

DIN EN 894-1

ICS 13.110; 13.180

Ersatz für
DIN EN 894-1:1997-04

**Sicherheit von Maschinen –
Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und
Stellteilen –
Teil 1: Allgemeine Leitsätze für Benutzer-Interaktion mit Anzeigen und
Stellteilen;
Deutsche Fassung EN 894-1:1997+A1:2008**

Safety of machinery –
Ergonomics requirements for the design of displays and control actuators –
Part 1: General principles for human interactions with displays and control actuators;
German version EN 894-1:1997+A1:2008

Sécurité des machines –
Spécifications ergonomiques pour la conception des dispositifs de signalisation et des
organes de service –
Partie 1: Principes généraux des interactions entre l'homme et les dispositifs de
signalisation et organes de service;
Version allemande EN 894-1:1997+A1:2008

Gesamtumfang 23 Seiten

Normenausschuss Ergonomie (NAErg) im DIN



Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab 2009-01-01.

Daneben darf DIN EN 894-1:1997-04 noch bis 28. Dezember 2009 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Diese Norm enthält sicherheitstechnische Festlegungen im Sinne des Gesetzes über technische Arbeitsmittel und Verbraucherprodukte (Geräte- und Produktsicherheitsgesetz (GPSG)) und steht im Zusammenhang mit dem Europäischen Recht (EG-Maschinenrichtlinie), das in nationales Recht überführt wurde.

Sie beinhaltet die Deutsche Fassung der vom Technischen Komitees CEN/TC 122 „Ergonomie“ (Sekretariat: DIN, Deutschland) im Europäischen Komitee für Normung (CEN) in Zusammenhang mit der Novellierung der EG-Maschinenrichtlinie erarbeiteten EN 894-1:1997+A1:2008.

Die nationalen Interessen bei der Erarbeitung dieser Änderung wurden vom Gemeinschaftsarbeitsausschuss „Ergonomie für Informationsverarbeitungssysteme“ (NA 023-00-04 GA) der Normenausschüsse Ergonomie (NAErg) und Informationstechnik und Anwendungen (NIA) im DIN wahrgenommen.

Diese Europäische Norm konkretisiert einschlägige Anforderungen von Anhang I der EG-Maschinenrichtlinie 98/37/EG (gültig bis 28. Dezember 2009) sowie mit Wirkung vom 29. Dezember 2009 der neuen EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG an erstmals im EWR in Verkehr gebrachte Maschinen, um den Nachweis der Übereinstimmung mit diesen Anforderungen zu erleichtern.

Ab dem Zeitpunkt ihrer Bezeichnung als Harmonisierte Norm im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften kann der Hersteller bei ihrer Anwendung davon ausgehen, dass er die von der Norm behandelten Anforderungen der Maschinenrichtlinie eingehalten hat (so genannte Vermutungswirkung).

Änderungen

Gegenüber DIN EN 894-1:1997-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) der Anhang ZA wurde überarbeitet;
- b) Aufnahme eines informativen Anhangs ZB über den Zusammenhang zwischen der Europäischen Norm EN 894-1:1997 und den grundlegenden Anforderungen der EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG.

Frühere Ausgaben

DIN EN 894-1: 1997-04

Deutsche Fassung

**Sicherheit von Maschinen —
Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen
und Stellteilen —
Teil 1: Allgemeine Leitsätze für Benutzer-Interaktion mit
Anzeigen und Stellteilen**

Safety of machinery —
Ergonomics requirements for the design of displays and
control actuators —
Part 1: General principles for human interactions with
displays and control actuators

Sécurité des machines —
Spécifications ergonomiques pour la conception des
dispositifs de signalisation et des organes de service —
Partie 1: Principes généraux des interactions entre l'homme
et les dispositifs de signalisation et organes de service

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 3. Januar 1997 angenommen und schließt Änderung 1 ein, die am 14. August 2008 vom CEN angenommen wurde.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.



CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Gestaltungsleitsätze für Operator-Aufgaben-Beziehungen	6
4.1 Aufgabenangemessenheit	6
4.1.1 Prinzip der Funktionszuweisung	6
4.1.2 Prinzip der Komplexität	7
4.1.3 Prinzip der Gruppierung	7
4.1.4 Prinzip der Unterscheidbarkeit	8
4.1.5 Prinzip des funktionellen Zusammenhangs	8
4.2 Selbsterklärungsfähigkeit	8
4.2.1 Prinzip der Informationsverfügbarkeit	8
4.3 Steuerbarkeit	8
4.3.1 Prinzip der Redundanz	8
4.3.2 Prinzip der Zugänglichkeit	9
4.3.3 Prinzip des Bewegungsraumes	9
4.4 Erwartungskonformität	9
4.4.1 Prinzip der Kompatibilität zum Erlernten	9
4.4.2 Prinzip der Kompatibilität zur Praxis	10
4.4.3 Prinzip der Konsistenz	10
4.5 Fehlerrobustheit	10
4.5.1 Prinzip der Fehlerkontrolle	10
4.5.2 Prinzip der Fehlerbehandlungszeit	10
4.6 Anpassbarkeit und Erlernbarkeit	11
4.6.1 Prinzip der Flexibilität	11
Anhang A (informativ) Menschliche Informationsverarbeitung	12
Anhang ZA (informativ)  Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EG-Richtlinie 98/37/EG, geändert durch 98/79/EG	20
Anhang ZB (informativ)  Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EG-Richtlinie 2006/42/EG	21



Vorwort

Dieses Dokument (EN 894-1:1997+A1:2008) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 122 „Ergonomie“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.



Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis April 2009, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 2009 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument beinhaltet die Änderung 1, die am 2008-08-14 vom CEN angenommen wurde.

Dieses Dokument ersetzt EN 894-1:1997.

Anfang und Ende der durch die Änderung eingefügten und geänderten Teile sind jeweils durch die Änderungsmarken   angegeben.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EG-Richtlinien.

 Zum Zusammenhang mit EG-Richtlinien siehe informativen Anhang ZA und ZB, der Bestandteil dieses Dokuments ist. 

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Einleitung

Diese Norm wurde erarbeitet, um als harmonisierte Norm zu dienen, die ein Mittel zum Erreichen der Übereinstimmung mit den grundsätzlichen Sicherheitsanforderungen der EG-Richtlinie „Maschinen“ und damit zusammenhängender EFTA-Regelungen darstellt.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm gilt für die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen an Maschinen. Sie legt die allgemeinen Grundsätze für die Benutzer-Interaktion mit Anzeigen und Stellteilen fest, um Fehler des Benutzers auf ein Minimum zu reduzieren und eine effektive Interaktion zwischen Mensch und Maschine sicherzustellen. Die Beachtung der Grundsätze ist besonders dann wichtig, wenn ein Fehler des Benutzers zu Verletzungen oder gesundheitlichen Schäden führen kann.

2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikation nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

EN 292-1, *Sicherheit von Maschinen — Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze — Teil 1: Grundsätzliche Terminologie, Methodik.*

EN 292-2, *Sicherheit von Maschinen — Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze — Teil 2: Technische Leitsätze und Spezifikationen.*

EN 418, *Sicherheit von Maschinen — NOT-AUS-Einrichtungen, funktionelle Aspekte — Gestaltungsleitsätze*

EN 614-1, *Sicherheit von Maschinen — Ergonomische Gestaltungsgrundsätze — Teil 1: Begriffe und allgemeine Leitsätze*

prEN 894-2, *Sicherheit von Maschinen — Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen — Teil 2: Anzeigen*

prEN 894-3, *Sicherheit von Maschinen — Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen — Teil 3: Stellteile*

EN ISO 9241-10, *Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten — Teil 10: Grundsätze der Dialoggestaltung*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Stellteil

das Teil eines Stellteil-Systems, das vom Operator, z. B. durch Druck, direkt betätigt wird

3.2

Anzeigeeinrichtung

Gerät zur Darstellung von sich ändernden Informationen mit der Aufgabe, diese sichtbar, hörbar oder durch Berührung (taktile) unterscheidbar zu machen

3.3

Operator

die Person (oder Personen), die mit der Installation, dem Betrieb, dem Einrichten, dem Instandhalten, der Reinigung, der Reparatur oder dem Transport von Maschinen beauftragt ist (sind) [EN 292-1]

4 Gestaltungsleitsätze für Operator-Aufgaben-Beziehungen

Mensch-Maschine-Systeme werden hier als geschlossene Regelsysteme betrachtet: Die Maschine zeigt dem Benutzer Informationen an, dieser wirkt über Stellteile auf die Maschine ein, die ihrerseits dem Benutzer erneute Informationen liefert usw.

Mensch-Maschine-Systeme können aus beliebig vielen Mensch-Maschine-Einheiten oder Untersystemen, in denen ein jeweils einzelner Benutzer mit einer Maschine oder einem Prozess in Interaktion steht, bestehen. Mehrere Untersysteme können unabhängig voneinander handeln oder miteinander in Interaktion stehen. Bei der Untersuchung der Anforderungen an ein einzelnes Mensch-Maschine-Untersystem ist es wichtig, dessen Zusammenwirken mit dem Gesamtsystem abzuschätzen.

Außerdem bilden Mensch-Maschine-Systeme Teile komplexerer Systeme. So beeinflussen beispielsweise die physische (Geräusche, Beleuchtung usw.), soziale und organisatorische Umgebung die Leistungsfähigkeit von Mensch-Maschine-Systemen.

Das Wissen um die ergonomischen Grundsätze ist die Basis für eine erfolgreiche Realisierung eines Mensch-Maschine-Systems. Es ist vor allem sicherzustellen, dass die Systeme als interaktiver Prozess zwischen Entwickler und Anwendern gestaltet werden. EN 614-1 stellt einen Rahmen für die Einbeziehung ergonomischer Grundsätze in den Gestaltungsprozess dar, der bei der Gestaltung von Maschinen zu berücksichtigen ist. Dieser Rahmen kann Entwicklern helfen, die in der vorliegenden Norm dargestellten Grundsätze zu berücksichtigen.

Ein wichtiger zu berücksichtigender Faktor ist der Grad, in dem der menschliche Operator im System notwendig ist, um eine gegebene Aufgabe zu erfüllen. Der informative Anhang A fasst Informationen über die Fähigkeiten der Menschen zusammen, die mit der Maschine in Interaktion stehen. Der Entwickler muss prüfen, ob die geplante Zuweisung einer bestimmten Funktion an ein Mensch-Maschine-System den menschlichen Fähigkeiten entspricht. Ist das nicht der Fall, muss der Gestalter das System umgestalten. Das Ergebnis kann ein (Unter-)System ohne menschlichen Operator sein.

Das übergeordnete Prinzip für Mensch-Maschine-Systeme besteht darin, dass die Maschine und die zu ihr gehörenden Elemente (Anzeigen, Stellteile, Instruktionen usw.) für den Benutzer und die gestellte Aufgabe geeignet sein müssen. Um dieses allgemeine Prinzip zu realisieren, muss das Maschinensystem so gestaltet sein, dass die menschlichen Charakteristika hinsichtlich ihrer physischen, psychologischen und sozialen Aspekte berücksichtigt sind. Die folgenden Abschnitte enthalten die ergonomischen Grundsätze, die bei der Gestaltung eines Mensch-Maschine-Systems zu berücksichtigen sind. Es sind auch einige Anleitungen zu Verfahren enthalten, die angewendet werden können, um diese Grundsätze festzulegen. Es ist zu beachten, dass diese Übersicht nicht umfassend ist, aber nützliche Hinweise zu praktischen Maßnahmen liefert, die berücksichtigt werden sollten. EN ISO 9241-10 enthält weitere Informationen über die bei der Anwendung auf Software zu berücksichtigenden Grundsätze.

Bei dem Versuch, diese Anforderungen zu erfüllen, ist es wichtig, die gewählten Lösungswege unter realistischen Bedingungen zu überprüfen (siehe EN 614-1).

4.1 Aufgabenangemessenheit

Ein Mensch-Maschine-System ist für eine Aufgabe geeignet, wenn es den Benutzer bei der sicheren, effizienten und wirkungsvollen Erfüllung der Aufgabe unterstützt.

4.1.1 Prinzip der Funktionszuweisung

Die angemessenste Form der Zuweisung von Funktionen zum Operator und zur Maschine sollte nach der Betrachtung der Aufgabenerfordernisse sowie der Fähigkeiten und Grenzen des Operators entschieden werden.

Anwendungsbeispiel:

Sicherstellen, dass die Maschine keine unzumutbaren Forderungen an den Benutzer stellt, z. B. hinsichtlich der Geschwindigkeit und Antwortgenauigkeit, der für die Betätigung von Stellteilen erforderlichen Kräfte und der Wachsamkeit gegenüber geringfügigen Veränderungen von Anzeigen.

4.1.2 Prinzip der Komplexität

Soweit es sich mit der Aufgabenstellung vereinbaren lässt, müssen Möglichkeiten zur Reduzierung der Komplexität angeboten werden. Besonders müssen die Komplexität der Aufgabenstruktur und die Art und der Umfang der vom Benutzer zu verarbeitenden Information beachtet werden.

Anwendungsbeispiel:

Bei der Gestaltung der Interaktion zwischen Mensch und Maschine sind Geschwindigkeit und Genauigkeit wichtige zu berücksichtigende Variablen. Faktoren, die diese Variablen beeinflussen, müssen ermittelt werden.

Zum Beispiel beurteilt der Benutzer bei der Kontrollablesung qualitativ, ob das System in zumutbaren Grenzen arbeitet. Die Genauigkeit des Ablesens kann verbessert werden, wenn die Zeiger auf den Anzeige-Geräten nach einem bestimmten Muster angeordnet sind, damit es sich leicht feststellen lässt, ob ein (oder mehrere) Zeiger vom normalen Wert abweicht (abweichen) (siehe prEN 894-2).

4.1.3 Prinzip der Gruppierung

Nach den folgenden Gruppierungsverfahren sind die Anzeigen und Stellteile so anzuordnen, dass sie leicht kombiniert zu nutzen sind.

Anwendungsbeispiel:

Wo Stellteile und Anzeigen in einer bestimmten festgelegten Reihenfolge betätigt werden, müssen sie in dieser Reihenfolge angeordnet sein. Diese Anordnung hilft dem Benutzer, sich an die Reihenfolge zu erinnern, verkürzt die Antwortzeit und führt zu weniger Fehlern.

Wo Stellteile und Anzeigen in keiner bestimmten festgelegten Reihenfolge genutzt werden, sollte ihre Gruppierung durch folgende Aspekte bestimmt werden:

- a) Wichtigkeit für den sicheren Betrieb der Maschine;
- b) Häufigkeit der im Normalbetrieb benutzten Elemente;
- c) gemeinsam nacheinander genutzte Elemente (z. B. die Elemente zur Inbetriebnahme eines Kraftfahrzeuges, wie Zündung und Anlasserschalter);
- d) funktionell miteinander in Beziehung stehende Elemente (z. B. die Schalter der Scheibenwischer und der Scheibenwaschanlage eines Kraftfahrzeuges).

Die obengenannten Kategorien schließen einander nicht aus, und es können mehrere Elemente unter mehr als einem Aspekt auftreten.

Die Anzeigen und Stellteile sollten dann so angeordnet sein, dass:

- a) sich die wichtigen und häufig benutzten Elemente an den am leichtesten zugänglichen Orten befinden;
- b) die nacheinander zu bedienenden Elemente nahe beieinander angeordnet sind;
- c) die funktionell zusammengehörenden Elemente in Gruppen optisch und räumlich getrennt von anderen Elementen angeordnet sind.

Wichtige Anzeigen und Stellteile — wie für den Notfall — müssen so gestaltet und positioniert sein, dass sie schnell und zielsicher genutzt werden können. Hinweise zu NOT-AUS-Einrichtungen gibt die EN 418.

4.1.4 Prinzip der Unterscheidbarkeit

Stellteile und Anzeigen sollten leicht unterscheidbar sein.

Anwendungsbeispiel:

Schilder, Zeichen sowie andere Informationstexte oder Symbole sollten auf den dazugehörigen Stellteilen und Anzeigen oder in ihrer Nähe so angeordnet sein, dass sie sichtbar sind, wenn die betreffenden Stellteile betätigt werden. Vorzugsweise sind derartige Kennzeichnungen entweder über oder auf der Anzeige oder dem Stellteil anzuordnen.

4.1.5 Prinzip des funktionellen Zusammenhangs

Zusammengehörende Stellteile und Anzeigen sollten so angeordnet sein, dass ihr funktioneller Zusammenhang erkennbar ist.

Anwendungsbeispiel:

Stellteile sollten dicht bei den zugehörigen Anzeigen angeordnet sein, damit ihre Beziehung zueinander für den Benutzer offensichtlich wird.

Die Richtung, in die das Stellteil bewegt wird, muss der Richtung entsprechen, in der das dazugehörige System reagiert und/oder sich die Anzeige bewegt (siehe prEN 894-2 und prEN 894-3).

Wenn ein Fehler im System auftritt, muss er vom Operator unverzüglich erkannt werden können.

4.2 Selbsterklärungsfähigkeit

Die Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine sollte selbsterklärend sein, so dass der Benutzer die Anzeigen und Stellteile mühelos erkennen und den Prozess verstehen kann.

4.2.1 Prinzip der Informationsverfügbarkeit

Die Information über den Zustand des Systems muss auf Anfrage des Benutzers sofort verfügbar sein, ohne dass andere Aktivitäten dadurch gestört werden.

Anwendungsbeispiel:

Das System muss dem Operator ohne unnötige Verzögerung bestätigen, dass es seine Handlung akzeptiert hat. Wenn sich die Ausführung verzögert, muss der Operator informiert werden. Bei Bedarf muss das System dem Benutzer sofort und gleichzeitig die Betätigung des entsprechenden Stellteils quittieren. Wenn die Verzögerung länger als 1 s dauert, ist die Wahrnehmung eines Zusammenhangs reduziert und eine vorgezogene Rückmeldung wird erforderlich.

4.3 Steuerbarkeit

Der Operator soll das System beherrschen. Das bedeutet, dass das System und seine Komponenten in der Zeit, in der es/sie der direkten Kontrolle des Benutzers unterworfen ist/sind, den Operator durch die Aufgabe führen muss. Der Operator darf nicht vom Eigenrhythmus des Systems beherrscht werden.

4.3.1 Prinzip der Redundanz

Es sind Vorkehrungen für zusätzliche Anzeigen und Stellteile zu treffen, wenn eine derartige Redundanz die Sicherheit des gesamten Systems erhöhen kann.

Anwendungsbeispiel:

In bestimmten Situationen hängen Leistungsfähigkeit und Sicherheit des Systems von der Möglichkeit ab, dem Benutzer redundante Information zur Verfügung zu stellen. Wichtige Informationen sollten aus unterschiedlichen Quellen erhältlich sein. Hinsichtlich der Stellteile kann eine Anforderung an das System darin bestehen, dass eine bestimmte Funktion von unterschiedlichen Stellen ausgelöst werden kann, um die Geschwindigkeit, die Genauigkeit, den Gesundheitsschutz und die Sicherheit aufrechtzuerhalten.

4.3.2 Prinzip der Zugänglichkeit

Es ist sicherzustellen, dass die Informationen leicht zugänglich sind.

Anwendungsbeispiel:

Es ist sicherzustellen, dass die Anzeigen im Blickfeld des Benutzers liegen. Sicherheitsrelevante und häufig abgefragte Informationen müssen in den zentralen Sehbereichen dargestellt werden, die am häufigsten vom Auge erfasst werden (siehe prEN 894-2).

Zusätzlich zu dieser allgemeinen Anforderung ist zu berücksichtigen, dass Anzeigen durch die Haltung der Arme des Benutzers abgedeckt sein können.

4.3.3 Prinzip des Bewegungsraumes

Die zur Betätigung der Stellteile erforderlichen Körperbewegungen dürfen für den Benutzer nicht unbequem sein.

Anwendungsbeispiel:

Der Abstand zwischen den einzelnen Stellteilen muss optimal sein, um eine effiziente Betätigung sicherzustellen. Ein zu großer Abstand kann unnötige Bewegungen erfordern, während ein zu geringer Zwischenraum eine versehentliche Betätigung bewirken kann. Für die Feststellung des optimalen Abstandes ist es wichtig, die spezifischen Charakteristika jedes einzelnen Stellteils sowie alle Umstände zu berücksichtigen, unter denen die Stellteile zu betätigen sind; z. B. werden einige Systeme von Benutzern betätigt, die Handschuhe tragen.

4.4 Erwartungskonformität

Populations-Stereotypen und andere Erwartungen des Benutzers darüber, wie die Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine funktioniert, beeinflussen den Benutzer stark in der Art und Weise, wie er ein bestimmtes Stellteil oder eine bestimmte Anzeige nutzt. Es ist zu erwarten, dass Benutzer in Stresssituationen selbst dann in Populations-Stereotypen zurückfallen, wenn sie entsprechend ihrer Ausbildung in entgegengesetzter Weise handeln müssten.

4.4.1 Prinzip der Kompatibilität zum Erlernten

Funktion, Bewegung und Lage der Elemente von Stellteilen und Anzeigen müssen den Erwartungen des Benutzers entsprechen, die sich bei ihm während vorausgegangener Arbeit oder Ausbildung herausgebildet haben.

Anwendungsbeispiel:

Die konventionellen Erwartungen sind bei der Anwendung des Prinzips wichtig. Ein Stereotyp besteht z. B. darin, eine Skalenscheibe im Uhrzeigersinn zu drehen, um den Wert auf einer Anzeige zu erhöhen, und ein Stellteil nach oben oder nach rechts zu bewegen, um den Wert zu erhöhen.

4.4.2 Prinzip der Kompatibilität zur Praxis

Funktion, Bewegung und Lage der Elemente von Stellteilen und Anzeigen müssen den Erwartungen entsprechen, die auf den praktischen Erfahrungen aus der Nutzung eines Systems und dem zugehörigen Handbuch beruhen.

Anwendungsbeispiel:

Nach einiger Zeit gewöhnt sich der Benutzer an die spezifischen Antwortzeiten des Systems und entwickelt entsprechende Erwartungen. Daher sollen ähnliche Betätigungen das gleiche Grundmuster hinsichtlich der Antwortzeiten zeigen. Der Benutzer muss informiert werden, wenn die Antwortzeit des Systems von der als normal erwarteten abweicht.

4.4.3 Prinzip der Konsistenz

Ähnliche Teile des Mensch-Maschine-Systems sollten aufeinander abgestimmt funktionieren.

Anwendungsbeispiel:

Die Anordnung, Funktion und Bewegung der Stellteile, Anzeigen und andere Einrichtungen des Systems müssen innerhalb des ganzen Systems oder ganzer Systeme übereinstimmen, z. B. müssen einander entsprechende Stellteile und Anzeigen in der gleichen Weise angeordnet sein.

Es muss ein in sich widerspruchsfreies System von Codes und Symbolen benutzt werden.

4.5 Fehlerrobustheit

Ein System gilt als fehlerrobust, wenn das gewünschte Ergebnis trotz offensichtlicher Bedienungsfehler ohne oder mit einer minimalen Korrektur erreicht wird.

4.5.1 Prinzip der Fehlerkontrolle

Die Systeme sollten Fehler prüfen können und dem Benutzer Mittel zur Handhabung derartiger Fehler anbieten.

Anwendungsbeispiel:

Falls das System einen Benutzerfehler auf verschiedene Weise korrigieren kann, muss der Benutzer die Gelegenheit haben, unter den Möglichkeiten eine Auswahl zu treffen. Es könnte jedoch wichtig sein, den Benutzer über die richtige Verfahrensweise zu informieren.

In kritischen Situationen müssen hinreichend Informationen zur Verfügung stehen, um eine optimale Fehlerhandhabung zu gewährleisten. Falls ein Systemfehler auftritt, muss er möglichst schnell vom Benutzer erkannt werden. Fehlermeldungen müssen leicht verständlich sein. Der Benutzer muss in der Lage sein, die notwendigen Handlungen ohne umfangreiches Nachdenken und Hilfe aus Handbüchern usw. zu vollziehen. Der Benutzer sollte zwischen kurzer und ausführlicher Fehlerinformation auswählen können.

4.5.2 Prinzip der Fehlerbehandlungszeit

Das System sollte einem Benutzer ausreichend Zeit bieten, um jeden Fehler zuverlässig korrigieren zu können.

Anwendungsbeispiel:

Sicherstellen, dass der Benutzer ausreichend Gelegenheit hat, alle Fehler zu identifizieren und entsprechende Korrekturhandlungen vorzunehmen, bevor die Fehlerauswirkungen kritische Folgen haben.

prEN 894-3 enthält Angaben, wie die Wahrscheinlichkeit der unbeabsichtigten Betätigung von Stellteilen auf ein Minimum reduziert werden kann.

4.6 Anpassbarkeit und Erlernbarkeit

4.6.1 Prinzip der Flexibilität

Das System muss ausreichend flexibel sein, um sich an Unterschiede in den persönlichen Bedürfnissen, allgemeinen physiologischen und psychologischen Fähigkeiten, Lernvermögen und kulturellen Unterschieden anpassen zu lassen.

Anwendungsbeispiel:

Nach Möglichkeit muss der Benutzer die Geschwindigkeit der Interaktion beeinflussen können.

Der erfahrene Benutzer muss in der Lage sein, Systemreaktionen zu strukturieren, damit sie dem Niveau seiner Erfahrungen entsprechen. Auch sollte der unerfahrene Benutzer die Systemreaktionen auf das ihm entsprechende Niveau einstellen können.

In einem komplizierten System sollte das System dem Benutzer eine Auswahl zwischen kurzer und ausführlicher Information über das System bieten.

Hinsichtlich der Handhabung können die meisten Stellteile mit beiden Händen gleich gut betätigt werden. Falls jedoch Stellteile eine schnelle Betätigung erfordern, sollte es möglich sein, sie entweder mit jeder Hand zu betätigen oder sie sollten so ausgeführt sein, dass eine schnelle Betätigung mit der nicht bevorzugten Hand möglich ist.

Anhang A (informativ)

Menschliche Informationsverarbeitung

A.0 Einleitung

Viele Kriterien und Grundsätze der Ergonomie entstammen dem Wissen, das auf den Gebieten der Mensch-Maschine-Systeme und der allgemeinen Psychologie erworben wurde. Der vorliegende Anhang enthält einen Teil des Grundwissens in Form eines Überblicks über einige Grundsätze der menschlichen Informationsverarbeitung. Es ist jedoch zu beachten, dass infolge des schnellen theoretischen und empirischen Fortschritts auf diesem Gebiet unterschiedliche Modelle bestehen. Die folgende Darstellung sollte deswegen als eine Zusammenstellung vorläufiger Auffassungen betrachtet werden.

Der folgende Ansatz betrachtet die menschliche Psyche als ein Informationsverarbeitungssystem. In diesem System werden drei miteinander in Interaktion stehende Untersysteme voneinander unterschieden, nämlich

- das Wahrnehmungssystem,
- das kognitive System,
- das motorische System.

Obwohl, wie oben erwähnt, zwischen verschiedenen Systemen der Informationsverarbeitung unterschieden wird, ist es wichtig, zu erkennen, dass einige der Unterschiede bei der Beobachtung eines Benutzers in einer realen Situation häufig verschwimmen. Deshalb ist die Erkenntnis wichtig, dass die menschliche Leistung stets die Interaktion und Kombinationen vieler unterschiedlicher Informationsverarbeitungs-Untersysteme reflektiert und dass die Interaktionen zu unvorhersagbaren Ergebnissen führen können.

A.1 Überblick

Die nachstehende Darstellung gliedert sich in folgende Hauptabschnitte: Aufmerksamkeit, Wahrnehmung, Denken, Motorik und leistungsbeeinflussende Faktoren. Wegen der engen Wechselbeziehung zwischen den Systemen, die in jedem Abschnitt behandelt werden, wurde die Reihenfolge der Darstellung etwas willkürlich und hauptsächlich aus heuristischen Erwägungen gewählt. Z. B. wird das Gedächtnis im Abschnitt über das kognitive System behandelt, wenn auch, wie oben erwähnt, Charakteristika des Gedächtnisses an vielen der behandelten Systeme, wie Aufmerksamkeit, Erwartung usw., beteiligt sind.

A.2 Aufmerksamkeit

In vielen Situationen, z. B. in denen der Benutzer in ein Mensch-Maschine-System eingebunden ist, kann die Person als ein Einkanal-Prozessor betrachtet werden, der lediglich Informationen aus einigen wenigen Quellen gleichzeitig verarbeiten kann.

Aufmerksamkeit ist üblicherweise an zwei Hauptquellen, an die innere Welt, d. h. Gedanken und körperliche Empfindungen, sowie an die äußere Welt gebunden. Weil die Aufmerksamkeit als eine begrenzte Ressource beschrieben werden kann, kann es zwischen den Aufmerksamkeitsressourcen zur Konkurrenz kommen. So kann z. B. ein mit Gedanken oder Entscheiden befasster Benutzer Aufmerksamkeitsdefizite gegenüber Ereignissen in seiner Umgebung bekommen. Folglich müssen Mensch-Maschine-Systeme so gestaltet werden, dass sie die Aufmerksamkeitsressourcen des Benutzers nicht überfordern.

A.2.1 Willkürliche und unwillkürliche Aufmerksamkeit

Es ist nützlich, zwischen willkürlicher oder kontrollierter Aufmerksamkeit und der Aufmerksamkeit des Benutzers zu unterscheiden, die von äußeren oder inneren Reizen erzwungen wird. In vielen Mensch-Maschine-Situationen steuert der Benutzer seine Aufmerksamkeitsressourcen, indem er willkürlich entscheidet, worauf die Aufmerksamkeit zu konzentrieren ist. In anderen Situationen, wo ein starkes oder erwartetes äußeres Signal auftritt, wechselt der Benutzer jedoch seinen augenblicklichen Gegenstand der Aufmerksamkeit und wendet sich der Quelle des Signals zu. Derartige Ereignisse können die Leistung des Benutzers beeinträchtigen; folglich ist es wichtig, dass Notsignale usw. nicht unnötig ausgelöst werden und Signale keine Personen ablenken, für die sie nicht bestimmt sind. Die Aufmerksamkeit des Benutzers kann sich auch automatisch den eigenen physiologischen Empfindungen, z. B. Schmerzreizen oder Stressbedingten physiologischen Empfindungen, zuwenden. Derartige Empfindungen können die freie, aufgabenbezogene Aufmerksamkeit beeinträchtigen.

A.2.2 Gleichzeitige Aufmerksamkeit gegenüber mehreren Quellen

Unter bestimmten Bedingungen ist der Mensch auch fähig, mehrere Handlungen gleichzeitig auszuführen. Die folgenden Charakteristika eines Mensch-Maschine-Systems können helfen, derartige Aktivitäten zu optimieren:

- a) Ein geringer räumlicher Abstand zwischen Anzeigen die eine parallele Verarbeitung unterstützen. Für akustische Anzeigen wird diese Anordnung jedoch nicht empfohlen;
- b) integrierte Anzeigen können die Möglichkeiten der parallelen Verarbeitung verbessern;
- c) erfordert das System parallele Verarbeitung, sollte der Entwickler die Verwendung von Anzeigen berücksichtigen, die für unterschiedliche Sinne ausgelegt sind, weil unterschiedliche Sinne unterschiedliche Aufmerksamkeitsressourcen binden;
- d) der Entwickler sollte auch bedenken, dass der Benutzer ein größeres Maß an Aufmerksamkeit benötigt, wenn er mit dem System nicht vertraut ist.

A.3 Wahrnehmungssystem

Das Wahrnehmungssystem übersetzt Informationen aus der Außenwelt in mentale Vorstellungen. Der Prozess der Erkennung eines Objekts kann als „Erkennen eines Musters“ aufgefasst werden, bei der Reizmerkmale verarbeitet und mit Information verglichen werden, die im Langzeitgedächtnis gespeichert ist. Ein erfahrener Benutzer besitzt die Fähigkeit, einen Komplex räumlicher und zeitlicher Muster zu erkennen. Kurz nach der Darstellung eines visuellen Reizes erscheint in einem visuellen Bildspeicher die Abbildung des visuellen Reizes, und kurz nach der Darstellung eines akustischen Reizes erscheint in einem akustischen Speicher die Abbildung des akustischen Reizes. Die sensorischen Speicher enthalten Information, die physiologisch als Analogon zu den externen Reizen verschlüsselt sind.

Vergleichbare Signale, die innerhalb eines einzelnen Verarbeitungs-Zyklus auftreten, können zu einer einzigen Wahrnehmung kombiniert werden. Folglich existiert ein kritischer Zeitraum, in dem Signale nicht als Einzelreize erkennbar sind.

A.3.1 Abklingzeiten

Die Abklingzeiten (Halbwert) für Information im sensorischen Gedächtnis betragen für das visuelle Gedächtnis ungefähr 0,1 s bis 1 s und für das akustische Gedächtnis 0,9 s bis 3,5 s.

A.3.2 Aufmerksamkeit und Erwartung

Die Erwartung eines Menschen bezüglich eines Reizes oder einer Konfiguration von Reizen beeinflusst die Genauigkeit der Identifizierung. Z. B. kann die starke Erwartung spezifischer Reize dazu führen, dass zum

Erkennen des Reizes weniger Merkmale erforderlich sind, als bei weniger starker Erwartung notwendig wären. Der charakteristische Zusammenhang zwischen Erwartung und Wahrnehmung ist für die Gestaltung von Stellteilen und Anzeigen sehr wichtig. So können z. B. Stellteile mit vielen gemeinsamen Gestaltungsmerkmalen verwechselt werden, weil der erfahrene Benutzer nur einige der Merkmale zur Identifizierung nutzt.

A.3.3 Organisation der Wahrnehmung

Einige als „Gestaltgesetze der Wahrnehmung“ bekannte Grundsätze bestimmen stark, wie visuelle Informationen psychisch verarbeitet werden. Die Grundsätze können als natürliche und hauptsächlich vererbte Tendenzen angesehen werden, die bei der Strukturierung der Außenwelt zu einer kohärenten Wahrnehmung (Gestalten) nützen.

- a) Das „Prinzip der Nähe“ besagt, dass Elemente, die sehr nahe beieinander auftauchen, als Einheit wahrgenommen werden;
- b) das „Prinzip der Ähnlichkeit“ besagt, dass ähnliche Merkmale oder Objekte als Einheit wahrgenommen werden können;
- c) das „Prinzip der guten Fortsetzung“ besagt, dass Elemente leicht zu charakteristischen Mustern geordnet werden. Elemente, die mit den Mustern übereinstimmen, werden leichter wahrgenommen, sogar unter störenden Bedingungen;
- d) das „Prinzip der Geschlossenheit“ reflektiert die Tendenz, mit dem Ergänzen von Mustern fortzufahren, so dass es hinsichtlich einer einfachen und geschlossenen Figur mit einer „guten Form“ übereinstimmt;
- e) das „Prinzip des gemeinsamen Schicksals“ besagt, dass zwei oder mehr Merkmale als Einheit wahrgenommen werden, wenn die Merkmale ein gemeinsames Schicksal haben (d. h. eine Bewegungsrichtung, synchrones Aufleuchten usw.).

Die oben genannten Grundsätze können als Richtlinien für das Layout von Stellteilen und Anzeigen dienen und stellen in hohem Maße die Basis für verschiedene ergonomische Grundsätze für das Layout von Anzeigen und Stellteilen dar.

A.4 Kognitives System

Das kognitive System besteht aus zwei wichtigen und miteinander in Beziehung stehenden Gedächtnisarten: dem Langzeitgedächtnis, das Information dauerhafter speichert, und dem Kurzzeitgedächtnis, das zeitweilig aktivierte Information bereithält, die für den Benutzer leicht erreichbar ist.

A.4.1 Kurzzeitgedächtnis

Das wichtigste Charakteristikum des Kurzzeitgedächtnisses ist seine sowohl hinsichtlich der speicherbaren Informationsmenge als auch der Abklingzeit begrenzte Kapazität.

Zahlreiche Faktoren — wie die angewandte kognitive Strategie, die betroffenen Sinne (visuell, optisch oder taktil), Anzahl und Charakter der aktivierten Informationseinheiten usw. — bestimmen die Abklingzeit des Kurzzeitgedächtnisses. In der Praxis sind jedoch die folgenden Merkmale am wichtigsten:

- a) je mehr Einheiten im Kurzzeitgedächtnis aktiviert sind, desto schneller klingen sie ab,
- b) die Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses ist auf wenige Informationseinheiten begrenzt (d. h. Buchstaben, Wörter, Zahlen usw.). Eine exakte Zahl für die Leistung ist schwer zu schätzen. Ein vorsichtiger Vorschlag ist, dass etwa 5 bis 9 Informationseinheiten die Obergrenze für die Informationsmenge darstellen, die ohne Mühe im Kurzzeitgedächtnis gespeichert werden kann;
- c) je ähnlicher die Informationseinheiten sind, desto mehr Fehler können erwartet werden.

Der Gestalter von Mensch-Maschine-Systemen sollte die Grenzen des Kurzzeitgedächtnisses berücksichtigen. Folgende Vorschläge wurden dazu gemacht:

- a) es ist nicht mehr Information als nötig darzustellen;
- b) die Informationen müssen sich ausreichend voneinander unterscheiden, damit das Risiko von Fehlern auf ein Minimum reduziert wird;
- c) es ist zu bedenken, dass es für den Benutzer schwierig ist, Entscheidungen zu fällen, wenn er zu viele Informationseinheiten in seinem Kurzzeitgedächtnis speichern muss.

A.4.2 Langzeitgedächtnis

Aus theoretischen und praktischen Gründen ist es nützlich, zwischen zwei verwandten Strukturen des Langzeitgedächtnisses zu unterscheiden: Das deklarative Gedächtnis enthält Information über tatsächliche Kenntnisse, z. B. die Identität eines Maschinenteils, die Bedeutung eines Symbols, Sicherheitsregeln usw. Das deklarative Gedächtnis enthält auch das Gedächtnis für die spezifischen Erfahrungen eines Menschen. Der andere Gedächtnis-Haupttyp ist als prozedurales Gedächtnis bekannt oder als das Gedächtnis, das die verschiedenen Fertigkeiten eines Menschen speichert.

A.4.2.1 Deklaratives Gedächtnis

Die spezifischen Merkmale des deklarativen Gedächtnisses, von denen angenommen werden darf, dass sie für den Gestalter von Mensch-Maschine-Systemen besonders wichtig sind, sind folgende:

Information wird entweder als (a) Wiedererkennung oder als (b) freie Erinnerung im deklarativen Gedächtnis wiedergefunden. Es hat sich gezeigt, dass der Mensch recht gut in der Lage ist, etwas wiederzuerkennen, während das freie Erinnern vergleichsweise weniger effizient ist. Eine Implikation aus dieser Gedächtniseigenschaft besteht darin, dass der Gestalter die Information möglichst so darstellen sollte, dass sie wiedererkannt werden kann, statt sich darauf zu verlassen, dass sich der Benutzer frei an die Information erinnert. Wenn die Information z. B. auf Bildschirmgeräten dargestellt wird, ist es manchmal besser, ein Menüsystem zu verwenden, in dem die einzelnen Merkmale wiedererkannt werden können, statt darauf zu vertrauen, dass sich der Benutzer frei an bestimmte Befehle erinnert.

Es sollte auch erwähnt werden, dass das Abrufen von Information aus dem Gedächtnis stark vom Kontext abhängt. Wenn einige spezifische Merkmale in einem bestimmten Kontext erlernt wurden, ist es einfacher, sich bei Vorhandensein des originalen Kontextes an die Merkmale zu erinnern. Das kann z. B. für die Gestaltung von Handbüchern und Instruktionen gelten, die, um effizient zu sein, ausreichend Informationen (Abbildungen, Diagramme usw.) enthalten sollten, die der realen Bedienungssituation ähnlich oder mit ihr identisch sind.

A.4.2.2 Prozedurales Gedächtnis

Ein sehr wichtiger Aspekt des prozeduralen Gedächtnisses besteht darin, dass gut ausgeprägte Fertigkeiten dazu tendieren, fast automatisch mit minimaler willkürlicher Kontrolle und Aufmerksamkeit abzulaufen. Weil jedoch nur ein Minimum an Kontrolle und Aufmerksamkeit in gut trainierte Fertigkeiten investiert werden muss, sind derartige Aufgaben einem erhöhten Fehler-Risiko ausgesetzt. So kann z. B. ein Benutzer, der eine gut erlernte Folge von Handlungen ausführt, Fehler machen, weil ihn einige Umstände von den normalen Verhältnissen oder Umständen ablenken können. Der Benutzer könnte wenig Aufmerksamkeit auf das Erkennen jener Umstände gerichtet haben. Zum Beispiel kann ein an eine bestimmte Route gewöhnter Autofahrer leicht seine neue Absicht vergessen, an einer bestimmten Stelle von der Route abzuweichen.

A.4.2.3 Erwartungen

Wie oben angedeutet, sind die Erwartungen des Individuums für das Verständnis des Abrufens von Informationen aus dem Gedächtnis wichtig. Allgemein nehmen Menschen bestimmte stereotypische Vorstellungen an, die mit verschiedenen Typen von Informationen assoziiert sind. Die stereotypischen Vorstellungen helfen bei der Strukturierung der Informationen und bereiten das Handeln vor. Stereotypische Vorstellungen können den Menschen in bestimmten Situationen jedoch auch dazu führen, Inhalte vorauszusetzen, die in der ursprünglichen Situation nicht vorgekommen waren. Daher ist es klug, stets zu analysieren, welche stereotypischen Vorstellungen der Benutzer in Verbindung mit Maschinensystemen haben könnte. Wie bereits in der vorliegenden Norm festgestellt, sind stereotypische Vorstellungen ferner von viel allgemeinerer Bedeutung als im Kontext des Abrufens von Informationen aus dem Gedächtnis. Besonders sind die Erwartungen, die mit der Bewegung von Stellteilen und Anzeigen assoziiert werden, von entscheidender Bedeutung.

A.4.2.4 Erlernen von Fertigkeiten

Erwirbt jemand eine neue Fertigkeit, verlangt der Prozess zunächst Aufmerksamkeit, bis die Handlung schließlich automatisch ausgeführt wird. Allgemein dauert es relativ lange, sich eine Fertigkeit soweit anzueignen, bis sie automatisiert ist. Im Gegensatz dazu kann es „im Prinzip“ wenig Zeit beanspruchen, sich bestimmte deklarative Fakten darüber anzueignen, wie die Aufgabe auszuführen ist. Selbst wenn die Fakten auf dem deklarativen Niveau wohlbekannt sind, ist dies jedoch keine Garantie dafür, dass sie effizient auf dem Niveau von Fertigkeiten vollzogen werden. Der Zugriff auf Wissen kann ineffizient sein, wenn die Fertigkeit nicht gut eintrainiert wurde.

A.4.2.5 Lösen von Problemen

Das Lösen von Problemen kann als ein Verhalten definiert werden, das auf das Erreichen von einem oder mehreren Ziel(en) ausgerichtet ist. Für die Analyse von Problemlösungs-Situationen ist es zweckmäßig, zwischen (a) dem Ausgangszustand, d. h. den Bedingungen, Regeln und Restriktionen, die am Anfang des Lösungsprozesses existieren, (b) Zwischenzuständen, in denen sich der das Problem Lösende auf dem Weg zum Ziel befindet, und (c) dem Zielzustand zu unterscheiden. Der Ausgangszustand kann sich als für die Problemlösung entscheidend herausstellen. Für die Problemlösung im Kontext von Mensch-Maschine-Systemen ist es wichtig, dem Benutzer ausreichend Wissen für das Lösen der Probleme zu geben. Zum Beispiel kann die optimale Gestaltung eines Systems, betrachtet vom Standpunkt des normalen Betriebs sehr unterschiedlich von der optimalen Gestaltung sein, betrachtet vom Standpunkt einer Gefahrensituation, des Startens oder des Abschaltens. Der Gestalter darf das System also nicht nur vom Standpunkt des normalen Betriebs aus betrachten. Er muss auch andere Zustände des Systems berücksichtigen. Zum Beispiel kann der Gestalter im Interesse der Optimierung der Information über den Anfangszustand in einem Unfall-Szenario für derartige mögliche Ereignisse die Installation separater Bedienungstafeln in Erwägung ziehen.

In Zwischenzuständen der Problemlösung können unterschiedliche Handlungen geprüft und deren Ergebnisse ausgewertet werden. Für die Gestaltung eines Mensch-Maschine-Systems ist in diesem Stadium die Rückmeldung wichtig, die schnell und genau sein sollte. Langsame Rückmeldungen können den Benutzer zu Handlungen veranlassen, die sich später als ineffizient herausstellen.

Unter Stress nimmt die Fähigkeit zum Lösen von Problemen tendentiell ab, so dass der Benutzer auf einem niedrigerem Niveau agieren mag. Einige Arten von „mentalalen Fallen“ können beim Lösen von Problemen beobachtet werden:

- a) der Benutzer beschränkt sich darauf, seine Aufmerksamkeit nur Details zu widmen, und übersieht dabei wichtige Informationen;
- b) der Benutzer ist auf eine Idee fixiert und unterlässt es, alternative Ideen zu prüfen;
- c) der Benutzer folgt blind einer Instruktion ohne zu beachten, dass die Umstände für die spezifische Situation nicht mehr zutreffen;
- d) der Benutzer zögert zu handeln, bevor eine entsprechende Rückmeldung des Systems vorliegt.

Folgende Strategien können zur Minimierung derartiger Probleme herangezogen werden:

- a) wichtige Informationen, die dem aktuellen Zustand des Systems entsprechen, sind hervorzuheben;
- b) der Benutzer ist bei der Entwicklung alternativer Strategien zur Problemlösung zu unterstützen;
- c) der Benutzer ist dabei zu unterstützen, sich umfassendes Wissen über das System anzueignen;
- d) dem Benutzer sind möglichst Rückmeldungen in Form weiterer Instruktionen zur Verfügung zu stellen.

A.5 Reaktionszeiten des motorischen Systems

Die Reaktionszeit ist die Zeit von dem Moment, in dem ein Sinn angesprochen wird, und bis eine Reaktion des motorischen Systems erfolgt. Ein einfacher Reflexbogen benötigt ungefähr 0,04 s, während die kürzeste Antwortzeit unter Beteiligung des Gehirns 0,15 s beträgt. Für erwartete Signale beträgt die Antwortzeit üblicherweise zwischen 0,2 s und 0,3 s. Wird das Signal nicht erwartet, steigt die Antwortzeit auf über 0,5 s an.

A.6 Leistungsbeeinflussende Faktoren

Mensch-Maschine-Systeme können den Benutzer mit Stress, Ermüdung und Langeweile beanspruchen. Die Leistung und die Wahrscheinlichkeit, Fehler zu begehen, können eine Funktion derartiger Zustände des Benutzers sein. Folglich muss der Entwickler auf äußere Umstände achten, unter denen das System betrieben werden muss, und prüfen, ob es wahrscheinlich ist, dass derartige Umstände die Leistung des Benutzers beeinflussen.

A.6.1 Erhöhter Stress

Beispiele für Faktoren, die das Stress-Niveau des Benutzers erhöhen können, sind (a) hohe Leistungserfordernisse, (b) Zeitdruck, (c) schwerwiegende negative Konsequenzen bei Versagen, (d) Umweltfaktoren wie Geräusche und Hitze.

Allgemein durch erhöhten Stress bedingte leistungsmindernden Auswirkungen:

- a) Einengung der Aufmerksamkeit des Benutzers, wenn er aus mehreren Teilen bestehende Aufgaben zu lösen hat; unter Stress steht für die nicht dominanten Aufgaben weniger Aufmerksamkeit zur Verfügung;
- b) reduzierte Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses;
- c) verringerte Genauigkeit bei der Erfüllung von Aufgaben, die eine schnelle Entscheidung verlangen.

A.6.2 Zustände reduzierter Aktivierung

Folgende Aufgaben können das Aktivitätsniveau des Benutzers reduzieren: (a) einfache und monotone Aufgaben, (b) Aufgaben, die kontinuierliche Aufmerksamkeit verlangen, (c) Aufgaben mit wenig oder ohne Rückmeldung, (d) Aufgaben, die sich über einen langen Zeitraum erstrecken.

Zustände, wie die oben beschriebenen, können die Leistung beeinträchtigen, indem sie die Antwortzeiten verlängern und zum Übersetzen von Informationen führen.

A.7 Eignung von Menschen und Maschinen für die Erfüllung unterschiedlicher Aufgaben

Die Zuweisung von Funktionen und Aufgaben zu Menschen und Maschinen ist für die effiziente und sichere Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen wesentlich. Tabelle A.1 zeigt die grundlegenden Stärken und Schwächen des menschlichen Benutzers.

Die Eignung von Maschinen wandeln sich infolge des technischen Fortschritts. Ausserdem sind die Eigenschaften von Maschinen in Abhängigkeit von ihrem Typ (Computer, kraftverstärkendes Werkzeug usw.) unterschiedlich. Vom Nutzer der Tabelle wird erwartet, dass er die Spalte „Maschine“ an die spezifische Anwendung anpasst.

Tabelle A.1 — Die Eignung von Menschen und Maschinen für die Erfüllung unterschiedlicher Aufgaben

Leistungsmerkmal	Eignung	
	Mensch	Maschine
Allgemein		
Flexibilität	Gut geeignet für ein breites Spektrum von Aufgaben	Spezialisiert, weniger flexibel
Anpassung an sich wandelnde Aufgaben-Erfordernisse	Passt sich im allgemeinen gut an unerwartete Forderungen an, kann begrenzte Zeit unter vorübergehender Überlastung arbeiten	Geringe Anpassung an neue Situationen. Versagt in Situationen, für die sie nicht entwickelt wurde
Lernen und Ausbildung	Leicht auszubilden, Lernen gehört zum normalen Verhalten	Begrenzte Lernfähigkeit
Unstrukturierte Aufgaben, mit Unsicherheit	Gut geeignet	Wenig geeignet
Vorhersagbarkeit des Systemverhaltens	Das Verhalten des Menschen ist nicht streng determiniert und nicht genau vorher-sagbar	Folgt streng den Regeln, gut determiniertes Verhalten, im allgemeinen vorhersagbar
Eingabe		
Wahrnehmungs- und Erkennungsleistung	Eine begrenzte Anzahl von Sinnen mit hoher Empfindlichkeit steht zur Verfügung, hohe Geschwindigkeit und Genauigkeit beim Kombinieren eingehender Information und beim Erkennen von Mustern, die Wahrnehmung wird jedoch durch Erwartungen beeinflusst	Das Sensor-System kann entsprechend den Erfordernissen gestaltet werden, hohe Leistung erfordert hohen Aufwand
Überwachung	Wegen begrenzter Wachsamkeit wenig für Langzeit-Überwachung geeignet	Gut geeignet für Langzeit-Überwachung
Unvollständige Informationseingabe und Störungen	Kann verrauschte und unvollständige Informationen verarbeiten	Für die Verarbeitung verrauschter und unvollständiger Information wenig geeignet
Informationsverarbeitung		
Kanal und Verarbeitungskapazität	Begrenzte Anzahl von Sensor- und Effektor-kanälen, begrenzte Fähigkeit, Informationen parallel zu verarbeiten	Kanal- und Verarbeitungskapazität kann den Erfordernissen entsprechend entwickelt werden
Strategische und taktische Planung, Organisation, Fälen von Entscheidungen	Gut geeignet, Fehler können von falschen internen Modellen der Realität hervorgerufen werden und in Stress-Situationen auftreten	Wenig geeignet

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

Leistungsmerkmal	Eignung	
	Mensch	Maschine
Induktives Denken und Generalisieren	Kann in neuartigen Situationen induktiv entscheiden, kann generalisieren	Geringe Fähigkeit zur Induktion und Verallgemeinerung
Gedächtnis	Schlechtes Kurzzeitgedächtnis, gutes Langzeitgedächtnis, kein Überlaufen, selektives Speicherungsverhalten, Informationsverlust kann auftreten, Information kann sich im Gedächtnis verändern	Gutes Kurzzeit- und Langzeitgedächtnis, im allgemeinen kein Informationsverlust, keine Veränderung der Information
Leistungskonstanz	Die Leistung schwankt als eine Funktion von Stress, Ermüdung, Langeweile usw.	Gute Leistungskonstanz erzielbar
Wiederholte und monotone Aufgaben	Wegen begrenzter Wachsamkeit nicht geeignet, Verschlechterung bei monotonem und wiederholtem Stress und Anstrengung	Gut geeignet
Ausgabe		
Physische Leistung	Biologisch begrenzte physische Leistungsfähigkeit	Physische Leistung kann entsprechend den Erfordernissen entwickelt werden
Geschwindigkeit	Biologisch begrenzte Geschwindigkeit, wenig Ausgabekanäle	Im allgemeinen hohe Geschwindigkeit möglich
Genauigkeit	Gute motorische Fertigkeiten, aber begrenzte Genauigkeit	Genauigkeit kann entsprechend den Erfordernissen entwickelt werden, hoher Aufwand für hohe Genauigkeit
Umgebung		
Umgebungsbedingungen	Gute Eignung für einen großen Bereich normaler Umgebungsbedingungen, aber für extreme Umgebungsbedingungen sind hohe Kosten für Schutzmaßnahmen notwendig	Kann für den Betrieb unter spezifischen Umgebungsbedingungen entwickelt werden
Wartung und Versorgung	Unter normalen Umgebungsbedingungen geringe Versorgungskosten, Einrichtungen für menschliche Bedürfnisse sind jedoch erforderlich, keine technische Wartung erforderlich, regeneriert sich von selbst	Energie- und Materialversorgung, Wartung erforderlich

Anhang ZA (informativ)

A1 Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EG-Richtlinie 98/37/EG, geändert durch 98/79/EG

Diese Europäische Norm wurde im Rahmen eines Mandates, das dem CEN von der Europäischen Kommission und der Europäischen Freihandelszone erteilt wurde, erarbeitet, um ein Mittel zur Erfüllung der grundlegenden Anforderungen der Richtlinie nach der neuen Konzeption (EG-Richtlinie 98/37/EG, geändert durch 98/79/EG) bereitzustellen.

Sobald diese Norm im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften im Rahmen der betreffenden Richtlinie in Bezug genommen und in mindestens einem der Mitgliedstaaten als nationale Norm umgesetzt worden ist, berechtigt die Übereinstimmung mit den in Tabelle ZA.1 aufgeführten Abschnitten dieser Norm innerhalb der Grenzen des Anwendungsbereichs dieser Norm zu der Annahme, dass eine Übereinstimmung mit den entsprechenden grundlegenden Anforderungen der Richtlinie und der zugehörigen EFTA-Vorschriften gegeben ist.

Tabelle ZA.1 — Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und der EG-Richtlinie 98/37/EG, geändert durch 98/79/EC

Abschnitte/Unterabschnitte dieser Europäischen Norm	Grundlegende Anforderungen der Richtlinie 98/37/EG, geändert durch 98/79/EG	Erläuterungen/Anmerkungen
Alle Abschnitte	Anhang I: 1.2.2, 1.2, 1.7.0, 3.6.1	—

WARNHINWEIS — Für Produkte, die in den Anwendungsbereich dieser Norm fallen, können weitere Anforderungen und weitere EG-Richtlinien anwendbar sein. **A1**

Anhang ZB (informativ)

A₁ Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EG-Richtlinie 2006/42/EG

Diese Europäische Norm wurde im Rahmen eines Mandates, das dem CEN von der Europäischen Kommission und der Europäischen Freihandelszone erteilt wurde, erarbeitet, um ein Mittel zur Erfüllung der grundlegenden Anforderungen der Richtlinie nach der neuen Konzeption (EG-Richtlinie 2006/42/EG) bereitzustellen.

Sobald diese Norm im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften im Rahmen der betreffenden Richtlinie in Bezug genommen und in mindestens einem der Mitgliedstaaten als nationale Norm umgesetzt worden ist, berechtigt die Übereinstimmung mit den in Tabelle ZB.1 aufgeführten Abschnitten dieser Norm innerhalb der Grenzen des Anwendungsbereichs dieser Norm zu der Annahme, dass eine Übereinstimmung mit den entsprechenden grundlegenden Anforderungen der Richtlinie und der zugehörigen EFTA-Vorschriften gegeben ist.

Tabelle ZB.1 — Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und der EG-Richtlinie 2006/42/EG

Abschnitte/Unterabschnitte dieser Europäischen Norm	Grundlegende Anforderungen der Richtlinie 2006/42/EG	Erläuterungen/Anmerkungen
Alle Abschnitte	Anhang I: 1.1.2, 1.1.6, 1.2, 1.7, 3.3, 3.6.1	—

WARNHINWEIS — Für Produkte, die in den Anwendungsbereich dieser Norm fallen, können weitere Anforderungen und weitere EG-Richtlinien anwendbar sein. **A₁**