

	DIN IEC 62508 (VDE 0050-2)	DIN
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	VDE
ICS 13.180 Einsprüche bis 2008-06-30 Entwurf Leitlinien zu den menschlichen Aspekten der Zuverlässigkeit (IEC 56/1255/CD:2008) Guidance on Human Aspects of Dependability (IEC 56/1255/CD:2008) Anwendungswarnvermerk Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2008-04-28 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt. Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren. Stellungnahmen werden erbeten – vorzugsweise als Datei per E-Mail an dke@vde.com in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden – oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main. Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevante Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen. Gesamtumfang 83 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE		

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab ...

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 56/1255/CD:2008 „Guidance on Human Aspects of Dependability“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 56 „Dependability“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die IEC und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für diesen Norm-Entwurf ist das nationale Arbeitsgremium K 132 „Zuverlässigkeit“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnietsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist in Tabelle NA.1 wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60300-1:2003	IEC 60300-1:2003	DIN EN 60300-1:2004-02	—
EN 60300-2:2004	IEC 60300-2:2004	DIN EN 60300-2:2004-10	—

Nationaler Anhang NB
(informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60300-1:2004-02, *Zuverlässigkeitsmanagement – Teil 1: Zuverlässigkeitsmanagementsysteme*

DIN EN 60300-2:2004-10, *Zuverlässigkeitsmanagement – Teil 2: Leitfaden zum Zuverlässigkeitsmanagement*

Leitlinien zu den menschlichen Aspekten der Zuverlässigkeit

Inhalt

	Seite
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen.....	6
3 Begriffe und Abkürzungen	7
3.1 Begriffe.....	7
3.2 Abkürzungen.....	8
4 Menschliche Einflussfaktoren auf die Zuverlässigkeit	9
4.1 Menschliche Aspekte der Zuverlässigkeit	9
4.2 Analyse der menschlichen Zuverlässigkeit.....	9
4.3 Systemelemente und deren Interaktionen.....	10
4.4 Leistungsbeeinflussende Faktoren	13
4.5 Benutzerorientierte Gestaltung	14
4.6 Vergleich zwischen Mensch und Maschine	14
4.7 Sicherheitskritische Systeme.....	15
4.8 Grundsätze benutzerbezogener Gestaltung.....	15
4.9 Benutzerorientierte Gestaltung	16
5 Benutzerorientierte Gestaltung im Systemlebenszyklus	18
5.1 Überblick	18
5.2 Integration der benutzerorientierten Gestaltung in die Systementwicklung	19
6 Benutzerorientierte Gestaltung je Lebenszyklusphase	20
6.1 Überblick	20
6.2 Konzeption/Definition	20
6.3 Entwicklung.....	22
6.4 Realisierung/Umsetzung.....	22
6.5 Regelbetrieb.....	23
6.6 Erweiterung/Aufrüstung	23
6.7 Außerbetriebnahme	23
6.8 Vergabe von Projekten nach Außen und dabei zu beachtende Belange einer benutzerbezogenen Gestaltung.....	24
7 Benutzerbezogene Gestaltungsmethoden	24
7.1 Klassifizierung benutzerbezogener Gestaltungsmethoden	24
7.2 Anwendung benutzerbezogener Gestaltungsmethoden	25
Anhang A (informativ) Arbeitsergebnisse benutzerbezogener Gestaltung.....	26
A.1 Arbeitsergebnisse benutzerbezogener Lebenszyklusprozesse	26
Anhang B (informativ) Zusammenfassung des Einflusses einer benutzerbezogenen Gestaltung auf die Systemzuverlässigkeit	32
B.1 Automatisierung	32

	Seite
B.2 Gestaltung der Instandhaltbarkeit	32
B.3 Mensch-Rechner-Schnittstelle.....	33
B.4 Anzeigen, Stellteile und Alarmfunktionen	33
B.5 Eingabemittel	34
B.6 Umgebung	34
B.7 Sicherheit.....	34
B.8 Sicherheit.....	34
Anhang C (informativ) Stand der Technik der benutzerbezogenen Gestaltung.....	35
Bild 1 – Strukturschema menschlicher Arbeit und deren Einflüsse	10
Bild 2 – Leistungsbeeinflussende Faktoren	13
Bild 3 – Tätigkeiten bei einer benutzerbezogenen Gestaltung	17
Bild 4 – Menschliche Einflüsse auf den Systemlebenszyklusprozess.....	19
Tabelle A.1 – Bezug zur BBG in der Systemstrategie sicherstellen (BBG .1).....	26
Tabelle A.2 – BBG-Prozess planen und lenken (BBG.2)	27
Tabelle A.3 – Erfordernisse der Interessenvertreter und Organisation festlegen (BBG.3)	28
Tabelle A.4 – Verwendungszusammenhang verstehen und festlegen (BBG.4)	28
Tabelle A.5 – Konstruktionsentwürfe ausarbeiten (BBG.5)	29
Tabelle A.6 – Beurteilung der Entwürfe gegen die Erfordernisse (BBG.6)	30
Tabelle A.7 – Einführung und Betrieb des Systems (BBG.7)	31
Tabelle C.1 – Beispiele für dem Stand der Technik entsprechende Verfahren und Techniken.....	35

Einleitung

Diese Internationale Norm leitet zu den menschlichen Aspekten bei der Entwicklung und dem Betrieb von Systemen an. Sie behandelt, wie sich menschliches Handeln auf die Zuverlässigkeit eines Systems während dessen Lebenszyklus auswirkt. Zuverlässigkeit beschreibt die Verfügbarkeit eines Systems, die durch die Systemfaktoren Funktionsfähigkeit, Instandhaltbarkeit und Instandhaltungsbereitschaft beeinflusst wird. Ein System kann aus einer Kombination von miteinander in Wechselwirkung stehender Hardware, Software und den am Betrieb und an der Instandhaltung beteiligten Personen bestehen. Ein zuverlässiges System kann auf Anforderung den gewünschten Dienst zur Zufriedenheit der Benutzer in verlässlicher Art erbringen. Benutzerorientierte Gestaltung wirkt sich erheblich darauf aus, wie ein System die gewünschte Zuverlässigkeit und Dienstgüte erreichen kann. Wenn im Entwicklungsprozess eines Systems mit der benutzerorientierten Gestaltung frühzeitig begonnen wird, kann man ein optimales Systemverhalten erreichen; hierzu müssen die menschlichen Belange ausdrücklich und in systematischer Weise angesprochen werden.

Diese Internationale Norm leitet dazu an, wie die Belange und Erfordernisse einer benutzerbezogenen Gestaltung bei Entwicklung, Betrieb und Instandhaltung eines Systems angemessen umgesetzt werden können. Diese Norm leitet des Weiteren dazu an, wie in praktischer Weise eine an den menschlichen Belangen orientierte Gestaltung verwirklicht werden kann und welche Abwägungen hinsichtlich der Wechselwirkung mit anderen wichtigen Systemen samt deren Hardware und Software für eine kostengünstige Verwirklichung getroffen werden müssen. Die technische Vorgehensweise und die an den menschlichen Belangen orientierte Gestaltung orientieren sich am Stand der Technik der bei der Systementwicklung erfolgreich eingesetzten Verfahren.

ANMERKUNG In dieser Internationalen Norm wird der Begriff „Benutzerorientierte Gestaltung (en: human oriented design)“ zur Beschreibung der notwendigen Beteiligung von Menschen an der Gestaltung von Systemen benutzt. Der in ISO-Normen verwendete Begriff „Benutzerbezogene Gestaltung (en: human centred design)“ wird jedoch zur Beschreibung der anwendbaren speziellen Verfahren beibehalten.^{N1)}

Die menschlichen Aspekte der Zuverlässigkeit und die hierzu gehörende Wissensbasis umfassen und beinhalten ein breites Spektrum technischer und wissenschaftlicher Arbeiten. Diese Norm richtet sich in erster Linie an die technischen Aspekte einer benutzerorientierten Gestaltung und Entwicklung eines Systems für dessen gesamten Systemlebenszyklus mit dem Ziel, die Systemzuverlässigkeit zu verbessern. Die Grundsätze des Zuverlässigkeitsmanagements sind in IEC 60300-1 festgelegt. Die Anwendung der Zuverlässigkeitsmanagementverfahren sind in IEC 60300-2 festgelegt. IEC 60300-1 und IEC 60300-2 gelten für das Zuverlässigkeitsmanagement von benutzerbezogenen Tätigkeiten.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt fest, wie die Zuverlässigkeit durch die menschlichen Aspekte der Entwicklung, des Betriebs und der Instandhaltung eines Systems beeinflusst wird. Sie leitet des Weiteren zu benutzerbezogenen Gestaltungsverfahren im gesamten Systemlebenszyklus an und zeigt auf, wie solchermaßen eine optimale Zuverlässigkeit erreicht werden kann.

Zum Anwenderkreis dieser Norm gehören Ingenieure und deren Manager aus allen Bereichen der Industrie, in denen es Mensch-Maschine-Kommunikation gibt.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

^{N1)} Nationale Fußnote: In DIN EN ISO 13407 ist „human centred design“ mit „benutzerorientierte Gestaltung“ übersetzt. Zur besseren Kommentierbarkeit dieses Entwurfs wird hier jedoch „human centred design“ mit „benutzerbezogene Gestaltung“ und „human oriented design“ mit „benutzerorientierte Gestaltung“ übersetzt.

IEC 60300-1, *Dependability management – Part 1: Dependability management systems*

IEC 60300-2, *Dependability management – Part 2: Guidelines for dependability management*

CDV/IEC 60300-3-15, *Dependability management – Part 3-15: Guidance to engineering of system dependability*.

3 Begriffe und Abkürzungen

3.1 Begriffe

3.1.1

Zuverlässigkeit

zusammenfassender Ausdruck zur Beschreibung der Verfügbarkeit und ihrer Einflussfaktoren Funktionsfähigkeit, Instandhaltbarkeit und Instandhaltungsbereitschaft

ANMERKUNG 1 Zuverlässigkeit wird nur für allgemeine Beschreibungen in nichtquantitativem Sinne benutzt.

[IEC 60050, 191-02-03]

3.1.2

Ergonomie (oder menschliche Einflussfaktoren)

wissenschaftliche Disziplin, die sich mit dem Verständnis der Interaktionen zwischen menschlichen und anderen Elementen eines Systems und dem Berufszweig befasst, der Theorie, Prinzipien, Daten und Methoden auf die Gestaltung von Arbeitssystemen anwendet mit dem Ziel, das Wohlbefinden des Menschen und die Leistung des Gesamtsystems zu optimieren

[ISO 6385:2004]

3.1.3

menschliche Aspekte

Fähigkeiten, Einschränkungen und weitere menschliche Eigenschaften, die die Gestaltung, Anwendung und Instandhaltung von Produkten betreffen und die sich auf die Leistung des Gesamtsystems auswirken

3.1.4

benutzerbezogene Gestaltung

Vorgehensweise, die durch Folgendes gekennzeichnet ist:

- die aktive Beteiligung der Benutzer und ein klares Verständnis von Benutzer- und Aufgabenanforderungen;
- eine geeignete Funktionsaufteilung zwischen Benutzern und Technik;
- die Iteration von Gestaltungslösungen;
- multidisziplinäre Gestaltung

[nach ISO 13407, Abschnitt 5.1]

3.1.5

benutzerorientierte Gestaltung

Beachtung der menschlichen Aspekte bei der Gestaltung von Werkzeugen, Maschinen, Systemen, Aufgaben und Jobs sowie der Umwelt zur Erzielung einer sicheren, komfortablen, erfolgreichen und wirksamen Verwendung durch den Benutzer

3.1.6

menschliche Zuverlässigkeit

Fähigkeit von Menschen, eine Aufgabe unter gegebenen Bedingungen innerhalb eines gegebenen Zeitintervalls und innerhalb annehmbarer Grenzen zu erledigen

3.1.7

Bewertung der menschlichen Zuverlässigkeit

Beurteilung der menschlichen Zuverlässigkeit

ANMERKUNG Beurteilungsverfahren können sowohl qualitativer als auch quantitativer Art oder beides sein.

3.1.8

Fehlhandlungswahrscheinlichkeit (en: human error probability, HEP)

Quotient aus der durchschnittlichen Anzahl von n Fehlhandlungen bei der Durchführung einer Aufgabe i bezogen auf die Gesamtzahl N der möglichen Fehlhandlungen bei der Durchführung der Aufgabe i .

$$HEP = \frac{\text{Anzahl der Fehlhandlungen bei der Aufgabe } i}{\text{Anzahl der möglichen Fehlhandlungen bei der Aufgabe } i}$$

3.1.9

Wahrscheinlichkeit für menschliche Zuverlässigkeit (en: human reliability probability, HRP)

Mathematisches Komplement der Fehlhandlungswahrscheinlichkeit

$$HRP = 1 - HEP$$

3.1.10

situationsbezogenes Bewusstsein

Wahrnehmung der Elemente in der Umgebung bei gegebener Zeit und Raum, Verständnis ihrer Bedeutung und die Projektion ihres Status in die nahe Zukunft

3.1.11

System

Satz von in Wechselbeziehung oder Wechselwirkung stehenden Elementen

[ISO 9000:2005, 3.2.1]

ANMERKUNG 1 Im Zusammenhang mit Zuverlässigkeit besteht ein System aus

- einem vorgegebenen Zweck, der durch die beabsichtigten Funktionen beschrieben ist;
- festgelegten Betriebs- und Einsatzbedingungen; und
- definierten Grenzen.

ANMERKUNG 2 Die Struktur eines Systems kann hierarchisch sein.

[IEC 60300-1, 3.6]

ANMERKUNG 3 Bei einigen Systemen, wie bei Produkten der Informationstechnik, sind Daten ein bedeutender Teil der Systemelemente.

3.2 Abkürzungen

3.2.1

MM

Mensch-Maschine (en: human systems, HS)

3.2.2

MMI

Mensch-Maschine-Interaktion (en: human systems interaction, HSI)

4 Menschliche Einflussfaktoren auf die Zuverlässigkeit

4.1 Menschliche Aspekte der Zuverlässigkeit

Zuverlässigkeit ist ein zusammenfassender Ausdruck zur Beschreibung der Verfügbarkeit und ihrer Einflussfaktoren Funktionsfähigkeit, Instandhaltbarkeit und Instandhaltungsbereitschaft:

- Die Operateure^{N2)} sind offensichtlich der menschliche Einfluss auf die Zuverlässigkeit, die Entwickler eines Systems sollten jedoch ebenfalls beachtet werden, da ein fehlerhafter Konstruktionsentwurf wahrscheinlich zu einem Ausfall des Systems führt.
- Instandhaltbarkeit wird offensichtlich von den Personen beeinflusst, die das System reparieren und instandhalten. Die Personen, die die Verfahren festlegen und niederschreiben, sollten jedoch ebenfalls beachtet werden, da fehlerhafte Festlegungen eher zu einem Ausfall führen als diesen vermeiden.
- Der dritte Faktor, die Instandhaltungsbereitschaft, wird ebenfalls von Menschen beeinflusst, die sich um das Management und die Schulung der Personen kümmern, die später dann die Instandhaltung durchführen.

Alle diese Personen müssen im Hinblick auf die gesamte Systemzuverlässigkeit berücksichtigt werden.

Menschliche Zuverlässigkeit bezieht sich auf die Untersuchung des Einflusses von Menschen auf die Zuverlässigkeit in den unterschiedlichsten Bereichen, wie Informationsverarbeitung, Fertigung, Transport, Medizin und Dienstleistung. Die menschliche Leistung kann durch vielfältige Faktoren beeinflusst werden, so durch die Hardware- und Software-Anwendungen, Betriebsumgebung, Qualifikation und Schulung, Alter, Tagesrhythmus, Geisteszustand und Gemüt, Gesundheit, Gesinnung, Emotionen sowie durch die Neigung zu gewissen Fehlverhalten wie Irrtümern und Voreingenommenheit. Die möglichen nachteiligen Folgen menschlichen Fehlverhaltens oder Übersehens müssen dann besonders beachtet werden, wenn die betreffende Person in einem kritischen Teil eines Sicherheitssystems handelt oder wenn ihre Handlungen für die Sicherheit der Mission entscheidend sind und sie über Mensch-Maschine- oder Mensch-System-Schnittstellen in diese Systeme eingreift. Menschliches Fehlverhalten kann aber auch ernste wirtschaftliche Folgen haben.

4.2 Analyse der menschlichen Zuverlässigkeit

Grundsätzlich ist die Analyse und die Bewertung der menschlichen Zuverlässigkeit (en: human reliability analysis, HRA) Teil der gesamten Analyse der Zuverlässigkeit eines technischen Systems. Bei der Analyse der menschlichen Zuverlässigkeit

- sind die Handlungen der Menschen qualitativ zu analysieren, um dabei mögliches Fehlverhalten zu erkennen,
- sollen schwache Elemente erkannt werden. Darauf aufbauend können dann Gegenmaßnahmen veranlasst werden. Des Weiteren
- ist die Zuverlässigkeit der Handlungen der Menschen zu quantifizieren. Dies erlaubt die Bewertung der Wirksamkeit der Abhilfe- oder Gegenmaßnahmen (beispielsweise ein Gewinn an Zuverlässigkeit) im Gesamtsystem.

Das Ziel der Analyse der menschlichen Zuverlässigkeit ist es daher, in einem technischen System sowohl die menschliche Zuverlässigkeit zu bewerten als auch die Voraussetzungen für zuverlässiges Handeln der Menschen zu verbessern. Durch die Absenkung des Potentials menschlicher Fehlhandlungen wird dann wiederum die Verfügbarkeit eines technischen Systems erhöht. In diesem Zusammenhang wird die menschliche Zuverlässigkeit immer in Verbindung mit dem technischen System gesehen (Systemelement Mensch). Die Verantwortung eines Menschen wird im Zusammenhang mit der Analyse der menschlichen Zuverlässigkeit nicht betrachtet.

Bei dieser Analyse unterscheidet man zwischen den so genannten HRA-Verfahren der ersten Generation und denen der zweiten Generation. Bei den Analyseverfahren der ersten Generation wird mehr das ergono-

^{N2)} Nationale Fußnote: „Operateur“ und „Benutzer“ werden hier als synonyme Begriffe verwendet. Vergleiche VDI Richtlinie 4006 Bl. 1 und 2 „Menschliche Zuverlässigkeit“.

E DIN IEC 62508 (VDE 0050-2):2008-05

mische Umfeld untersucht, wogegen bei den Verfahren der zweiten Generation mehr das Entscheidungsverhalten modelliert und beurteilt wird.

HRA-Verfahren der ersten Generation:

- ASEP (Accident Sequence Evaluation Program) Programm zur Beurteilung von Unfallfolgen,
- ESAT Expertensystem zur Aufgaben-Taxonomie,
- HEART (Human Error Assessment and Reduction Technique) Bewertung menschlicher Fehlhandlungen und Verringerungsverfahren,
- SLIM (Success Likelihood Index Methodology) Methode des Erfolgswahrscheinlichkeitsindex,
- THERP (Technique of Human Error Rate Prediction) Verfahren zur Vorhersage der Fehlhandlungsrate.

HRA-Verfahren der zweiten Generation

- ATHEANA (A Technique for Human Error Analysis) Verfahren zur Analyse menschlicher Fehlhandlungen,
- CAHR (Connectionism Assessment of Human Reliability) Bewertung des Zusammenhangs mit der menschlichen Zuverlässigkeit,
- CREAM (Cognitive Reliability and Error Analysis Method) Verfahren der kognitiven Zuverlässigkeits- und Fehlhandlungsanalyse,
- MERMOS (Méthode d'Évaluation de la Réalisation des Missions Opérateur pour la Sécurité) Verfahren zur Beurteilung der Realisierung der Aufgaben eines Betreibers hinsichtlich der Sicherheit.

Für weitere Einzelheiten wird auf das Literaturverzeichnis verwiesen.

4.3 Systemelemente und deren Interaktionen

Der Mensch, der sich einer Maschine gleich welchen Komplexitätsgrades bedient, kann als ein Systemglied des so entstandenen Mensch-Maschine-Systems (MMS) betrachtet werden. Die Zuverlässigkeit eines Mensch-Maschine-Systems wird neben dem Menschen auch durch das physische und soziale Umfeld beeinflusst, in dem diese Personen und die Maschinen betrieben werden. Bild 1 zeigt die Struktur des beschriebenen Systems.

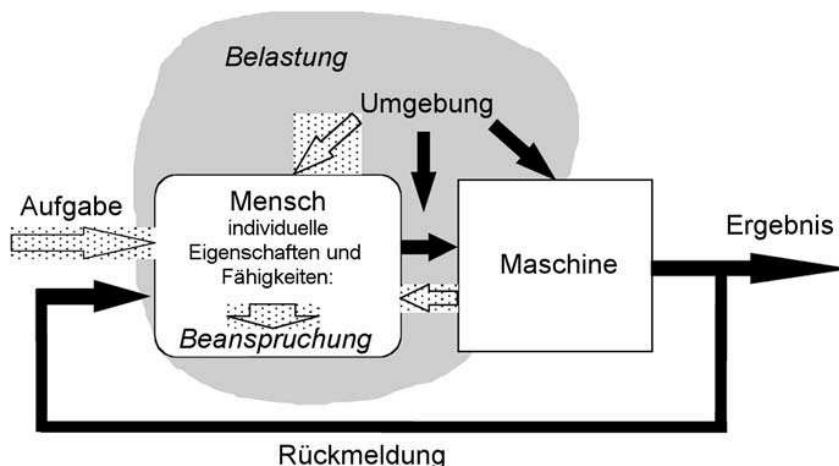


Bild 1 – Strukturschema menschlicher Arbeit und deren Einflüsse

Das durch den Arbeitsprozess erreichte Ergebnis ist an der Aufgabe zu messen. Das Maß der jeweiligen Aufgabenerfüllung wird als Arbeitsqualität bezeichnet. Die in der Zeiteinheit erreichte Arbeitsqualität kennzeichnet die Arbeitsleistung. Beide obigen, die Interaktion von Mensch und Maschine beeinflussenden Faktoren, nämlich die Belastung durch die äußeren Einflüsse und die individuellen Leistungsvoraussetzungen, stellen demnach die sog. leistungsbeeinflussenden Faktoren (en: performance shaping factors, PSF) dar (siehe 4.4).

Die Zuverlässigkeit des Gesamtsystems und die Qualität des Ergebnisses können in starkem Maße durch menschliche Handlungen beeinflusst werden. Dieser Einfluss kann sowohl negativ (menschliche Fehlhandlung bei der Arbeit) oder positiv (z. B. Zusammenbruch des Steuerungssystems oder Systemprobleme) sein.

Um eine hochzuverlässige Arbeitssituation sicherzustellen, sollte das System einerseits so gestaltet werden, dass die Belastung des arbeitenden Menschen durch die Arbeitsaufgabe, die Arbeitsumgebung und die anthropometrische Gestaltung innerhalb eines vereinbarten Komfortbereichs bleibt. Andererseits sollten die Schnittstellen zwischen Mensch und Maschine (d. h. Aufgaben, Anzeigen und Stellteile) in solcher Weise gestaltet werden, dass die Beanspruchungen annehmbar bleiben.

4.3.1 Menschen

Die Rolle der Menschen in einem System ist es, eine Maschine zu bedienen oder mit ihr in Wechselwirkung (Interaktion) zu treten, um ein bestimmtes Ergebnis zu erzielen. Selbst in einem automatisierten System ist der Mensch Teil des Systems, dies ergibt sich aus der Konstruktion, der Instandhaltung und den Funktionen zur Überwachung des Systems.

Menschen haben eine Reihe physisch kognitiver und psychologischer Eigenschaften, die von Mensch zu Mensch variieren können; diese Eigenschaften stellen jedoch grundsätzliche Einschränkungen der menschlichen Fähigkeiten dar, die bei der Systemgestaltung und Entwicklung berücksichtigt werden müssen.

Zu den physischen Einschränkungen gehören:

- anthropometrische und biomechanische Einschränkungen,
- sensorische Einschränkungen (z. B. die Menge der Signale, die erfasst und einzeln unterschieden werden können).

Zu den kognitiven Einschränkungen gehören:

- die erforderliche Zeit zwischen dem Erkennen eines Signals und einer hierauf reagierenden Handlung. Dies kann von wenigen hundert Millisekunden für fertigkeitbasierte Handlungen mit quasi automatischer Reaktion (Spontanreaktion ohne Überlegung) dauern bis zu mehreren Sekunden oder Minuten, wenn überlegt oder analysiert werden muss.
- Einschränkungen durch Kurzzeitgedächtnis. Lediglich 5 bis 7 Informationen können im Kurzzeitgedächtnis behalten werden. Für größere Informationsmengen müssen mentale Modelle oder Muster im Langzeitgedächtnis gebildet werden.
- Einschränkungen durch die Informationsmenge, die gleichzeitig verarbeitet werden kann,
- Unfähigkeit, sich wirksam auf mehr als eine Aufgabe gleichzeitig konzentrieren zu können oder Informationen parallel zu verarbeiten,
- möglicher Verlust der situativen Aufmerksamkeit. Dies kann zu Handlungen aufgrund einer falschen Wahrnehmung der Realität führen.

Zu den psychologischen Einschränkungen gehören:

- Leistungsver schlechterung aufgrund physischer und mentaler Müdigkeit oder Langeweile,
- Neigung zu emotional bedingten Entscheidungen und Handlungen und nicht begründete Reaktionen, insbesondere in Belastungssituationen.

Da diese menschlichen Eigenschaften durch konstruktive Maßnahmen von einem System nicht ferngehalten werden können, muss die Aufteilung der Aufgaben zwischen Personen und den technischen Komponenten eines Systems und der Gestaltung eines technischen Systems und der Schnittstellen beachtet werden.

4.3.2 Maschine

Die Gestaltung der Maschine muss sich danach richten, welche Leistung von ihr in den vorgegebenen Umgebungen gefordert wird. Damit das Gesamtsystem wirksam arbeiten kann, müssen die Schnittstellen und Interaktionen zwischen der Maschine und den mit dieser Maschine arbeitenden Personen in allen Lebenszyklusstufen vom Entwurf bis zur Entsorgung die fundamentalen menschlichen Eigenschaften und die auszuführenden Aufgaben berücksichtigen.

4.3.3 Umgebungsfaktoren

Physikalische Umgebungsfaktoren, wie Beleuchtung, Lärm, mechanische Schwingungen, Klima, Schmutz und Nässe, Feuchte, Luftdruck, giftige Gase und Strahlung können auf die Menschen einwirken und sich somit auch auf die Systemzuverlässigkeit auswirken. Diese Umgebungsfaktoren können die Fähigkeiten der Menschen direkt beeinflussen (z. B. Lärm, giftige Gase usw.) oder sie können sich auf die Interaktionen zwischen den mit dieser Maschine arbeitenden Personen und der Maschine (z. B. mechanische Schwingungen) auswirken. Schließlich können sie die Maschine selbst beeinflussen (z. B. Seitenwind beim Autofahren). Es muss berücksichtigt werden, dass diese Faktoren neben diesen störenden Eigenschaften auch Rückmeldeigenschaften haben (z. B. das Geräusch beim Führen eines Kfz), durch die die Fähigkeit des Menschen (z. B. des Fahrzeugführers), wirksam die Maschine zu bedienen, verbessert wird.

4.3.4 Aufbau- und Ablauforganisation

Organisationsstruktur, Arbeitsabläufe und soziale Merkmale beeinflussen ebenfalls die Leistungsfähigkeit und Leistungsbereitschaft der Organisationsmitglieder und somit die Systemleistung. Diese Merkmale müssen so gestaltet werden, dass sie wirksam die menschliche Leistung unterstützen. Merkmale der Aufbauorganisation sind unter anderem die Aufgabenübertragung (Delegation), Entscheidungsbefugnisse, Informations-, Kommunikations- und Entscheidungswege sowie die Anzahl der Hierarchieebenen. Merkmale der Ablauforganisation sind dabei unter anderem die Art des Arbeitsablaufs und der Schichtarbeit, die Arbeitszeit, die Arbeitsplanung und Arbeitsdurchführung.

Die Rolle des Operators kann entweder überwachender Art sein (z. B. in einer Prozesswarte oder in einer Verkehrsleitstelle), oder er kann aktiv in das Geschehen eingreifen (z. B. Maßnahmen nach einem Verkehrsunfall ergreifen).

Hinzu kommen weitere Merkmale wie Führungsverhalten, Partizipation, Sicherheitskultur, Betriebs- und Gruppenklima, die sich ebenfalls auf das System auswirken können.

4.3.5 Rückmeldung von der Maschine zum Menschen

Richtige Rückmeldung ist ein wichtiges Merkmal einer auf Zuverlässigkeit ausgerichteten Systemgestaltung. Rückmeldung erfolgt direkt von der Maschine zum Operator durch Anzeigen und Stellglieder und über das Ergebnis (den Ausgang) des Gesamtsystems. Rückmeldung ist aus einer Reihe von Gründen ein wichtiges Merkmal. Sie ermöglicht einer Person, ein unerwünschtes Verhalten der Maschine oder des Gesamtsystems zu korrigieren, entweder, um die Leistung zu verbessern, oder um unerwünschte Aktionen zu korrigieren. Umgekehrt kann das Ausbleiben von Rückmeldungen zu Fehlhandlungen führen; wenn beispielsweise ein Rechner nach drücken der Lösch taste nur sehr langsam eine optische Rückmeldung produziert, neigt der Operator zur Wiederholung dieser Handlung. Rückmeldung kann auch bewirken, dass eine Aufgabe genauer ausgeführt wird; so kann beispielsweise der Gegendruck eines Bremspedals dem Fahrzeugführer zu weicherem Bremsen veranlassen. Rückmeldung von der Maschine oder dem System erhöht außerdem das situative Bewusstsein.

4.4 Leistungsbeeinflussende Faktoren

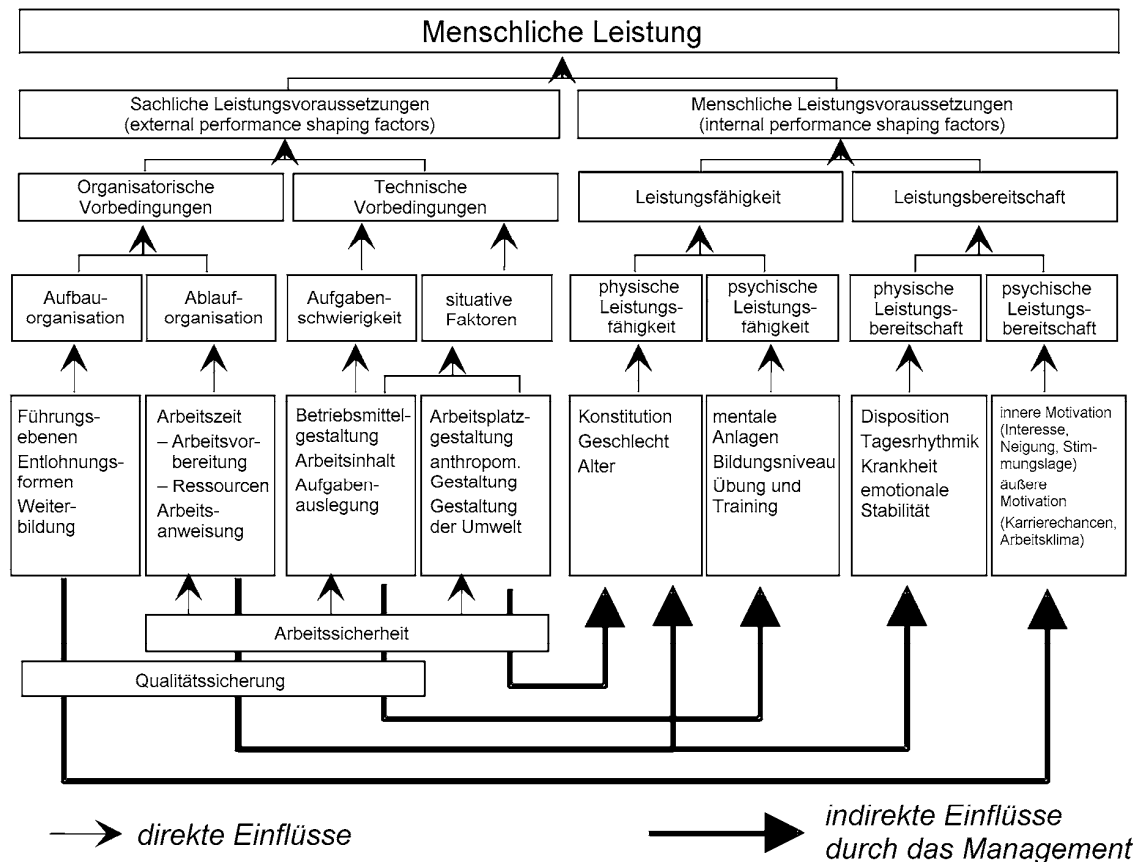


Bild 2 – Leistungsbeeinflussende Faktoren

Die Leistung und Zuverlässigkeit der Menschen innerhalb eines Systems hängt von einer Reihe interner und externer Bedingungen ab, die von Person zu Person und abhängig von der Zeit variieren können. Alle Einflussfaktoren auf die Fähigkeit des Menschen, eine Aufgabe zuverlässig durchzuführen, werden leistungsbeeinflussende Faktoren (en: performance shaping factors, PSF) genannt. In Bild 2 wird an einigen Beispielen zwischen externen, (sog. sachlichen) und internen, (sog. menschlichen) leistungsbeeinflussenden Faktoren unterschieden.

4.4.1 Sachliche Leistungsvoraussetzungen

Sachliche (externe) leistungsbeeinflussende Faktoren entstehen durch organisatorische und technische Vorbedingungen. In vielen Fällen der organisatorischen Vorbedingungen können die leistungsbeeinflussenden Faktoren nur verbal beschrieben werden. Im Falle der technischen Vorbedingungen ist in den meisten Fällen eine quantitative Beschreibung möglich (z. B. Lärm).

Eine optimale Gestaltung der sachlichen leistungsbeeinflussenden Faktoren kann eine positive Wirkung auf die Leistung haben.

4.4.2 Menschliche Leistungsvoraussetzungen

Bei den menschlichen oder internen leistungsbeeinflussenden Faktoren ist zu unterscheiden nach Leistungsfähigkeit und Leistungsbereitschaft. Sie stellen individuelle Faktoren dar, die durch physiologische und psychologische Möglichkeiten und Bereitschaften der Menschen hervorgerufen werden.

Dabei ist zu unterscheiden nach Größe und Stärke, nach Talent, Fähigkeit und Qualifikation, Erfahrung und Kenntnissen, psychologischen Variationen und motivierenden Faktoren.

4.5 Benutzerorientierte Gestaltung

Bei der benutzerorientierten Systemgestaltung ist benutzerbezogen vorzugehen, d. h. es ist auf die menschliche Leistungsfähigkeit und die menschlichen Einschränkungen zu achten, um so die Leistung des Gesamtsystems zu verbessern.

Systeme sollten so gestaltet werden, dass das Potential für menschliche Fehlhandlungen minimiert wird und die Systeme fehlertolerant ausgelegt werden. Um eine annehmbare menschliche Zuverlässigkeit zu erreichen, muss bei der Gestaltung auf alle für den Menschen relevanten Sachverhalte geachtet werden. Dies erfordert:

- alle relevanten Bedürfnisse der Benutzer, Instandhalter und anderer Interessenvertreter ermitteln und festlegen;
- das Umfeld festlegen, in dem das System eingesetzt und instandgehalten werden soll, einschließlich der Eigenschaften der Benutzer, der Aufgaben und der Arbeitsumgebung;
- die Leistungsanforderungen an die Benutzer so festlegen, dass die Systemziele in allen Stufen des Lebenszyklus erreicht werden können;
- mögliche Quellen menschlicher Fehlhandlungen der Operateure, Instandhalter und Anderer ermitteln, die in den verschiedenen Lebenszyklusphasen Teil des Systems sind.

Bei der benutzerorientierten Gestaltung bedient man sich der Wissensbasis über die menschlichen Einflussfaktoren und wendet dieses Wissen auf die Gestaltung von Benutzerbezogenheit, Fehlerresistenz und Fehlertoleranz an. Durch Anpassung geeigneter Technologien zur Reduzierung der Anforderungen an die menschliche Leistungsfähigkeit wird der Betrieb Mensch-System verbessert.

Eine an den Benutzerbedürfnissen und Merkmalen orientierte Systemgestaltung verbessert nicht nur die menschliche Zuverlässigkeit, sondern hat auch weitere Vorzüge:

- Erhöhung der Produktivität, Verbesserung der Leistung und Erreichung einer größeren Zufriedenheit der Benutzer;
- Verringerung von Konstruktions- und Betriebsfehlern;
- Vereinfachung von Systembetrieb und Instandhaltungsprozeduren;
- Verringerung von Zeitaufwand für die Unterstützung der Benutzer;
- Verringerung des Bedarfs an speziellen Schulungen;
- Verringerung des Risikos schwerer Unfälle;
- Kostenvermeidung und Verringerung der Lebenszykluskosten.

4.6 Vergleich zwischen Mensch und Maschine

Nachfolgend werden im Überblick die menschlichen Fähigkeiten mit den Fähigkeiten von Maschinen verglichen.

- a) Menschen sind Maschinen in folgenden Punkten überlegen:
 - Fähigkeit, Licht- oder Geräuschemuster zu erkennen;
 - Fähigkeit, zu improvisieren und flexibel vorzugehen;
 - Fähigkeit, große Informationsmengen langfristig zu speichern und relevante Informationen im richtigen Zeitpunkt abzurufen;
 - Fähigkeit, induktiv (konstruktiv, aufbauend) zu schlussfolgern;
 - Fähigkeit, abzuwägen.
- b) Maschinen sind Menschen in folgenden Punkten überlegen:
 - Fähigkeit, geringe visuelle und akustische Energiemengen in einem breiten Bereich zu erkennen;
 - Fähigkeit, schnell auf Steuersignale zu reagieren und große Kräfte sanft und präzise einzusetzen;
 - Fähigkeit, sich wiederholende und Routineaufgaben durchzuführen;
 - Fähigkeit, Informationen kurzfristig zu speichern und diese anschließend vollständig zu löschen;

- Fähigkeit, deduktiv (ableitend) zu schlussfolgern, auch hinsichtlich der Rechenfähigkeit
- Fähigkeit, hochkomplexe Operationen durchzuführen und viele unterschiedlich Sachen gleichzeitig zu tun.

Die Hauptunterschiede zwischen Menschen und Maschinen sind:

- Maschinen können geändert, modifiziert, umgestaltet und nachgerüstet werden, während dies bei Menschen nicht möglich ist. Menschen kommen mit angeborenen, genetisch bestimmten Unterschieden auf die Welt, die durch die Umwelt geformt werden. Angeborene Fähigkeiten werden durch Erziehung und Übung (Schulung) weiterentwickelt;
- Maschinen können so gefertigt werden, dass diese identisch sind und exakte Ergebnisse liefern und genau gleich funktionieren. Menschen sind nicht identisch und haben sehr unterschiedliche sensorische, kognitive, physische und Leistungseigenschaften und Merkmale. Spezielle Aspekte menschlicher Leistung können jedoch durch Erziehung und Schulung aneinander angenähert werden.

4.7 Sicherheitskritische Systeme

Ein sicherheitskritisches System kann ein Rechner, ein elektronisches, mechanisches oder ein elektromechanisches System sein, durch dessen Ausfall Menschen verletzt oder gar zu Tode kommen können. Bei der Gestaltung sicherheitskritischer Systeme müssen sowohl der Regelbetrieb als auch der Betrieb in Gegenwart möglicher Fehlzustände, wobei der Operateur möglicherweise Entscheidungen unter Belastung trifft, betrachtet werden. Es ist wichtig, dass man sich bei der Gestaltung überlegt, wie der Mensch in Gegenwart aller möglichen und denkbaren abnormalen Situationen reagieren würde, um die Schnittstelle so zu gestalten, dass die Möglichkeiten potentieller Fehlinterpretationen minimiert werden.

In Notfällen ist die menschliche Entscheidungsfähigkeit eingeschränkt, und Anzeigen und Instrumente können falsch interpretiert werden. Die Wahrscheinlichkeit, dass der Mensch in solchen Fällen dennoch in richtiger Weise entscheidet, kann durch folgende Maßnahmen erhöht werden:

- Notsituationen an Prototypen-Schnittstellen simulieren und dabei das menschliche Verständnis bewerten. Anhand der erhaltenen Rückmeldung diese Schnittstelle verbessern;
- sollte dennoch eine potentielle Verwirrung weiterhin möglich sein, müssen die Operateure geschult werden, wie sie sich in solchen Situationen zu verhalten haben;
- solche Mitarbeiter aussuchen, die in Stresssituationen bei vielen gleichzeitigen Aufgaben dennoch wirksam arbeiten.

Die Verwendung benutzerbezogener Entwurfsverfahren in den frühen Entwicklungsstufen hat einen tief greifenden Einfluss auf eine verbesserte menschliche Zuverlässigkeit, führt zu optimierter Leistung des Gesamtsystems und maximiert die Kapitalverzinsung.

4.8 Grundsätze benutzerbezogener Gestaltung

Nachfolgende Grundsätze einer benutzerbezogenen Gestaltung tragen zu einer besseren menschlichen Zuverlässigkeit und Systemzuverlässigkeit bei:

- a) Leistungsbereitschaft:
 - das System haltbar, zuverlässig und für den beabsichtigten Einsatz anwendbar machen;
 - Funktionen zwischen Personen und der Technik geeignet aufteilen;
 - die physisch kognitiven und psychologischen Eigenschaften der Benutzer angemessen berücksichtigen
 - Tests mit Benutzern.
- b) Einfachheit:
 - einfach gestalten;
 - Schulung minimieren;
 - Funktionen offensichtlich machen.

E DIN IEC 62508 (VDE 0050-2):2008-05

- c) Nachhaltigkeit:
 - das System folgerichtig gestalten und entwerfen;
 - die von den Benutzern gemachte Erfahrung mit bereits realisierten Objekten und ähnlichen Systemen konsequent umsetzen.
- d) Standardisierung:
 - Hardware und Software möglichst standardisieren;
 - identische Schnittstellen für identische Funktionen verwenden;
 - Stellglieder, Anzeigen, Markierungen, Kodierungen, Kennzeichnungen und Anordnungen einheitlich gestalten;
 - Erscheinungsbild markant und unverwechselbar machen;
 - Begriffe, Aussehen und Haptik (Griffigkeit) vereinheitlichen;
 - funktional ähnliche Geräte austauschbar machen.
- e) Sicherheit:
 - sicherheitsrelevante Faktoren bei der Gestaltung berücksichtigen;
 - System ausfallsicher (en: fail-safe) gestalten;
 - System gegen Irrtümer resistent und tolerant machen;
 - vor potentiell unsicheren Handlungen warnen;
 - Notfallprozeduren vorsehen.
- f) benutzerbezogene Perspektive:
 - die Rolle der Benutzer, ihre Verantwortlichkeit, Entscheidungen und Ziele verstehen;
 - Rückmeldung hat rechtzeitig und informativ zu erfolgen;
 - gewohnte (übliche) Begriffe und Bilder verwenden;
 - System entsprechend den Fähigkeiten der Benutzer gestalten;
 - menschliche Leistung maximieren;
 - Schulungsanforderungen minimieren;
 - Weitergabe vorhandener Fähigkeiten erleichtern;
 - physische Diversität anstreben.
- g) Instandhaltungsunterstützung:
 - gegebenenfalls Logistikunterstützung bereitstellen;
 - gemeinsame Werkzeuge anstreben;
 - System leicht instandhaltbar und zugänglich machen.

Anhang B enthält einen Überblick über den Einfluss einer die menschlichen Faktoren berücksichtigenden Gestaltung und deren Auswirkung auf die Systemzuverlässigkeit in besonderen Situationen.

4.9 Benutzerorientierte Gestaltung

Bei der benutzerorientierten Gestaltung wird das gesamte System hin auf die Belange und Bedürfnisse des Benutzers und anderer Interessenvertreter entwickelt. Das Ziel ist die Maximierung der Leistung des Gesamtsystems.

Unabhängig vom Entwicklungsprozess und der Verantwortlichkeiten und der zugewiesenen Rollen sind bei der Umsetzung einer benutzerorientierten Vorgehensweise folgende Punkte zu beachten:

- a) in die gesamte Systementwicklung die Benutzer mit einbeziehen;
- b) die Anforderungen an die Benutzer, an die Aufgaben und an die Umgebung müssen klar und explizit verstanden werden;
- c) die Erfahrung der Benutzer in die Gestaltung und Entwicklung mit einbeziehen;

- d) Konstruktionsvorschläge schrittweise mit Hilfe typischer Benutzer danach beurteilen, wie diese mit den Anforderungen in Einklang stehen;
- e) multi-disziplinäre Fähigkeiten und Perspektiven an der Gestaltung und Entwicklung mit beteiligen.

4.9.1 Tätigkeiten bei einer benutzerbezogenen Gestaltung

Im Rahmen eines auf benutzerbezogene Gestaltung ausgerichteten Entwicklungsprojekts gibt es fünf durchzuführende Tätigkeiten. Diese Tätigkeiten finden in allen Projektphasen statt und schwanken (Tiefe und Breite) je nach Projektfortschritt.

Diese Tätigkeiten sind:

- a) die benutzerorientierte Gestaltung planen;
- b) den Verwendungszusammenhang des Produkts analysieren, verstehen und festlegen;
- c) die Art der Benutzer und die Anforderungen an deren Organisation festlegen;
- d) das aktuelle Wissen über menschliche Einflussfaktoren bei der Gestaltung anwenden, damit diese Anforderungen eingehalten werden können;
- e) die gewählte Gestaltung bzw. die entwickelte Konstruktion daraufhin beurteilen, ob sie die Anforderungen erfüllt und diese gegebenenfalls entsprechend ändern.

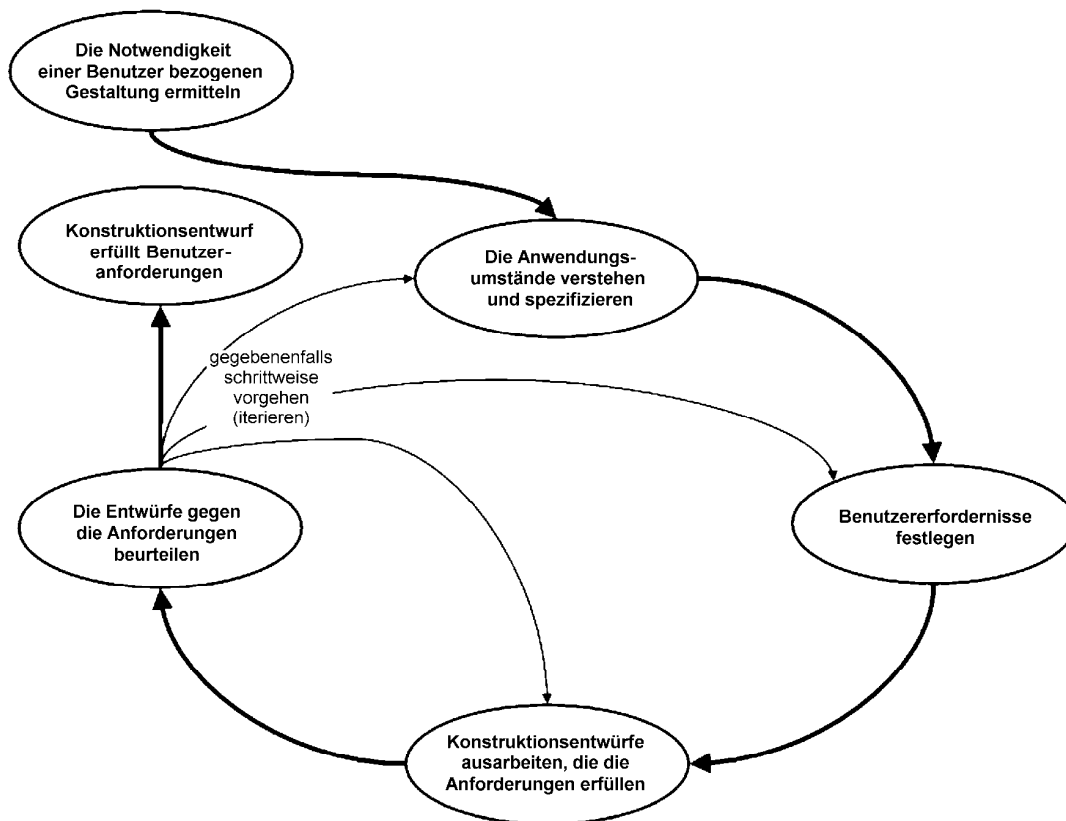


Bild 3 – Tätigkeiten bei einer benutzerbezogenen Gestaltung

In der Praxis können sich diese Tätigkeiten überlappen oder können ganz bestimmte Phasen darstellen. Nachfolgende Tätigkeiten können ebenfalls die in früheren Phasen gemachten Annahmen modifizieren. Bild 3 (aus ISO 9241-210) beschreibt die Beziehungen zwischen den einzelnen Tätigkeiten.

5 Benutzerorientierte Gestaltung im Systemlebenszyklus

5.1 Überblick

Die Tätigkeiten bei einer benutzerbezogenen Gestaltung sollten in die Systementwicklung und in die Systemlebenszyklusprozesse integriert werden. Die IEC 60300-3-15 entlehnte Systemlebenszykluskonzeption (siehe Bild 4) zeigt die wichtigsten menschlichen Einflussfaktoren auf den Systemlebenszyklus. Die einzelnen Phasen des Systemlebenszyklus sind nachfolgend kurz beschrieben.

In der *Konzeptions-/Definitionsphase* werden die Marktbedürfnisse ermittelt, die Einsatzbedingungen und der Zeitrahmen ermittelt und festgelegt, vorläufige Anforderungen an das System festgelegt und mögliche Entwurfslösungen durch das Ausarbeiten technischer Spezifikationen für den Systementwurf untermauert. Zu den Prozesstätigkeiten gehören Festlegung und Analyse der Anforderungen, Architekturentwurf und Gestaltung und Bewertung der Funktionen, anhand derer die Systemspezifikationen für die oberen Ebenen erarbeitet werden.

In der *Entwicklungsphase* werden ausgewählte technische Entwürfe für die Realisierung der Systemfunktionen geplant und ausgeführt. Daraus leiten sich dann entsprechende Entwicklungstätigkeiten ab, wie technische Modelle erarbeiten, Prototypen konstruieren, Risiken bewerten und Schnittstellen zwischen System und Subsystemelementen ermitteln. Instandhaltungsbedürfnisse sollten in dieser Phase ebenfalls ermittelt werden, damit bereits im ersten Systementwurf ein geeigneter Zugang realisiert wird.

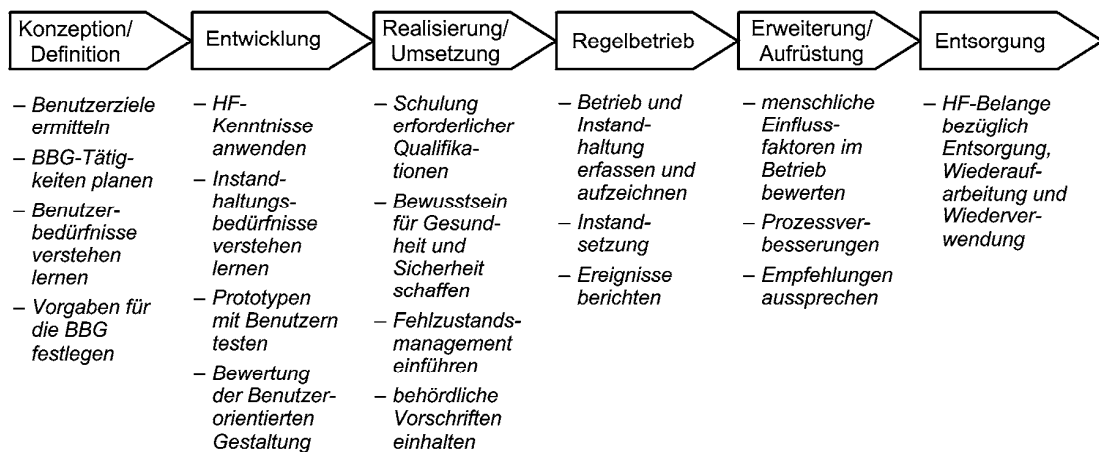
In der *Realisierungs-/Umsetzungsphase* wird darüber entschieden, ob Subsystemelemente selber entwickelt oder gegebenenfalls erworben werden sollen. Zu den Realisierungsbemühungen gehören Tätigkeiten zu Technologieeinsatz, Herstellung, Verpackung und Versorgungsbereitschaft; damit soll der vollständige Übergang vom Systementwurf zum spezifizierten Produkt oder den Subsystemelementen sichergestellt werden. Die so realisierten Produkte oder Elemente können aus einer Kombination von Hardware- und Softwarefunktionen bestehen. Zur Umsetzung gehören Tätigkeiten wie Integration der Systemfunktionen, Verifizierung der Subsysteme und Installation des Systems.

In der Phase des *Regelbetriebs* wird das System in Dienst gestellt und seine Betriebsfähigkeit durch Instandhaltung sichergestellt. Zu den Tätigkeiten in dieser Stufe gehören das Betreiben und Instandhalten des Systems zur Erbringung der Systemleistung entsprechend den Vorgaben des Systempflichtenheftes, die Schulung des Betriebs- und Instandhaltungspersonals zur Aufrechterhaltung ihrer Qualifikationen, der Aufbau einer Schnittstelle zu den Kunden und deren Betreuung, das Systemverhalten und dessen Leistung erfassen und aufzeichnen und über Ausfälle berichten und rechtzeitig korrektive und vorbeugende Maßnahmen einleiten.

In der Phase der *Erweiterung/Aufrüstung* wird die Systemleistung durch zusätzliche Merkmale verbessert und um Funktionen erweitert, um den wachsenden Kundenbedürfnissen nachzukommen. Zu den Tätigkeiten in dieser Phase gehören Softwareupgrade, zusätzliche Hardware nachrüsten, Aus- und Weiterbildung, Prozeduren vereinfachen, um die betriebliche Leistungsfähigkeit zu verbessern, Obsolesenzmanagement, Organisationsstrukturen an bessere Zweckdienlichkeit und Mehrwert für den Kunden anpassen.

In der *Entsorgungsphase (Außerbetriebnahme/Außerdienststellung)* wird die Existenz der Systemeinheit, also der Anlage, beendet. Nachdem die Dienstleistung an den Kunden eingestellt wurde, kann das System zerlegt, anderweitig verwendet oder möglichst ohne Auswirkung auf die Umwelt entsorgt werden.

Systemlebenszyklusphasen



Legende: BBG benutzerbezogene Gestaltung (en: HCD: Human centred design)
HF menschliche Einflussfaktoren (en: HF Human Factors)

Bild 4 – Menschliche Einflüsse auf den Systemlebenszyklusprozess

5.2 Integration der benutzerorientierten Gestaltung in die Systementwicklung

Mit der Integration der benutzerorientierten Gestaltung in die Systementwicklung wird beabsichtigt, die Interessen und Bedürfnisse der mit dem System arbeitenden einzelnen Personen und Gruppen zu berücksichtigen. Dies führt zu folgenden Ergebnissen:

- Projekte erfüllen die sich aus der Mensch-System-Interaktion ergebenden Belange und berücksichtigen mögliche Risiken;
- das System bekommt einen Lebenszyklus, geplante Phasen und Versorgung mit Mitteln, durch die Risiken durch menschliche Einflussfaktoren in kostenwirksamer Weise bekämpft werden;
- die Belange der Interessenvertreter am System werden der Entwicklungsorganisation mitgeteilt;
- die Zuverlässigkeit des Gesamtsystems wird verbessert.

Die Integration der benutzerorientierten Gestaltung in die Systementwicklung erfolgt in allen Systemlebenszyklusphasen, insbesondere während der Entwicklungs-, Realisierungs-/Umsetzungs- und Regelbetriebsphasen. Während dieser Phasen hat eine benutzerorientierte Gestaltung den größten Einfluss auf die Entwicklungstätigkeiten zu Entwurfsverbesserungen, Sicherheitsmerkmalen, Auswirkungen durch Automatisierung, Abwägung zwischen der menschlichen und der Systemleistung, Benutzerfreundlichkeit und Arbeitsbelastung.

Die wichtigsten Tätigkeiten beinhalten

- ein umfassendes Verständnis für die Bedürfnisse der Benutzer und Benutzerorganisationen zu erwerben,
- durch das Mitwirken von Menschen im System bedingte Zuverlässigkeitsrisiken zu ermitteln,
- die leistungsbeeinflussende Faktoren zu ermitteln (siehe 4.3),
- das Wissen über menschliche Einflussfaktoren auf den Entwurf anzuwenden, um so eine optimale menschliche Leistung zu erzielen und Risiken zu minimieren,
- die vorgeschlagenen Entwürfe unter Berücksichtigung der von den Benutzern erhaltenen Rückmeldungen iterativ zu verbessern.

6 Benutzerorientierte Gestaltung je Lebenszyklusphase

6.1 Überblick

Anhang C enthält eine Liste der erforderlichen Tätigkeiten für die Umsetzung einer benutzerorientierten Gestaltung je Lebenszyklusphase des Systems. Diese Tätigkeiten sind in diesem Abschnitt zusammengefasst.

6.2 Konzeption/Definition

6.2.1 Konzeptionsphase

In der Konzeptionsphase sollte ein klares Verständnis der Ziele erworben werden, die der Benutzer oder die Benutzerorganisation durch den Einsatz des Systems erreichen möchte, um die Realisierbarkeit dieser Ziele zu bewerten und um mögliche Risiken zu ermitteln, die in Spezifikationen aufgenommen und die während der Entwicklung berücksichtigt werden sollten. Zuverlässigkeitsforderungen an das System werden festgelegt, da dies die Art und Weise, wie Menschen im System eingesetzt werden, betreffen kann.

6.2.2 Planung der benutzerbezogenen Gestaltung

Für die Ausarbeitung einer Strategie, wie der Aufwand für die benutzerbezogene Gestaltung so erbracht werden kann, dass damit die Systementwicklung und der Systembetrieb bestmöglich unterstützt werden, wird ein Plan für die benutzerbezogene Gestaltung benötigt. Damit wird angestrebt, die Belange der benutzerbezogenen Gestaltung so anzusprechen, dass die Leistung des Gesamtsystems verbessert und die Entwicklungs- und Lebenszykluskosten reduziert werden. Dies wird dann erreicht, wenn die menschliche Leistung während des Systembetriebs und der damit verbunden Instandhaltung in der Einsatzumgebung des Systems optimiert wird. Bei der Planung sollte Folgendes getan werden:

- Ableiten der Ziele für die benutzerbezogenen Tätigkeiten aus den Gesamtzielen der Organisation für das System;
- Bestimmung der für die benutzerbezogene Gestaltung vorgesehenen Mittel. Dies sollte von dem Risikoniveau abhängen, dem das Projekt in jeder Phase ausgesetzt wäre, würden keine benutzerbezogenen Methoden eingesetzt;
- Festlegung darüber, wie und wann benutzerbezogene Tätigkeiten in den Gesamtlebenszyklus des Systems integriert werden und wie daraus resultierende Ergebnisse in dem Systemlebenszyklus weiter berücksichtigt werden;
- Entscheidung darüber, welche Methoden eingesetzt werden und Bekanntsein, wie diese zum Lebenszyklus passen;
- Erlaubnis zur Iteration, soweit erforderlich;
- Ermittlung des Bedarfs und gegebenenfalls der Kosten für eine Benutzerbeteiligung;
- Festlegung der Art der erwarteten Ergebnisse und Erfolgskriterien für jede Tätigkeit;
- Ermittlung besonderer Qualifikationen und Planung, wie diese erhalten werden können.

Ein Plan für die benutzerbezogene Gestaltung sollte früh in der Konzeptions-/Definitionsphase des Systemlebenszyklus ausgearbeitet werden, damit dieser effektiv auf die Systemdefinition und allgemeine Entwicklung einwirken kann. Der auf den benutzerbezogene Plan sollte Teil des Gesamtsystemplanes sein.

6.2.3 Verständnis der Bedürfnisse

Die Rolle aller Interessenvertreter, die möglicherweise durch das System betroffen sein könnte (einschließlich Benutzergruppen und Instandhalter) sollte ermittelt und die von ihnen zu erbringenden Arbeiten sollten analysiert werden. Das Maß, inwieweit Brauchbarkeit und fehlerhandlungsfreies menschliches Verhalten wichtig sind, sollte erarbeitet werden. Der allgemeine Verwendungszusammenhang des Systems sollte ermittelt werden, dies schließt die Umgebungsfaktoren (siehe 4.3.3), die organisatorischen Strukturen, Aufgaben und Ablauforganisation (siehe 4.3.4) ein. Um diese Informationen zu erhalten, können möglicherweise Besuche vor Ort nötig sein.

6.2.4 Systemerfordernisse

Mit der Aufnahme menschlicher Belange in das Systempflichtenheft wird Folgendes bezweckt:

- Einbringung von Eingaben aus Sicht der benutzerbezogenen Gestaltung für die Entwicklung der Systemspezifikationen;
- Aufnahme von Forderungen nach benutzerbezogener Gestaltung in den Qualitätssicherungsprozess;
- Berücksichtigung von Forderungen nach benutzerbezogener Gestaltung bei der Auftragsvergabe (Vergabe nach Außen, Unteraufträge);
- Erstellung von auf den Benutzer bezogenen Prozeduren für den Systembetrieb und die Systeminstandhaltung.

Hiermit wird beabsichtigt, ein auf die Benutzer bezogenes, fehlerfreies und fehlertolerantes System zu erreichen, das für einen wirksamen Systembetrieb geeignet ist:

- Anforderungen aus Sicht der Benutzer sollten zusammen mit potentiellen Benutzern erarbeitet werden.
- Das beabsichtigte Verhalten und Leistung des Systems im Hinblick auf die Benutzer sollte erarbeitet werden.

6.2.5 Anforderungen an eine benutzerbezogene Gestaltung

Für das Anwendungsszenarium und die Aufgabenanalyse (Missionsanalyse) des betrachteten Systems wird die Festlegung der Erfordernisse einer benutzerbezogenen Gestaltung benötigt. Durch die Analyse der benutzerbezogenen Erfordernisse erhält man Informationen und Angaben, mit denen man

- die Belange der benutzerbezogenen Gestaltung bei der Systemanwendung und Betriebsszenarium bestimmen kann,
- benutzerbezogene Gestaltungsprinzipien in den Systemzusammenhang integrieren kann und mit denen man
- die benutzerbezogene Gestaltung so zuschneiden kann, dass die Systemerfordernisse erfüllt werden.

Anforderungen an eine benutzerbezogene Gestaltung sollten Folgendes enthalten:

- Rolle und Verantwortlichkeiten der Operateure und Instandhalter;
- Angaben, wie die Mensch-System-Schnittstelle die menschliche Leistungsfähigkeit und Wirksamkeit beeinflusst;
- Angaben zum Kontext, in dem das System eingesetzt werden wird, einschließlich der Umgebungsfaktoren (siehe 4.3.3) und der Aufbau- und Ablauforganisation (siehe 4.3.4);
- Angaben, wie die Systemleistung gemessen werden kann, einschließlich der Leistung der Operateure und Instandhalter;
- Angaben, wie der Systementwurf sich auf die Mensch-System-Interaktionen auswirkt;
- Angaben, wie die Systemeinsatzbedingungen sich auf die Personalressourcen und auf die Personalanforderungen auswirken.

Die Anforderungen an eine benutzerbezogene Gestaltung sollte den Interessenvertretern vorgestellt werden und deren Rückmeldung sollte erbeten werden. Die Anforderungen dürfen anhand von Einsatzszenarien präsentiert werden. Der Vorzug solcher Szenarien ist die leichte Prüfbarkeit und Verständlichkeit für andere Projektinteressenten.

Die Analyse der Anforderungen an eine benutzerbezogene Gestaltung sollte im Zusammenhang mit dem Plan für die benutzerbezogene Gestaltung während der Konzeptions-/Definitionsphase des Systemlebenszyklus durchgeführt werden. Dadurch wird der Prozess der Anpassung an bestimmte Projektbedürfnisse bei der Systemdefinition erleichtert. Der Anpassungsprozess ist in IEC 60300-2 beschrieben.

6.3 Entwicklung

Die Analyse der benutzerbezogenen Gestaltung während der Systementwicklung geschieht in der Entwicklungsphase des Systemlebenszyklus. Das Ziel dieser Analyse ist sicherzustellen, dass

- die Mensch-System-Fähigkeiten und -Einschränkungen sauber in den Systemerfordernissen behandelt sind,
- man durch die Leistungsmerkmale des Mensch-Maschine-Systems brauchbare Informationen zu alternativen Entwürfen erhält,
- die menschliche Zuverlässigkeit und damit verbundene Risiken ermittelt und bewertet werden und ausreichend bei der Entwicklung berücksichtigt werden.

In den Systemspezifikationen und in den Betriebs- und Instandhaltungsprozeduren sollten nachfolgende Punkte behandelt werden:

- menschliche Leistung wie etwa menschliche Fähigkeiten und Einschränkungen (siehe 4.3.1), Arbeitsbelastung, Funktionszuweisung, Hardware- und Softwareentwurf, Entscheidungshilfen, Umwelteinschränkungen und Verhältnis Teamleistung zu Einzelleistung;
- Schulungsbedürfnisse wie Schulungsdauer, Wirkungsgrad der Schulung, Auffrischung von Qualifikationen, Schulungshilfsmittel und Geräte und in die eigentliche Arbeit eingebettete Schulung;
- Personalerfordernisse wie Personalstärke, Zusammensetzung des Teams und Organisationsstruktur;
- Personalauswahl wie Mindestbefähigung, Spezialwissen, Kompetenz und Erfahrung;
- Gesundheits- und Sicherheitsrisiken, die in den nachfolgenden Phasen des Lebenszyklus auftauchen könnten. Zu solchen Sachverhalten gehören gefährliche Materialien und Bedingungen, eine auf sicheren Betrieb ausgelegte Konstruktion, biomedizinische Einflüsse, Schutzvorrichtungen, Warnhinweise und Alarmvorkehrungen.

Das System sollte auf die Einhaltung folgender Punkte bewertet werden: den ergonomischen Wissensstand, Gestaltungsanleitungen, Normen, Anleitungen, behördliche Vorschriften und Gesetze und Hinweise der Benutzer zur Brauchbarkeit des Entwicklungssystems. Das System sollte daraufhin geprüft werden, ob es die Erfordernisse der Benutzer und die in den Spezifikationen vorgegebenen Aufgaben und Umweltbedingungen einhält. Hierzu kann ein Prototyp in einer simulierten Einsatzumgebung benutzt und damit die Interaktion der Menschen mit dem Konstruktionsvorschlag geprüft werden. Für komplexere Systeme und Komponenten, bei denen die menschlichen Interaktionen von besonderer Bedeutung sind, kann das System auch während der betrieblichen Einführung geprüft werden.

6.4 Realisierung/Umsetzung

In dieser Phase wird das Produkt gefertigt, die Systemkomponenten werden zusammengebaut und das Produkt wird betriebsbereit gemacht.

Zu den Tätigkeiten hinsichtlich der benutzerbezogenen Gestaltung gehören:

- Bewertung der Mensch-Maschine-Interaktionen im Lichte gemachter Erfahrungen;
- Durchführung einer detaillierten Bewertung der Risiken einschließlich der Risiken, die Menschen bei Betrieb und Instandhaltung darstellen (menschliche Zuverlässigkeit);
- Schulung;
- Stärkung des Gesundheits- und Sicherheitsbewusstseins;
- Aktivierung von Prozeduren, durch die Fehlzustände erkannt, behandelt und beseitigt werden können;
- Überprüfung der Einhaltung behördlicher Vorschriften;
- idealerweise Überprüfung des Systems im Rahmen der Entwicklung daraufhin, ob es die auf die Benutzer bezogenen Anforderungen einhält.

6.5 Regelbetrieb

Bei der Bewertung der benutzerbezogenen Gestaltung in der Phase des Regelbetriebs, also Betrieb und Instandhaltung, wird geprüft, ob die Belange der benutzerbezogenen Gestaltung in angemessener Weise in das System integriert worden sind und so zu einer wirksamen Betriebsleistung führen. Die Bewertung erfolgt durch das Prüfen des Systems und durch Verifizierung der Systemleistung. Dadurch soll der Nachweis erbracht werden, dass die Anforderungen an die benutzerbezogene Gestaltung in der Einsatzumgebung erfüllt werden. Bei der Bewertung der benutzerbezogenen Gestaltung sollte

- die menschliche Leistung bei kritischen Aufgaben gemessen werden,
- die Leistungsfähigkeit und Wirksamkeit der menschlichen Intervention festgestellt werden,
- auf den Benutzer bezogene Prüfergebnisse und Bewertungsdaten zur Beurteilung und Verbesserung aufbewahrt werden.

Die Ergebnisse der Bewertung der benutzerbezogenen Gestaltung sollten darauf hin analysiert werden, ob Empfehlungen für Konstruktionsänderungen angebracht sind, wie Vorschläge zur Verbesserung der menschlichen Leistung zu begründen sind oder ob ersatzweise weitere Schulungsmaßnahmen vorgeschlagen werden können.

Bei der benutzerbezogenen Gestaltung sollten gegebenenfalls auch Maßnahmen zur Integrierten logistischen Unterstützung (ILS) berücksichtigt werden. ILS ist eine strukturierte Vorgehensweise, wie Unterstützungsleistungen in den Systementwurf integriert werden können, um ein System in der Anfangsphase zu unterstützen und um die sich aus dem Lebenszyklus ergebenden Anforderungen zu ermitteln. Das Programm zur benutzerbezogenen Gestaltung liefert Angaben zum Personal, wie Anzahl, Art und Funktionen, für die logistische Unterstützung. Eine enge Abstimmung zwischen der benutzerbezogenen Gestaltung und den ILS-Programmen kann redundante Angaben und Daten verringern und zu einer wirksameren beidseitigen Nutzung von Informationen führen.

6.6 Erweiterung/Aufrüstung

In dieser Phase wird die Systemleistung dadurch verbessert, dass dem System weitere, von den Benutzern erwünschte Merkmale hinzugefügt werden.

Die Tätigkeiten im Rahmen der benutzerbezogenen Gestaltung sind hierbei:

- Zusammenstellung und Analyse von Berichten über das Systemverhalten und Erarbeitung von Folgerungen für die nächste Version des Systems;
- Prozessverbesserungen;
- Information der Interessenvertreter über vorgeschlagene Verbesserungsmaßnahmen.

Als Ergebnis könnte eine Kurzversion des Lebenszyklus zur Umsetzung dieser Erweiterung bzw. Aufrüstung angewendet werden.

6.7 Außerbetriebnahme

In dieser Phase wird die Systemeinheit/Anlage außer Dienst gestellt.

Die zu beachtenden Punkte und Tätigkeiten im Rahmen der benutzerbezogenen Gestaltung sind hierbei:

- menschliche Einflussfaktoren, die sich auf Entsorgung, Wiederaufarbeitung und Wiederverwendung auswirken;
- Identifizierung von Risiken, Gesundheits- und Sicherheitsbelangen, die im Zusammenhang mit der Außerbetriebnahme und Zerlegung des Systems/der Anlage stehen;
- Festlegungen, wie das Personal versetzt, entlassen oder mit anderen Aufgaben betraut wird;
- Konzept für das Aufbrechen sozialer Strukturen;
- Abschlussbesprechung und rückblickende Analyse für das Ersatzsystem.

6.8 Vergabe von Projekten nach Außen und dabei zu beachtende Belange einer benutzerbezogenen Gestaltung

Die Vorgaben an eine benutzerbezogene Gestaltung sollten in den Systemspezifikationen und Beschaffungsunterlagen enthalten sein. Dies ist für das System von entscheidender Bedeutung, damit dieses die vorgegebenen Ziele erreichen kann, also stimmiger Entwurf und beständige Leistung durch saubere Funktionszuweisung und Zusammenspiel von Hardware, Software und menschlicher Elemente in Entwicklung und Betrieb. Die Entwicklungsvergabe nach Außen von Subsystemen, die des Eingriffs von Menschen bedürfen, ist heute bei der Entwicklung komplexer Systeme und Erweiterungsprojekten eine übliche Vorgehensweise. Dabei können handelsübliche Systeme Systemfunktionen übernehmen und so meist zu Kostenvorteilen führen. Instandhaltungsverträge bedienen sich häufig das System unterstützender Dienste. Die für ein erfolgreich nach Außen vergebenes Projekt entscheidenden Faktoren hängen ab von guter Zusammenarbeit der Beschaffer und Lieferanten, der Systemintegrierer und Dienstleister und erfordern ein Lieferkettenmanagement und Qualitätssicherungsprozesse. Da zu den menschlichen Einflussfaktoren multi-disziplinäre Tätigkeiten gehören, werden manchmal technische Fachleute benötigt, die sich um die Lösung kritischer Belange menschlicher Einflussfaktoren kümmern, die sich aus der Vergabe nach Außen und aus Beschaffungsfragen ergeben.

Bei der Vergabe von Projekten mit benutzerbezogener Gestaltung nach Außen sollten folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Vorgaben an die Mensch-System-Schnittstelle, wie die benötigte menschliche Leistung während des Regelbetriebs erreicht werden kann;
- wirtschaftliche Gestaltung von Personaleinsatz, benötigten Befähigungen und Schulungen;
- Rückwirkung aus der Forderung nach zusätzlichem Personal auf die übrigen Beschäftigten, Arbeitsplatzwerte, Qualifikationsgrade und für die Projekte benötigte Erfahrung;
- Bewertung automatisierter Entwurfsverfahren gegenüber manueller (menschlicher) Verfahren hinsichtlich Anwendbarkeit, Wirksamkeit und Auswirkung auf die Kosten;
- Bereiche potentieller Gefährdungen der Systemsicherheit und der Gesundheit durch Mensch-System-Interaktionen;
- Vorkehrungen für die Qualitätssicherung bei Beschaffungsverträgen.

Bei der Prüfung handelsüblicher Produkte hinsichtlich deren Eignung für Einsätze mit geforderter menschlicher Leistung sollte man sich der Informationen bedienen, die vom Hersteller stammen, die aus Garantiefällen abgeleitet werden können, die aus früheren kommerziellen Prüfungen stammen sowie aus gemachten Erfahrungen mit diesem handelsüblichen Produkt stammen.

Eine etwaige Vergabe von Projekten nach Außen sollte in der Konzeptions-/Definitionsphase des Systemlebenszyklus aufgezeigt und gegebenenfalls beschlossen werden. Die zugehörigen Beschaffungsverträge sollten bis zum Ende der Entwicklungsphase gut ausgearbeitet werden und dann fertig vorliegen. Dadurch erhält man ausreichend Zeit für eine Beurteilung der Unterauftragnehmer, für die Suche und Benennung alternativer Lieferanten und für die Bewertung handelsüblicher Produkte, um diese handelsüblichen Produkte später als Systemfunktionen zu integrieren und den Systemintegrationsprozess zu erleichtern.

7 Benutzerbezogene Gestaltungsmethoden

7.1 Klassifizierung benutzerbezogener Gestaltungsmethoden

Benutzerbezogene Gestaltungstätigkeiten sind in ISO 18152 Mensch-System-Prozesse wie folgt klassifiziert:

HS.1 Tätigkeiten, die sich aus dem Lebenszyklus ergeben: in den Phasen Konzeption, Entwicklung, Fertigung, Anwendung, Unterstützung und Außerbetriebnahme

HS.2 Integration der Tätigkeiten, die sich aus den menschlichen Einflussfaktoren (HF) ergeben: bei der Formulierung der Unternehmensstrategie, im Qualitätsmanagement, bei der Autorisierung und Steuerung von MM-Sachverhalten, HF-Daten bei der Risikoabwägung und Minderung, Benutzerbeteiligung, Mensch-System-Integration und Entwicklung und Wiederverwendung von HF-Daten.

HS.3 Tätigkeiten bei der benutzerbezogenen Gestaltung: Verwendungszusammenhang, Benutzerbedürfnisse, Ausarbeitung von Konstruktionsentwürfen, Bewertung der Produktanwendung

HS.4 Tätigkeiten bei der Planung der Personalressourcen: Personalbedarfstrategie, Festlegung üblicher Kompetenzen und Ermittlung von Fehlbeständen, Personalbeschaffung (Qualifikationen, Zeitrahmen) planen, Beurteilung der Personalsituation und Rückmeldung einfordern.

Zu den wichtigsten Tätigkeiten im Zusammenhang mit menschlichen Einflussfaktoren gehören:

(a) Analysemethoden bezüglich benutzerbezogener Gestaltung

Analysemethoden bezüglich benutzerbezogener Gestaltung werden zur Definition der Systemkonzeptionen verwendet, dienen der Beschreibung der Anwendung-/Einsatzszenarien, helfen bei der Festlegung der erforderlichen Funktionen und bei der Benennung fallweise erforderlicher Qualifikationen. Die verschiedenen Analysen bezüglich der benutzerbezogenen Gestaltung dienen dem Erkennen von Zielen, Zielvorgaben, kritischen Gestaltungssachverhalten und gegebenenfalls weiterem Beurteilungsbedarf, um die geforderte Systemleistung in Gegenwart menschlicher Interaktionen erreichen zu können.

(b) Benutzerbezogene Gestaltungsmethoden in der Entwicklungsphase

Benutzerbezogene Gestaltungsmethoden in der Entwicklungsphase dienen dazu, alle notwendigen Kriterien einer benutzerbezogenen Gestaltung in die Entwicklung der Mensch-System-Schnittstelle mit aufzunehmen. Die Mensch-System-Schnittstelle umfasst Systemhardware, Systemsoftware, Prozeduren, Arbeitsumgebung, und Einrichtungen im Zusammenhang mit Systemfunktionen, die einer menschlichen Interaktion bedürfen. Dieser Prozess soll die Ergebnisse der Analysetätigkeiten bezüglich benutzerbezogener Gestaltung in Entwurfskriterien für die Entwicklung und Umsetzung von HF-Projekten transformieren.

(c) Benutzerbezogene Gestaltungsmethoden bei Prüfung und Beurteilung

Benutzerbezogene Gestaltungsmethoden bei Prüfung und Beurteilung dienen dazu, die Mensch-System-Schnittstelle und Prozeduren dahingehend zu verifizieren, ob das System in der beabsichtigten Betriebsumgebung von den Benutzern betrieben, instand gehalten, unterstützt und gesteuert werden kann. Diese Methoden erleichtern das Erkennen von aus Benutzersicht kritischen Konstruktionsproblemen in Betrieb und Instandhaltung und deren anschließende Lösung und Prozessverbesserung.

Annex C enthält eine Zusammenfassung praktischer Methoden und Verfahren für Analyse, Entwicklung und Prüfung und Beurteilung bezüglich benutzerbezogener Gestaltung.

7.2 Anwendung benutzerbezogener Gestaltungsmethoden

Die benutzerbezogenen Gestaltungsmethoden für allgemeine Analyse, Beurteilung und Bewertung beruhen auf üblichen Techniken der Systementwicklung. Diese sollten in Verbindung mit anderen technischen Verfahren und Disziplinen bei der Entwicklung und Umsetzung verwendet werden. Die in Anhang C, Tabelle C.1 aufgeführten Verfahren zur Berücksichtigung menschlicher Einflussfaktoren entsprechen dem Stand der Technik der benutzerbezogenen Gestaltung.