

Ergonomische Aspekte der Software-Gestaltung

Teil 1: Einführung in die Software-Ergonomie

von Gert Zülch, Volker Keller und Sascha Stowasser

Die Software-Ergonomie beschäftigt sich mit der Analyse, Gestaltung und Bewertung von rechnerunterstützten, interaktiven Informations- und Kommunikationssystemen. Sie kann damit als ein spezielles Teilgebiet der Arbeitswissenschaft angesehen werden. Als interdisziplinäres Wissensgebiet behandelt sie Fragestellungen im Schnittbereich benachbarter Gebiete wie Informatik, Arbeitsmedizin, Sicherheitstechnik, Arbeitshygiene, Arbeitspsychologie, kognitiver Psychologie, Wahrnehmungspsychologie, Arbeitssoziologie und Betriebswirtschaft. Bei diesen Betrachtungen steht der Mensch mit seinen Fähigkeiten und Bedürfnissen im Mittelpunkt. Im Rahmen einer Serie sollen die Grundlagen dieses Wissensgebietes ausführlicher dargestellt werden. Der erste Teil dieser Serie geht auf die Notwendigkeit der ergonomischen Gestaltung von Softwareprodukten ein und dient der Darstellung des rechtlichen Rahmens.

Risiken unzureichender Software-Gestaltung

In der Vergangenheit, in der nur allzu oft auf die Umsetzung software-ergonomischer Erkenntnisse verzichtet wurde, beklagten sich Software-Benutzer häufig über schwere Erlernbarkeit von Anwendungsprogrammen, unzureichende Funktionalität, undurchschaubare Programmabläufe, Verkomplizierung einfacher Vorgänge und Ausbleiben der erhofften Vorteile durch die Einführung von Computern (vgl. MAASS 1993 und GRIEBER 1995). Grundsätzlich kann eine nicht benutzer-angemessene Gestaltung von Software-Systemen zu folgenden Problemen führen:

- Das Software-System wird vom Benutzer nicht hinreichend akzeptiert. Dies kann bis zur Ablehnung des Systems gehen.
- Die Funktionalität des Systems wird vom Benutzer nicht vollständig erkannt und seine Möglichkeiten somit nur unzureichend genutzt.
- Funktionen werden fehlerhaft angewendet.
- Die Qualität des Arbeitsergebnisses und die Arbeitsproduktivität sinkt im Vergleich zu der Tätigkeit vor Einführung des Software-Systems.
- Der Umgang mit der Software wird als zeitraubend empfunden.

- Das Verhalten des Software-Systems erscheint dem Benutzer nicht transparent genug. Die Interpretation des Softwareverhaltens kann zu versehentlichen Fehlbedienungen führen, welche dann Sicherheitsrisiken implizieren können.
- Die Fehlbedienung der Software führt zu ungeplanten und unerwünschten Systemzuständen.
- Durch die Software kann eine nicht zu bewältigende Informationsflut entstehen.

Sind die Benutzer von Software-Systemen erst einmal unzufrieden, so steht fortan nicht mehr die Funktionalität oder die Leistungsfähigkeit der Systeme im Vordergrund, sondern vielmehr die Erlernbarkeit, die Bedienbarkeit und der Betreuungsaufwand. Kosten-Nutzen-Analysen in Großunternehmen belegen, daß durch die Unzufriedenheit der Benutzer die Wirtschaftlichkeit ungünstig gestalteter Software sinkt. Geht man von einem fünfjährigen PC-Zyklus aus, dann entfallen lediglich 17 % der Gesamtkosten auf die Investition in Hard- und Software. Der größte Kostenanteil (57 %) entsteht nicht durch technischen Support oder Administration, sondern durch unproduktive Tätigkeiten der Benutzer (vgl. KLOTZ 1994). Diese Tätigkeiten sind zum Beispiel Fehlbedienungen, Verwaltung oder Reparatur von Dateien, Suche in Handbüchern oder Erörterung von Bedienungsproblemen mit Kollegen.

Diese ungeplanten Folgen des Kaufes einer Software mit ergonomischen Mängeln kann die anfänglich veranschlagten Gesamtkosten binnen nur eines Jahres verdoppeln. Trotzdem wird dieser Tatsache in der Praxis oft nicht genügend Rechnung getragen. Es ist immer noch gängige Praxis, Computer-Systementscheidungen lediglich anhand von Hard- und Softwarepreisen zu treffen, wobei diese jedoch nur die Spitze des Eisberges darstellen (vgl. KLOTZ 1994).

Nutzen der Software-Ergonomie

Die Aufgabe der Software-Ergonomie besteht darin, die Anforderungen, die der Benutzer an das Software-System stellt, in geeigneter Weise bei dessen Herstellung zu berücksichtigen. Typische Anforderungen, die Benutzer an ein Software-System stellen, sind:

- Zur Bedienung sind keine oder nur geringe EDV-Kenntnisse erforderlich.
- Die Benutzbarkeit soll ohne fremde menschliche Hilfe und möglichst ohne Studium umfangreicher Benutzerhandbücher gewährleistet sein.
- Die Software muß vom Anwender akzeptiert werden. Dies hängt zum einen von der ergonomischen Gestaltung des Arbeitsplatzes, zum anderen von der einfachen Benutzung aller Software-Funktionen ab.
- Die Dauer des Erlernens der benötigten Software-Funktionen soll möglichst kurz sein, damit ein produktiver Einsatz schnell erreicht wird.

- Die Gestaltung der Bedienungsfläche soll so erfolgen, daß ein problemloser Wechsel der Software für die Bearbeitung derselben Aufgaben möglich wird, ohne das der Benutzer umdenken muß.
- Die bisherigen Fähigkeiten und das vorhandene Wissen der Benutzer sollen in der Regel weiter zur Bearbeitung der gestellten Fachaufgaben Verwendung finden.
- Die Software muß adaptierbar an die individuellen Wünsche der Benutzer sein.
- Über- bzw. Unterforderungen durch künstlich vom Software-System geschaffene Streßsituationen, z.B. durch die Vorgabe einer maximalen Zeit zur Beantwortung einer Systemabfrage, sollten vermieden werden.

In der Praxis ist man sich häufig darüber bewußt, daß eine ergonomisch gestaltete Software auch zu einer wirtschaftlichen Bearbeitung der Fachaufgabe beiträgt. Dieser wirtschaftliche Nutzen läßt sich in aller Regel aber nur schwer quantifizierbar erfassen. Dieser Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit zeigt sich in Form der Vermeidung und Verringerung der Kosten und in einem Nutzenzuwachs für den Software-Anwender bzw. -Benutzer. Die positiven Auswirkungen einer konsequenten Anwendung software-ergonomischer Prinzipien sind (in Anlehnung an BULLINGER 1992):

- Akzeptanzsteigerung bei den Benutzern,
- Steigerung der Arbeitszufriedenheit und der Motivation bei den Benutzern,
- Reduktion von Belastungen am Arbeitsplatz,
- Erhöhung der Flexibilität beim Einsatz der Software,
- Effizienzsteigerung bei der Rechnerbedienung,
- Optimierung von Arbeitsabläufen,
- Senkung der Fehlerhäufigkeit,
- Kostensenkung bei Schulungsmaßnahmen,
- verkürzte Einführungszeiten neuer Software-System,
- Senkung des Supportaufwandes.

Gegenstand der Software-Ergonomie

Die Software-Ergonomie umfaßt nach dem in Bild 1 aufgeführten Ergonomie-Modell für DV-technische Systeme drei "Gütereiche" von Software-Produkten: Eine angemessene Funktionalität, Korrektheit und eine geeignete Schnittstelle zwischen Benutzer und System (vgl. OPPERMANN 1992). In Bild 1 wird zusätzlich auf die Bereiche Hardware-Ergonomie, d.h. die Gestaltung technischer Geräte, und Organisations-Ergonomie, also der systematischen Gliederung nach aufgabenmäßigen, räumlichen und zeitlichen Gesichtspunkten hingewiesen, auf die jedoch hier nicht näher eingegangen wird.

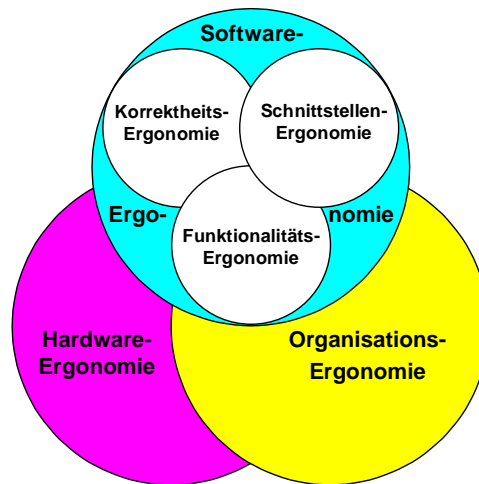


Bild 1: Ergonomie-Modell für DV-technische Systeme
(nach OPPERMANN 1992)

Es werden drei Teilaspekte der Software-Ergonomie unterschieden, die im folgenden beschreiben werden:

- Korrektheits-Ergonomie:

Der mit Korrektheits-Ergonomie bezeichnete Teilaspekt der Software-Ergonomie beschäftigt sich mit der Fehlerfreiheit des Systems, das heißt der "Übereinstimmung des tatsächlichen Systemverhaltens mit spezifizierten bzw. beschriebenen Leistungen"(OPPERMANN 1992). Dies soll ermöglichen, daß das System selbst bei unvorhergesehenen Aktionen des Benutzers erwartungsgemäß reagiert und somit dem Benutzer die Möglichkeit gibt, sich neu zu orientieren. Das Ziel dieses Aspektes ist die **Verlässlichkeit** des Systems.

- Funktionalitäts-Ergonomie:

Das Programmsystem soll eine angemessene Funktionsvielfalt bieten, d.h. die Leistungsmerkmale des Software-Systems sollten den Anforderungen, die die Fachaufgaben des Benutzers an das Software-System stellen, entsprechen. Die Eigenschaft, die hier im Vordergrund steht, ist die **Nützlichkeit** des Systems.

- Schnittstellen-Ergonomie:

Nach OPPERMANN (1992) bezieht sich die Schnittstelle zwischen Benutzer und Software-System auf die Art, in der sich das System dem Benutzer präsentiert und der Benutzer mit dem System umgehen kann. Ein-/Ausgabe-, Dialog-, Werkzeug- und Organisationschnittstellen sollen

funktions- und sinngemäß implementiert sein. Die Eigenschaft, die durch eine angemessene Handhabung von Software-Systemen erreicht wird, kann als **Benutzbarkeit** bezeichnet werden.

Die Schnittstelle, über welche die Interaktion zwischen dem Benutzer und dem Rechner die Interaktion stattfindet, bezeichnet man auch als Benutzungsoberfläche (BOF), Mensch-Rechner-Schnittstelle (MRS) oder Human-Computer-Interface (HCI). Die Funktionsweise solcher Schnittstellen innerhalb von Mensch-Rechner-Systemen werden in verschiedenen wissenschaftlichen Modellen dargestellt. Eines dieser Modelle, ist das psychophysikalische Modell, wie es in Bild 2 dargestellt ist.

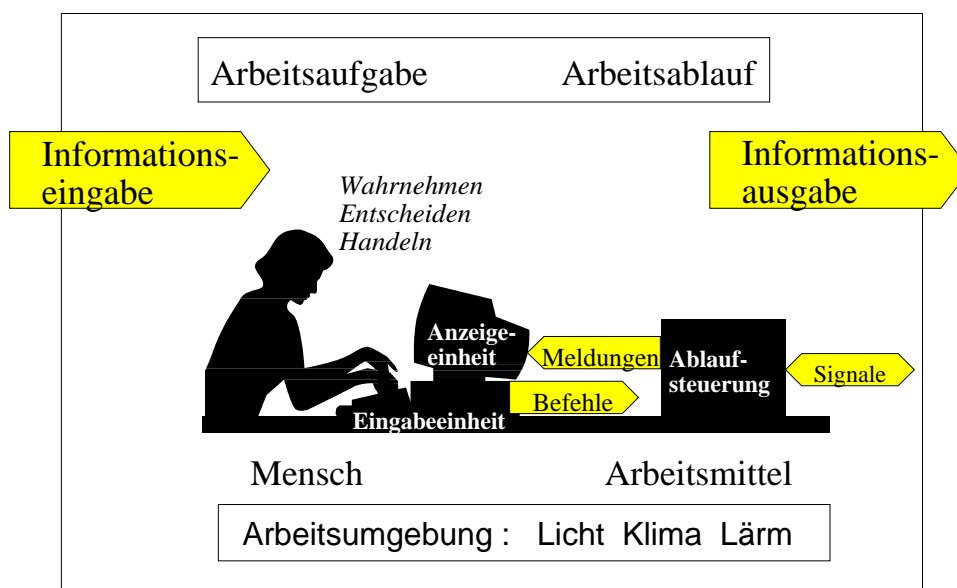


Bild 2: Psychophysikalisches Modell des Mensch-Rechner-Systems (in Anlehnung an ZÜLCH, ENGLISCH, GRIEBER 1992)

Durch die Motorik des Benutzers erfolgt die Eingabe von Informationen in den Rechner mittels Eingabegerät, zum Beispiel einer Tastatur. Eine weitere Möglichkeit der Dateneingabe stellt die Spracheingabe dar. Die eingegebenen Daten werden im Rechner verarbeitet und zu einer Informationsdarstellung mittels eines Ausgabegerätes, wie Bildschirm oder Drucker, aufbereitet. Dabei besitzt das visuelle Wahrnehmung und das taktile Handeln vorrangig Bedeutung. Rund 80% der Informationen werden von Menschen durch die visuelle Wahrnehmung erfaßt.

Die Kommunikation, die sich zwischen Benutzer und Rechner über die so definierte Benutzungsoberfläche vollzieht, kann nach LUCZAK (1993) in vier Ebenen dargestellt werden. Während innerhalb der **physikalischen** Ebene die Auswahl und Ein- bzw. Ausgabe einzelner Zeichen (Lexeme) beschrieben ist, werden die formalen Beziehungen zwischen Folgen von Zeichen als bedeutungstragende Einheiten der **syntaktischen** Ebene angesehen. Eine Ansammlung der

Beziehungen verschiedener Zeichenfolgen nennt man die Grammatik (Syntax) einer Sprache der Mensch-Rechner-Kommunikation. In der **semantischen** Ebene wird eine Codierung der Information vollzogen. Die Zeichen werden in sinnvoller Weise entsprechend den Kompatibilitätsregeln, d.h. unter Zuhilfenahme von Assoziationen, organisiert. Die Einbeziehung von Situation und Kontext findet in der **pragmatischen** Ebene statt. Dieser Ebene wird die Struktur der Bearbeitung und die Aufgabenmodellierung zugeordnet (vgl. LUCZAK 1993). In den folgenden Betrachtungen wird die pragmatische Ebene nicht weiter erläutert.

Das interaktive Problemlösen mit Hilfe eines Rechners wird in einer formalen Kommunikation zwischen dem Benutzer und dem Rechner unter Einbeziehung der obigen Kommunikationsebenen bewältigt. Zur Informationsverarbeitung müssen die Objekte der Benutzungsoberfläche, die Attribute der Objekte sowie die Relationen zwischen den Objekten wahrgenommen und interpretiert werden.

Um die Informationsverarbeitung zu analysieren und zu gestalten, werden verschiedene Ebenen der Benutzungsschnittstelle (vgl. Bild 3) definiert. In der untersten Ebene wird die **Informationscodierung** festgelegt. Die Aufgabe dieser Codierung besteht darin, eine Information so auf ein Zeichen beziehungsweise ein Signal abzubilden, daß die Information in einer dem Benutzer angemessenen Form möglichst schnell und möglichst sicher übertragen werden kann. Aufbauend auf der Codierung von Zeichen wird die Information durch sinnvolle Gestaltung von Informationsfeldern, Informationsblöcken und Informationsklassen in der Ebene der **Informationsanordnung** dargestellt. Im Umgang und bei der Arbeit mit Software-Systemen können in der Ebene der **Dialoggestaltung** verschiedene Dialogformen, wie zum Beispiel Menütechnik, Formulartechnik, direkte Manipulation und Interaktionssprachen, unterschieden werden.

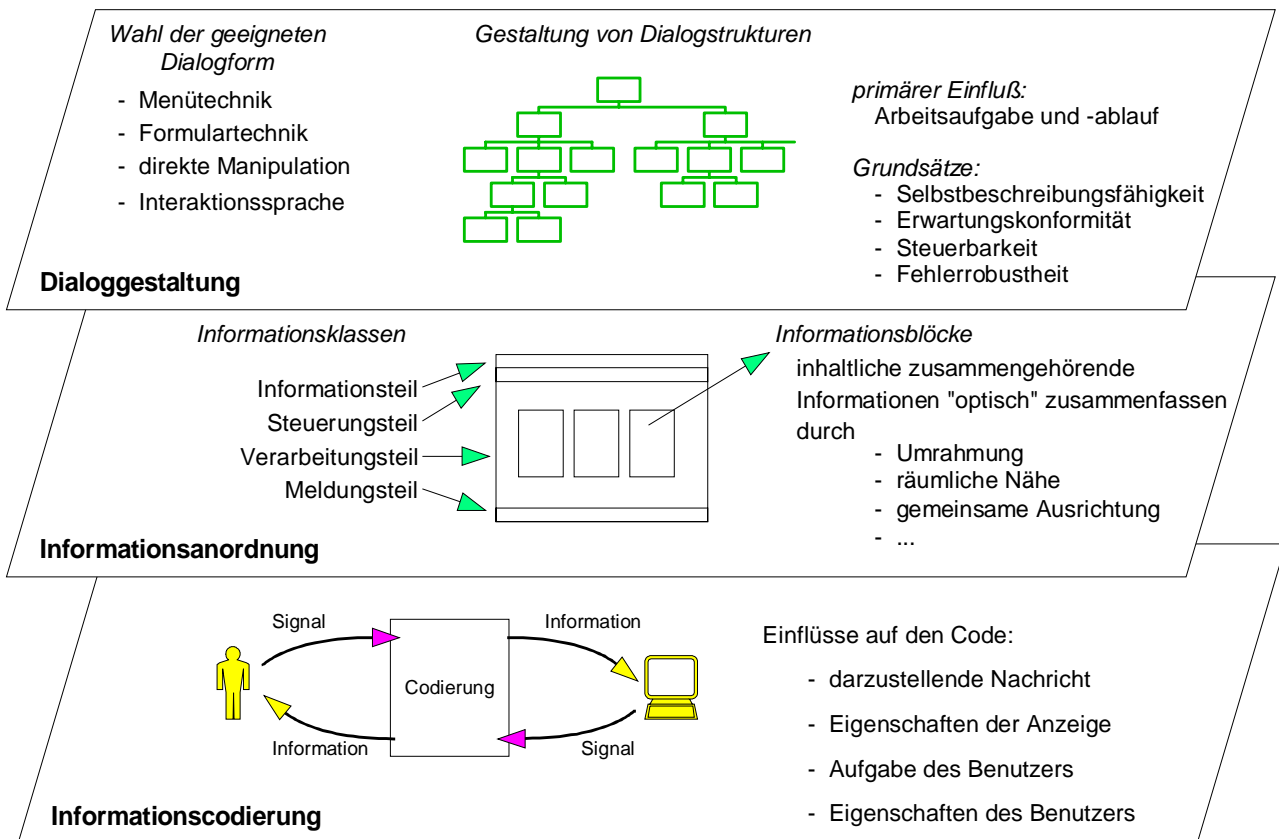


Bild 3: Ebenen von Benutzungsschnittstellen

Der rechtliche Rahmen

Die Bildschirmarbeitsverordnung (BildschArbV) stellt die nationale Umsetzung der 90/270/EWG dar. Sie legt verbindliche Mindestanforderungen bezüglich der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes bei der Arbeit an Bildschirmgeräten fest. Diese Anforderungen beziehen sich nicht nur auf die Hardware-Gestaltung, sondern auch auf die Software. Im Anhang zur Bildschirmarbeitsverordnung heißt es in den Ziffern 20 und 21:

"20. Die Grundsätze der Ergonomie sind insbesondere auf die Verarbeitung von Informationen durch den Menschen anzuwenden.

21. Bei Entwicklung, Auswahl, Erwerb und Änderung von Software sowie bei der Gestaltung der Tätigkeit an Bildschirmgeräten hat der Arbeitgeber den folgenden Grundsätzen insbesondere im Hinblick auf die Benutzerfreundlichkeit Rechnung zu tragen:

21.1 Die Software muß der auszuführenden Aufgabe angepaßt sein
(**Aufgabenangemessenheit**).

- 21.2 Die Systeme müssen den Benutzern Angaben über die jeweiligen Dialogabläufe unmittelbar oder auf Verlangen machen (**Selbstbeschreibungsfähigkeit**).
- 21.3 Die Systeme müssen den Benutzern die Beeinflussung der jeweiligen Dialogabläufe ermöglichen sowie eventuelle Fehler bei der Handhabung beschreiben und deren Beseitigung mit minimalem Aufwand erlauben (**Steuerbarkeit, Erwartungskonformität und Fehlerrobustheit**).
- 21.4 Die Software muß entsprechend den Kenntnissen und Erfahrungen der Benutzer im Hinblick auf die auszuführenden Aufgaben angepaßt werden können (**Individualisierbarkeit und Erlernbarkeit**).

Die im Anhang der Bildschirmarbeitsverordnung verwendete Begrifflichkeit entstammt der DIN 66234, Teil 8(1988). Über diese Verordnung hinaus konkretisieren weiteren Richtlinien und Normen den Stand der Technik in der Software-Ergonomie. So beschäftigt sich zum Beispiel die VDI-Richtlinie 5005 mit "Software-Ergonomie in der Bürokommunikation". Seitens des Deutschen Instituts für Normung (DIN) werden die ergonomischen Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten und somit auch die Anforderungen an Software-Systemen in den Normenreihen DIN 66234 und DIN/ISO 9241 aufgeführt.

Ergonomische Normen haben, im Gegensatz zu technischen Normen nur Richtliniencharakter und sprechen Empfehlungen aus. Die Teile der Normenreihen, die sich speziell mit Software-Ergonomie beschäftigen, sind in Tabelle 1 mit ihrer derzeitigen Verfügbarkeit aufgelistet.

Alte Normenreihe DIN 66234 "Bildschirmarbeitsplätze"

Teil 3:	Gruppierung und Formatierung von Daten	März 1981
Teil 5:	Codierung von Informationen	März 1980
Teil 8:	Grundsätze ergonomischer Dialoggestaltung	Februar 1988
Teil 9:	Meßverfahren	August 1988

Neue Normenreihe DIN/ISO 9241 "Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten"

Teil 1:	Allgemeine Einführung	Juni 1997
Teil 2:	Anforderungen an die Arbeitsaufgaben - Leitsätze -	Juni 1992
Teil 3:	Anforderungen an visuelle Anzeigen	Juli 1992

Teil 7:	Anforderungen an visuelle Anzeigen bezüglich Reflexionen	in Arbeit
Teil 8:	Anforderungen an Farbdarstellung	in Arbeit
Teil 10:	Grundsätze der Dialoggestaltung	Juli 1996
Teil 11:	Angaben zur Benutzbarkeit	in Arbeit
Teil 12:	Informationsdarstellung	in Arbeit
Teil 13:	Benutzerführung	in Arbeit
Teil 14:	Dialogführung mittels Menüs	Juni 1997
Teil 15:	Dialogführung mittels Kommando-Sprachen	Entwurf
Teil 16:	Dialogführung mittels direkter Manipulation	Entwurf
Teil 17:	Dialogführung mittels Bildschirmformularen	Entwurf

Tabelle 1: Die Normenreihen 66234 und 9241
(Stand: August 1997)

Der Umfang der Normenreihen zeigt die Wichtigkeit einer benutzergerechten Software-Gestaltung. Dies wurde auch vom Gesetzgeber in der Bildschirmarbeitsverordnung berücksichtigt. Dadurch ist auch die Evaluation der Software zum Bestandteil der Beurteilung und Dokumentation von Bildschirmarbeitsplätzen bis zum 21. August 1997 geworden.

Die Anmerkungen zur Software-Ergonomie in der Bildschirmarbeitsverordnung sind auf wenige wichtige Kriterien beschränkt. Um darüber hinaus einen weiterreichenden Einblick zu geben, werden die Aspekte der Gestaltpsychologie, der Codierung von Informationen, die Informationsanordnung, der Dialoggestaltung sowie der Evaluation von Software im Verlauf der folgenden Artikel dieser Serie näher erläutert.

Literatur

Bildschirmarbeitsverordnung BildschArbV:

Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit an Bildschirmgeräten.

Bundesgesetzblatt

Bonn, Teil I, Nr. 63, 10.12.1996.

BULLINGER, Hans-Jörg:

Software-Ergonomie als Gestaltungsherausforderung in der Praxis und als Lehraufgabe.

In: Innovative Arbeitssystemgestaltung.

Hrsg.: BUBB, Heiner; EIFF, Wilfried von.

Köln: Wirtschaftsverlag Bachem, 1992, S. 237-250.

GRIEBER, Klaus:

Einsatz der Blickregistrierung bei der Analyse rechnerunterstützter Steuerungsaufgaben.

Karlsruhe, Uni Diss., 1995.

KLOTZ, Ulrich:

Objektorientierung - ein facettenreiches Leitbild verbindet Flexibilität mit humaner Arbeitsgestaltung.

In: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft,

Köln, 48(20NF)(1994)2, S. 99-112.

LUCZAK, Holger:

Arbeitswissenschaft

Berlin u.a.: Springer, 1993.

MAASS, S.:

Software-Ergonomie.

In: Informatik-Spektrum,

Berlin, 16(1993)4, S. 191-205.

OPPERMANN, Reinhard; Murchner, Bernd; Reiterer, Harald u.a.:

Software-ergonomische Evaluation. Der Leitfaden EVADIS II.

Berlin: de Gruyter, 2. Auflage 1992.

VDI-Richtlinie 5005:

Software-Ergonomie in der Bürokommunikation.

Berlin: Beuth-Verlag, 1990.

ZÜLCH, G.; ENGLISCH, J.; GRIEBER, K.:

Mensch-Maschine-Kommunikation.

In: Nahtstellen in der Fabrik.

Hrsg.: WEULE, Hartmut.

Berlin u.a.: Springer-Verlag; Köln: Verlag TÜV Rheinland, 1992, S. 1-21.

90/270/EWG:

Richtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaften über die Mindestvorschriften
bezüglich der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes bei der Arbeit an Bildschirmgeräten.

In: Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, Brüssel, 21. Juni 1990, Nr. L 156/14.

Anschrift der Verfasser:

Universität Fridericiana (TH) Karlsruhe

Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation

Kaiserstraße 12

76128 Karlsruhe