befund, daß bei Iso-Luminanz (gleicher subjektiver Helligkeit) von Farbkomponenten keine Formerkennung möglich ist, selbst wenn die Farbtöne als Gegenfarben optimal unterscheidbar sind (s. Abbildung 3).

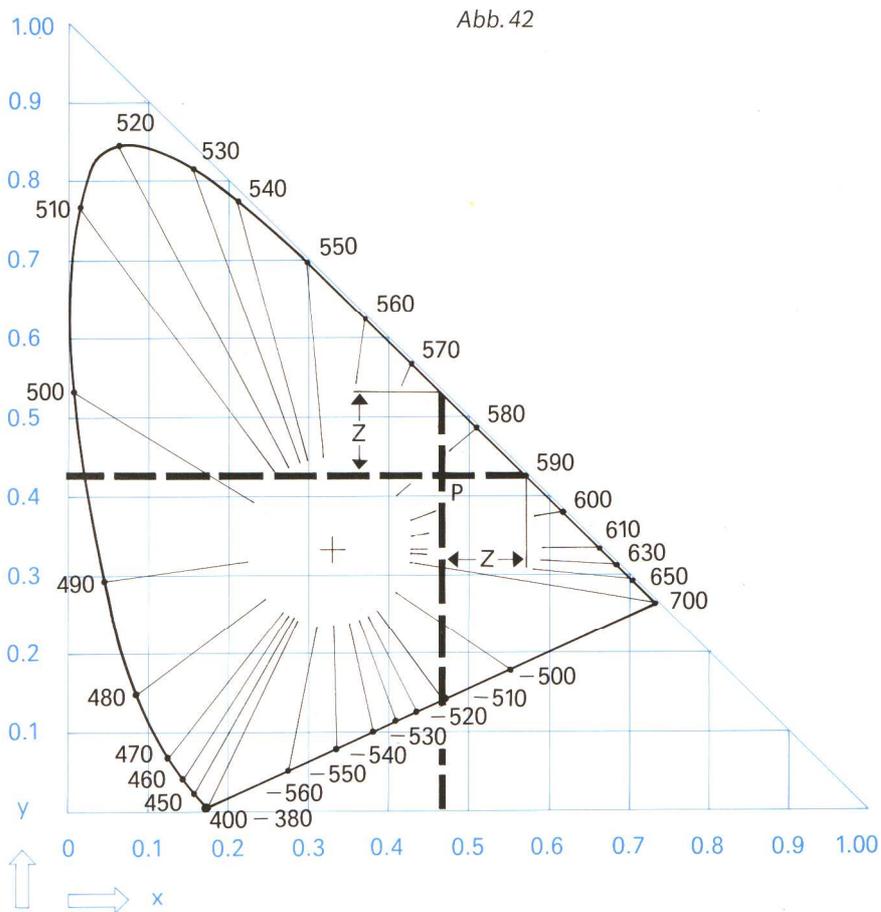


Abbildung 3: Der CIE-Uniform Color Space zur Bestimmung der notwendigen spektralen Distanzen zwischen unterschiedlichen Farbcodierungen

Bei der Verwendung von Farbe auf Anzeigeelementen ist außerdem zu berücksichtigen, dass angeborene Farbschwächen bis hin zur Farbblindheit bei bis zu 10 % aller Männer zu finden sind, was speziell die Rot-Grün-Unterscheidung problematisch macht.

Tabelle 2.2: Richtlinien für die Verwendung von Farben auf Bildschirmen

1. Farbkodierung kann speziell auf informationsreichen Displays zur Unterscheidbarkeit von Kategorien und damit zur Reduktion von Komplexität beitragen. Für Symboldarstellungen sollten nicht mehr als 10 wohl unterscheidbare Farben verwendet werden, wohl aber bei analoger Bilddarstellung.
2. Die ausschließliche Verwendung von Farben zur Informationskodierung sollte vermieden werden, wenn auf Ausdrucken oder Bedienungsanleitungen lediglich Schwarz-Weiß-Darstellungen verwendet werden.
3. Mit Hilfe einer Aufgabenanalyse sollte die vorliegende Information hierarchisch gegliedert werden; daraus sollte sich die Anzahl der notwendigen Farben ergeben.
4. Aufgrund kultureller Schemata bieten sich die folgenden inhaltlichen Kodierungen durch Farbe an:
 - ◆ Weiß kennzeichnet den Normalzustand bzw. einen ungestört ablaufenden Prozess.
 - ◆ Gelb stellt eine Warnung ohne unmittelbare Eingreifnotwendigkeit dar bzw. die Aufforderung, eine Situationsüberprüfung durchzuführen.
 - ◆ Rot signalisiert "Stop", Bedienungsfehler, Systemversagen u.ä.
 - ◆ Blinkendes Rot signalisiert Notfallsituation, die einen unmittelbaren Eingriff mit höchster Priorität erfordert.
 - ◆ Grün zeigt an, dass eine Systembedienung zur erfolgreichen Durchführung eines Prozesses geführt hat, bzw. dass nach einem Notfalleingriff das System wieder in sicherem Zustand ist.
5. Da die größte Farbsensitivität im Bereich von 0.5 Schwingungen pro Grad liegt, müssen farbig markierte Symbole sehr viel größer sein, als bei Schwarz-Weiß-Darstellung (dort liegt die minimale räumliche Frequenz bei 2 Schwingungen pro Grad).
6. Wegen der geringen räumlichen Auflösung sollte gesättigtes Blau nicht zur Darstellung von Details benutzt werden.
7. Eine Erhöhung der Umgebungsbeleuchtung beeinträchtigt die Farbreinheit und damit ihre Unterscheidbarkeit. Aus diesem Grunde sollten Anwendungs-Experimente immer unter realistischen Umgebungsbeleuchtungsbedingungen durchgeführt werden.
8. Farben gleicher Leuchtdichte und Sättigung werden subjektiv unterschiedlich weit entfernt wahrgenommen und führen so zu räumlichen Effekten. Aus diesem Grunde führt speziell die gleichzeitige Verwendung von reinem Rot und reinem Blau bei Symboldarstellungen zu einer zeitlichen Verzögerung der Symbolerkennung. Andererseits kann der räumliche Effekt z.B. zur Heraushebung rot markierter Symbole durch einen blauen Hintergrund genutzt werden.
9. Wegen der Farbfehlsichtigkeit bei Fahrern (ca. 8 % der männlichen Bevölkerung) sollten prinzipiell Farben vermieden werden mit einer dominanten Komponente

jenseits von 650 nm; darüber hinaus müssen eng bandige Rot- bzw. Grünfärbungen entweder vermieden oder Redundanz gestaltet werden.

10. Wenn eine Farbkodierung benutzt wird, um Segmente auf dem Bildschirm herauszuheben oder Unterschiede zu verstärken, sollten nur Farben im CIE uniform colour space gewählt werden, die 40 ΔE (CIE $L^* u^* v$)-Einheiten entsprechen, die sicher absolut unterscheidbar sind. Dies bedeutet praktisch eine Einschränkung auf 7 bis max. 10 Farben (s. Abbildung). Dabei entspricht L^* dem bewerteten Helligkeitsunterschied gegenüber Standard Weiß; u^* und v^* sind entsprechend auf diese Komponenten bei Standard Weiß bezogen.
 11. Für die Erkennbarkeit von Symbolen ist es notwendig, daß sich diese vom farbigen Hintergrund durch 100 ΔE (CIE $Y u' v'$)-Distanzen unterscheiden. Dabei entspricht Y der Leuchtdichte in cd/m^2 und u' sowie v' den UCS-Koordinaten von Text und Hintergrund.
 12. Bei niedriger Umgebungsbeleuchtung muss die Leuchtdichte der Symbole soweit reduziert werden, dass Dunkeladaptation möglich wird, allerdings ist bei einer Leuchtdichte von weniger als 3 cd/m^2 keine verlässliche Farbdifferenzierung mehr möglich.
 13. Bei hohem Niveau von Umgebungsbeleuchtung muss die Leuchtdichte der Symbole überproportional erhöht werden, um dem auftretenden Auswaschungseffekt zu begegnen. Weil auf Bildschirmen keine hochgesättigten Farben dargestellt werden können, ist ab einer Umgebungsbeleuchtung von 6000 Lux mit einer massiven Verschleierung der differenzierenden Leuchtdichte auf dem Bildschirm zu rechnen, die in einen Verlust an Kontrast und Differentiation zwischen Farben resultiert.
-

Insgesamt ist die Verwendung von Farben speziell bei Bildschirmbedienungen vor der Fahrt als sehr gut zu beurteilen, wegen der Bildschirmpositionierung außerhalb der Hauptsehachse und der beim Fahren auftretenden Wechsel in der Umgebungsbeleuchtung ist die Verwendbarkeit von Farbe für Bedienungstätigkeiten während der Fahrt weniger gut geeignet.

2.3 Symbol-Größe

Die Größe der einzelnen Symbole ist nicht absolut, sondern immer nur in Relation zum Betrachter zu bestimmen. Die betrachterbezogene Größe

wird in Bogenminuten berechnet und entspricht dem Verhältnis von (Symbolgröße x 3437,5) zu (Betrachtungsabstand).

Folgende Richtlinien sollten bei der Festlegung der Symbolgröße betrachtet werden:

Tabelle 2.3: Richtlinien für Symbolgrößen

-
1. Minimale Größe eines Symbols sollte 16 Bogenminuten entsprechen, sinnvoll sind 20-22 Bogenminuten.
 2. Eine leichte Lesbarkeit speziell von Texten wird bei Buchstabengrößen erreicht, die 140-150 % der Schwellengröße ausmacht.
 3. Wenn mehrere Symbole in kopierter Form verwendet werden, sollten die Symbole nicht größer als 45 Bogenminuten sein; bei Textdarstellungen sollte die maximale Größe 24 Bogenminuten nicht übersteigen.
-

Bei der Gestaltung muss berücksichtigt werden, dass ab dem Alter von 20 Jahren bis etwa 50 Jahren die statische Sehschärfe abnimmt. Dies wirkt sich speziell auf die Erkennbarkeit von Formdetails bei Symbolen aus. Die dynamische Sehschärfe, die für die Identifikation sich bewegender Objekte wichtig ist, nimmt speziell im Alter jenseits von 50 Jahren weiter ab.

2.4 Schriftgestaltung

Bei der Wahl von Symbolen hängen Erkennung und korrekte Umsetzung davon ab, dass eine direkte Zuordnung zu Handlungen deutlich wird. Aus diesem Grund sollten z.B. Pfeile eine Spitze von $\approx 30^\circ$ und einen Pfeilschaft haben, der genau so lang ist wie der Kopf. Pfeile, die sich auf Texte beziehen, müssen entsprechend ihrer Richtung räumlich angeordnet sein (z.B. **rechts** weisender Pfeil **rechts** neben Text).

2.5 Darstellung von alphanumerischen Zeichen als Lichtpunkt-Matrix

Bei der Verwendung von Bildschirmen werden Buchstaben aus Lichtpunkten in Matrixform zusammengesetzt. Nur bei hoch auflösenden Bildschirmen, die soweit entfernt sind, dass die einzelnen Lichtpunkte weit unterhalb der Wahrnehmungsschwelle in Bogenminuten liegen, ist diese Darstellungsform hinsichtlich Erkennbarkeit und Lesbarkeit zu vernachlässigen. In allen anderen Situationen beeinträchtigt diese Darstellungsform Lesegeschwindigkeit und Identifikationspräzision, weil bei der Verschmelzung von Einzellichtpunkten der Eindruck von Unschärfe entsteht. Diese wahrgenommene Unschärfe hat darüber hinaus noch einen Einfluss auf den subjektiven Lesekomfort und insofern auf die mentale Beanspruchung.

2.6 Schrift-Type

Antiqua-Schriften sind wegen ihrer Bekanntheit und guten Unterscheidbarkeit z.B. Grotesk und Kursivschriften vorzuziehen. Kurze Texte sollten in Sans Serif, längere Texte für durchgehende Lektüre sollten mit Serifen dargeboten werden. Bei sparsamer Verwendung ist die Schreibung in Großbuchstaben zur schnellen Orientierung auf Wichtiges gut geeignet.

Tabelle 2.4: Richtlinien für die Gestaltung alphanumerischer Zeichen auf Bildschirmen

1. Prinzipiell dürfen auf Bildschirmen nur solche Schrifttypen verwendet werden, die eindeutig zwischen häufig verwechselbaren Zeichen wie dem Buchstaben I, der Zahl 1, sowie dem Buchstaben Z und der Zahl 2 unterscheiden.
2. Die Minimalgröße ist eine 5 x 7 Lichtpunktmatrix (Breite zu Höhe), die allerdings nur bei numerischen Zeichen und Großbuchstaben verwendet werden kann.
3. Für kontinuierliche Leseaufgaben mit Großbuchstaben ist mindestens eine 7 x 9 Lichtpunktmatrix pro Zeichen notwendig; dies trifft auch für Fälle zu, wo einzelne alphanumerische Zeichen mit hoher Präzision erkannt werden können. Bei der

Verwendung von Kleinbuchstaben ist eine Verlängerung der Vertikalen auf 11 Lichtpunkte notwendig, um die Unterzüge darstellen zu können.

4. Die minimale Schriftzugbreite sollte bei 10 % der Buchstabenhöhe liegen, aber 20 % nicht überschreiten.
 5. Für Darstellungen mit konstanter Buchstabenbreite sollte das Verhältnis Breite zu Höhe zwischen 1:1,4 und 1:1,1 liegen. Bei Darstellungen mit mehr als 80 Zeichen pro Zeile kann auf das Verhältnis 1:2 gegangen werden.
 6. Für Proportionalschrift liegt das maximale Verhältnis bei 1:1 für die Buchstaben W und M.
 7. Laufschrift sollte vermieden werden; wenn nötig Darstellung von links nach rechts laufend mit 15 Zeichen pro 300 ms; dies entspricht am besten Sakkaden-Sprüngen und Fixationszeiten (aber Einstellung durch Fahrer wenn möglich)
 8. Blinkende Schrift ist zu vermeiden. Statt dessen sollen besonders dringliche Texte durch blinkende Standardsymbole (Asteriske etc.) vor und hinter den Textzeilen verwendet werden.
-

2.7 Besonderheiten der Darstellung von alphanumerischen Zeichen bei Head-up-Displays (HUD)

Bei Head-up-Displays sollten ausschließlich Sans-Serif-Schrifttypen verwendet und auf Verzierungen (z.B. Bogenführungen) verzichtet werden. Wegen der geringeren Leuchtdichte ist die Schriftzugbreite bei Head-up-Displays von größerer Bedeutung und sollte daher näher an 20 % der Zeichenhöhe liegen. Bei Textdarstellungen sollte maximal auf 1:1,7 heruntergegangen werden.

2.8 Bildschirmorganisation

Das Ziel der Bildschirmorganisation sollte es sein, normale visuelle Suchprozesse zu unterstützen, den Aufwand beim Lesen zu minimieren und Beziehungen direkt darzustellen. Zu viel an dargebotener Information löst Verwirrung und Überlastung des Gedächtnisses des Nutzers aus, führt zu Fehlern und damit am Ende zu Nutzerunzufriedenheit.

Tabelle 2.5: Richtlinien für die Bildschirmorganisation

A. Fenstertechnik

1. Es sollten nicht mehr als drei hierarchische und vier parallele Fenster verwendet werden.
2. Der Nutzer sollte selbst in der Lage sein, die Größe des Fensters für die aktuelle Aufgabe zu bestimmen. Bei Eingabe und Suchvorgängen sollte der Bildschirm funktional derartig in unterschiedliche Bereiche aufgeteilt werden, dass für die verschiedenen Informationskategorien (z.B. Befehle, Statusangaben und alphanumerische Eingaben) getrennte Partitionen vorliegen.
3. Wichtige oder seltene Informationen und Warnmeldungen sollten ins zentrale Sehfeld relativ zum Display positioniert werden.
4. Die Organisation verwendeter Felder sollte standardisiert werden. Funktionale Bereiche sollten jeweils die gleiche relative Position in allen Darstellungen haben; dies ist notwendig, damit der Nutzer die für eine schnelle visuelle Suche notwendigen räumlichen Bezugsrahmen entwickelt.
5. Dialoge, bei denen Daten eingegeben werden müssen, sollten stets links oben beginnen.
6. Bei der Darstellung von Daten und Texten sollten Tabellierungen, Gruppierungen und ähnliche Maßnahmen zur Unterstützung der Wahrnehmungsorganisation verwendet werden.
7. Daten sollten in intuitiv plausiblen Gruppen zusammengefasst werden: Sequentiell, funktional, der Gewohnheit entsprechend, nach Bedeutung, nach Funktionszusammenhängen unter keinen Umständen aber in alphabetischer Reihenfolge, nach Wortlänge oder ähnlichen Kriterien, die nicht den üblichen Erwartungen an Ordnungskriterien genügen.
8. Daten, die auf "einen Blick" wahrgenommen werden, dürfen – vorausgesetzt gute Lesbarkeit – nicht weiter als 5° Sehwinkel voneinander entfernt sein.

9. Wenn das System einen Dialog initialisiert, muss zunächst die Bedeutung dieses Dialogs für die Fahraufgabe in Worten des Nutzers deutlich gemacht werden.
 10. Anweisungen sollten typographisch oder durch Standardsonderzeichen auffällig markiert werden.
 11. Anweisungen für die Dateneingabe auf dem Bildschirm sollten oben im Bildschirm angebracht werden bzw. bei sprachlicher Bedienung der Dateneingabe vorausgehen.
 12. Anweisungen, wie eine fertige Dateneingabe weiterverarbeitet werden sollte, gehören in die Fußzeile des Bildschirms bzw. sollten bei sprachlicher Eingabe nach Abschluss der Eingabe gegeben werden.
 13. Bei Dateneingabe und -suche sollten die unteren vier Zeilen des aktiven Bildschirmfeldes für Fehlermeldungen, Hinweise auf Kommunikationsverbindungen und Statusangaben reserviert werden.
 14. Bei Steuerung durch "commands" sollte für diese konsistent eine Region auf dem Bildschirm vorgesehen werden, die sich leicht durch Dreh-, Drückknöpfe erreichen läßt.
 15. Die Angaben sollten auf dem Bildschirm so dargestellt werden, wie sie der korrekten Reihenfolge entsprechen; analog sollte bei Sprachbedienung die zeitliche Reihenfolge mit der logischen übereinstimmen.
-

3. Akustische Informationsdarstellung

In der klassischen Form der Mensch-Maschine-Interaktion wird der akustische Kanal einerseits für Alarmsignale genutzt und andererseits redundant zum visuellen Kanal als kurzzeitige Statusanzeigen, z.B. beim Blinkersetzen u.ä.. Parallel dazu nutzt speziell der erfahrene Kraftfahrer den akustischen Kanal, um über Roll-, Wind- und Motorengeräusche einerseits die Fahrgeschwindigkeit zu regulieren und andererseits den Kraftschluss abschätzen zu können. Die Fortschritte in der Geräuschdämpfung und Fahrwerk- bzw. Reifenabstimmung haben vielfach zum Wegfall dieser Informationsquelle geführt, was zweifellos dem subjektiven Komfortempfinden nahe kommt, weil damit der akustische Kanal für Unterhaltung und Entertainment zur Verfügung steht, andererseits aber den fahrenden Fahrer einer wichtigen Form der unmittelbaren Rückmeldung beraubt. Wie Bainbridge und Norman herausgestellt haben,

lassen sich die unerwünschten Nebenwirkungen von Automatisierung nur durch spezifische und unmittelbare Rückmeldung aufheben; hier hat der akustische Kanal eine außerordentlich wichtige Bedeutung.

Diese klassischen Formen der akustischen Informationsdarstellung in der Mensch-Maschine-Interaktion werden seit ca. 10 – 15 Jahren durch drei weitere Entwicklungslinien gestützt: Zum einen macht die Möglichkeit der Generierung synthetischer Sprache die Umsetzung von sprachlichen Informationen auf Bildschirmen im gesprochenen Text möglich, was vor allen Dingen für den Bereich der Verkehrsleitung von Bedeutung ist, weil hier Navigationssysteme in großem Umfang die Rolle des kompetenten Beifahrers übernehmen können; zum anderen hat die Entwicklung von graphischen Oberflächen (GUI) für Sinnesbehinderte dazu geführt, dass akustische Analogien für Icons (sog. Earcons) und für Fensterdarstellungen (sog. akustische Icons) entwickelt worden sind; dazu kommt als drittes die Gerätebedienung durch Spracheingabe (siehe 1), was durch die Entwicklung von Spracherkennungssystemen möglich gemacht worden ist. Während die Sprachausgabe speziell bei Navigationssystemen schon Standard ist, befinden sich die Entwicklungen zu akustischen Userinterfaces (AUIs in Analogie zu GUIs) und Spracheingabesysteme noch im Zustand der Erprobung bzw. Entwicklung, speziell da die ersten Erfahrungen damit Probleme gezeigt haben, wenn mehrere akustische Kanäle parallel aktiv sein können und so zu Interferenzen führen.

Der Einsatz akustischer Informationssysteme erscheint auf den ersten Blick so attraktiv, weil vielfältige Untersuchungen zum Zweitaufgabenparadigma und zum Arbeitsgedächtnis nahe legen, dass Aufgaben mit visueller Eingabe und manueller Ausgabe sowie akustische Eingabe und sprachliche Ausgabe ohne Interferenzen parallel durchgeführt werden können. Speziell die Arbeiten von Baddeley zum Kurzzeitgedächtnis und seiner modularen Unterteilung in eine artikulatorische Schleife und ein

räumlich-visuelles Notizsystem schienen die Annahmen zu stützen, die dem Modell der geteilten Aufmerksamkeit von Wickens zugrunde liegen. Analysen von Zimmer zur parallelen semantischen Verarbeitung und von Baddeley zur Durchführung semantischer Operationen in den beiden Systemen des Arbeitsgedächtnisses haben zur Annahme des semantischen Flaschenhalses (Zimmer) bzw. der central executive (Baddeley) geführt. Dies bedeutet, dass diese beiden Kanäle nur dann unabhängig voneinander Interferenzen-frei funktionieren können, wenn nur in einem Kanal eine semantische Verarbeitung stattfindet bzw. nur in einem die Tätigkeit durch die "executive control" gesteuert werden muss. In den Unfallanalysen von Lulay und Zimmer findet sich z.B. ein Fall, wo die Unfallverursacherin bei guter Sicht und Blickrichtung nach vorn ein Stoppschild überfahren hat, weil sie es nach ihrer Aussage "übersehen" hatte. Aus dem Bericht der Beifahrerin geht hervor, dass die Fahrerin während der Annäherung an die Kreuzung auf den Wetterbericht gehört hatte, der für die Entscheidung über die Fortsetzung der Fahrt von entscheidender Bedeutung war.

3.1 Akustische Warnsignale

Klassische akustische Warnsignale sind durch Frequenz und Amplitude sowie ihre Modulation gekennzeichnet. Gesprochene Sprache bei Männern liegt bei 200 Hz, bei Frauen bei 400 Hz; die Bandbreite in der Musik liegt zwischen 50 und 500 Hz; entsprechend sind Warnsignale üblicherweise zwischen 150 und 4000 Hz. Die Lautstärke normaler Unterhaltung geht bis zu 70 dB, ab einer Lautstärke von 108 dB ist mit deutlichem Unbehagen selbst bei kurzzeitiger Beschallung zu rechnen. Ein besonderes Problem bei der Gestaltung von akustischen Warnsignalen liegt in der Maskierbarkeit, d.h. dass akustische Ereignisse mit ähnlicher Frequenzzusammensetzung ein Warnsignal verbergen können, wenn dieses nicht deutlich lauter ist; eine sichere Identifikation fordert einen

Lautstärkenabstand von 15 dB. Andere Methoden zur Vermeidung von Maskierung liegen in der Nutzung von Signalen mit Frequenzen außerhalb der üblichen Störgeräusche oder neuerdings in der Verwendung von komplexen Klängen, die in ihrem Frequenzgang leicht erkennbar und distinkt von allen anderen Geräuschen sind. Gerade die Verwendung von Klängen in Kombination mit der zeitlichen Modulation von Lautstärke ermöglicht die unmittelbare Vermittlung des Eindrucks von Dringlichkeit (i.S. von zeitlicher Priorität des Eingriffs) und Gefährlichkeit. Bislang noch relativ wenig ausgenutzt ist die räumliche Auflösung des akustischen Kanals; hier liegen vor allen Dingen Möglichkeiten, über die räumlich-akustische Dynamik direkt die erwünschte Richtung der Bedienung oder der Ausgleichsbewegung zu induzieren.

Insgesamt muss wegen des Problems der Maskierung einerseits und der Überforderung der semantischen Unterscheidung mit akustischen Signalen sparsam umgegangen werden, was wiederum dazu führt, dass sie nur vergleichsweise kurzzeitig gegeben werden können und damit eine dauerhafte Anzeige wie im visuellen Kanal unmöglich machen, weil man dort im Gegensatz zum akustischen Kanal durch Weggucken das Signal aus dem Blickfeld verschwinden lassen kann.

Tabelle 3.1: Richtlinien für akustische Warnsignale

Akustische Warnsignale mit hoher Priorität

1. Akustische Signale mit hoher Priorität sollen gleichzeitig auch visuell angezeigt werden.
2. Die Wahrnehmbarkeit akustischer Warnsignale kann durch die folgenden Maßnahmen erhöht werden:
 - a) Akustische Warnsignale sollten aus mehreren Frequenzen zusammengesetzt sein, wobei mehr als eine Frequenz aus dem Bereich zwischen 250 und 4000 Hz stammen sollte.
 - b) Zur Vermeidung von Maskierung sollten Warnsignale mindestens 15 dB über dem Schallpegel von Hintergrundgeräuschen ähnlicher Frequenzzusammensetzung liegen. Achtung: Bei einem Rauschabstand von 30 dB und mehr ist praktisch keine Kommunikation mehr möglich.

- c) Akustische Warnsignale sollten intermittierend oder über die Zeit moduliert sein.
 - d) Akustische Signale sollten von der räumlichen Position her eindeutig sein.
 - e) Besonders geeignet ist die Verwendung von "bursts" von ca. 100 ms Dauer, die im Zeitabstand von 500 – 1000 ms wiederholt werden, da diese die Kommunikation wenig beeinträchtigen.
 - f) Bei Bediener-(Fahrer)Identifikation ist es besonders sinnvoll, bei Signalen höchster Priorität den Namen zu Beginn des Warnsignals zu benutzen, da dies zu einer automatischen Aufmerksamkeitszuwendung führt.
3. Akustische Signale sollen von Frequenzgang und Lautstärkeprofil eindeutig unterscheidbar sein. Wegen der schnellen Reaktionszeiten auf akustische Signale muss diese Unterscheidbarkeit schon in den ersten 200 ms gewährleistet sein.
 4. Die Flanke zu Beginn des Warnsignals sollte möglichst steil sein.

Akustische Statussignale oder Signale ohne zeitkritischen Charakter

1. Derartige akustische Signale sollten eindeutig bemerkbar, aber nicht störend sein. Die Intensität dieser Signale sollte jeweils deutlich (um mindestens 0,5 dB) über dem jeweiligen Hintergrundgeräusch liegen.
2. Da die Hauptaufgabe solcher Signale darin besteht, auf bestimmte Bedienelemente oder Displays zu richten, ist eine eindeutige räumliche Zuordnung sinnvoll.
3. Der Fahrer sollte jeweils selbst darüber entscheiden können, ob die nicht-kritischen Hinweisreize gegeben werden oder nicht.
4. Bei kontinuierlichen Einstellungen sollte die entsprechende akustische Rückmeldung ebenfalls kontinuierlich sein. Bei absoluter Unterscheidbarkeit sollten nicht mehr als 4 Stufen vorgesehen werden.

Anmerkung: Speziell für Fahrer, die mit unterschiedlichen Fahrzeugen fahren, ist eine Standardisierung der akustischen Signale unbedingt notwendig. Die Verwendung von Warn- und Hinweissignalen, die hinsichtlich Frequenzgang, Lautstärke und ihrer zeitlichen Modulation gut unterscheidbar gestaltet sind und außerdem eine direkte räumliche Zuordnung zwischen Signalquelle und gewünschter Richtung die Aufmerksamkeitszuwendung ermöglichen haben gerade während der Fahrt eine gute Unterstützungsfunktion für den Fahrer **bei sparsamer Verwendung.**

3.2 Akustische Informationsdarstellungen in natürlicher Sprache

Für die Darstellung sprachlich kodierter Information kann entweder auf vorher registrierte gesprochene Botschaften oder ihre Bestandteile zurückgegriffen werden oder es können situationsspezifisch synthetisch gesprochene Botschaften generiert werden. Der Vorteil der künstlichen Generierung besteht in einer größeren Flexibilität, die allerdings wegen des Abweichens von komplexer natürlicher Sprache eine höhere Aufmerksamkeit beim Zuhörer erfordert. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass synthetische Sprache sehr distinkt von anderen sprachlichen Quellen unterschieden werden kann wie z.B. Radio oder Beifahrer.

Kriterien für die Bewertung von akustisch dargebotenen sprachlichen Informationen sind Verstehbarkeit und Akzeptanz. Verstehbarkeit bezieht sich sowohl auf die Gestaltung des Textes wie auch auf die Abhebbarkeit der akustischen Darstellung vom Hintergrund, der Schnelligkeit der Darbietung, dem Ausmaß der Prosodie, der Präzision der Aussprache, Tonhöhe, Lautheit, Textlänge, Textinhalt, Textkomplexität und Voraussagbarkeit der Information hinsichtlich Auftreten und Inhalt. In synthetischer Sprache können prinzipiell Prosodie, Aussprache und Tonhöhe einzelner Silben und Phoneme hinsichtlich Verständlichkeit optimiert werden. Die inhaltliche Verständlichkeit des Textes wird durch sprachliche Parameter wie Auftretenshäufigkeit verwendeter Worte, grammatikalische Komplexität und den jeweiligen Inhalt bestimmt. Die Akzeptanz akustischer Informationsdarbietung durch gesprochene Sprache hängt darüber hinaus von der wahrgenommenen Qualität des jeweiligen Sprechens ab, also inwieweit subjektive Bewertungsmaßstäbe hinsichtlich der qualitativen Sprachmerkmalen gegeben sind. Dazu kommt, dass für unterschiedliche Inhalte spezifische Qualitätsmerkmale akzeptabel oder nicht akzeptabel sind; so muss z.B. ein eher illustrativer und unterhaltender Text sehr viel höhere Anforderungen erfüllen, als eine aktuelle Warnung. Speziell bei

häufig wiederholten Texten, wie sie bei Navigation und Interaktion mit dem Autotelefon auftreten, ist eine hohe Akzeptanz der qualitativen Merkmale der Sprache notwendig, um beim Fahrer Irritationen zu vermeiden. Ein sicherheitsrelevanter Nachteil einer derartigen Gestaltung von synthetischer Sprache ist allerdings, dass damit die Illusion beim Fahrer induziert werden kann, als interagiere er mit einem voll kompetenten sozialen Partner (das Navigationssystem wegweisender Beifahrer) mit der Gefahr, dass Anweisungen nicht mehr als Assistenz zur eigenen Entscheidungsfindung verstanden werden, sondern als obligatorische Anweisungen (mit dem Resultat des Kommando-Effekts).

Tabelle 3.2: Richtlinien für die Gestaltung akustischer Informationsgabe durch gesprochene Sprache

1. Verwendung unterschiedlicher Stimm"typen"

Zur Vermeidung von Interferenzen ist es notwendig, dass sich die synthetische Sprache eindeutig von Sprache, wie sie bei Kommunikation im Fahrzeugraum oder per Autotelefon bzw. im Radio auftritt, unterscheidet. Auf diese Weise können unerwünschte Maskierungseffekte vermieden werden.

Für die verschiedenen Funktionsbereiche (Autotelefon, Navigationssystem, Hilfssystem für Fahrzeugbedienung etc.) sollten distinkt unterscheidbare synthetische Stimmtypen (männlich, weiblich) verwendet werden.

Für alle direkten Bedienungsvorgänge sollte synthetische Sprache verwendet werden, die als solche deutlich erkennbar ist.

Für alle Informationen, die eine sprachliche Eingabe beim Fahrer (z.B. Angabe einer Telefonnummer) oder eine komplexe Problemlösung erfordern (z.B. Entscheidung darüber, ob gewendet werden kann oder nicht), kann die verwendete Sprache nahe an der natürlichen Sprache sein.

2. Sprachcharakteristika

Unabhängig vom Sprachtyp muss immer eine möglichst natürliche Prosodie verwendet werden.

Die Sprechgeschwindigkeit sollte bei ca. 320 Silben/min. liegen.

3. Kontrastverbesserung

Gute sprachliche Kommunikation ist mit Bandpassfiltern zwischen 800 und 2500 Hz zu erreichen.

Bei der Verwendung natürlicher Sprache sollten die Lautstärkespitzen (Perzentil-Wert höher als 90) gekappt und die anderen Passagen verstärkt werden, bevor eine Weiterverarbeitung z.B. durch Hinzufügen von weißem Rauschen etc. vorgenommen wird.

Die Verstehbarkeit von gesprochener Information wird durch ein konstantes Signal-Rausch-Verhältnis (Lautstärke des Signals in Relation zur mittleren Lautstärke im Fahrzeug) bestimmt.

Sprachliche Distraktoren wirken auch bei gleichem Frequenzgang stärker maskierend als nicht-sprachliche Geräusche.

Ältere Hörer reagieren sensibler auf Maskierung und Verzerrung von Sprache als jüngere.

4. Lokalisierbarkeit der Sprache

Wenn das Informationssignal und die Maskierung bzw. das Hintergrundrauschen aus unterschiedlichen Richtungen kommen, erhöht sich die Verständlichkeit mit der wahrgenommenen Distanz zwischen den akustischen Quellen.

5. Verwendung von Sprache bei Warnungen

Gesprochene Warnungen sollten stets durch visuelle Signale unterstützt werden.

Die Effektivität sprachlicher Warnsignale lässt sich durch die Manipulation der folgenden Parameter erhöhen:

- a) Vokabular und Ausdruck müssen einfach und dem Fahrer vertraut sein.
- b) Der Warnbotschaft sollte ein Alarmsignal, ein Alarmwort oder – im Idealfall - die direkte Ansprache des Fahrers mit seinem Namen vorausgehen.
- c) Wenn ein Warnsignal gegeben wird, sollten alle anderen technischen Systeme hinsichtlich Lautstärke automatisch zurückgefahren werden.

Die Stimmlage bei Warnungen sollte distinkt, "erwachsen" (i.S. von vermittelter Kompetenz) und formell, d.h. nicht umgangssprachlich oder persönlich sein.

Prinzipiell sollte der Nutzer die Lautstärke von Warnsignalen einstellen können, um ungewünschte Schreckreaktionen zu vermeiden.

Kritische sprachliche Warnsignale sollten wiederholt werden und zwar mit Pausen von nicht mehr als 3 s bis die entsprechende Reaktion des Fahrers erfolgt ist.

Bei der textlichen Gestaltung gesprochener Informationsdarbietung sollten die folgenden Richtlinien eingehalten werden:

Tabelle 3.2: Richtlinien für die Gestaltung gesprochener Texte

1. Redundanz erhöht Verständlichkeit.

Eine Störung durch Hintergrundrauschen wirkt sich geringer aus, wenn die Information in Worten mit hoher Auftretenswahrscheinlichkeit und aus grammatikalisch korrekten Sätzen gebildet ist.

2. Eine Sprachbotschaft sollte mindestens aus vier Silben bestehen, um einen hinreichenden linguistischen Kontext für das Verstehen von Warnungen zu liefern.

3. Auf gesprochene Information sollte verzichtet werden, wenn genauso gut ein einfaches akustisches Signal gegeben werden kann.

4. Bei der Auswahl verwendeter Worte sind die folgenden Kriterien in absteigender Bedeutung wichtig: Verständlichkeit, Angemessenheit für die erwünschte Handlung und Präzision.

Bei der Verwendung gesprochener Informationsdarbietung ist ein gezieltes Prioritäten- und Darbietungsmanagement notwendig, wie in den folgenden Richtlinien dargestellt.

Tabelle 3.3: Richtlinien für die Priorisierung von akustischen Informationen

1. Wenn zeitkritische Warnungen gegeben werden, muss sichergestellt werden, dass durch ein Prioritätenmanagement die wichtigste Warnung zuerst kommt.

2. Die Verhaltenskompatibilität muss bei mehrfachen Anweisungen gegeben sein, entweder durch Prioritätensetzung (s.o.) oder Hierarchisierung.

3. Warnsignale dürfen nur so lange wiederholt werden, wie der gefährliche Systemzustand vorliegt.

4. Bei der Wiederholung von Warnsignalen sollte der zeitliche Abstand zwischen den Wiederholungen mit der Dringlichkeit übereinstimmen (häufig = dringlich).

5. Wenn ein Menü ausschließlich akustisch dargeboten wird, darf es aus nicht mehr als drei Optionen bestehen.

Insgesamt ist es notwendig, den Einsatz akustischer Informationsdarstellung sorgfältig hinsichtlich der Randbedingungen zu planen, da speziell sprachliche Information dann zu Diskomfort (und mangelnder Akzeptanz) führt, wenn diese als überflüssig und intrusiv empfunden wird.

Tabelle 3.4: Randbedingungen für den Einsatz von gesprochener Informationsdarstellung

1. Der Inhalt muss direkt und erkennbar aufgabenorientiert sein.
 2. Die verwendete Terminologie muss dem Nutzer vertraut sein.
 3. Wegen des möglichen Kommandoeffekts gesprochener Sprache, sollten gesprochene Anweisungen oder Informationstexte ein Höchstmaß an Zuverlässigkeit aufweisen.
 4. Wegen der Einschränkungen des menschlichen Arbeitsgedächtnisses dürfen sich die Inhalte gesprochener Informationsdarstellung nur auf die Gegenwart oder unmittelbare Zukunft beziehen.
-

4. Dateneingabe

4.1 Dateneingabe durch mechanische Schalter (Druck-, Kipp-, Dreh-, Wipp-Schalter)

Für diesen Bereich liegen die meisten ergonomischen Untersuchungen zu Gestaltung und Anordnung vor (am besten zusammengefasst in MIL STD 1472D Human Engineering Design Criteria for Military Systems, Equipment and Facilities, 1989). Weil während des Fahrens ein Fahrer für die Bedienung von Instrumenten nur jeweils kurze Zeit zur Verfügung steht, haben diese Bedienelemente wegen ihrer schnellen Bedienbarkeit (speziell Druckknöpfe) und der hohen erreichbaren Präzision große Vorteile, allerdings setzt dies gleichzeitig voraus, dass die jeweils gebrauchten Bedienelemente schnell gefunden und eindeutig identifiziert werden. So muss die Anzahl solcher Stellelemente niedrig gehalten und sie müssen so angeordnet werden, dass sie leicht gefunden und nicht miteinander verwechselt werden.

Daraus ergeben sich folgende allgemeine Richtlinien:

Tabelle 4.1: Richtlinien für den Einsatz von mechanischen Schaltern zur Dateneingabe

1. Die Richtung der Kontrollbewegung soll mit dem Display, Gerät oder dem gesamten Fahrzeug übereinstimmen.
 2. Die Bedienelemente sollen so auf die Effektoren verteilt werden, dass keine Überlastung erfolgt.
 3. Die Schalter müssen so gestaltet werden, dass auch bei der Wirkung von auftretenden Fliehkräften eine genaue Bedienung möglich ist.
 4. Wenn diskrete Zustände eingestellt werden sollen, müssen die Schalter entsprechend einrasten bzw. eine entsprechende taktile Rückmeldung geben. Die Schalter müssen hinsichtlich der zugehörigen Bedienungsaufgaben räumlich und farblich geordnet werden.
 5. Wippschalter sollen entweder der räumlichen Analogie der Funktionen (z.B. oben = hoch oder schneller; unten = runter oder langsamer); wenn keine räumlichen Analogien verwendet werden können, sollten in einer Dimension bipolare Eingaben verwendet werden (z.B. oben \approx positiv, unten \approx negativ).
 6. Kontextabhängige Mehrfachbelegung von Schaltern ist zu vermeiden.
 7. Bedienungsaufgaben, die das sequentielle Betätigen von Schaltern erfordern, sollten mit Displays gekoppelt werden, die analog der Schalterposition anzeigen und jeweils direkt den Status der Aufgabenbearbeitung erkennen lassen.
 8. Für besonders häufig auftretende Bedienungsaufgaben sollen die zugeordneten Schalter besonders einfach erreichbar angebracht werden. Notfallschalter sollten in der normalen Sehachse angebracht werden und zwar so, dass sie nicht durch andere Stellteile oder die Hände verdeckt werden können.
 9. Bei "blinder" Bedienung müssen die Schalter formcodiert sein (siehe 4.3 taktile gesteuerte Eingabe) und mindestens 12 cm von den nächsten Bedienelementen entfernt sein.
 10. Schalter sollten so gestaltet und angebracht sein, dass sie nicht versehentlich verstellt werden können.
 11. Der Schutz vor unintendierter Verstellung von Schaltern darf allerdings nicht zu Lasten einer leichten Bedienbarkeit gehen.
-

Insgesamt sind gut geordnete und entsprechend den Richtlinien gestaltete Schalterelemente speziell für die Aktivitäten vor der Fahrt sehr gut geeignet. Während der Fahrt treten erhebliche Einschränkungen auf, die

aber dennoch eine effektive Bedienung ermöglichen, speziell wenn die nur vor der Fahrt zu bedienenden Schalter während der Fahrt verdeckt sind.

4.2 Taktile Identifikation von mechanischen Bedienelementen

Unter den Bedingungen, wo eine "blinde" Bedienung von Schaltern notwendig ist, müssen die identifizierten Dimensionen der taktilen Wahrnehmung berücksichtigt werden.

Verschiedene Formen (von oben und von der Seite) von Drehknöpfen, die hinsichtlich Diskriminierbarkeit untersucht worden sind, zeigt Abbildung 4 (aus: Moore, T.G. (1974) Tactile and kinesthetic aspects of push buttons).

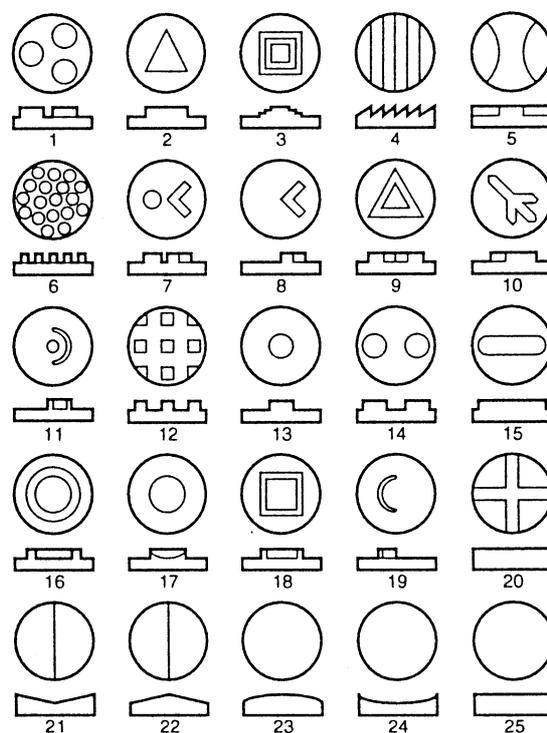


Abbildung 4: Formen von Drehknöpfen (von oben und von der Seite), die hinsichtlich der taktilen Unterscheidbarkeit überprüft worden sind

Die Codes 1, 4, 21, 22, 23 und 24 waren bei rein taktiler Diskrimination am genauesten (Trefferrate) und am besten unterscheidbar (1- Falsch-Alarm-Rate). Eigene Experimente haben gezeigt, dass allerdings die Dreh/Drückknöpfe visuell vergleichsweise schlecht diskriminierbar waren.

Bei der Verwendung von Bedienungsknöpfen, die taktil identifiziert werden, können Probleme dadurch entstehen, dass sie unbeabsichtigt aktiviert werden und damit zu unerwünschten bzw. unverständlichen Systemzuständen führen. Zum Teil lässt sich dies durch deutliches Einrasten in der Nullposition und durch stufenweise gegenüber kontinuierlicher Bedienung beheben. Es ist wünschenswert, dass alle manuellen Bedienelemente, die während der Fahrt verstellt werden müssen oder können, so angebracht sind, dass sie einerseits leicht erreichbar, aber gleichzeitig auch visuell überprüfbar sind. Speziell die Einführung von Bildschirmanzeigen macht es möglich, dass Bedienelemente z.B. am Lenkrad angebracht werden, wo ihre Position und Identifikation nicht mehr visuell überprüft werden kann, aber dennoch über den Bildschirm die korrekte Rückmeldung geboten wird. Bei der Verwendung von Head-up-Displays für diese Anwendungen ergeben sich jedoch Probleme, da eine mühelose Ablesung der Information einerseits durch die Kopfposition beeinflusst wird und zudem wegen der wechselnden äußeren Szenerie keine stabilen Kontrastverhältnisse gewährleistet werden können.

Abschließend ist noch darauf hinzuweisen, dass die taktile Identifikation und Diskrimination deutlich interindividuell variiert: Frauen sind um 0.2 bis 0.3 dB sensibler als Männer und andererseits können durch Alter, Krankheit (Durchblutungsstörungen) und Verletzungen massive Einschränkungen in diesem Bereich auftreten. Dazu kommen noch die Beeinträchtigungen beim Tragen von Handschuhen.

Insgesamt sind manuell bedienbare und taktil identifizierbare Bedienelemente für Einstellungen vor der Fahrt **hervorragend** geeignet und

auch während der Fahrt ist mit ihnen eine **gute** Bedienung bei entsprechender Gestaltung möglich.

4.3 Eingabe durch berührungssensitive Displays (Touch Screen)

Die Vorteile dieser Form der Dateneingabe sind:

- Direkte Auge-Hand-Koordination
- Minimierung der Gedächtnisbelastung
- Direkte Nutzerführung
- Minimierung des notwendigen Trainings
- Hohe Nutzerakzeptanz

Dem stehen aber die folgenden Nachteile gegenüber:

- Ermüdung von Hand und Arm
- Eingeschränkte Auflösung
- Schwierigkeit bei der Selektion kleiner Items
- Kontrastbeeinträchtigung durch Schmutz und Schlieren
- Hoher Zeitaufwand
- Verdeckung des Schirms durch Finger oder Hand
- Parallaxenproblem, wenn keine fronto-parallele Aufstellung möglich ist.

Daraus ergeben sich die folgenden Richtlinien:

Tabelle 4.2: Richtlinien für Dateneingaben mittels Touch-Screen

1. Die Kontrolle durch Touch Screen sollte vor allen Dingen dann angewendet werden, wenn direkter visueller Zugang und optimale direkte Kontrolle angestrebt werden
2. Die Verwendung von Touch Screens erfordert eine Leuchtdichte, die unter den jeweiligen Beleuchtungsgegebenheiten klare und leichte Lesbarkeit gewährleistet.
3. Touch Screen-Bedienung muss durch sofortige Rückmeldung durch das System bestätigt werden.

4. Die Größe der Bedienfelder sollte zwischen ca. 1,8 cm (Minimum) und 4 cm (Maximum) liegen. Die Bedienfelder sollten mindestens einen Abstand von 0,3 cm, höchstens aber von 0,6 cm haben.
-

5. Gestaltung von Navigationshinweisen

Traditioneller Weise werden für die Navigationsunterstützung zwei Formen der Informationsdarstellung genutzt:

- a) "Klassische" Landkarten, die in Maßstab und Projektionsart der Navigationsaufgabe angepasst sind, wobei z.B. in der Flug- oder Seefahrtsnavigation mehrere Karten mit unterschiedlichen Projektionen und Maßstäben parallel zueinander verwendet werden;
- b) Itinerarien, wo für einen spezifizierten Ausgangspunkt und ein spezifiziertes Navigationsziel der oder die möglichen Verbindungen als Sequenz von Orientierungsentscheidungen angegeben sind, die jeweils üblicherweise durch 'Landmarks' (Bauwerke, Flussübergänge, Brücken, markante Berge etc.) markiert sind.

Der Vorteil der ersten Darstellung ist die große Flexibilität in der Navigation, allerdings stellt sie erhebliche Anforderungen an die Kompetenz des Nutzers und eignet sich daher weniger für den gelegentlichen Nutzer wie den normalen Kraftfahrer, der auch nur dann durch Kartendarstellungen unterstützt werden kann, wenn entweder ein kompetenter Beifahrer ihm die Karte in Navigationsentscheidungen oder -befehle übersetzt (also die klassische Landkarte funktionell in ein Itinerar transformiert), oder durch ein computerunterstütztes System eine Reihenfolge von Kartenausschnitten so präsentiert bekommt, dass jeweils die Kapazität seines Kurzzeitgedächtnisses nicht überfordert wird.

5.1 Situationsadaptive Kartendarstellung

Eine situationsadaptive Kartendarstellung, die jeweils die dargestellte Karte so orientiert, dass die Fahrtrichtung nach oben gleich vorn geht und Schriften und andere Bezeichnungen entsprechend mitführt, geht auf die sog. "you are here"-maps zurück, die eine erfolgreiche Orientierung in statischer gebauter Umgebung ermöglichen. Die Gestaltung von "you are here"-maps läßt sich nach Levine (1983) wie folgt zusammenfassen:

Tabelle 5.1: Richtlinien für die Gestaltung von "you-are-here"-maps

1. "You-are-here"-maps sollten so dargestellt werden, dass sie direkt mit der sichtbaren Umwelt übereinstimmen; dies lässt sich idealer Weise mit flachliegenden Karten ermöglichen. Wenn diese, wie z.B. im Fahrzeug aufrecht gestellt werden, müssen die Standards oben = vorn, rechts, links und unten = hinten beachtet werden.
 2. Wenigstens ein Objekt der sichtbaren Umwelt, das eindeutig identifiziert werden kann, muss auf der Karte in dieser sichtbaren Form dargestellt werden (s. Abb. A und B).
 3. Wenn die Karten nicht rotierbar sind, muss nicht nur der Betrachtungsort, sondern auch die Betrachtungsrichtung bzw. die Fahrtrichtung durch eine geeignete Pfeildarstellung markiert werden.
-

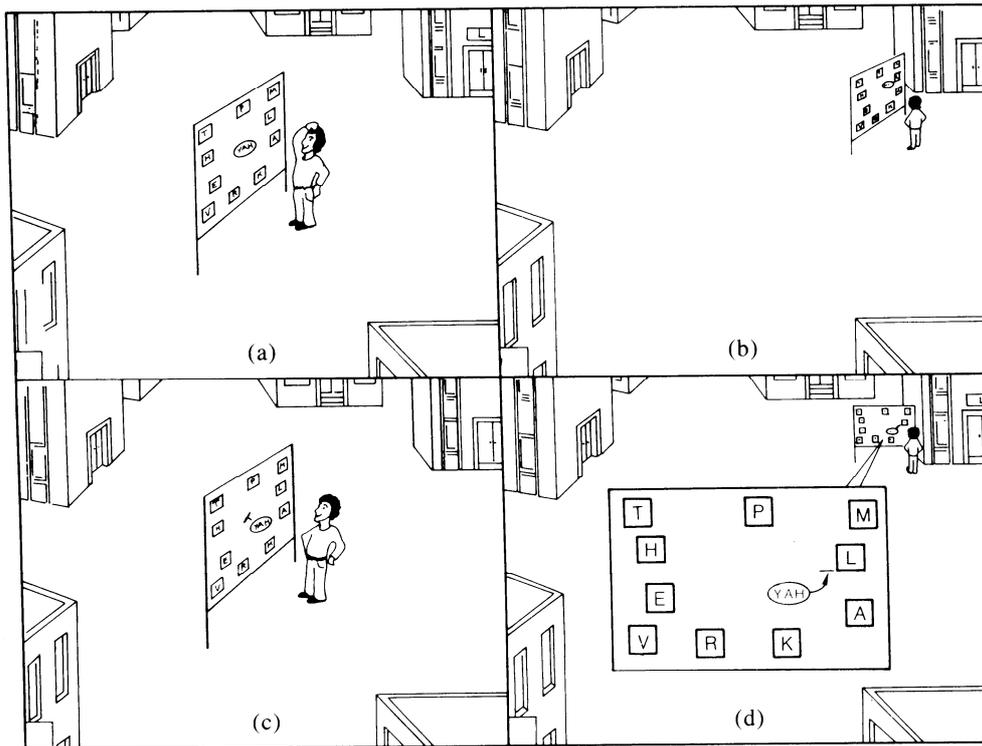


Abbildung 5: Illustration der Prinzipien von 'Your-are-here' Maps: (a) Richtlinie 1, (b) Richtlinie 2, (c) Richtlinie 3; (d) Richtlinie 1,2 und 3 kombiniert

Bei der Verwendung von adaptiven Karten als Navigationsunterstützung gem. Richtlinie 1 kann es zu Problemen kommen, wenn ein Nutzer über ein stabiles geographisches Bezugssystem verfügt (Norden = oben, Osten = rechts, Süden = unter, Westen = links); speziell bei globaleren Orientierungen können hier Interferenzen auftreten. Allerdings gilt auch für kompetente Kartennutzer, dass im Detailbereich eine Ausrichtung gemäß Richtlinie 1 zu sehr viel schnelleren Verarbeitungszeiten und geringeren Fehlerraten führt.

Wenn mehrere Karten verwendet werden, müssen die Richtlinien noch ergänzt werden:

-
4. Bei der Verwendung mehrerer Karten müssen die Orientierungen übereinstimmen.
 5. Bei der Verwendung mehrerer Karten müssen die geographischen Symbole und Kartenmerkmale wie z.B. Schattierungen kongruent und wieder erkennbar gestaltet werden.

6. Bei multipler Kartenverwendung in hierarchischen Fenstern müssen die jeweiligen Ausschnitte auf der jeweils größeren Karte markiert und eindeutig zugeordnet werden.
-

5.2. Wegleitsysteme

Der größte Nachteil traditioneller Kartendarstellungen ist, dass sie auf einem analogen bildhaften Medium basieren und daher für die Orientierung Blickzuwendung und entsprechende visuelle Suchprozesse erfordern, wie sie als Nebenaufgabe im fließenden Verkehr zumindest nicht dauerhaft möglich ist. Aus diesem Grunde bietet sich (und hat sich insgesamt auch schon durchgesetzt) die Verwendung von routenabhängigen Informations- und Befehlssequenzen an, wie sie dem klassischen Itinerar-Schema entsprechen.

Solche Wegleitsysteme sollten den folgenden Richtlinien genügen:

Tabelle 5.2: Richtlinien für die Gestaltung von Navigationssystemen

1. Jeder Entscheidung auf der Navigationsebene muss eine Anweisung über Streckenwahl, Abbiegeentscheidung etc. zugeordnet sein.
2. Diese Informationen sollten rechtzeitig (abhängig von der gefahrenen Geschwindigkeit und der Komplexität der Verkehrssituation (Fahrtstreifen, Kreuzungsdichte)) erfolgen, und zwar so, dass die sichtbare Umwelt direkt mit der Anweisung in Übereinstimmung gebracht werden kann.
3. Die Informationen sollten jeweils gesprochen **und** graphisch dargeboten werden.
4. Wenn möglich (wie z.B. auf Autobahnen oder vielen Bundesstraßen über Land) sollten Vorhinweise gegeben werden, die bis zu 3 min. vor der eigentlichen Anweisung liegen können.
5. Wenn möglich sollten Abbiege-Anweisungen mit Hinweisen auf die dabei in Betracht kommenden Verkehrszeichen verbunden werden, da diese so als zusätzlicher Orientierungspunkt verwendet werden können. Dies setzt allerdings eine große Aktualität und Reliabilität der Datenbasis voraus.
6. Auch wenn für eine längere Strecke keine Anweisungen notwendig sind, sollten in regelmäßigen Abständen Bestätigungen durch das Navigationssystem kommen, dass

man sich noch auf der richtigen Strecke befindet; dies informiert gleichzeitig den Fahrer darüber, dass das System noch arbeitet.

7. Wenn das Fahrziel in einem Bereich außerhalb der digitalisierten Kartenbasis liegt, sollte rechtzeitig vor Verlassen des kartierten Gebietes eine Warnung gegeben werden, möglichst gleichzeitig mit dem Verweis auf alternative Informationsmöglichkeiten.
 8. Bei Abweichungen von Fahrmanövern von den Anweisungen des Navigationssystems muss schnell eine Information gegeben werden, wie dies korrigiert werden kann (z.B. bei Einfahrt in einen Parkplatz statt der nächsten Straßenabzweigung). Allerdings sollte in solchen Situationen der Fahrer bei intendiertem Abweichen von den Navigationsvorschlägen die Möglichkeit haben, die weitere Ausführung einfach zu unterbrechen.
 9. Angesichts möglicher Fehler, Unvollständigkeiten oder aktuellen Abweichungen der dem Navigationssystem zugrunde liegenden Datenbank von der gegebenen Situation muss dem Fahrer vermittelt werden, dass er durch das System jeweils nur unterstützt wird, ihm aber nicht im Sinne eines Kommandos folgen sollte. Schematische Floskel "wenn möglich" nach jeder Anweisung reicht hier nicht aus, zumindest müssen einschränkende und die Kompetenz des Fahrers betonende Floskeln in mehreren unterschiedlichen Formen entwickelt und zufällig den Anweisungen zugeordnet werden.
-

6. Literatur

- Albertz, J. et al. (1997) Wahrnehmung und Wirklichkeit – Wie wir unsere Umwelt sehen, erkennen und gestalten. Berlin: Mercedes-Druck.
- Barfield, W., Dingus, T.A. (1998) Human factors in intelligent transportation systems. Mahwah, N.J.: L. Erlbaum.
- Bengler, K. (1995) „Gestaltung und experimentelle Untersuchung unterschiedlicher Präsentationsformen von Wegleitungsinformation in Kraftfahrzeugen.“
- Boff, K.R., Kaufman, L., Thomas, J.P. (1986) Handbook of Perception and Human Performance. Vol. II., 28-52.
- Campbell, J.L. (1992) Task H. In: C.M. Hein (Ed.) Human factors design of automated highway systems (AHS). Technical Proposal to Federal Highway Administration. Culver City, CA: Hughes Aircraft Comp.
- Clegg, Ch., Warr, P., Green, T. Monk, A., Kemp, N., Allison, G. & Lansdale M. (1988) People and computers: How to evaluate your company's new technology. Chichester: Ellis Horwood.
- Department of Defense (1989) Military Standard: Human Engineering Design Criteria for Military Systems, Equipment and Facilities. Washington, D.C.
- Ellis, Ch. (1989) Expert knowledge and explanation. The knowledge-language interface. New York: Wiley & Sons.
- Härtling, A. (1997) Wie wirken graphische Navigationshinweise unterschiedlicher Komplexität? Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Regensburg.
- Helander, M. G. (Ed.) (1988) Design of human-computer interaction. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier.
- Kebeck, G., Cieler, S., Pohlmann, S. (1997) Vergessene Ergonomie. Gedächtnispsychologische Aspekte der Gestaltung von Displays. Münster: LIT Verlag.

- Landau, F.H., Hanley, M.N., Hein, Ch.M. (1998) Application of existing human factors guidelines to ATIS. In: W. Barfield, T.A. Dingus (Eds.) Human factors in intelligent transportation systems.
- Lee, J.D., Morgan, J.M. Wheeler, W.A., Hulse, M.C. & Dingus, T.A. (1993) Development of human factors guidelines for Advanced Traveler Information Systems and Commercial Vehicle Operations. Task C Working Paper: Description of ATIS/CVO Functions. Seattle, WA: Battelle Seattle Research Center.
- Levine, M. (1983) You-are-here-maps: Psychological considerations. *Environment and Behavior*, 16, 139-157.
- O'Brien, T.G., Charlton, S.G. (1996) Handbook of human factors. Testing and evaluation. Mahwah, N.J.: L. Erlbaum Ass.
- Proctor, R.W., Van Zandt, T. (1994) Human factors in simple and complex systems. Boston: Allyn and Bacon.
- Smith, S.L. & Mosier, J.N. (1986) Guidelines for designing user interface software (Techn. Rep. TR MTR-100900). Bedford, MA: The MITRE Corp.
- Snyder, H.L., Lynch, E.F., Abernathy, C.N., Companion, M.A., Green, J.M., Helander, M.G., Hirsch, R.S., Hunt, S.R., Korell, D.D., Kroemer, K.H., Murch, G.M., Palacios, N., Palermo, S.A., Rinalducci, E.J., Rupp, B.A., Smith, W., Wagner, G.N., Williams, R.D. & Zwalen, H. (1988) American National Standard for Human Factors Engineering of Visual Display Terminal Workstations (ANSI/HFS 100-1988). Copyright 1988 by the Human Factors and Ergonomics Society.
- Streeter, L.A., Vitello, D. & Wonsiewicz, S.A. (1985) How to tell people where to go: Comparing navigational aids. *International Journal of Man-Machine Studies*, 22, 549-562.
- Strohbach, K. (1996) Eine computergestützte Untersuchung zur Wahrnehmung graphischer Navigationsinformation. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Regensburg.
- Vogel, K. (1998) Evaluation der taktilen Eigenschaften von Bedienelementen. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Regensburg.

- Wehrle, R. (1996) Wie gestaltet man eine Nutzerschnittstelle, die gleichzeitig sprach- und kulturunabhängig ist? Entwicklung und Evaluation der Bedienungsoberfläche für ein automatisches Parkhaus. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Regensburg.
- Wickens, Ch., Gordon, S.E., Liu, Y. (1998) An introduction to human factors engineering. New York: Longman.
- Wilson, J.R., Corlett, E.N. (1990) Evaluation of human work. London: Taylor & Francis.
- Zimmer, A., Dahmen-Zimmer, K., Huber, M., Kaiser, I., Kostka, M., Scheufler, I., Piechulla, W., Praxenthaler, M., Vogel, K. (1999) Definition und Validierung von Kriterien für die Ablenkungswirkung von MMI-Lösungen. MOTIV-Endbericht.
- Zimmer, A.C. (1989) The conceptualization of explanatory intervention in a dynamic human-computer interaction. In: Ch. Ellis (Ed.) Expert knowledge and explanation. The knowledge-language interface. New York: Wiley & Sons.