

Michael Herczeg  
**Software-Ergonomie**  
De Gruyter Studium

## Weitere empfehlenswerte Titel



### *Prozessführungssysteme*

M. Herczeg, 2014

ISBN 978-3-486-58445-5, e-ISBN (PDF) 978-3-486-72005-1,  
e-ISBN (EPUB) 978-3-486-98969-4



### *Einführung in die Medieninformatik*

M. Herczeg, 2007

ISBN 978-3-486-58103-4, e-ISBN 978-3-486-59346-4



### *Interaktionsdesign*

M. Herczeg, 2006

ISBN 978-3-486-27565-0, e-ISBN 978-3-486-59494-2



### *Mensch-Maschine-Interaktion, 2. Auflage*

A. Butz, A. Krüger, 2017

ISBN 978-3-11-047636-1, e-ISBN (PDF) 978-3-11-047637-8,  
e-ISBN (EPUB) 978-3-11-047645-3



### *i-com*

Editor-in-Chief Jürgen Ziegler, 3 Hefte/Jahr  
ISSN 1618-162X



### *IT-information technology*

Editor-in-Chief Paul Molitor, 6 Hefte/Jahr  
ISSN 1611-2776

Michael Herczeg

# Software-Ergonomie

---

Theorien, Modelle und Kriterien für gebrauchstaugliche  
interaktive Computersysteme

4. Auflage

**DE GRUYTER**  
OLDENBOURG

**Autor**

Universität zu Lübeck  
Institut für Multimediale und Interaktive Systeme (IMIS)  
Ratzeburger Allee 160  
23562 Lübeck  
herczeg@imis.uni-luebeck.de

ISBN 978-3-11-044685-2  
e-ISBN (PDF) 978-3-11-044686-9  
e-ISBN (EPUB) 978-3-11-044717-0

**Library of Congress Cataloging-in-Publication Data**

A CIP catalog record for this book has been applied for at the Library of Congress.

**Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

© 2018 Walter de Gruyter GmbH, Berlin/Boston  
Einbandabbildung: Autor  
Druck und Bindung: CPI books GmbH, Leck  
☼ Gedruckt auf säurefreiem Papier  
Printed in Germany

[www.degruyter.com](http://www.degruyter.com)

*für Astrid*



# Vorwort

Dies ist die vierte Auflage meines Lehr- und Fachbuchs zur Software-Ergonomie. Die erste Auflage ist 1994 erschienen und beschreibt die Software-Ergonomie vor allem aus der Perspektive der damals verbreiteten grafisch-textuellen Benutzungsschnittstellen, auch GUIs genannt. Diese Form interaktiver Systeme zusammen mit den historischen, aber bis heute an Millionen von Arbeitsplätzen im Einsatz befindlichen Menü-Masken-Systemen beeinflussten maßgeblich die Vorstellungen von anwendungs- und menschengerechten Computeranwendungen. Neben allgemeinen Empfehlungen bestimmten Styleguides und Normen die software-ergonomische Praxis. Arbeit und Arbeitsplatzsysteme waren im Fokus der Betrachtungen. Arbeitspsychologen, Arbeitswissenschaftler und Informatiker entwickelten fachübergreifend die Grundlagen und Methoden.

Die zweite Auflage des Buchs aus dem Jahr 2005 war gekennzeichnet von der Trennung analytischer und gestalterischer Fragen. Die analytischen Aspekte habe ich im vorliegenden Band Software-Ergonomie, die gestalterischen Aspekte im Band Interaktionsdesign beschrieben. Die Trennung der analytischen von den gestalterischen Ansätzen und Prinzipien sowie die Trennung von den prozessorientierten, produktionstechnischen Methoden ist nicht immer einfach, da es enge Bezüge zwischen Problemanalyse, Gestaltung und Engineering gibt. Trotzdem scheint mir die Trennung im Sinne einer systematischen Einführung in die Gebiete möglich und sinnvoll, da die Aufgaben typischerweise auch von Fachleuten mit unterschiedlichen Kompetenzen und Rollen geleistet werden. Die Themen werden entsprechend oft auch im Curriculum von Studiengängen in separaten Kursmodulen vermittelt.

Die vorhergehende dritte Auflage aus dem Jahr 2009 erhielt Ergänzungen im Bereich der menschlichen Voraussetzungen für Mensch-Computer-Systeme. Viele Leser werden keine zusätzliche Literatur aus Physiologie und Psychologie heranziehen wollen. Deshalb wurden die psychologischen Inhalte in der vorliegenden vierten Auflage weiter ausgebaut. Desweiteren wurden wieder Aktualisierungen im Bereich der Normen vorgenommen. Man kann feststellen, dass das Gebiet weiter für die praktische Umsetzung gereift ist. Normen und Standards dienen im Allgemeinen diesem Zweck. Gerade die Normenreihe ISO EN DIN 9241 wurde in den vergangenen Jahren deutlich erweitert. Inzwischen wurden auch prozessuale Aspekte im Sinne menschenzentrierter Entwicklungsprozesse aus der ursprünglichen unabhängigen Norm ISO EN DIN 13407 als Teil 210 in die ISO EN DIN 9241 integriert.

Seit den frühen Tagen der Software-Ergonomie – so um das Jahr 1980 herum – hat sich einiges verändert. Multimediale Computeranwendungen sind allein schon durch die breite Verfügbarkeit entsprechender PCs überall anzutreffen. Computersysteme hängen am globalen Internet und ermöglichen gleichzeitig Informationsverarbeitung und Kommunikation. Durch Miniaturisierung von Computerhardware finden sich mobile Computersysteme nicht nur in der Tasche; sie werden als Wearables auch am Körper getragen. Computertechnologie, Telekommunikation und Unterhaltungselektronik sind in Form unterschiedlichster Geräte eins geworden. Die Weiterentwicklung schreitet rasant voran und die Innovationszyklen sind extrem kurz geworden. Was letztes Jahr neu war, ist dieses Jahr ein Standardprodukt und nächstes Jahr vielleicht bereits veraltet. Wand- oder gar raumfüllende Projektionen und Interaktionen mit Hilfe von Videoprojektoren und vielfältigen Eingabegeräten finden wir inzwischen im Heimkino, wie auch im öffentlichen Raum. Augmented, Mixed und Virtual Reality sind in diverser Form zu finden. Inzwischen beginnen Computer endgültig in Alltagsgeräten und den normalen Lebensumgebungen zu verschwinden und als ambiente interaktive Systeme nur noch in Form ihrer Wirkungen wieder zu erscheinen. Computer werden unsichtbar und gleichzeitig allgegenwärtig. Mark Weisers Prognose von 1991 ist Realität geworden.

Nicht unabhängig von den technologischen Entwicklungen hat sich die Gesellschaft auffällig verändert. Arbeit, Bildung und Freizeit sind weniger trennbar denn je. Für Kinder sind Computer- und Telekommunikationssysteme selbstverständlicher geworden als für ihre Eltern oder gar Großeltern. Sie wachsen damit auf, wie andere früher mit der Modelleisenbahn, der Puppenstube und dem Fernseher. Man spricht unkritisch von Digital Natives, übersieht aber dabei, dass Kinder und Jugendliche, wie Erwachsene auch, erhebliche Schwierigkeiten in der kompetenten Nutzung interaktiver Technologien haben; sie zeigen nur keine Scheu davor.

Welche Rolle kann oder muss nach solchen Veränderungen die Software-Ergonomie spielen? Ich möchte mit diesem Buch vorschlagen, sie zur breit nutzbaren analytischen Theorie der multimedialen Mensch-Computer-Interaktion zu erheben. Dies ist gerade unter dem Aspekt der breiten Digitalisierung unserer Gesellschaft von besonderer Bedeutung. Menschenzentrierte Digitalisierung ist keine Option, sondern eine ethische Pflicht, die fachlich begleitet werden muss. Die Gesellschaft für Informatik spricht von der „Grand Challenge der Allgegenwärtigen Mensch-Computer-Interaktion“. Die Software-Ergonomie bildet eine wichtige Grundlage dafür. Es gilt, auf dieser Grundlage von psychologischen, arbeitswissenschaftlichen, systemtheoretischen, semiotischen aber auch kulturellen und ästhetischen Erkenntnissen Modelle, Methoden, Kriterien und Bewertungssysteme zu schaffen, die aus dem Kontext der Arbeit weit in andere Lebensbereiche hineinreichen, wie das Denken und Handeln der Menschen auch. Das heißt aber auch, Erkenntnisse aus einer rigiden und ökonomisierten Welt der Arbeit in die erlebnisorientierte Welt des Kommunizierens, Lernens und Spielens zu übersetzen. Dies kann nur gelingen, wenn wir die Randbedingungen der Nutzung wenigstens ansatzweise definieren können.



Eine derart umfassende Erweiterung des bisherigen Kontextes Arbeit fordert der Software-Ergonomie einiges ab. So treten möglicherweise grundsätzliche Kriterien der Gebrauchstauglichkeit wie Effektivität und Effizienz plötzlich hinter das bisher kaum ernst genommene Kriterium Zufriedenstellung zurück. Der Schein mag aber trügen. Der Benutzer eines Computerspiels oder einer hochinteraktiven App befindet sich in einer der härtesten Arbeitssituationen, die wir kennen. Mehrere Sinne und ein Großteil der Körpermotorik stehen unter massiver Anspannung. Diese Anwendungen dauern auch nicht nur geordnete acht Stunden. Es wird berichtet, dass bei Spielen auch über 24 Stunden mit nur kurzen Unterbrechungen unter Höchstleistung in gemischt realen und virtuellen Räumen interagiert und kommuniziert wird. Auch viele Webanwendungen und mobile Apps ziehen die Benutzer weit über normale Arbeitszeiten hinaus in ihren Bann. Ergänzend wird immer häufiger der Begriff der User Experience, manchmal synonym zur Gebrauchstauglichkeit, verwendet. Ich denke, hier muss sich noch einiges klären. Die Definitionen von User Experience sind immer noch wenig einheitlich, weil gering fundiert. Jede Art der Interaktion besitzt eine inhärente Erlebnishaftigkeit, die man selbst zum Ziel erheben und in Computeranwendungen steigern kann. Inwieweit dies die Gebrauchstauglichkeit oder die Zufriedenheit fördert, ist interessant, aber noch weitgehend zu klären und zu beweisen.

Die Software-Ergonomie hat Grundlegendes zu bieten. Die Mensch-Computer-Schnittstelle wird zur Mensch-Technik- oder alternativ zur Mensch-Anwendungswelt-Schnittstelle. Das ist uns grundsätzlich nicht neu, nur die Technologie reicht viel weiter. Die Anforderungen an Multimedialität und die Echtzeitfähigkeit steigen bei Mensch und Technik. Was wir früher nur im professionellen Kontext kannten, findet heute im Kinderzimmer statt. Es lohnt sich, die alten Modelle hinsichtlich der neuen Nutzungssituationen zu überprüfen, anzupassen und zu erweitern sowie die Kriteriensysteme zu ergänzen. Ich habe versucht, die meines Erachtens wichtigsten Modelle und Kriterien im Sinne einer vernetzten Analytik für Benutzungsschnittstellen hier zusammenzutragen und fortzuschreiben.

Für die Aspekte der Konzeption, Gestaltung und Konstruktion multimedialer und interaktiver Systeme, wir nennen das heute Interaktionsdesign, war in diesem Buch kein Raum mehr. Entwicklungsprozesse im Sinne des Usability- und Medien-Engineering habe ich in einem neuen Kapitel zumindest so weit erfasst, dass die Verknüpfung mit Software-Engineering, Kriteriensystemen und ergonomischer Evaluation erkennbar wird. Interaktionsdesign und Usability-Engineering bilden inzwischen eigenständige Disziplinen, die mit der Software-Ergonomie zwar eng verbunden, aber doch nicht einfach Teil des Gebiets sind. Ich habe daher schon früher Interaktionsdesign in einem eigenen Band dargestellt. Die wichtigen Aspekte der Sicherheit und Zuverlässigkeit in der Nutzung von meist Echtzeitsystemen habe ich in einem eigenen Buch zu Prozessführungssystemen verfasst. Ich hoffe, die Bücher sind interessant und hilfreich für Wissenschaftler, Studierende und Praktiker.

Bei dieser Gelegenheit darf festgestellt werden, dass es eine wachsende und differenzierte Community von Fachleuten gibt, die direkt oder indirekt auf die Erkenntnisse der Software-Ergonomie aufbauen. Seit vielen Jahren findet im deutschsprachigen Raum die größte europäische Fachkonferenz „Mensch und Computer“ zur Thematik statt. Die Gesellschaft für

Informatik betreibt den Fachbereich Mensch-Computer-Interaktion in enger Kooperation mit den Usability Professionals. Es gibt allein in Deutschland über 50 Studiengänge, die das Thema als Teil von Medieninformatik oder anderen Bachelor- und Masterstudiengängen betreiben. Das Gebiet und seine Bedeutung wachsen. Die Software-Ergonomie ist hierbei häufig ein Pflichtbaustein in Form eines Vorlesungsmoduls mit aufbauenden Fächern sowie Seminaren und Praktika. Gerade hierbei soll das vorliegende Buch hilfreich sein.

Den Aufbau dieses Buchs habe ich wie folgt gewählt:

- Kapitel 1: Einführung in die Historie und Ziele der Software-Ergonomie
- Kapitel 2: Struktur von Arbeitssystemen als Grundlage auch für Anwendungen, die nicht im engeren Sinn als Arbeit verstanden werden
- Kapitel 3: Wirkungen von Arbeit auf die Tätigen
- Kapitel 4: Analyse und Beschreibung von Organisationsstrukturen und Kontexten
- Kapitel 5: Menschliche Wahrnehmung und Sensomotorik, als die für die Software-Entwicklung wichtigsten menschlichen Systeme und ihren Parametern
- Kapitel 6: Menschliche Kognition und Gedächtnis, vor allem Mentale Modelle als Quellen menschlicher Kommunikation und menschlichen Handelns
- Kapitel 7: Methoden zur Analyse und Beschreibung von Benutzern und Zielgruppen
- Kapitel 8: Struktur- und Prozessmodelle für Mensch-Computer-Systeme, unabhängig von technologischen Randbedingungen
- Kapitel 9: Zeitverhalten interaktiver Systeme
- Kapitel 10: Menschzentrierte Entwicklungsprozesse für die Realisierung benutzerge-rechter Computeranwendungen
- Kapitel 11: Software-ergonomische Kriterien und Qualitätsmerkmale
- Kapitel 12: Theorien und Methoden zur Evaluation von Mensch-Computer-Systemen
- Kapitel 13: Gesetzliche Rahmenbedingungen zum Einsatz interaktiver Systeme

Im Anschluss finden sich aktuelle Auszüge aus Gesetzen und Verordnungen, die mit den Themen dieses Buchs eng verbunden sind und insbesondere den Arbeitsschutz und barriere-freie Systeme betreffen.

Das Literaturverzeichnis liefert historische und aktuelle Publikationen, vor allem auch Pri-märliteratur, ohne hier einen Anspruch auf irgendeine Art von Vollständigkeit erheben zu können. Beim Verweis auf Bücher mit mehreren Auflagen wurde nicht immer die neueste Auflage gewählt, sondern diejenige, in der die entsprechende Referenz zu finden ist. Nach dem Literaturverzeichnis finden sich Übersichten über einschlägige internationale Normen. Außerdem finden sich eine Auflistung der thematisch verbundenen Organisationen und Ver-bände, ein Abkürzungsverzeichnis sowie ein Glossar mit einigen wichtigen Begriffen.

Ich danke allen, die hilfreiche Hinweise und Verbesserungsvorschläge zu Text und Gestal-tung des Buchs gegeben haben und vor allem denen, die während der Entstehung dieses Buchs und der neuen Auflage einmal mehr Geduld und Nachsicht mit mir hatten.

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Werkzeuge .....	2
1.2	Bedienoberflächen und Benutzungsschnittstellen .....	4
1.3	Ergonomie .....	6
1.4	Software-Ergonomie .....	7
1.5	Interaktionsdesign und Experience Design .....	11
1.6	Usability-Engineering .....	13
1.7	Interdisziplinarität der Software-Ergonomie .....	14
1.8	Zusammenfassung .....	15
<b>2</b>	<b>Arbeitssysteme</b>	<b>17</b>
2.1	Soziotechnische Systeme .....	17
2.2	Der Mensch als Ausgangs- und Bezugspunkt .....	18
2.3	Tätigkeiten, Aufgaben und Aktivitäten .....	20
2.4	Arbeitsteilung .....	24
2.5	Arbeitsgegenstände und ihre Zustände .....	26
2.6	Arbeitsmittel .....	27
2.7	Rollen .....	28
2.8	Arbeitsabläufe .....	29
2.9	Arbeitsplätze .....	30
2.10	Arbeitsumgebungen .....	31
2.11	Arbeitsbedingungen .....	31
2.12	Arbeitsähnliche Tätigkeiten .....	32
2.13	Zusammenfassung .....	34
<b>3</b>	<b>Wirkungen von Arbeit</b>	<b>35</b>
3.1	Belastungen und Beanspruchungen .....	35
3.2	Ermüdung .....	39
3.3	Monotonie .....	41
3.4	Psychische Sättigung .....	43

3.5	Langeweile.....	43
3.6	Herabgesetzte Vigilanz.....	44
3.7	Stress.....	45
3.8	Persönlichkeitsentwicklung.....	48
3.9	Soziale Interaktion.....	48
3.10	Zusammenfassung.....	49
<b>4</b>	<b>Organisation und Kontext</b>	<b>51</b>
4.1	Organisatorische Kontexte.....	51
4.2	Körperlich-räumliche Kontexte.....	54
4.3	Soziotechnische Kontexte.....	63
4.4	Zusammenfassung.....	65
<b>5</b>	<b>Wahrnehmung und Sensomotorik</b>	<b>67</b>
5.1	Kognitionszyklus.....	67
5.2	Empfindung und Wahrnehmung.....	69
5.3	Wahrnehmung als Prozess.....	72
5.4	Sehvermögen.....	74
5.5	Sensomotorik.....	86
5.6	Zusammenfassung.....	91
<b>6</b>	<b>Kognition und Gedächtnis</b>	<b>93</b>
6.1	Formen von mentalen und technischen Modellen.....	93
6.2	Differenzierung mentaler, konzeptueller und technischer Modelle.....	99
6.3	Gedächtnisstrukturen.....	104
6.4	Wissensstrukturen.....	110
6.5	Zusammenfassung.....	122
<b>7</b>	<b>Benutzer und Zielgruppen</b>	<b>125</b>
7.1	Organisatorische Rollen.....	126
7.2	Erfahrungsstand.....	127
7.3	Marktsegmente.....	131
7.4	Lebenskontext und Lebensstil.....	132
7.5	Stereotypen.....	133
7.6	Personas.....	133
7.7	Zusammenfassung.....	139

<b>8</b>	<b>Mensch-Computer-Systeme</b>	<b>141</b>
8.1	Dimensionen von Mensch-Computer-Systemen .....	141
8.2	Kommunizierende Systeme.....	144
8.3	Handlungssysteme.....	153
8.4	Zusammenfassung.....	170
<b>9</b>	<b>Zeitverhalten interaktiver Systeme</b>	<b>173</b>
9.1	Zeitabschnitte einer Interaktion.....	173
9.2	Kognitive Randbedingungen.....	175
9.3	Technische Randbedingungen.....	177
9.4	Zusammenfassung.....	181
<b>10</b>	<b>Menschzentrierte Entwicklungsprozesse</b>	<b>183</b>
10.1	Prozessorientierte Entwicklung.....	184
10.2	Entwicklungsphase: Analyse.....	193
10.3	Entwicklungsphase: Konzeption und Design.....	194
10.4	Entwicklungsphase: Realisierung .....	197
10.5	Entwicklungsphase: Evaluation .....	199
10.6	Interdisziplinäre Entwicklung .....	202
10.7	Zusammenfassung.....	204
<b>11</b>	<b>Kriterien und Qualitätsmerkmale interaktiver Systeme</b>	<b>207</b>
11.1	Kriteriensysteme .....	208
11.2	Basiskriterien der Gebrauchstauglichkeit.....	210
11.3	Funktionale Kriterien .....	214
11.4	Dialogkriterien .....	219
11.5	Ein- und Ausgabekriterien .....	240
11.6	Weitere ergonomische Kriterien .....	244
11.7	Kriterien der User Experience.....	249
11.8	Zusammenfassung.....	250
<b>12</b>	<b>Evaluation interaktiver Systeme</b>	<b>253</b>
12.1	Theoriebasierte Evaluation.....	254
12.2	Aufgabenbasierte Evaluation .....	257
12.3	Benutzerbasierte Evaluation.....	263
12.4	Zusammenfassung.....	268

---

<b>13</b>	<b>Gesetzliche Rahmenbedingungen</b>	<b>271</b>
13.1	Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) .....	271
13.2	Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) .....	273
13.3	Barrierefreie-Informationstechnik-Verordnung (BITV 2.0) .....	276
13.4	Zusammenfassung .....	278
	<b>Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)</b>	<b>279</b>
	<b>Barrierefreie-Informationstechnik-Verordnung (BITV 2.0)</b>	<b>285</b>
	<b>Abbildungen</b>	<b>287</b>
	<b>Literatur</b>	<b>291</b>
	<b>Normen</b>	<b>309</b>
	ISO: International Organization for Standardization.....	309
	MIL: Militärische Standards .....	311
	<b>Organisationen und Verbände</b>	<b>313</b>
	<b>Abkürzungen</b>	<b>315</b>
	<b>Glossar</b>	<b>319</b>
	<b>Index</b>	<b>329</b>

# 1 Einleitung

Im Rahmen der allgemeinen Lebensbereiche *Arbeit*, *Bildung* und *Freizeit* begegnen wir einer Vielzahl und Vielfalt von *Computersystemen* und *Computeranwendungen*<sup>1</sup>. Man denke dabei an:

- Bildschirmarbeitsplätze,
- Heimcomputer (Personal Computer),
- Spielkonsolen,
- Musikanlagen und Heimkinos,
- Haushaltsgeräte und intelligente Häuser,
- mobile Systeme wie Notebooks, Tablets, Smartphones, Digitalkameras, Taschenrechner,
- Automaten und Informationsterminals,
- intelligente Kleidung (Wearables) wie Datenbrillen, Smartwatches oder in Kleidung eingearbeitete Computersysteme,
- Navigations-, Assistenz- und Entertainmentsysteme in Fahrzeugen,
- medizintechnische Systeme im privaten, therapeutischen oder klinischen Einsatz oder
- Steuerungen für Produktionsanlagen und Versorgungssysteme.

Schon aus dieser unvollständigen Aufzählung wird ersichtlich, dass unser Leben immer stärker von *Informations- und Kommunikationstechnologien (IuK-Technologien)* auf der Grundlage von Computersystemen durchsetzt ist. Diese technischen Systeme stehen in *Interaktion*, also in *Wechselwirkung*, mit dem Menschen. Wir nennen Sie deshalb auch *interaktive Computersysteme* oder kurz *interaktive Systeme*.

Viele der Systeme sind auch *untereinander vernetzt*. Es lässt sich kaum mehr erkennen, was womit in Verbindung steht. Dies ist teils gewollt, z. B. für einen benötigten Datenaustausch, oft aber nicht erkennbar oder gar nicht bekannt, so dass die Systeme immer weniger abgrenzbar und isoliert betrachtbar sind. *Funktionalitäten* vermischen sich oder werden von mehreren Geräten zusammen erbracht. *Informationen* überschreiten auch unerkannt Gerätegrenzen. Die gleichzeitige Interaktion mit mehreren Geräten wird zur *Multi-Device-* oder auch *Cross-Device-Interaction*. Computersysteme und ihre Vernetzung werden *allgegenwärtig* oder *ubiquitär* (Weiser, 1991).

---

<sup>1</sup> Im Folgenden auch *Anwendungssysteme*, bei mobilen Systemen oder Entertainmentsystemen auch *Apps* genannt.

Aus dieser weitgehenden Durchdringung unseres täglichen Lebens durch Computersysteme folgt eine erweiterte Lebensgrundlage in unserer modernen Gesellschaft: *Menschen werden zunehmend davon abhängig, interaktive Computersysteme ohne Hürden wirkungsvoll nutzen zu können*. Diese Abhängigkeit verstärkt sich offensichtlich täglich weiter. Es reicht nicht mehr aus, wie zu Beginn der betrieblichen Computerisierung, eine kleine Zahl von Fachleuten auszubilden, die mit solchen Computersystemen effizient und nutzbringend umzugehen verstehen. Die berufliche Funktion vieler Menschen, ihre persönlichen Entfaltungsmöglichkeiten, ihre soziale Einbindung bis hin zu ihrem täglichen Wohlbefinden sind zunehmend vom problemlosen und wirkungsvollen Umgang mit all diesen mehr oder weniger komplexen allgegenwärtigen Computersystemen und Computeranwendungen abhängig. Die gewollte Unterstützung des Menschen durch moderne Computersysteme erzeugt so eine zusätzliche, nicht unerhebliche Last für ihre Nutzer.

## 1.1 Werkzeuge

Computer in Verbindung mit den darauf ablaufenden Anwendungsprogrammen werden vielfach als *Werkzeuge* betrachtet und entsprechend auch als *Computerwerkzeuge* bezeichnet. Bei einer solchen Perspektive drängt sich die Frage auf, inwieweit sich computerbasierte von traditionellen Werkzeugen unterscheiden.

Die Werkzeugherstellung und der Werkzeuggebrauch des Menschen gehen zurück auf Produktion, Auswahl und Einsatz einfacher Objekte wie scharfkantige Steine und Knochen vor über 2 Millionen Jahren (Leakey, 1994). Seit etwa 200.000 Jahren werden auch komplexere Werkzeuge von Menschen planvoll hergestellt, aber erst seit etwa 200 Jahren erfolgt dies industriell unter definierten technischen und ökonomischen Bedingungen. Computerbasierte Werkzeuge in unserem Sinne gibt es erst seit 50 Jahren. In welcher Weise reihen sich diese neuen Werkzeuge in diese lange Tradition der Werkzeugentwicklung ein und wie unterscheiden sie sich von ihren Vorläufern?

Eine wichtige Gemeinsamkeit von traditionellen und computerbasierten Werkzeugen drückt sich zunächst dadurch aus, dass beide einfach *Mittel zum Zweck* sein sollen. Sie helfen dem Menschen Dinge zu tun und dabei Aufgaben und Probleme zu lösen, die dieser ohne sie nur sehr mühevoll oder überhaupt nicht leisten könnte. Ein Beutetier zu erlegen und es zu zerlegen war auch in der Frühzeit des Menschen kaum ohne Speer, Axt und Messer zu bewältigen. Die Beschaffung von Lebensmitteln ist heute ohne die Nutzung von Computersystemen ebenso wenig zu leisten. Werkzeuge befähigen Menschen zu bestimmten Leistungen, indem sie ihnen *Funktionen* bereitstellen. Der Speer tötet über größere Distanzen ein Beutetier. Das Buchungssystem einer Bank berechnet, prüft, speichert, überträgt und visualisiert einen Geldtransfer für einen Lebensmitteleinkauf. Beide Werkzeugformen ermöglichen und unterstützen wichtige Aktivitäten im jeweiligen Lebenskontext, für die der Mensch von Natur aus nicht vorbereitet worden ist. Werkzeuge sind Erweiterungen, *Extensionen des Menschen*. Als



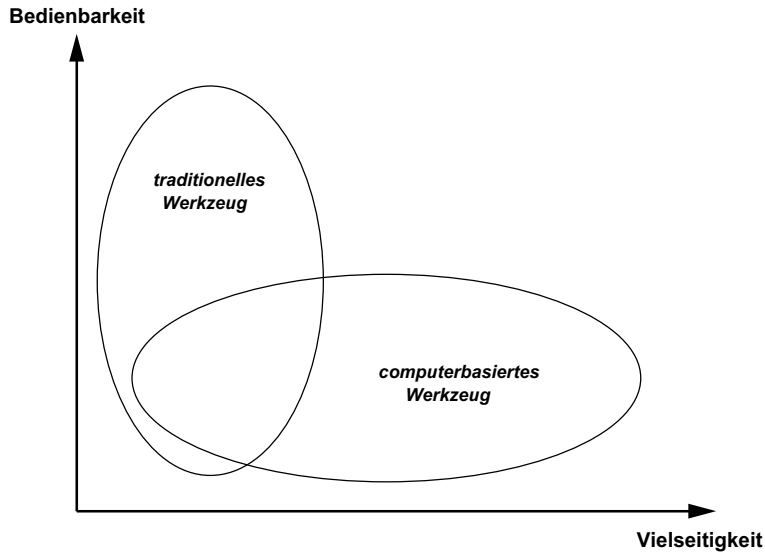
*Mittler* zwischen dem Menschen und seiner Lebenswelt bilden sie im abstrakten Sinne *Medien* (McLuhan, 1964; Herczeg, 2007).

Kommen wir zurück zur Frage nach den Unterschieden zwischen traditionellen und computerbasierten Werkzeugen. Diese deuten sich schon an, wenn wir in Tabelle 1 einige charakteristische Eigenschaften gegenüberstellen. Diese Gegenüberstellung nennt vor allem besondere Fähigkeiten und möglicherweise damit auch die Vorteile computerbasierter Werkzeuge gegenüber traditionellen Werkzeugen. Trotzdem zeigt sich auch ein gravierender Nachteil: *Computerbasierte Werkzeuge sind ein Fortschritt bezüglich der Funktionalität (Vielseitigkeit), aber gleichzeitig ein Rückschritt bezüglich der Handhabbarkeit (Bedienbarkeit).*

Der Kompromiss zwischen hoher Funktionalität und guter Bedienbarkeit kann auch charakterisiert werden als die Herausforderung, die Handhabbarkeit bei zunehmender Vielseitigkeit aufrecht zu erhalten oder überhaupt zu gewährleisten (Abbildung 1). Das Schweizer Taschenmesser wird mit zunehmender Funktionalität vielseitiger, aber mit gleichzeitig zunehmender Dicke des Griffes immer schlechter handhabbar. Irgendwann ist es kaum mehr als Taschenmesser erkennbar, sondern nur noch als mechanische Aneinanderreihung, ein Sammelsurium von praktischen Einzelwerkzeugen. Einen ähnlichen Zustand haben inzwischen PCs oder Smartphones erreicht, die mit einer Vielzahl von Applikationen (Apps) eine Art „digitale Schweizer Taschenmesser“ darstellen, aber unübersichtlich und immer schlechter überschaubar und nutzbar werden.

Traditionelles Werkzeug	Computerbasiertes Werkzeug
vorgegebene, starre Form	gestaltbare, dynamische Form
passiv	aktiv und reaktiv
erklärungsbedürftig	selbsterklärungsfähig
kleine, einfache Funktionalität	große, komplexe Funktionalität
optimiert in der Handhabung	optimiert in der Funktionalität
kombinierbar	vernetzt

**Tabelle 1**      Eigenschaften traditioneller versus computerbasierter Werkzeuge



**Abbildung 1** Bedienbarkeit versus Vielseitigkeit von Werkzeugen

Bei Werkzeugen lässt sich beobachten, dass es oftmals einen Kompromiss zwischen hoher Funktionalität und guter Bedienbarkeit zu geben scheint. Je mehr Aufgaben es durch seine Funktionalität unterstützt, desto weniger ist das Werkzeug in seiner Ausprägung auf eine bestimmte Aufgabe optimiert.

## 1.2 Bedienoberflächen und Benutzungsschnittstellen

Worin besteht das Problem mit dem Griff des Schweizer Taschenmessers oder der Bedienoberfläche des Smartphones bei zunehmender Funktionalität? Der Griff, der bei Nichtnutzung des Messers die Klinge sicher in der Hosentasche verwahrt, bei Nutzung diese jedoch gut handhabbar fixiert, verliert seine besondere Qualität bei der Integration zu vieler Funktionen und damit zunehmender Dicke. Die *Bedienoberfläche* eines Werkzeugs muss durch geeignete *Formgebung* auf die jeweilige Funktion zugeschnitten werden. Sind sehr unterschiedliche und sehr viele Funktionen zu unterstützen, verliert eine Form schnell ihre besondere Wirksamkeit und damit ihre Nutzungsqualität. Der Griff eines festen Messers kann gegenüber dem eines Taschenmessers mit seinen zwei Funktionen Griff und Hülle für bestimmte Aufgaben besser gestaltet werden. Ein Smartphone ist ein Kompromiss in der Bedienung der unterschiedlichsten Apps. *Multifunktionalität verschlechtert im Allgemeinen die Handhabbarkeit eines Werkzeugs.*

Wie steht es mit der Ausformung computerbasierter Werkzeuge? Diese bieten ihren *Benutzern*<sup>2</sup> eine „*Bedienoberfläche*“ an, die es ermöglicht, die Funktionen des Computersystems zu aktivieren und die Reaktionen, also das *Verhalten* des Systems wahrzunehmen und zu steuern. Eine solche Bedienoberfläche setzt sich zusammen aus den Eingabemöglichkeiten des Benutzers mittels *Eingabegeräten*, wie Tastatur, Mikrofon, Maus oder Touchscreen, sowie aus den Ausgabemöglichkeiten auf den *Ausgabegeräten*, wie Bildschirm, Lautsprecher oder Drucker. Diese Bedienoberfläche bildet die *Form* oder *Gestalt* eines computerbasierten Werkzeugs. Zusammen mit den Regeln zu ihrer Nutzung nennt man sie auch *Benutzungsschnittstelle*<sup>3</sup>. Sie ermöglicht die Verbindung von Mensch und Computer in ähnlicher Weise wie technische Schnittstellen die Verbindung zwischen technischen Systemen realisieren.

Die Gestaltung, also Formgebung der Benutzungsschnittstelle eines Computersystems erfolgt durch Nutzung unterschiedlichster *Medien* wie Text, Bild oder auch Ton. Diesen Aspekt der Zusammensetzung einer Benutzungsschnittstelle fasst man auch unter dem Begriff der *Multimedialität*<sup>4</sup> zusammen. Auch dies ist ein Grund, warum wir Computersysteme gelegentlich als *Medien* bezeichnen, und unterstützt die schon diskutierte Abstraktion von Werkzeugen zu *zwischen Mensch und Umwelt vermittelnden Medien*.

Neben der Multimedialität begegnet uns bei computerbasierten Werkzeugen darüber hinaus die besondere Intensität und Dichte von Wechselwirkungen zwischen Mensch und Computer. Diese existiert zwar prinzipiell auch bei der Nutzung traditioneller Werkzeuge, ist aber bei computerbasierten Werkzeugen durch die ständigen expliziten Ein- und Ausgabevorgänge zwischen Benutzer und System auffälliger. Diese Wechselwirkung nennen wir bei computerbasierten Werkzeugen auch *Interaktivität*. Entsprechend sprechen wir auch von *interaktiven Systemen* oder *interaktiven Medien* (vgl. Kay & Goldberg, 1976). Während die Interaktion zwischen traditionellen Werkzeugen und dem Benutzer vor allem sensomotorisch durch Kräfte und damit verbundene Bewegungen vonstattengeht, findet die Interaktion bei computerbasierten Werkzeugen vor allem durch *Symbole*, also bedeutungstragende Zeichen statt. Während das traditionelle Werkzeug also vor allem als ein „*Körperwerkzeug*“ entstanden ist, ist der Computer bislang eher ein „*Kopfwerkzeug*“.

Durch die zunehmend enge Verbindung zwischen Objekten unserer Umwelt und Computern löst sich diese Trennung zwischen Alltagsobjekten und Computersystemen allerdings allmählich wieder auf. *Tangibles* sind physische Gegenstände mit Computerfunktionalität. *Wearables* sind Kleidungsstücke mit eingewobenen Computern und das *Smartphone* wird vielleicht zum neuen intelligenten „Faustkeil“, sofern seine Bedienbarkeit und die damit verbundene *Erlernbarkeit* geeignet ermöglicht wird. Das *Internet of Things (IoT)* vernetzt

---

<sup>2</sup> Bei Computersystemen sprechen wir von *Benutzern* oder kurz von *Nutzern*; engl.: *user*; im Folgenden steht *Benutzer* geschlechtsneutral für männliche und weibliche Benutzer.

<sup>3</sup> Engl.: *User Interface*

<sup>4</sup> Der Begriff *Multimedia* wird oft für die Technologie digitaler Medien verwendet, die aus Mischungen von Text, Grafik, Audio und Video bestehen; eine solche Definition soll hier nicht verwendet werden (siehe auch Herczeg, 2007).

computergesteuerte, mehr oder weniger intelligente Objekte mit gemischt physischen und digitalen Eigenschaften.

## 1.3 Ergonomie

Traditionelle Werkzeuge wurden mit meist hohem Aufwand über lange Zeiträume für gute *Wirksamkeit* und *Handhabbarkeit* ihrer *Funktionen* entwickelt und dabei über viele, meist kleine Entwicklungsschritte in ihrer *Form* an den menschliche Körper sowie an die menschlichen Fertigkeiten, Kenntnisse und Präferenzen angepasst. In den letzten 200 Jahren systematischer und auch abstrakter Werkzeugentwicklung haben sich so vielfältige Gestaltungsprinzipien, Entwicklungs- und Testmethoden entwickeln können. Im Rahmen der wissenschaftlichen Systematisierung und Professionalisierung dieser Vorgehensweise ist das Gebiet der *Ergonomie*<sup>5</sup> entstanden. Im Rahmen der Ergonomie wurden durch vielfältige Experimente und Studien Werkzeuge und Arbeitsumgebungen an die Menschen und ihre Tätigkeiten angepasst und laufend optimiert. Bereits 1857 weist der polnische Naturwissenschaftler Wojciech Jastrzebowski auf dieses damals gerade entstehende Wissenschaftsgebiet hin:

*„Ergonomie ist ein wissenschaftlicher Ansatz, damit wir aus diesem Leben die besten Früchte bei der geringsten Anstrengung und mit der höchsten Befriedigung für das eigene und das allgemeine Wohl ernten.“*

Bei computerbasierten Systemen fehlen oftmals die langjährigen evolutionären Entwicklungsprozesse und Erfahrungen. Auch erlaubt die *Kurzlebigkeit* der Computerwerkzeuge nur in Ausnahmefällen eine evolutionäre Entwicklung, also die kontinuierliche langfristige Verbesserung. Der Anpassung der hard- und software-technischen Bedienoberfläche interaktiver Computersysteme an die menschliche Physiologie sind durch die verbreitete Verwendung starrer Peripheriegeräte, wie Tastaturen und Bildschirme, enge Grenzen gesetzt. Aber selbst die langjährige Entwicklung und Nutzung von Computertastaturen, aufbauend auf Schreibmaschinentastaturen, haben aufgrund der Dominanz ökonomischer gegenüber ergonomischer Prinzipien nur zu wenig überzeugenden Lösungen geführt (Tenner, 2003). Erst durch die in jüngerer Zeit belebte Entwicklung und Verbreitung *vielgestaltiger Ein- und Ausgabegeräte*, wie spezialisierte Zeigeeinstrumente und Dateneingabegeräte, in Größe und Positionierung wählbare, berührungssensitive Bildschirme oder diverse andere auditive und haptische Komponenten werden bisherige Einschränkungen wieder abgeschwächt und teilweise aufgehoben. Computersysteme werden immer besser an die menschliche Physiologie und den Anwendungskontext angepasst. Aus dem bisherigen „Kopfwerkzeug“ wird so langsam wieder ein „Körperwerkzeug“. Diese Entwicklungen ändern allerdings nur wenig an der dargestellten Problematik der *Multifunktionalität* und *Kurzlebigkeit* der neuen Werkzeuge.

---

<sup>5</sup> Ergonomie: Lehre von der Arbeit,  
engl.: *Human Factors (HF)*,  
griechisch: *ergon*: Arbeit, Werk – *nomos*: Gesetz, Regel, Ordnung.

## 1.4 Software-Ergonomie

Neben der Besonderheit der hohen Funktionalität zeigen computerbasierte Werkzeuge eine weitere wichtige Eigenschaft. Sie sind gegenüber traditionellen Werkzeugen nicht *passiv*, sondern *aktiv* und *reaktiv*, wir sagen auch *interaktiv*. Sie ändern aufgrund ihres *Programms*, der enthaltenen Software, in Abhängigkeit von *Benutzereingaben (Inputs)* oder *Umgebungsbedingungen* ihren internen Zustand und erzeugen dabei *Ausgaben (Outputs)*. Sie haben also ein *Gedächtnis* und zeigen neben *Funktion* und *Form* gegenüber dem Benutzer auch *komplexes Verhalten*. Diese Besonderheit der Interaktivität im Zusammenspiel mit der Multimediaalität und die damit verbundenen Entwicklungs- und Herstellungsmethoden sowie die Nutzungsbedingungen rechtfertigen die Entstehung einer eigenen Teildisziplin der Ergonomie, nämlich der *Software-Ergonomie*.

Im Rahmen der Entwicklung der *Software-Ergonomie*<sup>6</sup> zum eigenständigen Fach (Balzert et al., 1988; Wandmacher, 1993; Herczeg, 1994) wurden Theorien und Methoden für *Analyse*, *Modellierung*, *Gestaltung* und *Evaluation* erarbeitet, die dabei unterstützen, computerbasierte Werkzeuge in benutzer- und anwendungsgerechter Weise zu konzipieren, zu realisieren und zu testen. Systeme, die grundlegenden ergonomischen Anforderungen entsprechen, nennt man in der Software-Ergonomie *gebrauchstauglich*. Die Software-Ergonomie widmet sich also der *Gebrauchstauglichkeit interaktiver Computersysteme*. Sie ist entsprechend ihrer Genese und Anwendbarkeit auch die *Lehre von der Computerarbeit*.

Die Software-Ergonomie kann nur auf Basis einer benutzer- und anwendungsgerechten Gestaltung der Computerhardware sowie einer angemessenen Arbeitsplatzgestaltung beziehungsweise der Gestaltung eines anderen räumlichen und zeitlichen Nutzungskontextes gegründet werden. Insofern ist die mit den technischen Geräten befasste *Hardware-Ergonomie* im Rahmen der Software-Ergonomie zwangsläufig mit zu berücksichtigen. Die Hardware-Ergonomie liefert die technischen Rahmenbedingungen und Optionen der Gestaltung eines interaktiven Systems. Man könnte Software- und Hardware-Ergonomie auch sinnvoll unter dem Begriff der *Computer-Ergonomie* zusammenfassen, um die Untrennbarkeit besser zu dokumentieren. Diese Bezeichnung konnte sich aber bislang nicht durchsetzen.

---

<sup>6</sup> Software-Ergonomie: Lehre von der Computerarbeit;  
engl.: *Software Ergonomics* oder *Human-Computer-Interaction (HCI)*.

Die theoretischen und praktischen Erkenntnisse aus der Software-Ergonomie werden in unterschiedlichster Form für die Entwicklung und die Nutzung von Computeranwendungen verfügbar gemacht:

1. *Gesetze und Verordnungen* für Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit;
2. nationale und internationale *Normen und Standards*; oder andere Regelwerke
3. *Empfehlungen*;
4. *Gestaltungsregeln* und *Styleguides*;
5. *Software-Bausteine* und *Entwicklungswerkzeuge (Tools)*.

Diese *Formen ergonomischen Wissens* haben unterschiedlichen Nutzen und unterliegen diversen Einschränkungen, wie in Tabelle 2 zu ersehen ist (vgl. auch Sutcliffe, 2002).

Grundsätze und Empfehlungen der Software-Ergonomie werden im Bereich der computergetstützten Arbeit häufig ignoriert oder verletzt. Ein Grund sind unzureichende Kenntnisse derjenigen, die Software herstellen oder im Nutzungskontext, beispielsweise dem Arbeitsplatz, bereitstellen. Ein anderer Grund sind mangelnde Kenntnisse bei der Einschätzung und Bewertung der software-ergonomischen Qualität durch Beschaffende oder Benutzer dieser Systeme. Die Folgen davon sind vielfältige *negative Auswirkungen auf die Nutzer durch unzulängliche Computeranwendungen*, wie vor allem:

- Physische und psychische Beeinträchtigungen der Benutzer;
- hoher Einarbeitungsaufwand;
- Herausbildung „unentbehrlicher Experten“, die schlechte Systeme zu bedienen gelernt haben und dieses Wissen organisatorisch kultivieren und zu ihrem Vorteil nutzen;
- Systeme arbeiten gegen die gewohnte oder gewünschte Arbeitsweise;
- Verschiebungen in der Relevanz von Arbeitsvorgängen im Tätigkeitsspektrum;
- Aufteilen von Tätigkeiten in für sich gesehen sinnlose Teile (Fragmentierung);
- Herausbildung geistiger Fließbandarbeit;
- Verschwendung menschlicher Denkfähigkeit und Flexibilität.

	<b>Gesetze</b>	<b>Normen</b>	<b>Empfehlungen</b>	<b>Styleguides</b>	<b>Tools</b>
<b>Quelle</b>	Gesetzestexte und Verordnungen	öffentliche Dokumente	Bücher und Berichte	firmeninterne Dokumente	Software-Produkte
<b>Verfügbarkeit</b>	öffentlich	frei käuflich	meist öffentlich	meist proprietär	öffentlich oder proprietär
<b>Durchsetzung</b>	Gesetzgeber	Vertrag	Absprache	Management	Technik
<b>Spezifität</b>	sehr allgemein	allgemein	allgemein bis anwendungsspezifisch	produktions-spezifisch	technologie-spezifisch
<b>Anpassung</b>	praktisch nicht möglich	praktisch nicht möglich	generell möglich	im Einzelfall möglich	aufwändig oder nicht möglich
<b>Abweichung</b>	im Gesetz festgelegte Ausnahmeregelungen	formale Ausnahmeregelungen	informelle Absprache	mit Antrag und Review	keine
<b>Vorteile</b>	Mindeststandards zum allgemeinen Arbeitsschutz	allgemeine Standardisierung	flexibel und aktuell	Klarheit und verbesserte Qualität; einheitliche Produkte	einheitliche Produkte und Zeitgewinn
<b>Nachteile</b>	unspezifisch	unspezifisch und oft veraltet	interpretationsbedürftig	unflexibel	unflexibel

**Tabelle 2** Formen und Umsetzungen software-ergonomischer Erkenntnisse

Die Auswirkungen fehlender Gebrauchstauglichkeit erzeugen nicht nur unakzeptable Beanspruchungen und Beeinträchtigungen bei den Benutzern von Computeranwendungen, sie führen auch zu einer erheblichen Begrenzung oder gar Reduktion von *Effektivität* und *Effizienz*<sup>7</sup> der Arbeit. Schlechte Arbeitsmittel führen zu schlechten Arbeitsergebnissen. Diese Auswirkungen haben somit nicht nur Beeinträchtigungen der Benutzer zur Folge, sie reduzieren auch die Arbeitsleistung der Benutzer in Ausübung ihrer Tätigkeiten und erzeugen damit letztlich unnötige Belastungen und Kosten in der Anwendung der Systeme. Diese meist verdeckten Kosten nicht gebrauchstauglicher Systeme werden inzwischen zunehmend wahrgenommen. Zu diesem Zweck werden Instrumentarien zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit von Computeranwendungen unter besonderer Berücksichtigung der Gebrauchstauglichkeit erarbeitet (siehe z. B. Bias & Mayhew, 2005). Der große Zusammenhang zwischen Gebrauchstauglichkeit und Effizienz wird immer noch stark unterschätzt. Stattdessen wird die Gebrauchstauglichkeit gerne als sekundäre, der Funktionalität und dem Nutzen eines Systems nachgeordnete Systemeigenschaft, also als eines unter vielen Qualitätsmerkmalen angesehen. So ist es recht verbreitet, zunächst die Funktionalität eines Systems zu entwickeln, dann Schwächen in der Gebrauchstauglichkeit zu erkennen – oft erst durch den Anwender – und diese mangels verbleibender Zeit und anderer Ressourcenengpässe nicht oder nur oberflächlich zu beheben. Viele sprechen hierbei zu Recht von wenig hilfreicher *Oberflächenkosmetik*. Gerade heutige Betriebe, die im harten Wettbewerb stehen, sollten ein besonderes Interesse an der Realisierung gebrauchstauglicher Computeranwendungen und ergonomischer Computerarbeitsplätze zeigen. Es ist zwar nicht das zentrale Anliegen der Software-Ergonomie weitere *Rationalisierungspotenziale* auszuschöpfen, beitragen kann sie dazu in jedem Fall, wie schon immer die traditionelle Ergonomie.

Neben den Effektivitäts- und Effizienzbetrachtungen haben Computeranwendungen auch erheblichen Einfluss auf die *Zufriedenheit* ihrer Benutzer. Dabei ist jedoch zu beachten, dass diese umgangssprachliche *Zufriedenheit* oder *Zufriedenstellung* aus einem komplexen Zusammenspiel vieler physischer und psychischer Faktoren entsteht und bislang kaum geeignet definiert worden ist.

*Effektivität*, *Effizienz* und *Zufriedenstellung*, wie oben beschrieben, wurden in der internationalen Norm DIN EN ISO 9241-11<sup>8</sup> (siehe Anhang) zu den Hauptmerkmalen gebrauchstauglich gestalteter Computeranwendungen erhoben. Sie wurden zusammenfassend als die drei Hauptfaktoren der *Gebrauchstauglichkeit* eines Anwendungssystems definiert. Dies soll unter anderem den verbreiteten, aber wenig hilfreichen Begriff der „*Benutzerfreundlichkeit*“ ersetzen. Zu diesen und weiteren Kriterien finden sich nähere Ausführungen in Kapitel 10.

Neben der Vielzahl mangelhaft realisierter Computeranwendungen an Arbeitsplätzen findet sich inzwischen eine deutlich größere Zahl solcher Computeranwendungen im privaten und

---

<sup>7</sup> Siehe Definitionen der Kriterien in Kapitel 10.

<sup>8</sup> Im Folgenden wird die Norm kurz als ISO 9241 oder bestimmte Teile der Norm wie ISO 9241-11 benannt; DIN EN ISO bedeutet, dass es eine deutsche, europäische und international gültige Norm darstellt; im Buch werden die Normen im Folgenden nur mit ISO gekennzeichnet; Details finden sich im Anhang.



im mobilen Bereich. Da hier weder durch Normen noch durch den Gesetzgeber *Mindeststandards* nahegelegt oder erzwungen werden, finden sich in diesen offenen Kontexten meist deutlich schlechtere Systeme als an Büroarbeitsplätzen. Wenn man bedenkt, dass viele dieser Systeme nicht nur für kurze unwichtige Tätigkeiten, sondern auch für stundenlanges Arbeiten, Lesen, Lernen oder Spielen genutzt werden, müssen durch diese Nutzungssituationen ebenso negative Folgen auf ihre Benutzer erwartet werden.

Während Arbeit zunächst im direkten Zusammenhang mit betrieblichen Arbeitsplätzen betrachtet wurde, hat sich dies in den letzten Jahren verändert. Arbeit, Bildung und Freizeit überschneiden sich zeitlich und räumlich immer mehr. Menschen arbeiten zuhause oder unterwegs. Interaktive Systeme sind in Form von mobilen Computersystemen und ihren Apps sowie als Internet-Anwendungen praktisch jederzeit und überall verfügbar. Freizeitaktivitäten zeigen beispielsweise in Form intensiv genutzter Computerspiele oder ausgedehnter Nutzung des World Wide Web Charakteristika, wie sie bislang nur von Arbeitstätigkeiten bekannt waren. Entsprechend kann es für die Gestaltung gebrauchstauglicher Computersysteme auch keine strikte Trennung zwischen Arbeits- und anderen Lebenskontexten mehr geben. So gewinnt die Software-Ergonomie über die Grenzen von Arbeitsplätzen hinaus an Bedeutung und findet zunehmend Anwendung bei mobilen Systemen, Websites, Haushaltsgeräten oder Computerspielen. Der bisherige Begriff der Computerarbeit erweitert sich dann von der Arbeit im engeren Sinn auf *Situationen intensiver Nutzung von Computersystemen*. Zur Klärung dieser erweiterten Bedeutung wollen wir die Software-Ergonomie jedoch ausschließlich im Zusammenhang mit der *Bearbeitung definierter Aufgaben mittels Computersystemen* betrachten. Ohne einen klaren Aufgabenbezug lassen sich die wesentlichen software-ergonomischen Kriterien im Sinne der Gebrauchstauglichkeit nicht anwenden. Da dieser Aufgabenbezug bei intensiven Nutzungsformen aber praktisch immer gegeben oder sinnvoll herstellbar ist, bildet dies keine wesentliche Einschränkung. Aufgaben müssen dazu jedoch systematisch erfasst werden (siehe dazu Abschnitt 2.3).

## 1.5 Interaktionsdesign und Experience Design

Wie entsteht denn nun die Gebrauchstauglichkeit eines computerbasierten Anwendungssystems? Bei der Diskussion von Werkzeugen haben wir festgestellt, dass die Funktion eines Werkzeugs mittels einer *Form* eine Bedienoberfläche erhält. Form und Funktion bestimmen *Nutzbarkeit* und *Nützlichkeit* eines Werkzeugs. Anders als bei traditionellen Werkzeugen kann sich die Form eines computerbasierten Werkzeugs im Verlauf seiner Nutzung dynamisch sehr weitgehend ändern. Dies bestimmt das sichtbare Verhalten des Systems und ist eine wichtige besondere Qualität computerbasierter Werkzeuge. Kann und soll die Software-Ergonomie vorgeben, wie sich Form und Verhalten interaktiver Werkzeuge darstellen? Wir haben bislang nur über Kriterien gesprochen, die die Gebrauchstauglichkeit von computerbasierten Werkzeugen bewerten. Die Möglichkeiten und die Methode der Formgebung selbst können und sollen nicht Teil der Software-Ergonomie sein. Dafür steht inzwischen das Ge-

biet des *Interaktionsdesigns* (Preece et al., 2002; Herzeg, 2006; Cooper et al, 2014), eine Weiterentwicklung und Spezialisierung der bisherigen Designdisziplinen des Produkt- und des Kommunikationsdesigns in Verknüpfung mit der Informatik als der Wissenschaft der Entwicklung von Computeranwendungen.

Was ist die besondere Herausforderung des Interaktionsdesigns? Computersysteme und Computeranwendungen sehen heute meist so aus, wie man sich Computertechnik eben vorstellt. Sie sind an der typischen Konstellation aus Bildschirm, Tastatur und Rechnergehäuse unmittelbar leicht zu erkennen. Wir nennen diese Form von Computern aus historischen Gründen meist *Personal Computers* oder *PCs* (Kay, 1977), ganz gleich wo und wie sie eingesetzt werden. Andere Computersysteme sind weitgehend unsichtbar in anderen Geräten und Gegenständen verborgen. Solche Computersysteme nennen wir auch *eingebettete Systeme* (*Embedded Systems*) oder *Informationsgeräte* (*Information Appliances*) (Norman, 1999).

Anstatt technikzentrierter standardisierter Computersysteme benötigen wir gebrauchstaugliche Computersysteme, die an ihre Benutzer, Aufgaben und Nutzungskontexte angepasst wurden. Computeranwendungen werden zunehmend eingebettete Systeme sein, die sich optimal in den Kontext einfügen. Nicht die Benutzer sollen sich an die Computersysteme anpassen, sondern die Computersysteme müssen benutzergerecht gestaltet und anwendungsgerecht an die Aufgaben und Nutzungsbedingungen angepasst werden. Nicht die Computeranwendungen ermöglichen bestimmte Aufgaben, die dann von Benutzern praktiziert werden, sondern die Computeranwendungen müssen aufgabengerecht für vorgegebene Aufgaben entwickelt werden. Nicht die Nutzungskontexte schaffen Raum für die Nutzung von Computern, sondern Computer müssen in die Nutzungskontexte eingebettet werden, ohne diese zu stören oder nachteilig zu verändern. Software-Ergonomie und Interaktionsdesign leisten dies am besten gemeinsam.

Es ist wichtig an dieser Stelle klar zu vermerken, dass Interaktionsdesign nicht ein Teilgebiet der Software-Ergonomie darstellt und auch nicht als dieser untergeordnet anzusehen ist. Interaktionsdesign gestaltet interaktive Systeme. Welche Qualität diese Systeme haben, bestimmen die angewendeten Zielkriterien. Die Software-Ergonomie liefert Zielkriterien für gebrauchstaugliche Systeme. Andere Disziplinen liefern Kriterien für Systeme anderer Art. So kann ein System beispielsweise die Qualität besitzen, besonders interessant und motivierend in der Nutzung zu sein. Computerspiele und Lernsysteme schöpfen ihre besonderen Qualitäten nur teilweise oder gar nicht aus ihrer Gebrauchstauglichkeit, selbst wenn sie diese Eigenschaft besitzen. Ein System kann als besonders ästhetisch und ansprechend empfunden werden, obwohl es fern jeder Gebrauchstauglichkeit liegt. Manche Systeme werden benutzt, ohne dass es definierte Aufgaben dafür gibt; die Systemfunktionalität motiviert stattdessen diverse, auch nicht vorhergesehene Nutzungsmöglichkeiten. Textsysteme werden beispielsweise für die unterschiedlichsten Dinge benutzt, wie z. B. als Notizzettelersatz, zum Erstellen von Geburtstagsseinladungen, als Datenspeicher zur Archivierung von Sammlungen, zum Schreiben von Briefen oder Büchern. Kriterien der Gebrauchstauglichkeit würden bei diesen Anwendungen im Einzelnen eher zu anderen Lösungen führen.

Interaktionsdesign ist als eine eigene Disziplin zu verstehen, die auf Grundlage von vorgegebenen Zielkriterien, zum Beispiel den software-ergonomischen Kriterien der Gebrauchstauglichkeit, in der Lage ist, zu qualitativ guten Gestaltungslösungen zu kommen. Interaktionsdesign wird so zum Dienstleister, besser aber zum kreativen Partner der Software-Ergonomie, der gebrauchstaugliche Computersysteme mit davon unabhängigen oder darüber hinausreichenden Qualitäten versehen kann.

Interessant ist heute auch die Fragestellung nach der *Erlebnishaftigkeit* der Nutzung von interaktiven Systemen. *Interaktivität* zusammen mit *Multimedialität* ist in der Lage, eine hohe Aufmerksamkeit zu erzeugen und Menschen zu motivieren, ein System zu nutzen. Diese sogenannte *User Experience* schafft nicht nur Anreize in der Nutzung, die für interaktive Systeme im Bereich der Freizeit hilfreich sein können, sondern kann auch erfolgreiche Arbeit mit interaktiven Systemen fördern. *Experience Design* (Shedroff, 2001) und *Emotional Design* (Norman, 2004) können als Formen des Interaktionsdesigns verstanden werden, die sich solcher hedonischer Kriterien annehmen.

## 1.6 Usability-Engineering

Zur Bereitstellung geeigneter Herstellungsprozesse für eine systematische und ökonomische Entwicklung interaktiver Systeme hat sich das Gebiet des *Usability-Engineering* entwickelt (Nielsen, 1993; Mayhew, 1999). Es ist mit der Software-Ergonomie über Zielkriterien der Gebrauchstauglichkeit eng verbunden. Daneben verknüpft es sich mit dem *Software-Engineering*, um die Entwicklung interaktiver Softwaresysteme auch nach den jeweils bekannten und bewährten Grundsätzen, Methoden und Produktionsprozessen der Informatik zu betreiben. Interaktive Systeme sind heute vor allem Softwaresysteme. In den gestalterischen Aspekten bedient sich das Usability-Engineering des *Interaktionsdesigns*, das für die jeweilige Problemstellung und mediale Ausgestaltung geeignete Gestaltungsmethoden und Gestaltungswerkzeuge (Software Design Tools) liefert.

Die Software-Ergonomie liefert Ziele zur Orientierung und Kriterien zur Bewertung der Zielerreichung, das Interaktionsdesign die Gestaltungsmethoden und Gestaltungswerkzeuge, und das Usability-Engineering bindet diese in einen funktionsfähigen Gesamtprozess zur Entwicklung gebrauchstauglicher Softwaresysteme ein und liefert praktische Methoden zur Verknüpfung dieser Disziplinen.

Es ist sinnvoll, Software-Ergonomie, Interaktionsdesign und Usability-Engineering heute fachlich zu trennen, da die Software-Ergonomie dann auch von den für die Systementwicklung verwendeten Technologien getrennt werden kann. Interaktionsdesign und Usability-Engineering sind in hohem Maße von den eingesetzten Technologien abhängig und müssen sich laufend mit diesen weiterentwickeln, ohne dass die software-ergonomischen Ziel- und Bewertungskriterien gleichzeitig verändert werden müssten. So wie die traditionelle Ergonomie von den spezifischen und sich ständig ändernden Werkzeugtechnologien unabhängig

ist, ist die Software-Ergonomie von IuK-Technologien unabhängig. Allerdings bewirken neue Technologien neue Möglichkeiten und Erwartungen. Insofern können sich die Kriterien erweitern und die Gewichtungen verschieben.

Diese wissenschaftliche und praktische Trennung von Software-Ergonomie, Interaktionsdesign und Usability-Engineering wird bislang nicht immer so gesehen und daher auch nicht immer strikt praktiziert. Die Trennung wird sich aber bei der weiteren Professionalisierung der Gebiete auszahlen, ohne ein enges Zusammenwirken zu behindern. Die Gebiete sind noch relativ jung und benötigen Zeit zur Differenzierung und Abgrenzung. Unabhängig davon spricht aber auch nichts dagegen, diese Gebiete unter dem Gesamtgebiet der *Mensch-Computer-Interaktion* zu subsumieren. Dies hat sich inzwischen eingebürgert.

## 1.7 Interdisziplinarität der Software-Ergonomie

Die Anwendung eines interaktiven Computersystems definiert sich über Benutzer, die aus dem Kontext einer betrieblichen Organisation oder eines sozialen Umfelds Tätigkeiten und damit verbundene Aufgaben mit dem technischen System durchführen. Daher muss die Software-Ergonomie auf der Grundlage verschiedener zu verknüpfender Fachgebiete entwickelt werden. Die beteiligten Wissenschaftsbereiche und Disziplinen sind vor allem

- *Arbeitswissenschaften*  
(Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit, Arbeitsorganisation, Arbeitssoziologie, Arbeitswirtschaft),
- *Human-, Sozial- und Geisteswissenschaften*  
(Arbeits- und Organisationspsychologie, Wahrnehmungs- und Kognitionspsychologie, Physiologie und Medizin, Pädagogik, Linguistik, Soziologie und Kulturwissenschaften, Medien- und Kommunikationswissenschaften),
- *Computer- und Ingenieurwissenschaften*  
(Informatik, Informationswissenschaften, Telematik, Informationstechnik, Nachrichtentechnik, Elektronik, Robotik) sowie
- *Gestaltungs- und Kulturwissenschaften* (Interaktionsdesign, Produktdesign, Kommunikationsdesign, Typografie, Kunst).

Einige der Fachgebiete sind selbst interdisziplinär, so dass die Zuordnung zu den oben genannten Wissenschaftsbereichen nicht immer eindeutig hergestellt werden kann. Die Analyse und Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Computeranwendungen ist somit eine besonders interdisziplinär ausgeprägte Praxis und Wissenschaft und erfordert Kompetenzen, die für anspruchsvolle Systementwicklungen nur in einem gut zusammenwirkenden Team von Fachleuten angemessen geleistet werden kann. Diese Fachleute sollten zur Überbrückung der Fachdisziplinen am besten selbst über entsprechend überlappende Wissensbereiche verfügen, um die ohnehin schwierige Aufgabe und Kommunikation zu erleichtern und die aufwändigen Entwicklungsprozesse zu beschleunigen.

## 1.8 Zusammenfassung

Als Weiterentwicklung der klassischen Ergonomie sind im Zusammenhang mit dem Einsatz von *computerbasierten Werkzeugen* spezielle Fachgebiete entstanden:

- Die *Hardware-Ergonomie* ist die Wissenschaft und Lehre von der Analyse und Bewertung von Bildschirmarbeitsplätzen und Computersystemen sowie den damit verbundenen Ein- und Ausgabegeräten.
- Die *Software-Ergonomie* ist die Wissenschaft und Lehre von der Analyse und Bewertung von gebrauchstauglichen Benutzungsschnittstellen für interaktive Computeranwendungen.

Eine *Benutzungsschnittstelle* umfasst

- die *Bedienoberfläche* mit den Eingabemöglichkeiten des Benutzers und den Ausgabemöglichkeiten des Computersystems sowie
- die *Regeln der Ein- und Ausgabevorgänge* an der Bedienoberfläche.

Die *Gebrauchstauglichkeit* von Benutzungsschnittstellen wird bestimmt durch ihre

- *Effektivität*,
- *Effizienz* sowie die
- *Zufriedenstellung* der Benutzer.

Die Wechselwirkung zwischen Mensch und Computersystem über die Benutzungsschnittstelle nennt man auch *Interaktivität*. Die mediale Ausgestaltung der Bedienoberfläche wird durch ihre *Multimedialität* charakterisiert.

Die *Formen des Wissens* zur Herstellung oder Bewertung der Gebrauchstauglichkeit von Computeranwendungen begegnen uns in unterschiedlicher Form, vor allem als

- *Gesetze*,
- *Normen*,
- *Empfehlungen*,
- *Styleguides* und
- *Tools*.

Die Software-Ergonomie grenzt sich von den folgenden Gebieten ab, bedient sich aber dieser:

- *Interaktionsdesign* ist die Lehre von der Gestaltung interaktiver Systeme; die Software-Ergonomie liefert die Zielkriterien zur Orientierung des Gestaltungsprozesses sowie zur Bewertung des gestalteten interaktiven Computersystems;
- *Experience Design* ist eine Teildisziplin des Interaktionsdesigns und beschäftigt sich mit motivatorischen und emotionalen Aspekten der Systemnutzung (hedonische Kriterien);
- *Usability-Engineering* bindet Software-Ergonomie und Interaktionsdesign in einen systematischen und ökonomischen Gesamtprozess zur Entwicklung gebrauchstauglicher Systeme ein.

Alle drei Fachgebiete werden inzwischen oft unter dem Gesamtgebiet der *Mensch-Computer-Interaktion* zusammengefasst.

Software-Ergonomie und Hardware-Ergonomie sind junge *interdisziplinäre Wissenschaften*, die vor allem durch folgende Disziplinen getragen werden:

- *Arbeitswissenschaft*,
- *Psychologie*,
- *Informatik und*
- *Design*.

Bei starker Verbreitung und der stärkeren kommunikativen Ausprägung von Computersystemen sowie dem Computereinsatz in sozialen Strukturen werden verstärkt *sozial- und kulturwissenschaftliche Disziplinen* in der Zusammenarbeit benötigt.

Darüber hinaus werden bei der Entwicklung und Herstellung von vielfältigen, mit anderen Technologien verbundenen multimedialen Computer- und Kommunikationssystemen die unterschiedlichsten *Ingenieurdisziplinen* benötigt.

## 2 Arbeitssysteme

Die Software-Ergonomie beschäftigt sich mit der Ausübung von Tätigkeiten unter Nutzung von Computersystemen. Diese Tätigkeiten finden typischerweise im Kontext von *Arbeit* statt. Daher benötigen wir zunächst geeignete Begriffsklärungen für *Tätigkeiten* und *Arbeit*.

Hacker (1986, S. 61) definiert *Tätigkeiten* wie folgt:

*„Tätigkeiten sind Vorgänge, mit denen Menschen ihre Beziehungen zu Aufgaben und ihren Gegenständen, zueinander und zur Umwelt verwirklichen.“*

Diese Definition führt uns zum Begriff der *Aufgaben*, die durchzuführen sind, zu den *Gegenständen* (*Arbeitsgegenstände*, *Arbeitsobjekte*), die durch die Tätigkeiten bearbeitet werden sollen sowie zur *Umwelt* (*Arbeitsumgebung*), in der die Tätigkeiten stattfinden. Durch diese Zusammenhänge definieren sich sogenannte *Arbeitssysteme*. Nach ISO 6385 wird ein *Arbeitssystem* folgendermaßen definiert:

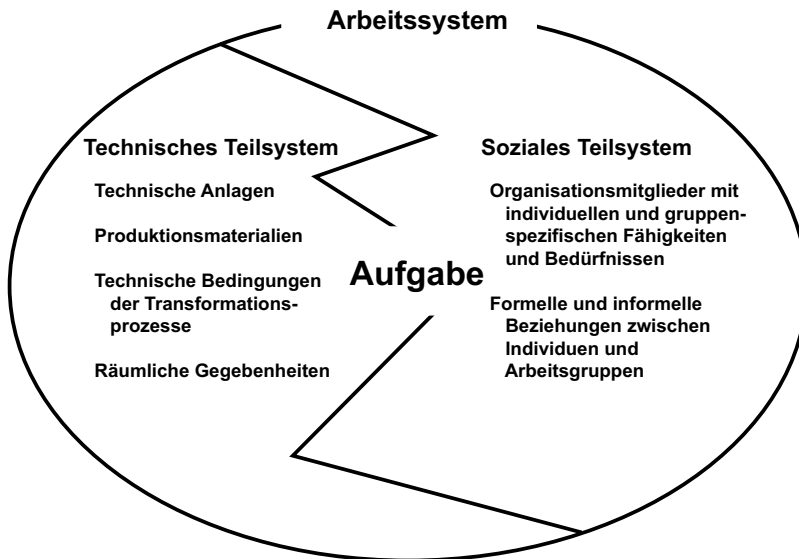
*„System, welches das Zusammenwirken eines einzelnen oder mehrerer Arbeitender/ Benutzer mit den Arbeitsmitteln umfasst, um die Funktion des Systems innerhalb des Arbeitsraumes und der Arbeitsumgebung unter den durch die Arbeitsaufgaben vorgegebenen Bedingungen zu erfüllen.“*

Bereits in diesen kurzen Definitionen wurde eine Vielzahl von Komponenten erwähnt, die eine Art Gesamtsystem bilden. Dies gibt uns schon den wichtigen Hinweis, dass auch Computerarbeit nicht durch die alleinige Betrachtung eines Benutzers und seines Computersystems erfasst werden kann. Stattdessen müssen weitere Komponenten eines komplexen Gesamtsystems zusammenhängend sowie als sich gegenseitig beeinflussend betrachtet werden. Für die Gestaltung eines computerunterstützten Anwendungssystems müssen alle diese Komponenten, soweit auf sie Einfluss genommen werden kann und soll, im Zusammenhang gesehen und geeignet gestaltet werden. Dabei muss vor allem wahrgenommen werden, dass Arbeitssysteme aus *technischen und sozialen Komponenten* bestehen und ein sogenanntes *soziotechnisches System* bilden.

### 2.1 Soziotechnische Systeme

Die Verwendung technischer Arbeitsmittel im organisatorischen, typischerweise im betrieblichen Umfeld erzeugt ein System, das sich aus *Mensch, Technik und Organisation (MTO)* zusammensetzt. Wir sprechen daher auch von *soziotechnischen Systemen*. Arbeitssysteme,

wie wir sie oben definiert haben, sind soziotechnische Systeme. Sie bestehen zum einen aus einem *technischen Teilsystem*, vor allem den *Arbeitsmitteln*, *technischen Anlagen* und den *räumlichen Ressourcen*. Zum anderen bestehen sie aus einem *sozialen Teilsystem*, das durch die menschlichen Benutzer, also im Allgemeinen die *Arbeitenden und ihre formalen und informellen Strukturen (formale und informelle Organisation)* bestimmt wird (Abbildung 2).



**Abbildung 2** Komponenten eines Arbeitssystems (nach Ulich, 1994)

Soziotechnische Systeme setzen sich aus einem *sozialen* und einem *technischen Teilsystem* zusammen. Diese Teilsysteme treffen und überschneiden sich bei den Aufgaben, die von den Benutzern mit Hilfe der technischen Anlagen, in unserer Betrachtung vor allem mit Hilfe von interaktiven Computersystemen, zu bearbeiten sind.

## 2.2 Der Mensch als Ausgangs- und Bezugspunkt

Der *arbeitende Mensch*, den wir im Zusammenhang mit interaktiven Computersystemen auch den *Benutzer* nennen, ist für die Software-Ergonomie ein wesentlicher Bezugspunkt. Nach ISO 6385 ist der *Arbeitende* oder *Benutzer*

„die Person, die innerhalb des Arbeitssystems die Arbeitsaufgaben durchführt“.

Während anfangs die Computertechnik bestimmend für die Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen war, wurde später – gewissermaßen als Gegenposition – der Benutzer ins Zent-



rum gestellt. Diese *Benutzerzentrierung*<sup>9</sup> war im Sinne einer Gegenbewegung zur bis dahin üblichen *Technikzentrierung* der Ausgangspunkt für die Entwicklung der Software-Ergonomie. Dies spiegelte sich im *Human-Centered System Design* (Norman & Draper, 1986; ISO 9241-210) sowie in Disziplinen wie dem *Cognitive-Engineering* (Norman, 1986; Woods & Roth, 1988; Rasmussen, Pejtersen & Goodstein, 1994) und dem *Usability-Engineering* (Nielsen, 1993; Mayhew, 1999) deutlich wider.

Den *Menschen ins Zentrum* zu stellen kann nur bedeuten, Technik auf den Menschen auszurichten. Physische und psychische Eigenschaften des Menschen werden zu bestimmenden Faktoren der Systementwicklung. Dies setzt aber voraus, dass die Entwickler von Computersystemen diese Eigenschaften kennen und berücksichtigen. Daher sind Grundkenntnisse der *Physiologie* und *Psychologie* des Menschen unabdingliche fachliche Voraussetzungen für eine menschengerechte Entwicklung von Computeranwendungen und damit auch wesentliche Grundlagen der Software-Ergonomie.

Die Berücksichtigung der *allgemeinen Eigenschaften* des Menschen ist notwendig, wenn auch nicht hinreichend, um benutzergerechte Systeme zu realisieren. Für die Gestaltung einer geeigneten Benutzungsschnittstelle sind auch die *speziellen Eigenschaften* einer vorgesehenen *Zielgruppe* von Bedeutung. Diese müssen dazu vor Konzeption eines Systems in Form einer *Benutzeranalyse* erfasst werden (Näheres dazu in Kapitel 7).

Wenn wir davon sprechen, den Benutzer und nicht etwa die Technik ins Zentrum der Betrachtungen zu stellen, müssen wir uns davor bewahren, eine einseitige Perspektive durch eine andere einseitige Perspektive beheben zu wollen. Der *Mensch*, seine *Aufgaben* und sein *Lebenskontext* sind die bestimmenden Ausgangspunkte zur Technikgestaltung. Der Begriff des *Arbeitssystems* definiert darüber hinaus umfassend, dass wir es mit einem soziotechnischen System zu tun haben, bei dem die beteiligten Komponenten geeignet zusammenwirken müssen. Den Menschen ins Zentrum zu rücken, muss daher mehr als Appell zur Überwindung der oftmals vorherrschenden Überbewertung von Technik und Ökonomie verstanden werden und weniger als Methodik. Diese Denkweise spiegelt sich auch in politischen Programmen zu einer „*Humanisierung der Arbeit*“ wider, wie sie beispielsweise von der deutschen Bundesregierung schon 1974 in Form mehrerer großer Forschungsprogramme ins Leben gerufen wurden. Inzwischen werden ähnliche Fragen im Diskurs zur „*Industrie 4.0*“ und „*Arbeit(en) 4.0*“ behandelt, nachdem die technologischen Möglichen der industriellen Automatisierung weiter fortgeschritten sind und sich insbesondere die Frage nach der Rolle des Menschen im hochtechnisierten Arbeitsprozess weiter zuspitzt.

---

<sup>9</sup> Es wird auch vom „*Mensch im Mittelpunkt*“ gesprochen.

Die Software-Ergonomie beleuchtet in *Arbeitssystemanalysen* alle wesentlichen Komponenten eines Arbeitssystems, um zu gebrauchstauglichen Systemen im soziotechnischen Kontext zu gelangen oder vorhandene Systeme zu bewerten. Sie ist als Wissenschaft frei von politischen Ideologien, aber in ihrer Entstehung durchaus als eine Antwort auf unbefriedigende Zustände und schlechte Prognosen der Arbeitswelt zu verstehen.

Im Folgenden sollen die einzelnen Komponenten eines Arbeitssystems im Licht der Software-Ergonomie näher betrachtet werden. Die einzelnen Analysen der Software-Ergonomie werden möglichst zusammenhängend oder auch ganzheitlich durchgeführt und ausgewertet.

## 2.3 Tätigkeiten, Aufgaben und Aktivitäten

Wie schon eingangs in diesem Kapitel thematisiert, sind die Tätigkeiten von Menschen Einstiegspunkt für das Verständnis soziotechnischer Systeme. Nach ISO 6385 versteht man unter einer *Tätigkeit*:

*„die Organisation und die zeitliche und räumliche Abfolge der Arbeitsaufgaben einer Person oder die Kombination der gesamten menschlichen Arbeitshandlungen eines Arbeitenden/Benutzers in einem Arbeitssystem“.*

Im Rahmen der *Tätigkeit* eines Arbeitenden fallen einzelne Arbeitsaufgaben an. Diese resultieren in *Aktivitäten*, um ein vorgesehenes *Arbeitsergebnis* zu erreichen. Aktivitäten realisieren sich in Form von *Handlungen* (Manipulation von Arbeitsobjekten) und *Artikulationen* (Kommunikation von Information).

In der ISO 9241-11 werden *Aufgaben* definiert als:

*„Die zur Zielerreichung erforderlichen Aktivitäten.“*

Unter *Ziel* versteht man an derselben Stelle:

*„Ein angestrebtes Arbeitsergebnis.“*

*Aufgaben* definieren sich über eine Reihe von Charakteristika oder Merkmale, die im Rahmen von *Aufgabenanalysen* zu erfassen sind. Hierbei werden erfasst und dokumentiert:

<i>Ziel:</i>	Mit der Durchführung der Aufgabe verfolgtes Ziel (Arbeitsergebnis).
<i>Grund:</i>	Grund oder Ursache für die Durchführung der Aufgabe (Intention).
<i>Inhalt:</i>	Arbeitsgegenstände und Inhalte der Aufgabe.
<i>Teilaufgaben:</i>	Hierarchische Aufgliederung und Verfeinerung der Inhalte der Aufgabe in Teilaufgaben sowie Regeln oder Prozeduren zur Abarbeitung der Teilaufgaben (sequenziell, parallel, wiederholt, alternativ, usw.).
<i>Bedingungen:</i>	Besondere Randbedingungen bei der Durchführung der Aufgabe hinsichtlich des Zustandes des Arbeitsumfeldes und der Arbeitsgegenstände (Vorbedingungen, Nachbedingungen).
<i>Frequenz:</i>	Häufigkeit der Aufgabe in einem Aufgabenspektrum.
<i>Repetitivität:</i>	Auftreten direkter Wiederholungen der Aufgabe.
<i>Wichtigkeit:</i>	Inhaltliche Priorität (Bedeutsamkeit) der Aufgabe in einer Menge von Aufgaben.
<i>Dringlichkeit:</i>	Zeitliche Priorität der Aufgabe in Bezug zu anderen, gleichzeitig anstehenden Aufgaben.
<i>Sicherheit/Kritikalität:</i>	Anforderungen zur Fehlervermeidung bei der Durchführung der Aufgabe im Hinblick auf Risiken.
<i>Durchführungszeit:</i>	Zeitliche Anforderungen an die Durchführung der Aufgabe (Zeitpunkt des Beginns und/oder des Abschlusses, Zeitdauer der Durchführung, Wartezeiten).
<i>Handlungsspielraum:</i>	Spielräume der Tätigen bei der Zergliederung der Aufgabe und der damit verbundenen Wahl der Arbeitsmittel zur Durchführung der Aufgabe.
<i>Offenheit:</i>	Grad der Formalisierbarkeit einer Aufgabe und ihrer Bearbeitung.

Man kann bei der Aufgabenanalyse zwei *Typen von Aufgaben* unterscheiden:

*Externe Aufgaben:* Aufgaben und ihre Teilaufgaben, die im Rahmen der Arbeitsorganisation anfallen. Externe Aufgaben umfassen die eigentliche Zielsetzung und sind unabhängig von den Arbeitsmitteln, mit denen die Aufgaben bearbeitet werden. Externe Aufgaben sind problem- und zielorientiert.

*Interne Aufgaben:* Aufgaben und ihre Teilaufgaben, die durch die konkretisierte Bearbeitung (Umsetzung) externer Aufgaben mit Arbeitsmitteln (z. B. computerbasierten Anwendungssystemen) anfallen. Interne Aufgaben ergeben sich aus den mit den Arbeitsmitteln auszuführenden Aktivitäten zur Bearbeitung der externen Aufgaben. Interne Aufgaben sind technik- und lösungsorientiert.

Die externen Aufgaben und die von Arbeitsmitteln unabhängigen Teilaufgaben können bereits bei einer ersten Aufgabenanalyse beschrieben werden. Externe Aufgaben müssen dann auf interne Aufgaben, also bezogen auf die eingesetzten Arbeitsmittel, abgebildet werden. Die internen Aufgaben können also erst nach Auswahl oder Konzeption der Arbeitsmethoden und Arbeitsmittel beschrieben werden. Die Komplexität bei der Umsetzung, dem Abbilden (Mapping) von externen auf interne Aufgaben, gibt Hinweise auf die *Effizienz* und auf eventuelle *Erschwerungen* und *Hindernisse* bei der Nutzung von Arbeitsmitteln und damit letztlich auch auf die *Produktivität* der Benutzer (siehe Abschnitte 3.1 und 11.2.2). Diese Abbildung von externen auf interne Aufgaben muss von den Benutzern während einer Tätigkeit ständig geleistet werden. Dies kann unter Umständen sehr einfach und direkt erfolgen; es kann aber bei offenen und neuen Aufgaben auch sehr schwierig sein. Je direkter die externen Aufgaben mit einem Arbeitsmittel, hier einem computerbasierten Anwendungssystem, umgesetzt werden können, desto *aufgabenangemessener* ist es (vgl. die Aufgabenangemessenheit nach ISO 9241-110 in Abschnitt 11.4.1). In einem aufgabenangemessenen Anwendungssystem fallen wenige interne Aufgaben an, die keinen direkten oder zumindest gut verständlichen Bezug zu den externen Aufgaben aufweisen. Umgekehrt können durch *Automatisierung* auch externe Aufgaben vom Anwendungssystem ganz oder teilweise übernommen werden. Diese Aufgaben fallen dann im Sinne von Automatisierung weg.

### Beispiel: externe und interne Aufgaben

Es sollen Briefe erstellt werden. Die Briefe sollen mit einem Textsystem auf einem Computer erzeugt werden.

Die *externe Aufgabe* auf der obersten Ebene ist das Schreiben eines Briefes. Die Aufgabe besteht vor allem aus den Teilaufgaben Versenden des Briefes mit Anschrift, Betreffzeile sowie dem Verfassen des eigentlichen Briefinhaltes. Diese beiden problembezogenen Teilaufgaben sind zunächst unabhängig von verwendeten Arbeitsmitteln.

Die *internen Aufgaben*, die sich aus den externen Aufgaben ergeben, sind alle Aufgaben, die in Zusammenhang mit der Aktivierung und Nutzung des Computers und des darauf ablaufenden Textsystems entstehen, um den Brief zu schreiben. Diese internen Aufgaben hängen somit stark von den Eigenschaften des Computers und des darauf laufenden Anwendungssystems ab. Typischerweise muss beispielsweise am Anfang ein Briefmuster geöffnet werden und der geschriebene Brief am Ende abgespeichert werden. Dies könnte aber auch automatisch erfolgen. In einem Textsystem mit automatischem Trennmechanismus und einem umfassenden internen Wörterbuch fällt die Festlegung der Trennstellen weg. Auch das Datum kann automatisch eingefügt werden.

Die Ausgestaltung der automatisch durchgeführten Funktionen oder der Standardeinstellungen ist entscheidend für das Mapping von externen auf interne Aufgaben und damit für die Effizienz der Nutzung eines Arbeitsmittels.

In der ISO 9241-2 finden sich unter dem Titel „*Anforderungen an die Arbeitsaufgaben – Leitsätze*“ eine Reihe von Hinweisen zur Aufgabengestaltung. Dabei wird davon ausgegangen, dass es nicht nur um die Analyse vorhandener Aufgaben als Grundlage der Realisierung interaktiver Arbeitssysteme geht, sondern die Strukturierung und Gestaltung von Aufgaben (*Aufgabensynthese*) Hand in Hand mit der Realisierung der Systeme gehen muss. Systemgestaltung wird so zur Arbeitsgestaltung.

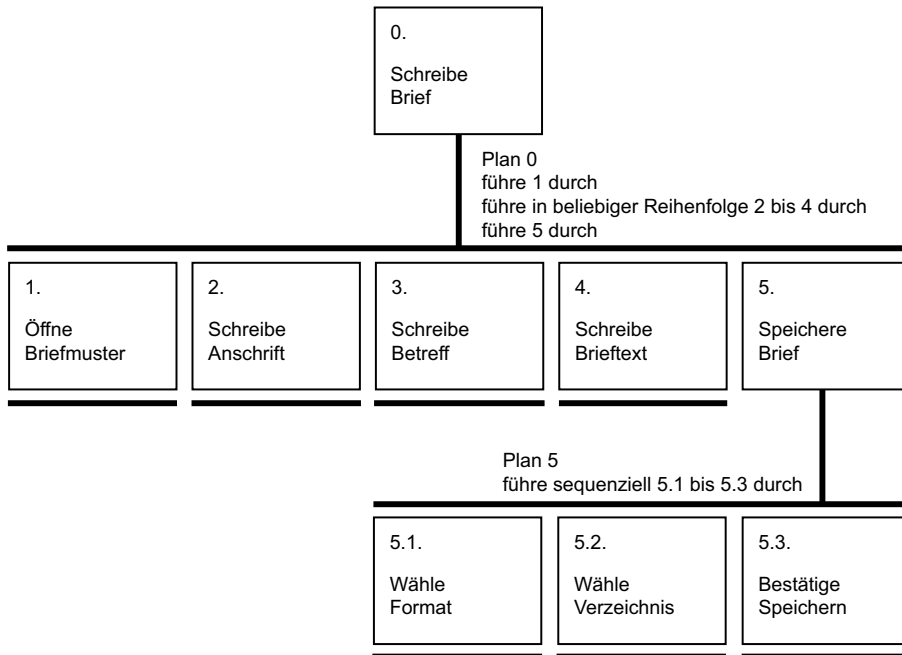
Zur Durchführung von Aufgabenanalysen gibt es eine Vielzahl von Methoden, die für unterschiedlichste Anwendungskontexte entwickelt worden sind (Kirwan & Ainsworth, 1992; Dunckel et al., 1993; Seamster, 1994; Hackos & Redish, 1998; Vicente, 1999; Herczeg, 2001; Dix et al., 2004).

Aufgaben lassen sich im Allgemeinen gut in *hierarchischen Strukturen* darstellen und schrittweise in *Teilaufgaben* verfeinern (siehe oben das Attribut „Teilaufgaben“ in Aufgabenbeschreibungen). Aus diesem Modellierungsansatz haben sich diverse Varianten der *Aufgabenanalyse* entwickelt. Eine der bekanntesten und ältesten ist die hierarchische Aufgabenanalyse (*Hierarchical Task Analysis, HTA*) (Kirwan & Ainsworth, 1992; Dix et al., 2004; Hone & Stanton, 2004; Stanton, 2006), die seit Jahrzehnten vielfältigen Einsatz in praxisgerechten unterschiedlichen Formen findet (siehe Beispiel in Abbildung 3).

In einer hierarchischen Aufgabenmodellierung werden Aufgaben in Unteraufgaben zergliedert, die wiederum weiter verfeinert werden können. Die Reihenfolge und der Verlauf der Abarbeitung von Teilaufgaben, also die Bearbeitungsregeln, werden durch eine *Prozedurbeschreibung* näher erläutert. Dies ist wichtig, da Teilaufgaben beispielsweise sequenziell, alternativ oder parallel bearbeitet werden können. Außerdem können spezifische Ausführungsanweisungen gegeben werden, wie beispielsweise nach der Bearbeitung einer Teilaufgabe eine bestimmte Zeit zu warten.

Die Aufgabenanalyse ist, wie wir schon bei der Darstellung von soziotechnischen Systemen gesehen haben (vgl. Abbildung 2), das zentrale methodische Element für das Verstehen und Konzipieren von Arbeitssystemen. Das Abbilden von externen Aufgaben auf die einzelnen konkreten Aktivitäten im Sinne der internen Aufgaben ist ein wesentlicher Schritt von der Problemanalyse zur Systemkonzeption. Mangelndes Verständnis von Aufgaben oder eine zu frühe Entscheidung für die Realisierung von Funktionen führen zu lückenhaftem Verständnis und einer meist suboptimalen oder letztlich schlechten Realisierung soziotechnischer Arbeitssysteme und ihrer Funktions- und Leistungsfähigkeit.

Die Auswahl einer konkreten Methode zur Aufgabenanalyse hängt vom Umfang und der Komplexität des zu analysierenden Arbeitsbereiches ab. Im Rahmen des *Usability-Engineering* werden hierzu diverse konkrete Verfahren, Werkzeuge und Anwendungsbedingungen empfohlen (Kirwan & Ainsworth, 1992; Nielsen, 1993; Mayhew, 1999).



**Abbildung 3** Beispiel einer hierarchischen Aufgabenanalyse (HTA)

Im dargestellten Beispiel einer hierarchischen Aufgabenanalyse wird in Form von internen Aufgaben beschrieben, wie ein Brief mit einem Textsystem erstellt wird. So lassen sich die Aufgabe und die verwendeten Arbeitsmittel beschreiben und verfeinern. Von der obersten Aufgabe, gewissermaßen der externen Aufgabe und Intention, gelangt man bedarfsweise zu immer konkreteren Beschreibungen von Aktivitäten, also hier internen Aufgaben, unter Berücksichtigung eines Textsystems als Arbeitsmittel oder Werkzeug.

## 2.4 Arbeitsteilung

Wir haben bei der Aufgabenanalyse gesehen, dass durch eine hierarchische Zergliederung von Aufgaben in Teilaufgaben am Ende der Betrachtung menschliche Aktivitäten und maschinelle Funktionen stehen. Bei der Übersetzung von Aufgaben in menschliche Handlungen oder in Automatisierungen ist es wichtig zu verstehen und zu berücksichtigen, dass Mensch und Computer jeweils besondere Fähigkeiten und Eigenschaften haben, die Ausgangspunkte für eine solche Arbeitsteilung sein sollten. Norman spricht in diesem Zusammenhang auch von *komplementären Systemen* (Norman, 1999, S. 159), um darauf hinzuweisen, dass sich die jeweiligen Eigenschaften und Fähigkeiten in besonderer und günstiger Weise ergänzen können. Andere sprechen vom *MABA-MABA-Ansatz* („*Men are better at – Machines are better at*“) (Fitts, 1951; Lanc, 1975; Hoyos, 1990; Rauterberg et al., 1993).

*Menschen* haben folgende Eigenschaften (die sie insbesondere für die nachgenannten Aufgaben qualifizieren):

- Sie setzen Ziele (haben Intentionen);
- definieren Teilprobleme und ihre Beziehungen zueinander (Problemzerlegung);
- benutzen ihr leistungsfähiges sensorisches System zur ganzheitlichen Wahrnehmung von Ereignissen, Situationen und Trends;
- benutzen umfangreiches Allgemeinwissen und integrieren Wissen aus verschiedenen Bereichen zur Problemlösung;
- können aus speziellen Erfahrungen heraus Verallgemeinern;
- bauen auf Erfahrungen auf und lösen Probleme durch Analogieschlüsse;
- können flexibel reagieren und Strategien wechseln;
- können Ereignisse und Entwicklungen vorhersehen (Antizipation);
- sind anpassungs- und lernfähig (Adaption);
- kontrollieren Teillösungen und fügen diese zu einer Gesamtlösung zusammen (Lösungssynthese);
- führen komplexe Entscheidungen durch;
- können Verantwortung tragen.

*Menschen können somit die Kontrolle vor allem in Situationen übernehmen, in denen Problemlösungsfähigkeit, Kreativität, Flexibilität, Bewertungen sowie die Übernahme von Verantwortung erforderlich sind.*

*Computer* auf der anderen Seite weisen folgende Eigenschaften auf:

- Sie können sehr schnell und damit auch umfangreiche Daten nach festen Vorgaben verarbeiten (Rechnen, Symbolverarbeitung);
- führen vordefinierbare Aktivitäten weitgehend fehlerfrei und in beliebiger Wiederholung durch (Algorithmen);
- können logisch korrekt deduzieren (Ableitung von Konsequenzen);
- können über funktionale und diskrete Verläufe präzise analytische Differenziale (Differenzen) und Integrale (Summen) bilden;
- bieten verschiedene Sichten auf komplexe Daten (Perspektiven);
- verbergen durch kontextabhängige und benutzergesteuerte Filterfunktionen irrelevante Einzelheiten (Reduzierung und Fokussierung);
- lenken die Aufmerksamkeit auf wichtige Informationen/Ereignisse (Priorisierung);
- helfen, Unstimmigkeiten zu erkennen und zu vermeiden (Konsistenz);
- übernehmen die Funktion einer externen Gedächtnishilfe (Memory Extender);
- ermöglichen, die Konsequenzen von Aktionen zu simulieren und darzustellen;
- können bedarfsweise in hohem Maße parallelisiert arbeiten;
- sind langfristig ermüdungsfrei wachsam und aktiv.

*Computer können somit insbesondere auch die Kontrolle in Situationen übernehmen, in denen umfangreiche, gut definierte, schnelle und systematische Analysen und Reaktionen erforderlich sind.*

Die dargestellten vielfältigen und komplementären Eigenschaften von Mensch und Computer im Sinne von MABA-MABA bilden die Grundlage für Mensch-Computer-Systeme, die eine günstige Verteilung von Aufgaben zwischen Mensch und Computer besitzen. Aufgaben, die von Computersystemen vollständig übernommen werden können, nennen wir *Automatisierungen*. Je besser Aufgaben analysiert und beschrieben werden können, desto besser ist es möglich, automatisierbare Aufgaben zu identifizieren und zu realisieren. Offene Problemstellungen unter wechselnden komplexen Bedingungen bedürfen stattdessen eines hohen Maßes an Problemlösungsfähigkeiten und sind für Computersysteme eher ungeeignet. Sie bleiben daher meist Menschen vorbehalten, was nicht zwangsläufig bedeutet, dass Menschen sie dann wirklich gut bewältigen werden. Es bleibt das Problem, dass auch eine machbare und effiziente Automatisierung nicht immer die beste Lösung ist. Dabei werden meist leicht automatisierbare Teilaufgaben auf Computer übertragen, während Menschen den Rest der Teilaufgaben zu bewältigen haben. Sie werden dabei leicht zum Lückenfüller von Technologie. Dies wäre eine Neuauflage des alten Prinzips des *Taylorismus* aus dem Beginn der industriellen Revolution (Taylor, 1913; Ulich, 2001). Näheres zu Automatisierung und dem Verhältnis von Mensch und Maschine findet sich im Buch Prozessführungssysteme (Herczeg, 2014).

Arbeitsteilung findet nicht nur zwischen Mensch und Computer, sondern auch zwischen menschlichen Akteuren statt. Dazu werden *organisatorischen Rollen* (Abschnitt 2.7) Aufgaben zugeordnet. Diese Art der Arbeitsteilung zwischen Personen realisiert betriebliche *Arbeitsabläufe* (Abschnitt 2.8). In diese ursprünglich zwischen Menschen organisierte Arbeitsteilung mischen sich heute zunehmend maschinelle Akteure.

## 2.5 Arbeitsgegenstände und ihre Zustände

Die Durchführung von Aufgaben ist im Allgemeinen verbunden mit der Bearbeitung von *Arbeitsgegenständen*; wir sprechen hier auch von *Arbeitsobjekten*. Im Rahmen einer Aufgabe werden diese Arbeitsobjekte mit Hilfe von *Werkzeugen* (*Funktionen* und *Operatoren*) bearbeitet. Dadurch ändern sie ihren *Zustand*, der durch eine Reihe von *Attributen* (*Eigenschaften*) der Objekte definiert wird. Bestimmte benötigte Zustandsänderungen einer Menge von Arbeitsobjekten können als *Arbeitsziel* oder *Arbeitsergebnis* angesehen werden. Die Aktivität der Änderung von Objekteigenschaften wird auch als *Manipulation der Arbeitsobjekte* bezeichnet. Wir werden darauf im Zusammenhang mit Konzepten wie der *Direkten Manipulation* (Hutchins, Hollan & Norman, 1986) in Abschnitt 8.3.6 zurückkommen.

Arbeitsobjekte, ihre Beschreibungen und ihre Beziehungen (Relationen) sind wichtige Bausteine der geistigen Abbilder, die sich Benutzer von der zu bearbeitenden Anwendungswelt machen. Wir werden diese sogenannten *Mentalen Modelle* in Abschnitt 6.1.1 näher betrachten.



Arbeitsobjekte sind eine *Metapher*, die mit dem frühen Werkzeugbegriff korrespondiert. Mit Werkzeugen werden Arbeitsobjekte bearbeitet und verändert. Werkzeuge müssen entsprechend zu den bearbeiteten Objekten passen. Dieses Verhältnis von Aufgabe, Werkzeug und bearbeiteten Objekten ist eine zentrale Frage der Ergonomie; entsprechend stellt sich die Frage des Verhältnisses von Aufgabe, Computerfunktionalität (Computerwerkzeug) und den bearbeiteten Anwendungsobjekten (Informationsobjekten) als die zentrale Frage der Software-Ergonomie dar.

Bei der Aufgabenanalyse haben wir bereits die Abbildung von externen auf interne Aufgaben diskutiert (Abschnitt 2.3). Analog wird bei dieser Abbildung auch eine Abbildung von problembezogenen externen Arbeitsobjekten auf realisierungsbezogene interne Arbeitsobjekte erfolgen müssen. Aus dem Arbeitsobjekt vor dem geistigen Auge des Benutzers wird das Arbeitsobjekt, das im Computersystem in Form einer Informationsstruktur abgebildet wird.

## 2.6 Arbeitsmittel

Die ISO 6385 spricht von *Arbeitsmitteln* in folgender Weise:

*„Werkzeuge, einschließlich Hardware und Software, Maschinen, Fahrzeuge, Geräte, Möbel, Einrichtungen und andere im Arbeitssystem benutzte (System-)Komponenten“.*

Arbeitsmittel sind somit zu verstehen als die eine Tätigkeit unterstützenden *Hilfsmittel* und *Werkzeuge*. Sie liegen daher im Kern der Betrachtung der Ergonomie, beziehungsweise der Software-Ergonomie im Falle computerbasierter Arbeitsmittel. Solche Arbeitsmittel zum Zweck der Durchführung einer definierten und logisch zusammenhängenden Menge von Aufgaben nennen wir auch *Anwendungssysteme* oder *Anwendungsprogramme*.

Bei sehr eingeschränkter Betrachtung der Software-Ergonomie wird die benutzergerechte Gestaltung der Benutzungsschnittstellen von Anwendungssystemen als deren Arbeitsgebiet angesehen. Dies greift allerdings zu kurz, da ein gebrauchstaugliches Anwendungssystem auch geeignete funktionale Eigenschaften besitzen muss, um die Bearbeitung von Aufgaben durch die jeweiligen Benutzer des Systems angemessen zu unterstützen. So kommt es im Allgemeinen zu einem deutlich weiter gefassten Verständnis der Software-Ergonomie als eine Disziplin, die sich hinsichtlich aller Aspekte eines Computersystems darum bemüht, Theorien, Modelle und Methoden zu entwickeln, um Anwendungssysteme möglichst gut hinsichtlich *Effektivität*, *Effizienz* und *Zufriedenstellung der Benutzer* im Sinne der *Gebrauchstauglichkeit* zu beurteilen bzw. zu realisieren (zu Kriterien der Systemgestaltung siehe Kapitel 10). Arbeitsmittel sollen also *gebrauchstauglich* sein.

Während man sich im Rahmen der Software-Ergonomie auf die Gebrauchstauglichkeit eines computerbasierten Anwendungssystems konzentriert wird gerne übersehen, dass auch das Zusammenspiel von Arbeitsmitteln, die teils computerbasiert, teils aber anderer Natur sein können (z. B. Papier und Schreibzeug, Wandkalender, Telefon), reibungslos funktionieren sollte. So sind gerade das *Zusammenwirken* und die *Übergänge zwischen physischen und*

*digitalen Arbeitsmitteln* eine besondere Herausforderung. Die Lösung durch das in den 70er- und 80er-Jahren des letzten Jahrhunderts diskutierte *papierlose Büro* hat sich für die meisten Tätigkeiten und Arbeitsumgebungen immer noch als wenig realistisch und wenig vorteilhaft herausgestellt. Die *Elektronische Akte (E-Akte)* ist ein wiederholter Anlauf in jüngerer Zeit. Die Modellbildungen und Realisierungen für die physische und die digitale Welt integrierende Lösungen finden sich in den aktuellen Forschungsbereichen *Tangible Media*, *Tangible User Interfaces (TUI)* und *Mixed-Reality-Systeme* (Ishii & Ullmer, 1997). Dort wird versucht, die physische und die digitale Welt enger zu verknüpfen, anstatt sie zu trennen. Näheres dazu findet sich in den Abschnitten 6.4.9 und 8.3.5.

## 2.7 Rollen

Die Zuordnung einer Menge von Aufgaben oder Teilaufgaben zu einer organisatorischen Funktion definiert eine *Rolle*. Solche Rollen sind *organisatorische Einheiten*, die im Rahmen einer Organisation alleine oder gemeinsam bestimmte Aufgaben erfüllen. Rollen sind zunächst als Teil der *formalen Organisation* eines soziotechnischen Systems anzusehen. Die Rollen werden letztlich mit den einzelnen Tätigen, den Benutzern eines Arbeitsmittels, z. B. eines computerbasierten Anwendungssystems, besetzt. Man spricht hier auch von bedarfsweise mehreren *Stellen*, die eine bestimmte Rolle im Unternehmen einnehmen.

Analog zur *Aufgabenanalyse* nennt man die Zusammenfassung und das Zuordnen von einzelnen Aufgaben zu einer Rolle auch *Aufgabensynthese*. Durch diese Zuordnung entstehen ganze *Tätigkeiten*, gewissermaßen höher aggregierte Aufgaben.

Das Besetzen einer Rolle durch eine bestimmte Person setzt bestimmte *Qualifizierungen* dieser Person voraus, damit die mit der Rolle verbundenen Tätigkeiten erfolgreich bewältigt werden können. Qualifizierungen bestehen einerseits aus dem *Fachwissen*, das zur Bearbeitung der einzelnen Aufgaben benötigt wird, und andererseits aus der Fähigkeit, die entsprechenden *Arbeitsmittel*, heute vor allem die computerbasierten Anwendungssysteme, geeignet bedienen zu können. Organisatorische Rollen sind eine Form der arbeitsteiligen Differenzierung menschlicher Akteure und ihrer Qualifizierungen innerhalb einer Organisation.

Die gemeinsame Bearbeitung von Aufgaben durch mehrere organisatorische Rollen besteht aus der geeigneten Bearbeitung von Teilaufgaben, die in einem höheren Zusammenhang über mehrere Akteure stehen. Diese geordnete Form der gemeinsamen Bearbeitung wird durch die *Arbeitsabläufe* (siehe nächsten Abschnitt) im Betrieb festgelegt bzw. gesteuert.

Bei der Analyse organisatorischer Rollen innerhalb einer Organisation wird man oft feststellen, dass die Zuordnung von Aufgaben zu Rollen nicht immer klar und präzise möglich ist. Die vorhandenen Rollen setzen sich neben ihrer formalen Definition auch aus informellen Zuständigkeiten zusammen, die entweder nicht formal erfasst oder von den Individuen ständig selbst bestimmt werden. Wir haben bereits bei der Definition von Aufgaben gesehen, dass es ein gewisses Maß an Offenheit sowie Handlungsspielräume beim Bearbeiten von

Aufgaben gibt, die von den Akteuren auszufüllen sind. Rollen als idealisierte und eindeutige Zuständigkeiten für Aufgaben stammen letztlich aus einem tayloristischen Organisationsprinzip, bei der jeder menschliche und technische Akteur eine festgelegte Aufgabe besitzt, die zur *Effektivität*, zur *Effizienz* und zum Erfolg des Gesamtsystems führen soll (Taylor, 1913; Ulich, 2001). Realistischer und humaner ist es davon auszugehen, dass Rollen in einem soziotechnischen Arbeitssystem im Rahmen eines sozialen Aushandlungsprozesses in der Organisation entstehen, bei dem sich Interessen und Qualifizierungen entwickeln und verändern. Dabei verändern sich auch Aufgaben und Aufgabenstrukturen. Technik sollte sich an diesen Strukturen orientieren und nicht umgekehrt. Allerdings wird es schwerfallen, leistungsfähige Arbeitsmittel zu schaffen, wenn die Tätigkeiten und Zuständigkeiten nicht geklärt werden können. Entweder müssen die Akteure dann über viele komplexere Arbeitsmittel verfügen oder die Arbeitsmittel sind sehr elementar und unterstützen nur basale Teilaufgaben. Hier müssen offenbar Kompromisse zwischen Handlungsspielräumen und Arbeitsleistung gefunden werden.

Näheres zur Bedeutung organisatorischer Rollen für die Gestaltung von Anwendungssystemen, zu organisatorischen Kontexten und zur Organisationsanalyse diskutieren wir im Abschnitt 7.1 (organisatorische Rollen) und in Abschnitt 4.1 (organisatorische Kontexte).

## 2.8 Arbeitsabläufe

Bei der Analyse von Arbeit zeigt sich, dass es in Folge einer sequentiellen Durchführung von Aufgaben gerade die *Arbeitsabläufe* und ihre Bewältigung sind, die die Effektivität und Effizienz von Tätigkeiten bestimmen.

In der ISO 6385 wird ein *Arbeitsablauf* folgendermaßen definiert:

*„räumliche und zeitliche Abfolge des Zusammenwirkens von Arbeitenden/Benutzer, Arbeitsmitteln, Materialien, Energie und Information innerhalb eines Arbeitssystems“.*

Die computerbasierten Arbeitsmittel (Anwendungssysteme) müssen auf diese Arbeitsabläufe abgestimmt sein. Im Idealfall werden diese Arbeitsmittel die Benutzer dabei leiten, entlang dieser Arbeitsabläufe fortzuschreiten. Die Anwendungssysteme werden, soweit möglich, dabei auch den korrekten Abschluss von Teilaktivitäten prüfen und die Benutzer entsprechend über den Erfolg des Verlaufes informieren.

Es sind die Arbeitsabläufe, die mehrere Bearbeiter an ihren jeweiligen Arbeitsplätzen miteinander verknüpfen. Arbeitsergebnisse eines Bearbeiters sind die Arbeitsgrundlagen anderer Bearbeiter. Wir nennen dies die *Ablauforganisation*. Gerade diese organisatorische Perspektive auf Arbeit hat unter der Bezeichnung *Workflow* und mit den dafür entwickelten *Workflowsystemen* die *kooperative Arbeit* zwischen mehreren menschlichen, aber auch maschinellen Akteuren in den Vordergrund gebracht. Unter dem Begriff *Computer-Supported Cooperative Work (CSCW)* wurde, unter anderem auch aus der Software-Ergonomie heraus,

ein eigenes Fachgebiet entwickelt (Gross & Koch, 2006). *Organisationsanalysen* sind die Grundlage für die Erfassung und Optimierung von Arbeitsabläufen (Kapitel 4).

## 2.9 Arbeitsplätze

Computergestützte Arbeit findet im Allgemeinen an festen Arbeitsplätzen statt. Diese werden in der typischen Form, wie wir sie in Betrieben oder privaten Arbeitsräumen vorfinden, als *Computer- oder Bildschirmarbeitsplätze* bezeichnet. Die heute typischen Computerarbeitsplätze bestehen aus *Arbeitsstisch, Arbeitsstuhl, Bildschirm, Tastatur, Maus* und dem *Computer* selbst. Daneben finden sich eine Reihe weiterer Arbeitsmittel, wie Telefon, Tisch- oder Taschenrechner, sowie Hilfsmittel wie herkömmliches Schreibpapier und Schreibzeug.

Die Vielfalt an Mobiliar und Arbeitsmitteln erzeugt oft schwierige räumliche Verhältnisse am Arbeitsplatz. So ist zu beobachten, dass die Anordnung der Geräte und Arbeitsmittel im Laufe der Zeit – über Jahre oder auch im Laufe eines Arbeitstages – vielen Anforderungen genügen muss. Diese Anforderungen sind nicht immer untereinander verträglich und lassen während der Arbeit problematische Anordnungen und Körperhaltungen entstehen. Deshalb gibt es entsprechende Empfehlungen, Richtlinien und Normen, um die Gestaltung ganzer Arbeitsplätze inklusive der räumlichen Verhältnisse zu klären. So wird versucht, die Beschäftigten vor größeren Beeinträchtigungen oder gar Gesundheitsschädigungen zu bewahren, indem Standardlösungen und Mindestanforderungen für die Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen bereitgestellt werden (zu den Wirkungen von Arbeit siehe Abschnitt 3.1). Die wichtigsten Normen dazu sind die ISO 9241-5 sowie einige andere Teile dieser Norm, die sich mit einzelnen Komponenten des Arbeitsplatzes, wie insbesondere Bildschirm und Eingabegeräten, beschäftigen (eine Übersicht über die Norm findet sich im Anhang). Auch die *Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)* gibt allgemeine Hinweise und Vorgaben für die Gestaltung von Arbeitsplätzen und Arbeitsumgebungen (Abschnitt 13.2 und Anhang).

Durch die Weiterentwicklung der Telekommunikations-, Computer- und Medientechnologien besteht zunehmend die Möglichkeit zur räumlichen und zeitlichen Flexibilisierung von Tätigkeiten, wobei die Arbeitsplätze zunehmend in die jeweiligen Arbeitskontexte verlagert werden können, in denen die Arbeit problemgerechter verrichtet werden kann. So finden sich zunehmend *mobile computerbasierte Anwendungssysteme*. Die bisherige Vorstellung von Arbeitsplätzen erweitert sich dadurch erheblich. Es wird dabei auch schwieriger, die Arbeitsmittel geeignet für solche kaum mehr definierbaren Arbeitsplätze zu konzipieren oder anzupassen. Eine einfache Lösung ist hier vorerst nicht in Sicht, da die Entwicklung und der Einsatz mobiler Computersysteme in hoher Dynamik und Vielgestaltigkeit vorstangehen. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von *Ubiquitous Computing*, der *Allgegenwärtigkeit von Computersystemen* (Weiser, 1991).

## 2.10 Arbeitsumgebungen

Aus der Betrachtung einzelner Arbeitsplätze heraus ist es offensichtlich, dass nicht nur der einzelne Arbeitsplatz, sondern die gesamte Umgebung für die Arbeit von Bedeutung ist. Unter Arbeitsumgebungen versteht man hier insbesondere die *räumlichen Gegebenheiten*, die in Form von *Klima*, *Geräuschen* und *Beleuchtung* auf die Arbeitenden einwirken. Dazu finden sich in verschiedenen Teilen der ISO 9241 und anderen Normen Empfehlungen oder gesetzliche Verordnungen (z. B. Arbeitsstättenverordnung; Abschnitt 13.2).

Neben den physiologischen und tätigkeitsbezogenen Randbedingungen sind in der Arbeitsumgebung auch die *sozialen Interaktionsmöglichkeiten* bedeutsam, wie beispielsweise der direkte Kontakt zu anderen Personen. Dies können Kollegen sein, die in die Arbeitsabläufe direkt oder indirekt, formal oder informell eingebunden sind, oder externe Personen wie beispielsweise Kunden. Die Gestaltung von Bildschirmarbeit unter Berücksichtigung der Möglichkeiten zur persönlichen Kommunikation im selben Raum ist eine besondere Herausforderung an die Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen, da oftmals der Bildschirm oder andere Gerätschaften auf dem Tisch den Kontakt und die Kommunikation zu anderen Personen stören. Bei elektronisch medierten Kontakten zu anderen Personen, wie beispielsweise bei Videokonferenzen, kommen weitere schwierige Randbedingungen wie die Positionierung von Kameras, Mikrofonen und Lautsprechern hinzu.

Noch umfassender definiert die ISO 6385 die *Arbeitsumgebung* als:

„[...] *physikalische, chemische, biologische, organisatorische, soziale und kulturelle Faktoren, die einen Arbeitenden/Benutzer umgeben*“.

Arbeitsplätze und Arbeitsumgebungen bilden gemeinsam den räumlichen und zeitlichen Rahmen der Nutzung von Computeranwendungen. Diese Rahmenbedingungen und ihre Wirkungen auf Aufgaben und Nutzer zu untersuchen ist das Ziel von *Kontextanalysen* (Kapitel 4). Wie schon bei der Diskussion von Arbeitsplätzen sind künftig zunehmend mobile Arbeitskontexte oder die Mischung von betrieblichem und privatem Umfeld bei häuslichen Arbeitsplätzen Realität, die sich aufgrund ihrer Vielfalt bislang weitgehend software-ergonomischer Betrachtungen bezogen auf die Verrichtung von Arbeit entziehen.

## 2.11 Arbeitsbedingungen

Arbeitstätigkeiten können nicht ursächlich und veränderungswirksam untersucht werden, wenn nicht die Wirkungen und Wirkungsweisen der die Tätigkeiten begleitenden Arbeitsbedingungen erfasst werden (Hacker, 1986, S. 34). Dabei sind die folgenden Arbeitsbedingungen zu unterscheiden (Hacker, 1986, S. 37f):

1. Auf den Arbeitenden *einwirkende Arbeitsbedingungen*:
  - *allgemeine Arbeitsbedingungen*, wie die gesellschaftlich-ökonomischen sowie die raum-zeitlichen Arbeitsbedingungen;
  - *arbeitsplatzspezifische Arbeitsbedingungen* (Abschnitt 2.9);
  - *arbeitstätigkeitsspezifische Arbeitsbedingungen*, wie die für die Tätigkeit verfügbaren Arbeitsmittel, zeitlichen Vorgaben, Toleranzen und Kooperationsformen.
2. Beim Arbeiten als Leistungsvoraussetzungen vorliegende *personale Bedingungen*:
  - *habituelle Leistungsvoraussetzungen* wie körperliche und psychische Leistungsvoraussetzungen;
  - *aktuelle Leistungsvoraussetzungen*, die bei der Tätigkeit entstehen.

Bei der Unterscheidung zwischen auf den Arbeitenden von außen einwirkenden Arbeitsbedingungen und personalen Bedingungen ist zu bedenken, dass sich diese gegenseitig beeinflussen. Wir finden damit einen wichtigen Faktor für die Gestaltung von Arbeit, nämlich die Veränderlichkeit der Bedingungen durch das Praktizieren der Arbeit selbst. Diese entsteht durch Effekte wie Lernen oder die Veränderung der Leistungsfähigkeit, das heißt die Übertragung von aktuellen auf festere, habituelle Leistungsvoraussetzungen im Sinne eines Leistungs-, Bildungs- und Persönlichkeitsentwicklungsprozesses. Darüber hinaus wirken aber auch temporäre und nicht planbare Einflüsse auf die Arbeit, welche sich praktisch kaum erfassen lassen.

Entstehen durch Ausführung der Tätigkeit Arbeitsergebnisse, so können diese selbst wieder veränderte Arbeitsbedingungen herstellen. Dies gilt insbesondere, wenn als Arbeitsergebnis nicht nur gegenständliche Produkte oder Informationen, sondern auch die Veränderung der Tätigen selbst gesehen wird (Hacker, 1986, S. 41). Wir werden die Wirkungen von Arbeit in Kapitel 3 detaillierter betrachten.

## 2.12 Arbeitsähnliche Tätigkeiten

Seit einigen Jahren ist zu beobachten, dass sich die Lebensbereiche *Arbeit*, *Freizeit* und *Bildung* immer stärker vermischen. Diese Entwicklung kann im Wesentlichen als eine Folge der allgemeinen *Digitalisierung* angesehen werden, die die Möglichkeit dieser Flexibilität erst schafft. Inzwischen führt dies zur teilweisen, oft auch weitgehenden Auflösung herkömmlicher Arbeitsplätze, da Arbeit unter Nutzung digitaler, vor allem auch mobiler Medien zunehmend in anderen räumlichen und zeitlichen Kontexten stattfindet. Darüber hinaus löst sich die bislang meist klare Trennung von Arbeit und Freizeit auf. Im Zusammenhang mit lebenslangem Lernen gilt dies auch für die althergebrachte Abgrenzung von Bildung, Arbeit und Freizeit. Vieles wird prinzipiell *zu jeder Zeit (Anytime)* und *an jedem Ort (Anywhere)* möglich.

Für die Software-Ergonomie stellt sich damit genauso wie für Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit (Kapitel 13.1) zwangsläufig die Frage, ob die ursprünglich auf Arbeitstätigkeiten mit Computersystemen bezogene Disziplin weiterhin auf Arbeit im engeren Sinn eingeschränkt werden kann. Da sich die Software-Ergonomie jedoch neben der Frage der Gestaltung von Arbeit von Beginn an auch sehr grundlegend mit der Gestaltung interaktiver Computeranwendungen beschäftigt hat, liegt es nahe, diese Erfahrungen und Konzepte auch auf andere, arbeitsähnliche Tätigkeiten auszuweiten und dafür die wissenschaftlichen Grundlagen und praktischen Empfehlungen auszudehnen. So finden sich heute Anwendungsfelder und Spezialisierungen der Software-Ergonomie im E-Learning (Kritzenberger, 2005; Hartwig, 2007) und E-Business (vor allem dem E-Commerce) genauso wie bei der Gestaltung von Computerspielen. Zunehmend finden sich auch Anwendungen im Gesundheitswesen (E-Health), die mit Hilfe von *Wearables* (digitale Armbänder, *Smartwatches*) und *Smartphones* laufend biometrische Daten und Aktivitätsverläufe erfassen. In all diesen Anwendungsfeldern benutzen Menschen Computersysteme in oft intensiver Weise und sind ähnlichen mentalen und technologischen Möglichkeiten und Grenzen ausgesetzt wie bei der Gestaltung von computerunterstützter Arbeit. Die im weiteren Verlauf dieses Buchs dargestellten Theorien, Modelle, Kriterien, Methoden und Empfehlungen lassen sich insofern auch sehr weitgehend auf andere Kontexte der Nutzung interaktiver Computersysteme als die klassischer Bildschirmarbeitsplätze anwenden. Überhaupt kann festgestellt werden, dass das Verständnis der Interaktionskontexte eine wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme darstellen.

Durch die höhere Präzision der Definition von Arbeitssituationen gegenüber anderen Lebensbereichen können aus klassischen Arbeitskontexten Erkenntnisse über gebrauchstaugliche Computersysteme leichter gewonnen werden. Auf der anderen Seite lassen sich für Anwendungsbereiche außerhalb von Arbeit einige ergonomische Prinzipien, die für Arbeitssysteme entwickelt wurden, verfeinern oder ganz außer Acht lassen. So muss beispielsweise in einem E-Learning-System nicht alles gleich sichtbar und verständlich sein, wenn dies gerade im Rahmen eines motivierenden Lernprozesses entdeckt oder erarbeitet werden soll (Hartwig, Herczeg & Kritzenberger, 2002; Hartwig, 2007).

Bei der Vermischung der früher getrennten Lebensbereiche, in denen software-ergonomische Betrachtungen angestellt werden können, ist jedoch zu beachten, dass eine wesentliche Voraussetzung die Klärung der Komponenten im Sinne eines *Arbeitssystems* Voraussetzung ist. Existieren beispielsweise keine klaren Aufgaben und Aufgabenstrukturen oder keine definierbaren Arbeitsumgebungen, können auch keine Empfehlungen oder Bewertungen im Sinne der Software-Ergonomie gegeben bzw. vorgenommen werden.

## 2.13 Zusammenfassung

Wir haben in diesem Kapitel gesehen, dass Arbeit in *Arbeitssystemen* zu sehen und zu definieren ist. Hierbei begegnen uns neben dem „Arbeitstätigen“ auch Begriffe wie

- *Tätigkeiten* in Verbindung mit Zielsetzungen und organisatorischen Funktionen,
- *Aufgaben* und Teilaufgaben, die im Rahmen der Arbeit zu bewältigen sind und dabei
- *Arbeitsabläufe* bilden, die meist in
- *Arbeitsteilung*
- von *organisatorischen Rollen* durchgeführt werden;
- *Arbeitsgegenstände* als die „Dinge“, die zu erzeugen, in ihrem Zustand zu verändern oder zu beseitigen sind;
- *Arbeitsmittel* als die Bearbeitung der Aufgaben unterstützende Hilfsmittel und Werkzeuge;
- *Arbeitsplätze* als die mit Mobiliar und Arbeitsmitteln ausgestatteten, in
- *Arbeitsumgebungen* eingebetteten räumlichen betrieblichen Kontexte, in denen Arbeit unter vielfältigen
- *Arbeitsbedingungen* abzulaufen hat.

Arbeitssysteme sind *soziotechnische Systeme*. Sie funktionieren in einem komplexen Zusammenspiel von Menschen, Technik und Kontexten.

Durch *Normen, Gesetze* und *gesetzliche Verordnungen* versucht man für Arbeitssysteme Rahmenbedingungen und Gestaltungsempfehlungen zu geben, die, soweit möglich, sicherstellen sollen, dass Arbeitssysteme für die arbeitenden Menschen keine nachhaltigen *Beeinträchtigungen* nach sich ziehen.

Eine wichtige, für Bildschirmarbeit geltende Norm ist die DIN EN ISO 9241,

- die als *Produktnorm* die Eigenschaften interaktiver Systeme thematisiert sowie
- als *Prozessnorm* benutzerzentrierte Prozesse zur Entwicklung interaktiver Systeme beschreibt.

Die *Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)* liefert als Teil des gesetzlichen Arbeitsschutzes verbindliche Mindestanforderungen an Bildschirmarbeitsplätze.

Während früher die *Lebensbereiche Arbeit, Bildung und Freizeit* deutlich voneinander getrennt waren, sind die Grenzen heute eher fließend. Es bietet sich aber an, grundlegende Erkenntnisse der Software-Ergonomie aus Computeranwendungen anderer Lebensbereiche und Interaktionskontexte einfließen zu lassen. Umgekehrt ist die Software-Ergonomie zunehmend gefordert, über standardisierte Arbeitsplatzsituationen hinaus, z. B. für mobile Arbeitskontexte, Modelle und Empfehlungen zu entwickeln. Voraussetzung für eine software-ergonomische Betrachtung ist jedoch die Bestimmbarkeit von Komponenten im Sinne eines *Arbeitssystems*, das hinsichtlich seiner Definition schon naturgemäß einen sehr allgemeinen und dafür geeigneten Charakter hat.



## 3 Wirkungen von Arbeit

Neben den gewünschten Effekten von Arbeit, nämlich der erfolgreichen Ausübung von Tätigkeiten und der Herbeiführung von Arbeitsergebnissen mit Hilfe der Arbeitsmittel, zeigt Arbeit auch *Auswirkungen* bei den arbeitenden Menschen. Diese Auswirkungen werden in Abhängigkeit von der Gestaltung des jeweiligen Arbeitssystems und der damit bearbeiteten Aufgaben physischer und psychischer Natur sein. Ein wichtiges Ziel der Arbeitsgestaltung ist, unerwünschte Wirkungen auf die arbeitenden Menschen, vor allem *Beeinträchtigungen* oder gar *Schädigungen* zu vermeiden oder zu minimieren. Wenn möglich, soll die Arbeit zu einer positiven *Persönlichkeitsentwicklung* beitragen.

Die bekanntesten Wirkungen von Computerarbeit und ihr Zustandekommen werden im Folgenden dargestellt und diskutiert. Die wichtigsten Erkenntnisse stammen dabei ursprünglich aus der *Psychophysik*, die später zur *Arbeitspsychologie* weiterentwickelt worden ist (Hacker, 1986; Ulich, 2001), und die die Wirkungen von Arbeit im Verlaufe der Entwicklung der Industriegesellschaft seit über einhundert Jahren untersucht.

### 3.1 Belastungen und Beanspruchungen

Die Durchführung von Tätigkeiten geht einher mit der *Aktivierung* einer arbeitenden Person, um *Problemstellungen* zu bearbeiten. Dabei müssen einzelne Arbeitsaufgaben bearbeitet werden, wobei ständig die unterschiedlichsten *Erschwerungen* und *Hindernisse* zu bewältigen sind. Bei der Nutzung von Computersystemen bei der Bearbeitung der Arbeitsaufgaben werden die Tätigen, die Benutzer der Computeranwendungen, dabei auf vielfältige Art und Weise belastet. Wir müssen hierbei *körperliche* und *psychische Belastungen* unterscheiden.

Die *körperlichen Belastungen* durch Computerarbeit sind, neben den allgemeinen Wirkungen auf den menschlichen Körper, vor allem folgender Natur:

- Belastung von Nacken, Schultern und Rücken durch die jeweilige Körperhaltung, vor allem durch das Sitzen am Bildschirmarbeitsplatz,
- Belastung der Hände und Arme durch intensives Benutzen der Eingabegeräte, wie Tastatur und Zeigelinstrument,
- Belastung des Sehvermögens durch lang andauernde Betrachtung von Bildschirmen, insbesondere durch ungünstige Bildschirmdarstellungen,

- Belastung des Hörvermögens durch auditive Ausgaben und vor allem Umgebungs- und Störgeräusche sowie
- Belastungen mit weitgehend unbekannter Wirkung durch elektrostatische Felder und elektromagnetische Strahlungen (*Elektrosmog*).

Neben den körperlichen Belastungen treten auch *psychische Belastungen* auf, wie:

- Belastung des Gedächtnisses (vor allem sensorische Speicher und Kurzzeitgedächtnis),
- hohe Anforderungen an Aufmerksamkeit und Konzentration durch länger andauernde Tätigkeiten oder seltene, wichtige Ereignisse,
- ständige Suche und Neuorientierung durch unklare oder sich ändernde Informations- und Funktionsstrukturen sowie
- Lösung neuer Aufgaben und damit verbundener Problemstellungen.

In der ISO 10075-1 wird *psychische Belastung* wie folgt definiert:

*„Gesamtheit aller erfassbaren Einflüsse, die von außen auf den Menschen zukommen und psychisch auf ihn einwirken.“*

Belastungen treten im Rahmen von Arbeit durch das *Überwinden von Schwierigkeiten und Behinderungen* auf. Man kann das Lösen von Problemstellungen und das Überwinden von damit verbundenen Schwierigkeiten auch als das Überführen einer Situation von einem Anfangs- in einen Endzustand ansehen. Dabei wird durch zielgerichtetes Ausführen und Regulieren von Handlungen anhand wahrgenommener Zustände des Arbeitssystems versucht, Folgezustände zu erreichen, die näher an der Problemlösung liegen. Diese sogenannte *Handlungsregulation* und die damit verbundenen *Regulationsbehinderungen* sind eine wesentliche Quelle von Belastungen (vgl. Ulich, 2001).

In Abhängigkeit von der persönlichen Leistungsfähigkeit werden solche Belastungen von Individuen unterschiedlich wahrgenommen. Belastungen, die für das jeweilige Individuum spürbar werden, bezeichnen wir als *Beanspruchungen*.

In der ISO 10075-1 wird *psychische Beanspruchung* folgendermaßen definiert:

*„Die unmittelbare (nicht die langfristige) Auswirkung der psychischen Belastung im Individuum in Abhängigkeit von seinen jeweiligen überdauernden und augenblicklichen Voraussetzungen, einschließlich der individuellen Bewältigungsstrategien.“*

Beanspruchungen sind zu einem gewissen Grad für ein Individuum wichtig und lebensnotwendig. Sie regen Geist und Körper zu einer Anpassung und damit verbundenen Bewältigung von neuen Situationen an. Man könnte einen solchen ständigen erfolgreichen Anpassungsprozess als *körperliches und geistiges Wachstum* bezeichnen (vgl. Abbildung 4). Mit einem solchen Wachstum verbunden sind *positive Wirkungen* wie

- Freude,
- Motivation,
- Leistungssteigerung und letztlich auch
- Kompetenzerwerb und Qualifikation.

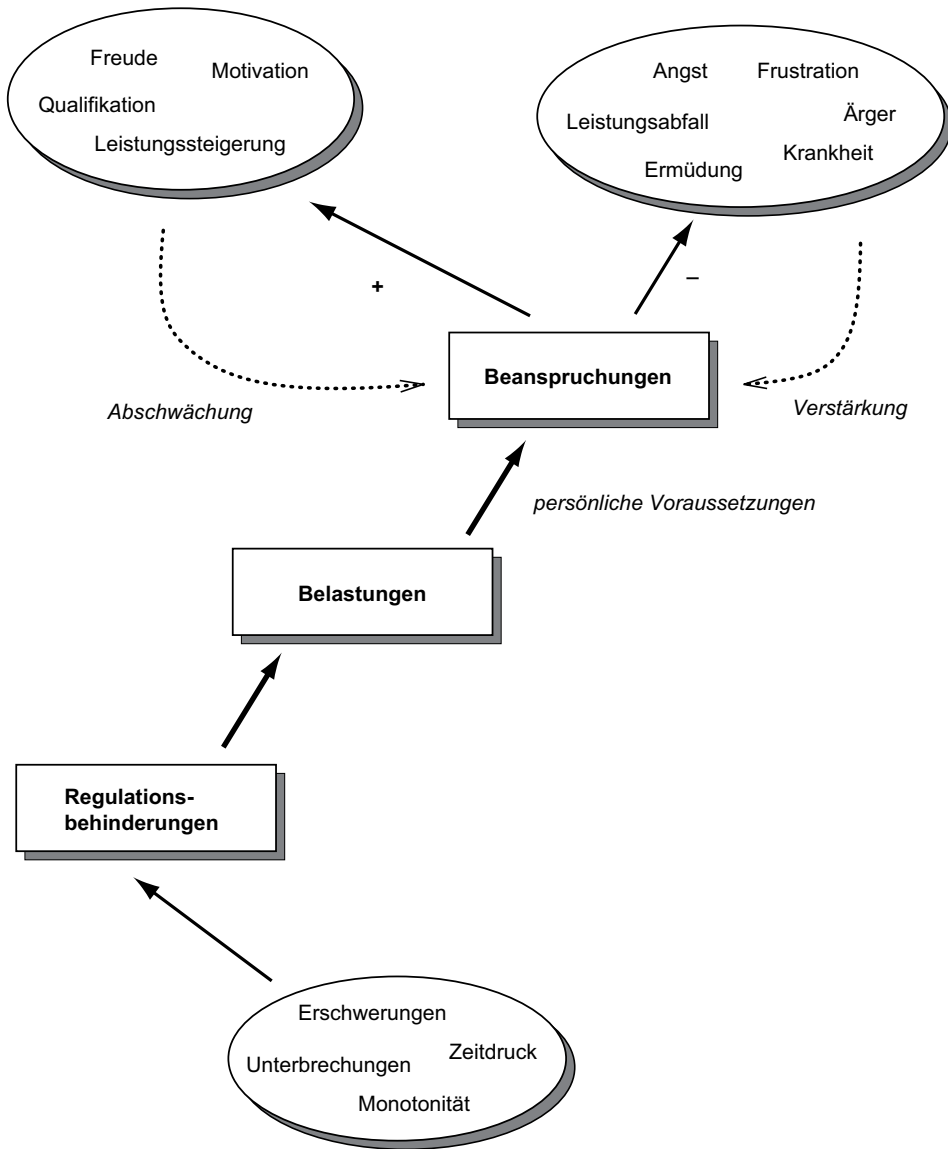
Werden Beanspruchungen nicht bewältigt, so können daraus *negative Wirkungen*, sogenannte *Beeinträchtigungen* resultieren, vor allem

- Ermüdung,
- Leistungsabfall,
- Ärger,
- Frustration,
- Angst sowie
- komplexe Erkrankungen (z. B. psychosomatische Erkrankungen) und teils schwerwiegende und langfristige, über die Tätigkeiten hinaus wirkende Erkrankungen (chronische Erkrankungen).

Durch geeignete *Arbeitsgestaltung* lassen sich Belastungen und daraus resultierende Beanspruchungen unter normalen Bedingungen auf ein günstiges oder zumindest auf ein vertretbares Maß beschränken. Die vom Benutzer subjektiv empfundenen Beanspruchungen sollten nach Möglichkeit auf einem *motivations- und qualifikationsfördernden Niveau* stabilisiert werden (Hoyos, 1987). Das heißt, vor allem die mentalen Beanspruchungen dürfen auf keinen Fall auf ein Minimum reduziert werden, wie es beispielsweise bei Fließbandarbeit nach tayloristischen Prinzipien der Fall ist (Taylor, 1913). Das Herstellen von möglichst günstigen Belastungen ist besonders schwierig bei Arbeitsplätzen mit vorwiegend Routinearbeiten, da durch Lerneffekte und andere Anpassungsprozesse, und den damit verbundenen Effizienzverbesserungen, leicht monotone Tätigkeiten entstehen können. Die Anreicherung solcher Routinetätigkeiten mit anspruchsvollen und veränderlichen Zusatzaufgaben (Misch Tätigkeiten) wird sich im Allgemeinen günstig auswirken.

Körperliche Belastungen treten immer und überall auf. Die Regulierung der körperlichen Belastungen bei Bildschirmarbeitsplätzen auf ein gesundheitlich geeignetes Niveau ist Aufgabe der *Bildschirmarbeitsplatzgestaltung* und der *Hardware-Ergonomie*. Die Regulierung der geistigen Belastungen bei computergestützten Tätigkeiten ist vor allem Aufgabe der *Software-Ergonomie* im Rahmen der Entwicklung von Anwendungssystemen.

Im Folgenden werden einige typische Wirkungen von Arbeit beschrieben, wie sie insbesondere an Computerarbeitsplätzen auftreten.



**Abbildung 4** Ursachen und Wirkungen von Belastungen und Beanspruchungen

*Belastungen* sind objektiv auf einen Tätigen einwirkende Größen. Sie entstehen aus *Regulationsbehinderungen* bei der Bearbeitung von Aufgaben. In Abhängigkeit vom Zustand des Tätigen führen sie zu subjektiv wahrgenommenen *Beanspruchungen*. Diese können in Abhängigkeit von Stärke, Einwirkdauer und Tätigem zu *positiven und negativen kurz- und langfristigen Wirkungen* führen, die wiederum Rückwirkungen auf die Beanspruchungen ausüben.

## 3.2 Ermüdung

Im Verlauf von Arbeitstätigkeiten tritt mit zunehmender Zeit der Zustand der Ermüdung (Fatigue) ein. Ulich (2001, S. 442) definiert Ermüdung folgendermaßen:

*„Unter Ermüdung wird allgemein eine, als Folge von Tätigkeit auftretende, reversible Minderung der Leistungsfähigkeit eines Organs (lokale Ermüdung) oder des Gesamtorganismus (zentrale Ermüdung) bezeichnet.“*

Ulich weist an derselben Stelle ergänzend darauf hin, dass Ermüdung nicht verstanden werden darf als eine Minderung der Leistungsfähigkeit in Folge der *biologischen Tagesrhythmik*.

Man unterscheidet bei Ermüdung die

- *lokale Ermüdung*, die Ermüdung eines Organs, sowie die
- *zentrale Ermüdung*, die Ermüdung des Gesamtorganismus.

*Physiologische Indikatoren* für Ermüdung sind

- Pulsbeschleunigung sowie ein
- Flacherwerden der Atmung.

*Psychologische Indikatoren* sind die

- Abnahme der Konzentration sowie das
- Auftreten kognitiver Störungen.

Das subjektive Müdigkeitsgefühl ist kein sicherer Indikator für Ermüdung, da es mit Gefühlen der *Monotonie* (Abschnitt 3.3), der *psychischen Sättigung* (Abschnitt 3.4) oder der *Langeweile* (Abschnitt 3.5) verbunden sein kann.

Zustände der Ermüdung sind immer mit Zuständen der *Erholungsbedürftigkeit* verbunden. Durch Ermüdung eingetretener Verlust an Leistungsfähigkeit kann also nur durch Erholung, vor allem in Form von *Pausen*, ausgeglichen werden. Entsprechend wird im Anhang der Arbeitsstättenverordnung gefordert (zu Details siehe Abschnitt 13.2 und Anhang):

*„Der Arbeitgeber hat dafür zu sorgen, dass die Tätigkeiten der Beschäftigten an Bildschirmgeräten insbesondere durch andere Tätigkeiten oder regelmäßige Erholungszeiten unterbrochen werden.“*

Die Ermüdung bzw. die Wirkung von Pausen zeigen die folgenden Charakteristika (Ulich, 2001; siehe auch Abbildung 5):

- Der *Verlauf der Ermüdung* folgt einer exponentiell steigenden Funktion, d. h. die Ermüdung nimmt mit Fortsetzung der Tätigkeit stärker zu;
- der *Verlauf der Erholung* folgt einer exponentiell fallenden Funktion, d. h. die ersten Abschnitte einer Pause sind erholungswirksamer als die späteren Abschnitte;
- *Kurzpausen* (auch Mikropausen von wenigen Sekunden und Minuten) sind besonders erholungswirksam;

- *kürzere Tätigkeits- und Pausenzeiten* führen zu einer höheren Arbeitsleistung als in der Summe gleiche, längere Tätigkeits- und Pausenzeiten;
- *selbst gewählte Pausen* sind im Allgemeinen weniger wirksam, da sie erst nach auftretendem Müdigkeitsgefühl und damit zu spät eingelegt werden;
- falls Pausen zu selten gewährt werden, werden *verdeckte Pausen* eingelegt.

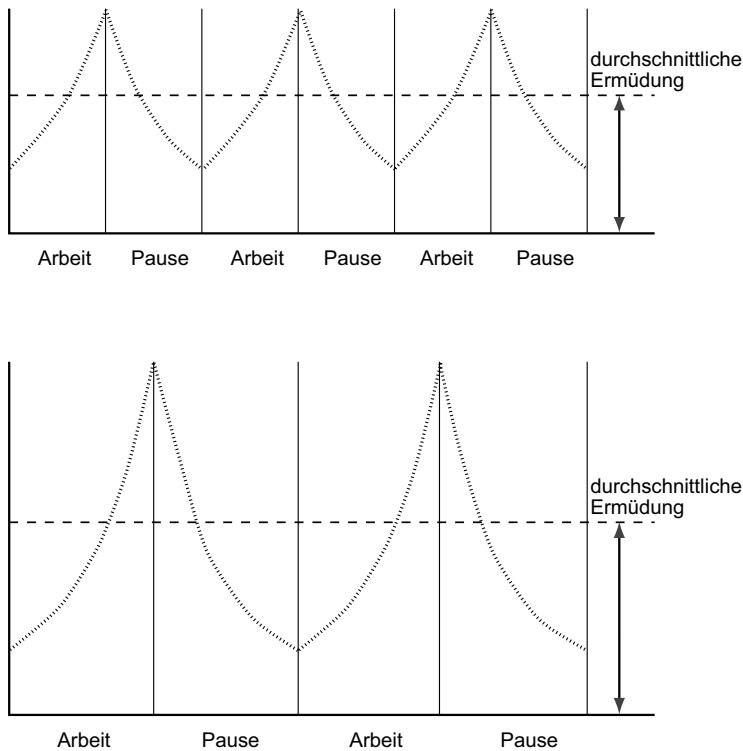
Nach den aktuellen deutschen Arbeitsschutzgesetzen (Abschnitt 13.1), hier dem § 4 „Ruhepausen“ aus dem *Arbeitszeitgesetz (ArbZG)*, gilt:

*„Die Arbeit ist durch im voraus feststehende Ruhepausen von mindestens 30 Minuten bei einer Arbeitszeit von mehr als sechs bis zu neun Stunden und 45 Minuten bei einer Arbeitszeit von mehr als neun Stunden insgesamt zu unterbrechen. Die Ruhepausen [...] können in Zeitabschnitte von jeweils mindestens 15 Minuten aufgeteilt werden. Länger als sechs Stunden hintereinander dürfen Arbeitnehmer nicht ohne Ruhepause beschäftigt werden.“*

Diese gesetzliche Regelung wird den arbeitspsychologischen Erkenntnissen nur teilweise gerecht und regelt die Pausenzeiten nur hinsichtlich der zulässigen Grenzen. Eine hohe Arbeitsleistung lässt sich nicht bis zu sechs Stunden aufrechterhalten. Auch Pausenzeiten von fünf Minuten, z. B. innerhalb jeder Arbeitsstunde, werden an Bildschirmarbeitsplätzen positive Wirkungen auf die Beanspruchungen und die Gesamtleistung zeigen. Der zitierte Arbeitsschutz dient dazu *„die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Arbeitnehmer [...] bei der Arbeitszeitgestaltung zu gewährleisten [...]“* (§ 1 ArbZG). Er erhebt keinen Anspruch, die Beanspruchungen und die Arbeitsleistung zu optimieren.

Im Zusammenhang mit Computerarbeit spielt Ermüdung insbesondere hinsichtlich der einseitigen körperlichen Belastung der Hände und des Stützapparates sowie der psychischen Belastung eine Rolle. Da Computerarbeit im Allgemeinen (z. B. im Büro) zeitlich weniger kontrolliert wird als körperliche Arbeit (z. B. im Bereich der Produktion), können Ermüdungszustände durch fehlende oder falsch platzierte Pausen häufig beobachtet werden. Sie mindern die Leistungsfähigkeit bei der Computerarbeit erheblich.

Hinsichtlich Ermüdungserscheinungen und Erkrankungen bei Computerarbeit wurde vor allem auf physische Schädigungen durch die anhaltende und intensive Nutzung von Tastaturen hingewiesen. Dies war entsprechend schon vor der Verbreitung von Computerarbeit im Zusammenhang mit der Nutzung von Schreibmaschinen der Fall. Von solchen Erkrankungen wurde insbesondere das *RSI-Syndrom* (Repetitive Strain Injury, „Mausarm“, „Sehnenscheidenentzündung“) bekannt, das in vielen unterschiedlichen Ausprägungen auftreten kann. Vermeiden lassen sich diese Erscheinungen durch einen fachgerechten Aufbau des Bildschirmarbeitsplatzes sowie durch das Einlegen von regelmäßigen Kurz- und Mikropausen (siehe auch Çakir, 2004).



**Abbildung 5** Wirkung von Pausen (schematisch nach Ulich, 2001)

Die schematische Darstellung zeigt, dass mehrere kurze Pausen bei gleicher Gesamtpausenzeit eine bessere Wirkung gegen Ermüdung erzielen als weniger, aber längere Pausen. Dies liegt an den exponentiellen Verläufen von Ermüdung und Erholung. Vereinfacht werden in den Diagrammen gleiche Pausen- und Arbeitszeiten dargestellt, um den Effekt anschaulicher zu zeigen.

### 3.3 Monotonie

Sachbearbeiter müssen an Computerarbeitsplätzen in vielen Fällen täglich Hunderte gleicher oder ähnlicher Vorgänge bearbeiten (z. B. Belegerfassung, Buchung, Rechnungsstellung, Kontrolltätigkeiten). Bei solchen Routinearbeiten wird gelegentlich wie bei Fließbandarbeit in der Fabrik von *monotonen Tätigkeiten* gesprochen.

In der Arbeitspsychologie (Ulich, 2001, S. 447) wird *Monotonie* definiert als

*„Zustand herabgesetzter psychophysischer Aktiviertheit [...] in reizarmen Situationen bei länger andauernder Ausführung sich häufig wiederholender gleichartiger und einförmiger Arbeiten“.*

Monotonie wird verschiedentlich beschrieben als

- eine Art von „Dämmerzustand“,
- Folgeerscheinung von zu geringer psychischer Beanspruchung,
- Einengung der Aufmerksamkeit auf einförmige Tätigkeit,
- Gefühl, immer das Gleiche tun zu müssen,
- wenig erleichternde motorische oder erlebnisreiche Nebentätigkeiten sowie als
- Zwang zur anforderungsgemäßen Ausführung einer Tätigkeit.

Monotonie wird leicht mit anderen psychischen Zuständen, wie etwa Ermüdung, Langeweile und herabgesetzter Vigilanz verwechselt, die häufig als Begleitmerkmale oder als Folge von Monotonie auftreten.

Bei der Untersuchung der *Charakteristika und der Ursachen von Monotonie* wurde festgestellt, dass

- *zeitliche Gleichförmigkeit* eher entlastend wirkt, solange Leistungsgrenzen nicht erreicht werden, während
- *inhaltliche Gleichförmigkeit* eher Monotonie begünstigt.

Da Computerarbeit kaum von außen getaktet wird und eher durch inhaltliche Gleichförmigkeit gekennzeichnet ist, lässt sich vermuten, dass Computerarbeit leicht zum Auslöser von Monotonie werden könnte.

Bereits der Psychophysiker Hugo Münsterberg stellte 1912 fest (Ulich, 2001, S. 16),

„dass der Aussenstehende überhaupt nicht beurteilen kann, wann die Arbeit innere Mannigfaltigkeit bietet und wann nicht“.

Andere Untersuchungen weisen auf *Monotonie-anfällige und Monotonie-resistente Personengruppen* hin (vgl. Diskussion in Ulich, 2001, S. 450). Dies scheint positiv mit der Extrovertiertheit bzw. der Introvertiertheit korreliert zu sein. Extrovertierte benötigen vielfältige Reize und sind daher eher Monotonie-anfällig.

Das Auftreten von Monotonie ist aus verschiedenen Gründen zu vermeiden:

- Es bewirkt Leistungsstörungen (Arbeitsleistung),
- es fördert Handlungsfehler (Arbeitssicherheit) und
- es hemmt die Persönlichkeitsentwicklung (Persönlichkeitsförderlichkeit und Qualifizierbarkeit).

Als Möglichkeiten zur Vermeidung werden genannt:

- Planmäßige Tätigkeitswechsel,
- Angebot von Misch Tätigkeiten,
- Aufgabenerweiterung (z. B. "Job-Enrichment-Programme"),
- Gruppenarbeit sowie
- ganzheitliche Tätigkeiten.



Gerade im Bereich einer eng definierten Sachbearbeitung an Computerarbeitsplätzen finden sich wesentliche Auslöser für Monotonie, die durch die genannten Maßnahmen verhindert oder entschärft werden können.

## 3.4 Psychische Sättigung

Nicht zu verwechseln mit Ermüdung oder Monotonie ist eine weitere Wirkung von Arbeit, die einige Ähnlichkeiten mit diesen Zuständen aufweist, nämlich die *psychische Sättigung* (Ulich, 2001).

Die ISO 10075-1 definiert *psychische Sättigung* folgendermaßen:

*„Ein Zustand der nervös-unruhevollen, stark affektbetonten Ablehnung einer sich wiederholenden Tätigkeit oder Situation, bei der das Erleben des Auf-der-Stelle-Tretens oder des Nicht-weiter-Kommens besteht.“*

Während Ermüdung und Monotonie immer noch mit einem oft auch starken Arbeitswillen, möglicherweise sogar mit beträchtlichem Interesse und positiver Einstellung zur Arbeit verbunden sind, zeigt sich bei psychischer Sättigung ein *Widerwille gegen die Aufnahme oder Fortführung von Tätigkeiten*.

Psychische Sättigung ist in Verbindung mit dieser aversiven Einstellung gegen eine Tätigkeit meist begleitet von erhöhter physischer und psychischer Anspannung.

Die Vermeidung oder Beseitigung von psychischer Sättigung dürfte im Allgemeinen weniger mit der Gestaltung eines Arbeitssystems als mit der grundsätzlichen Motivation im Hinblick auf die wahrgenommene Sinnhaftigkeit oder den Reiz einer Arbeit in Verbindung stehen. Gegenmaßnahmen können also nur darin liegen, die Arbeit oder die Arbeitsbedingungen reizvoller oder interessanter zu gestalten.

## 3.5 Langeweile

Nicht zuletzt soll einer der am weitesten verbreiteten Zustände im Zusammenhang mit Arbeitstätigkeiten erwähnt werden, nämlich der Zustand der *Langeweile*.

Im Gegensatz zu den vorgenannten Wirkungen von Arbeit steht Langeweile immer im Zusammenhang mit einer *quantitativen oder qualitativen Unterforderung*. Menschen verbinden Langeweile mit dem Gefühl, zu wenig zu tun zu haben (Quantität) oder bei der Arbeit zu wenig gefordert zu werden (Qualität).

Insofern ist Langeweile weniger eine Frage der Gestaltung eines Arbeitsmittels als mehr eine Frage der *zu geringen Beanspruchung* eines Menschen. Mit Langeweile ist immer zu rechnen, wenn Menschen in einer Tätigkeit sehr geübt sind und sie mühelos ausführen. Als Gegenmaßnahme bietet sich an – neben der naheliegenden quantitativen Erhöhung der Arbeits-

last – die Tätigkeit mit neuen qualitativen Anforderungen zu versehen oder das Aufgabenspektrum mit neuen Aufgaben anzureichern.

Führt man Menschen nicht zu geeigneten Beanspruchungen, so werden sie in verdeckter Weise beanspruchende Aktivitäten, wie beispielsweise Herumspielen, Herumstöbern, Aufräumen oder Kommunizieren, als Ersatz für fehlende oder für herausfordernde Aufgaben betreiben.

## 3.6 Herabgesetzte Vigilanz

Viele Tätigkeiten stehen eher im Zusammenhang mit der passiven Überwachung von Zuständen und Prozessen als mit der aktiven Bearbeitung von definierten Aufgaben. Solche Situationen finden wir vor allem bei teil- oder vollautomatisierten Prozessen, wie bei der Führung von Fahrzeugen (z. B. Bahnen, Schiffe, Flugzeuge), bei der Überwachung von dynamischen Verteil- oder Produktionsprozessen (z. B. Leitwarten) oder bei der Überwachung von sich langsam oder nur sporadisch ändernden Zuständen (z. B. Gebäudeüberwachung, Intensivmedizin). Die Tätigkeit besteht vor allem darin, auf bekannte oder unbekannte Ereignisse zu warten und dann geeignet und zeitgerecht zu reagieren. Solche Tätigkeiten sind also vor allem durch eine hohe Aufmerksamkeit und Reaktionsfähigkeit (*Wachsamkeit* oder *Vigilanz*) gekennzeichnet.

Durch länger andauernde Überwachungsarbeiten nimmt die Wachsamkeit ab. Durch eine solche *herabgesetzte Vigilanz* (Ulich, 2001) werden die meist risikobehafteten Überwachungsaufgaben weniger zuverlässig ausgeführt, wodurch das *Risiko* für den Betrieb des Systems steigt.

*Herabgesetzte Vigilanz (herabgesetzte Wachsamkeit)* lässt sich nach ISO 10075-1 folgendermaßen definieren:

*„Ein bei abwechslungsarmen Beobachtungstätigkeiten langsam entstehender Zustand mit herabgesetzter Signalentdeckungsleistung (z. B. bei Radarschirm- und Instrumenten-tafelbeobachtungen).“*

Aus dieser Erkenntnis heraus ist abzuleiten, dass in Abhängigkeit von den Anforderungen an Aufmerksamkeit und Reaktionsvermögen Überwachungsaufgaben (z. B. in Computerleitwarten) nur über eine sehr bestimmte Zeit ausgeführt werden können. Unabhängig davon ist dafür Sorge zu tragen, dass die Vigilanz des Überwachungspersonals immer wieder geprüft und sichergestellt wird, wie etwa durch die Sicherheitsfahrerschaltung („Totmanntaste“) in Bahnen, die laufend nach einer definierten Zeit (z. B. 30 sec) gedrückt werden muss, oder durch Zusatzsysteme, die bei Bedarf aktiviert werden (z. B. Alarmierungen). Weitere Sicherheitsaspekte und Methoden der Prozessführung finden sich in Herczeg (2014).

## 3.7 Stress

Wenn von Wirkungen von Arbeit die Rede ist, wird auch von *Stress* gesprochen. Während die umgangssprachliche Bedeutung von Stress eher einer allgemeinen Beanspruchung nahe kommt, kann arbeitspsychologisch *Stress* definiert werden als (Greif, 1989, S. 435):

*„subjektiver Zustand [...], der aus der Befürchtung entsteht, dass eine stark aversive, zeitlich nahe und subjektiv lang andauernde Situation nicht vermieden werden kann. Dabei erwartet die Person, dass sie nicht in der Lage ist (oder sein wird), die Situation zu beeinflussen oder durch Einsatz von Ressourcen zu bewältigen.“*

Wesentliche Merkmale, die in Stresssituationen beobachtet werden können bzw. von den betroffenen Personen berichtet werden, sind:

- Auslösung durch *Stressoren* (z. B. Zeitdruck, Lärm, soziale Konflikte),
- angstbedingt erregte Gespanntheit, die durch erlebte *Bedrohung* durch Beanspruchung entsteht, sowie
- *Kontrollverlust* (tatsächlich oder vermeintlich) in Verbindung mit Gefühlen
  - der Bedrohung,
  - des Ausgeliefertseins,
  - der Hilflosigkeit und
  - der Abhängigkeit.

Dabei ist festzustellen, dass es keine signifikanten Korrelationen mit qualitativer oder quantitativer Überforderung gibt. Außerdem führen Monotonie, herabgesetzte Vigilanz, Langeweile und Unterforderung normalerweise nicht zu Stress.

Zu *stressauslösenden Faktoren* in einer Situation gehören jedoch vor allem die folgenden (Greif, 1989):

- Subjektive Wahrscheinlichkeit der Aversität der Situation,
- Intensität der Aversität der Situation,
- Grad der Kontrollierbarkeit der Situation,
- subjektive Wichtigkeit, die Situation zu vermeiden,
- zeitliche Nähe der Situation sowie
- erwartete Dauer der Situation.

Bei den Auswirkungen von Stress unterscheidet man kurzfristige sowie längerfristige Auswirkungen bei wiederholtem Auftreten einer Stresssituation.

Zu den *kurzfristigen Auswirkungen* von Stress gehören:

- Übersteuerung von sensomotorischen Handlungen mit hastigem Tempo,
- überzogener Kraftaufwand,
- Aufmerksamkeitsspaltung,
- Desorganisation,
- Konfusion,

- Wahrnehmungsverzerrung,
- Hilflosigkeit,
- Gereiztheit und Nervosität,
- unspezifische neuroendokrine Überaktivierung und
- erhöhter Genussmittelverbrauch.

Als *längerfristige Wirkungen* werden genannt:

- Anspruchsreduktion,
- Verschiebung von Wertemaßstäben,
- dauernde Gereiztheit und Nervosität,
- psychosomatische Beschwerden und
- Herzinfarkt.

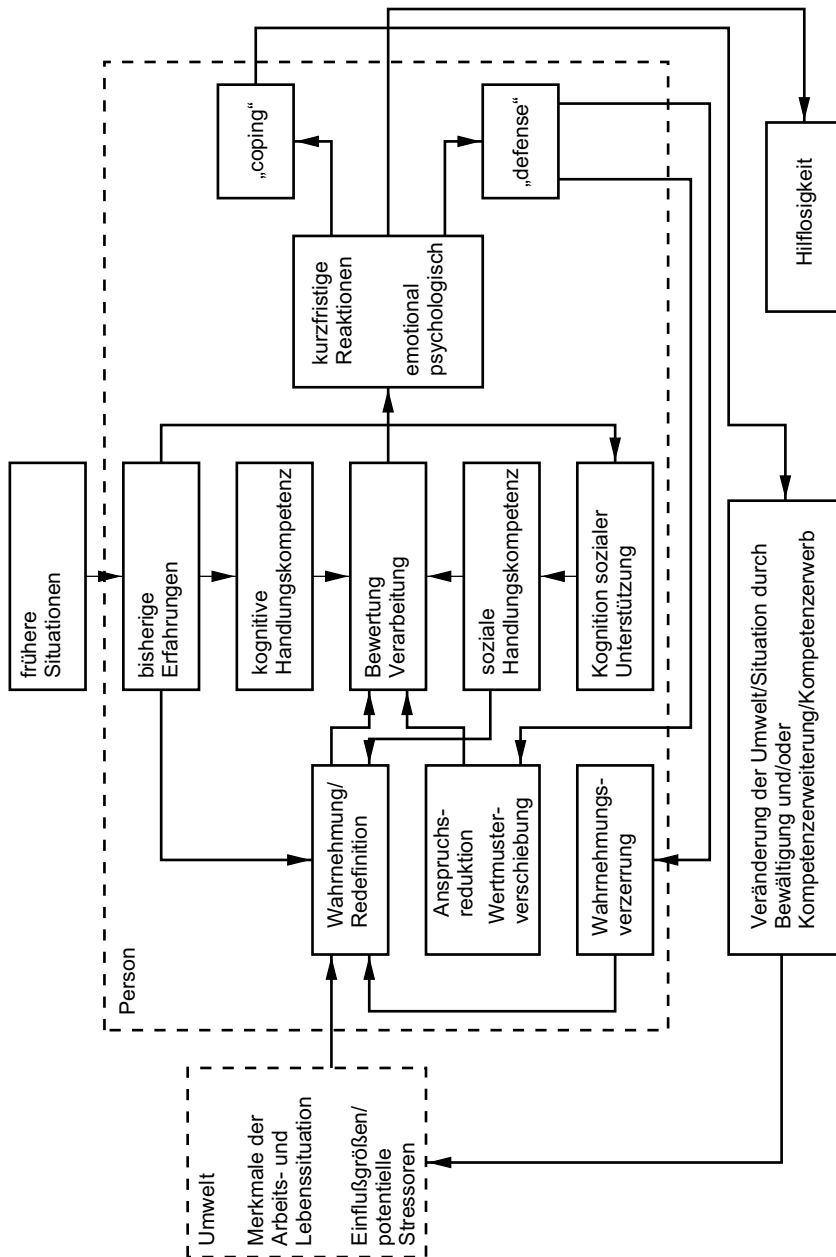
Stress entsteht im Rahmen komplexer mentaler Abläufe, die mit anderen Personen verbunden sein können. Ein kognitives prozesshaftes Stressmodell findet sich in Abbildung 6. Diesem Stressmodell kann man nicht nur die negativen Folgen von Stress, sondern auch positive Wirkungen im Umgang bzw. der Vermeidung von Stress entnehmen. Dass aus einer Stresssituation auch Kompetenzerwerb bzw. Kompetenzerweiterung resultieren kann, sollte nicht dahingehend falsch interpretiert werden, dass solche positiven Wirkungen über Stresssituationen erreicht werden sollten.

Aus den Auslösebedingungen, Merkmalen und prozessualen Abläufen von Stresssituationen lässt sich ableiten, dass bei der Arbeit mit Computersystemen leicht Stresssituationen erreicht werden können. Ein bedeutender Auslöser dafür ist die Intransparenz von Computeranwendungen und die daraus resultierende Unsicherheit oder gar Angst bei der Nutzung eines Programms, Schäden (z. B. an Datenbeständen) zu verursachen (Bedrohung). Stressoren können zeitlich systemgesteuerte Programme sein, wie zum Beispiel Computerspiele, bei denen durch nicht zeitgerechte Aktionen oder Reaktionen der Benutzer unerwünschte Ergebnisse entstehen könnten.

Stressvermeidende Maßnahmen sind:

- Individuelle Selbstregulation (hohes Maß an selbst kontrollierter Arbeit),
- kollektive Selbstregulation (teilautonome Gruppenarbeit),
- Training (Vertrautmachen mit der Situation und ihrer Meisterung),
- Qualifikation (Kompetenzerwerb, Kompetenzerweiterung),
- soziale Unterstützung (Hilfe, Teamarbeit) und
- technische Unterstützung (Werkzeuge, Hilfsmittel).

Computersysteme müssen somit nicht nur als stressauslösende, sondern auch als stressverhindernde oder zumindest stressreduzierende Systeme wahrgenommen werden, sofern sie geeignet gestaltet und genutzt werden.



**Abbildung 6** Kognitives Stressmodell nach Orendi und Ulich (Ulich, 2001)

Vielfältige Einflussfaktoren und Rückkoppelungen erzeugen, verstärken oder lösen Stresssituationen aus. Der Fokus liegt hier im Bereich des bewussten Wahrnehmens und Handelns (kognitive Prozesse).

## 3.8 Persönlichkeitsentwicklung

Kompetenzentwicklung und damit verbundene Qualifizierung für bestimmte Aufgaben sind wirkungsvolle Methoden für eine *positive Persönlichkeitsentwicklung*.

Beanspruchungen im Rahmen von Tätigkeiten erzeugen und stärken Fähigkeiten und Fertigkeiten und letztlich auch das, was wir als *Intelligenz* bzw. *Intellekt* bezeichnen. Dabei wurde bei Betrachtung der persönlichen Entwicklung im Rahmen beruflicher Tätigkeiten über eine längere Lebensspanne hinweg folgendes vermutet und teilweise auch festgestellt (siehe Ulich, 2001 und dort weitere Quellen):

- Der Abbau der intellektuellen Leistungsfähigkeit tritt bei Angehörigen mit Berufen, die nur geringe intellektuelle Anforderungen stellen, früher ein;
- arbeitsbedingte somatische Schädigungen sind als Moderatoren der Intelligenzentwicklung anzusehen;
- die geistige Leistungsfähigkeit im Erwachsenenalter wird entscheidend vom Niveau der beruflichen Tätigkeit bestimmt;
- unabhängig vom Niveau der früheren Schulbildung nähern sich die intellektuellen Leistungen von Beschäftigten derselben Tätigkeitsniveaus an.

Anspruchsvolle Tätigkeiten sind relevant für die langfristige intellektuelle Entwicklung von Menschen. Arbeitsgestaltende Entscheidungen bei der Konzeption und Entwicklung von Computerarbeitsplätzen und damit zusammenhängenden Tätigkeiten spielen somit auch eine Rolle bei der Persönlichkeitsentwicklung der Tätigen. Es ist davon auszugehen, dass besonders die hohen geistigen Beanspruchungen durch komplexe Computeranwendungen förderlich für eine positive geistige Entwicklung sind.

## 3.9 Soziale Interaktion

Neben den auf das einzelne Individuum bezogenen Wirkungen von Arbeit darf nicht vergessen werden, dass beträchtliche Wirkungen von Arbeit auch von den Möglichkeiten sozialer Interaktion abhängen. Wir haben dies bereits beim Wirkmodell von Stress gesehen. Auch die Zusammensetzung eines Arbeitssystems aus einem technischen und einem sozialen Teilsystem weist darauf hin (vgl. Abbildung 2).

Eine Ebene der sozialen Interaktion wird durch die Gestaltung von Computerarbeitsplätzen im räumlich-technischen Umfeld der beteiligten Personen bestimmt. Hier spielen vor allem die Möglichkeiten der Interaktion mit Kollegen oder externen Personen eine entscheidende Rolle.

Ein beträchtlicher Teil der sozialen Interaktion wird aber nicht nur durch die direkte Kommunikationsmöglichkeit im Arbeitsraum bestimmt, sondern zunehmend durch die technischen Kommunikationsmittel. Technisch medierte Kommunikation findet inzwischen nicht

nur mündlich durch das Telefon in all seinen technischen Ausprägungen, inklusive Voice-Mail und Videokonferenzen, sondern auch schriftlich durch die Nutzung von Kommunikationssystemen wie E-Mail und Chat über den Computer statt. Diese Systeme werden nur selten zusammen mit den anderen Computeranwendungen konzipiert, so dass sich die Wirkungen sozialer Interaktion weiterhin als eine eher informelle und wenig beachtete Ebene der betrieblichen Organisation und Kooperation fortsetzen. Die Effekte waren bereits von den Psychotechnikern im Rahmen der *Hawthorne-Studie* in den Jahren 1927 bis 1932 entdeckt worden (Ulich, 2001). Da neben informationsverarbeitenden Systemen auch Kommunikationssysteme zunehmend Verbreitung und Bedeutung an Arbeitsplätzen finden, sollten sie ebenso systematisch und kontrolliert auch in ihrem Zusammenwirken entwickelt und optimiert werden.

## 3.10 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurden vielfältige, teils positive und teils negative Wirkungen von Arbeit dargestellt und in ihren Wirkmechanismen diskutiert.

Ausgehend von *Regulationsbehinderungen* haben wir *Belastungen* als wichtige objektive Größen kennengelernt. In Abhängigkeit von der subjektiven Erfahrung und Leistungsfähigkeit resultieren aus Belastungen individuelle *Beanspruchungen*. Solche Beanspruchungen sind wichtig, da sie bei geeignet bewältigbarem Ausmaß die individuelle Leistungsfähigkeit steigern und die Grundlage für *Qualifizierung* und *Persönlichkeitsentwicklung* bilden.

Sind die Beanspruchungen zu gering oder zu reizarm, so können mentale Zustände wie *Langeweile*, *herabgesetzte Vigilanz*, *Monotonie* und *psychische Sättigung* entstehen. Sind die Beanspruchungen jedoch zu hoch, kann dies je nach deren Umfang, Form und Dauer in Zustände wie *Ärger*, *Stress* sowie zu unterschiedlichsten *Erkrankungen* führen.

Solche Nebenwirkungen von Arbeit sind neben der Hauptwirkung, der *effektiven und effizienten Bearbeitung von Aufgaben*, ebenso die Folge von Arbeitsgestaltung. Sie haben starke Auswirkung auf *Zufriedenheit* und *Gesundheit* der Arbeitstätigen. Dies muss bei der Konzeption neuer oder bei der Analyse und Verbesserung bestehender computergestützter Anwendungssysteme wahrgenommen und berücksichtigt werden. Wir konstruieren bei der Realisierung von Computersystemen also nicht nur Funktionalität, sondern auch die Ursachen und Auslöser für beispielsweise Monotonie und Stress, aber auch für Qualifizierung und Persönlichkeitsentwicklung.

Durch die Veränderung der subjektiven Wahrnehmung von Belastungen als Beanspruchungen ist es wichtig, Arbeitssysteme auf ihre Eignung und das Auftreten der genannten Wirkungen zu überprüfen und anzupassen. Dies muss ein stetiger Prozess sein, da die beteiligten Menschen, anders als Maschinen, laufend ihre Kompetenz und ihre Persönlichkeit verändern.





## 4 Organisation und Kontext

Für das Verständnis und die Gestaltung eines Arbeitssystems muss untersucht und dokumentiert werden, in welchen *Situationen* und unter welchen *Bedingungen* die Nutzer ihre Anwendungssysteme einsetzen. Diese Analyse kann je nach Art des Systems und der Nutzungsweisen einerseits in *Organisations-* und andererseits in *Kontextanalyse* differenziert werden. Während die *Organisationsanalyse* sich vor allem mit den organisatorischen Strukturen und Arbeitsabläufen befasst, widmet sich die *Kontextanalyse* den körperlichen, räumlichen und zeitlichen Arbeits- und Umgebungsbedingungen, unter denen die Menschen ihre Tätigkeiten durchführen. Man kann die Organisationsanalyse als eine spezielle Form der Kontextanalyse, nämlich der Analyse des organisatorischen Kontextes, verstehen. Kontexte<sup>10</sup> verdeutlichen generell Umgebungen, Einbettungen, Zusammensetzungen, Zusammenhänge, Verflechtungen und Vernetzungen bei der Bearbeitung von Aufgaben durch die betrachteten Benutzer.

Es zeigt sich auch hier, dass eine ganzheitliche software-ergonomische Perspektive auf Arbeitssysteme ein wertvolles und praxisrelevantes Potenzial für vielfältige betriebliche Optimierungen in sich trägt. Diese Perspektive orientiert sich primär an *Mensch*, *Organisation* und *Kontext* und sieht Technik, hier Computersysteme, als gestaltbare *Arbeitsmittel* an.

### 4.1 Organisatorische Kontexte

Die Nutzung interaktiver Computersysteme findet nur selten im Sinne einer abgegrenzten individuellen Nutzung statt. Analysen typischer Nutzungsszenarien zeigen, dass die Nutzung meist unter *Kommunikation*, *Koordination* oder sogar *Kooperation* zusammen mit anderen Menschen stattfindet. Menschen bilden im Rahmen von Aktivitäten *soziale Strukturen*.

Vernetzungen mit anderen Akteuren können formaler Natur sein, wie beispielsweise innerhalb eines Betriebes, in dem bestimmte Aufgaben arbeitsteilig von mehreren Bearbeitern erledigt werden. Wir sprechen in diesem Zusammenhang von einer *formalen Organisation*<sup>11</sup>.

Informellere, aber hinsichtlich des Zusammenwirkens nicht weniger bedeutungsvolle Vernetzungen von Menschen finden wir im privaten wie auch im betrieblichen Bereich. So sind

---

<sup>10</sup> Lat.: *contextus*: fortlaufend, verflochten;  
*contexto*: zusammenweben, zusammensetzen, zusammenflechten.

<sup>11</sup> Auch *formelle Organisationen* genannt.

Menschen beispielsweise mit anderen Menschen kollegial, freundschaftlich oder situativ verbunden. Sie bilden durch ihr Zusammenwirken Formen *informeller Organisationen*.

Formelle wie auch informelle organisatorische Strukturen müssen im Rahmen einer *Organisationsanalyse* erfasst und berücksichtigt werden. Ein Übersehen der Bedeutung dieser sozialen Organisationsstrukturen kann ein interaktives Anwendungssystem im praktischen Einsatz wertlos machen, wenn zum Beispiel die Kommunikations- und Informationsbedürfnisse in diesen sozialen Strukturen nicht unterstützt werden. Umgekehrt kann die geeignete Berücksichtigung sozialer Strukturen bestimmend für den Erfolg eines Systems werden. Näheres zur formalen und informellen Zusammenarbeit und Nutzung von Informations- und Kommunikationssystemen findet sich für *computergestützte Kooperation (CSCW)* bei Gross und Koch (2007), für *Telekooperation und Virtuelle Teams* bei Konradt und Hertel (2007).

### 4.1.1 Formale Organisation

Die Festlegung einer *formalen Organisation* findet vor allem in Betrieben Anwendung. Formale Organisationen werden dort als sogenannte *Betriebsorganisationen* systematisch auf Grundlage der *Organisationslehre*, meist unter besonderen ökonomischen und personellen Randbedingungen, entwickelt, dokumentiert, in Kraft gesetzt und laufend optimiert (siehe z. B. Wöhe, 2008).

Eine formale Organisation definiert im Rahmen der sogenannten *Aufbauorganisation* ihre einzelnen Organisationseinheiten, wie beispielsweise in einem Unternehmen *Fachbereiche, Abteilungen, Gruppen* bis hin zu den einzelnen *Stellen*. Die Organisationseinheiten werden dann meist hierarchisch geordnet und mit Kompetenzen (Rechte, Befugnisse) und Verantwortlichkeiten (Zuständigkeiten, Pflichten) versehen. Durch Zuordnung der von der Organisation zu leistenden *Aufgaben* leiten sich die schon in den Abschnitten 2.7 und 7.1 besprochenen *organisatorischen Rollen* ab. Im Rahmen der sogenannten *Ablauforganisation* werden dann die Rollen in *Prozessen* zusammengefügt, indem sie im Sinne einer räumlich und zeitlich strukturierten *Arbeitsteilung* oder eines *Arbeitsflusses* mit anderen Organisationseinheiten vernetzt werden. Dabei entsteht das, was wir in Abschnitt 2.8 als *Arbeitsabläufe* oder *Workflow* bezeichnet haben. Die *Arbeitsmittel* an den jeweiligen Arbeitsplätzen der einzelnen Rollen müssen diese Aufgaben funktional unterstützen sowie den ablauforientierten *Kommunikations-, Koordinations- und Kooperationsbedarf* mit anderen Rollen an den jeweils verknüpften Arbeitsplätzen effektiv und effizient ermöglichen.

Die Organisationsanalyse erfasst im Rahmen der software-ergonomischen Analysen die organisatorische Einbettung und die Verknüpfung der Tätigen. Sie schafft die Grundlage für eine effektive und effiziente Bearbeitung von Aufgaben, die vor allem auch die kooperative, also gemeinsame Bearbeitung von Aufgaben berücksichtigt. Ähnliche Analysen werden auch in der klassischen Problemanalyse bei der Entwicklung betrieblicher Softwaresysteme durchgeführt. Im Rahmen der Software-Ergonomie ist darüber hinaus zu betrachten, in welcher Weise die besonderen Kommunikations-, Koordinations- und Kooperationserfordernisse durch Systemeigenschaften unterstützt werden sollen und können (Gross & Koch, 2007;

Konradt & Hertel, 2007). Damit verbunden stellen sich unter anderem auch die Fragen der *Arbeitsteilung zwischen Mensch und Computer*, von der *automatischen Weiterleitung von Vorgängen (Workflow-Management)* bis hin zur vollständigen *Automatisierung von Aufgaben*.

Eine regelmäßige Analyse und Synthese der formellen Organisationsstrukturen und der zugeordneten Aufgaben schafft die Grundlage für eine laufende Reorganisation von Betrieben im Sinne des *Business Process Engineering (BPR)* (Dix et al., 2004). Im Rahmen der Software-Ergonomie achten wir bei der Zusammenfassung von Aufgaben zu Tätigkeiten einer Rolle (*Aufgabensynthese*) darauf, dass die Tätigkeiten eine angemessene *Reichhaltigkeit* und *Ganzheitlichkeit* für alle Tätigen besitzen. Nur so lassen sich negative Wirkungen zufällig oder schlecht strukturierter Arbeit an Bildschirmarbeitsplätzen verhindern (Kapitel 3). Während in der Vergangenheit Organisationen und ihre Organisationseinheiten an die Funktionen von Computeranwendungen angepasst wurden, sehen benutzerzentrierte Entwicklungsprozesse vor, die menschliche Leistungsfähigkeit durch ganzheitliche Aufgabenzuordnung, Automatisierung wenig menschengerechter Aufgaben sowie natürliche, auch informelle Organisationsstrukturen bestmöglich zu nutzen.

#### 4.1.2 Informelle Organisation

Organisatorische Strukturen, wie sie im Fall der formalen Organisation beschrieben werden, liefern eine erste Grundlage, um Rahmenbedingungen und Anforderungen für den Einsatz eines interaktiven Systems zu erarbeiten. Nicht immer werden beim kooperativen Zusammenarbeiten ausgeprägte formale Organisationen gebildet. Stattdessen gibt es in vielen Fällen auch andere oder ergänzende Kommunikations- und Kooperationsbeziehungen zwischen Akteuren. Gelegentlich existiert überhaupt keine formale Organisation, sondern nur ein Netzwerk aus Akteuren, eine *Ad-hoc-Organisation*.

Die *informelle Organisation* sind die im weitesten Sinne personellen Beziehungen eines Tätigen, die eine Rolle bei der Bearbeitung der Aufgaben spielen. Dies in konkreten Fällen näher zu untersuchen, kann wertvolle Einsichten und Randbedingungen für die Gestaltung von interaktiven Systemen liefern. Der Begriff „Organisation“ muss dabei sehr weit gefasst werden und umfasst sowohl betriebliche Beziehungen, die außerhalb der erfassten formalen Organisation existieren, als auch die vielfältigen privaten und persönlichen Beziehungen, die sich ebenfalls auf das Bearbeiten von Aufgaben und das damit verbundene Nutzungsverhalten auswirken.

Diese informelle Organisation ist bei heutigen Computeranwendungen, die informationsverarbeitende, aber auch kommunikative Komponenten in sich tragen, besonders relevant. So ist beispielsweise die Bedeutung von SMS (Kurzmitteilungen) als inzwischen ökonomisch wie auch sozial bedeutungsvoller Kommunikationsdienst bei Mobiltelefonen nie in seiner heute genutzten Form geplant worden, sondern als Nebenprodukt der digitalen mobilen Telefonie entstanden. Eine Analyse und Berücksichtigung der sozialen Netzwerke, die heute mit Kurzmitteilungen und auch Chats betrieblich wie privat gepflegt werden, hätte es ermöglicht,

eine bessere technische Lösung zu entwickeln, auch wenn die Bedeutung eines solchen Telekommunikationsdienstes noch nicht in vollem Umfang absehbar gewesen wäre. Ähnliches gilt bei E-Mail-Systemen, bei denen für die Nutzung bei der Bearbeitung von Aufgaben andere technische Eigenschaften denkbar und wichtig sind, als für die private Kommunikation. So wurde beispielsweise in den frühen betrieblich genutzten E-Mail-Systemen eine für viele Anwendungsfälle sehr praktische und sinnvolle Rücknehmbarkeit (Stornierung) von noch nicht gelesenen E-Mails realisiert (entspricht dem Zurückholen oder Löschen eines noch nicht abgeschlossenen Vorgangs). Eine solche Möglichkeit ist in den heute verbreiteten E-Mail-Systemen nie geplant worden und fehlt dementsprechend.

Theorien und Konzepte zur Realisierung von Unterstützungssystemen sowie Methoden für informelle, auch räumlich stark verteilte Organisationsstrukturen finden sich bei Gross und Koch (2007) sowie bei Konradt und Hertel (2007).

## 4.2 Körperlich-räumliche Kontexte

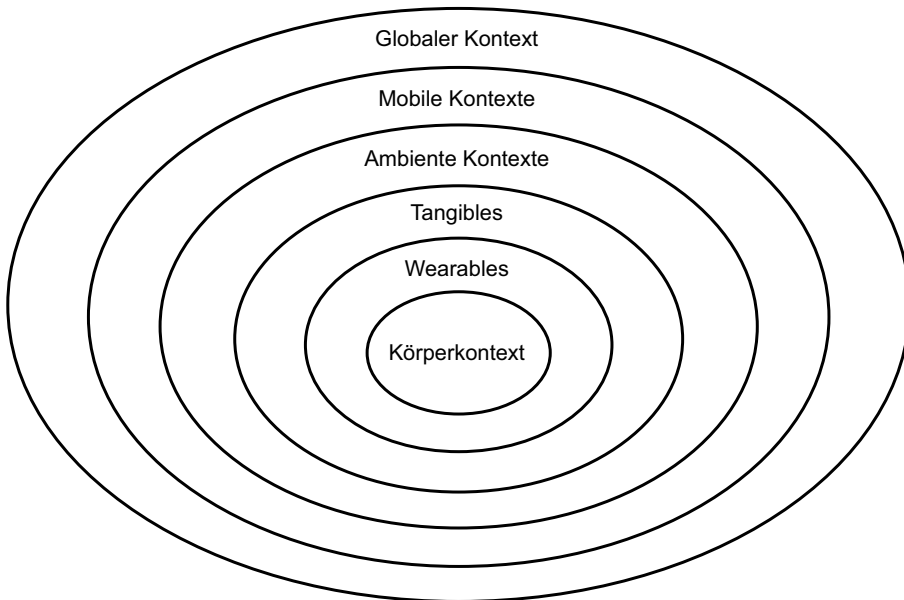
In den frühen Jahren der Software-Ergonomie war man davon ausgegangen, dass Computersysteme vor allem an *Büroarbeitsplätzen* Einsatz finden würden (vgl. Abschnitt 2.9). Die körperlich-räumliche Situation wurde daher reduziert und optimiert auf den Schreibtisch, auf oder unter dem der Computer und die damit verbundene Computerperipherie ihren Platz finden muss. Der *Bildschirmarbeitsplatz* war entstanden. Noch heute bestimmt dieses frühe und begrenzte Verständnis die Form und Nutzungsweise von interaktiven Computersystemen. Die weitere Ausgestaltung von Büros, Schreibtischen, Bildschirmen, Tastaturen und Zeigeelementen wurde hochgradig standardisiert und bildet bis heute eine wesentliche Planungseinheit bei der räumlichen Gestaltung von Arbeit.

Inzwischen sind der Einsatz und vor allem die Einsatzmöglichkeiten von Computersystemen bedeutend vielfältiger geworden. Auch die Formen und Formate von Computersystemen sind so vielgestaltig geworden, dass in vielen Fällen nur eine genaue Analyse und Beschreibung der räumlichen und zeitlichen Einsatzbedingungen die Grundlage für die Auswahl oder Formung der Systeme bilden kann. Computersysteme können flexibel an Situationen angepasst werden und finden sich zunehmend als integrale und teilweise unsichtbare Bestandteile räumlicher Umgebungen wieder. Wir sprechen deshalb auch von *ubiquitären (allgegenwärtigen)* sowie von *ambienten (umgebenden) Computersystemen*. Der Computer verschwindet als Objekt und wird Teil des den Benutzer umgebenden physischen Raums.

Die Nutzung interaktiver Systeme erfolgt letztlich immer an irgendwelchen physischen Orten. Erst die genaue Kenntnis der räumlichen und körperlichen Situationen erlaubt eine aufgaben- und menschengerechte Anpassung dieser Systeme. Die Analyse oder die geplante Herstellung räumlicher Kontexte ist schon deshalb für ein interaktives Computersystem wichtig, weil es selbst Teil dieses räumlichen Kontextes werden wird und diesen somit be-

einflusst und verändert. Im Zusammenspiel mit räumlich-körperlichen Kontexten wird man naturgemäß immer auch die zeitlichen Randbedingungen mitberücksichtigen müssen.

Körperlich-räumliche Kontexte können systematisch ausgehend vom menschlichen Körper analysiert und modelliert werden. In Abbildung 7 findet sich ein Schalenmodell, das einige gängige Begrifflichkeiten im Zusammenhang mit künftigen Einbettungen von Mensch und Computer zeigt. Diese lehnen sich an den McLuhanschen Begriff der *Extensionen des Menschen* an, einem sehr grundlegenden Verständnis der medialen Verknüpfung von Mensch und Lebenswelt (McLuhan, 1964).



**Abbildung 7** Schalenmodell körperlich-räumlicher Kontexte der Computernutzung

Interaktive Computersysteme betten sich vielfältig und vielgestaltig zwischen Körper und Umwelt des Benutzers ein. Man kann sie typischen Schalen zuordnen, die den Menschen umgeben oder ihn mit seiner Umwelt verknüpfen. Die in den Schalen befindlichen Systeme koppeln an menschliche Fähigkeiten an und erweitern diese. McLuhan (1964) spricht hierbei von *Extensionen des Menschen*.

### 4.2.1 Implantate und Körperkontexte

Im Zuge der Miniaturisierung von Computersystemen, ihren Sensoren und Aktuatoren finden die Systeme inzwischen sogar Platz im und am menschlichen Körper. Dies können medizinische Anwendungen sein, die es Menschen mit Beeinträchtigungen, Schädigungen oder Behinderungen ermöglichen, besser oder sicherer zu leben. Als *Prothesen* (z. B. Hörgeräte,

Cochleaimplantate, künstliche Retinas, nervengesteuerte Exoprothesen) dienen sie zur Vervollständigung beschädigter oder verlorener Organe und Körperteile. In Form von *Überwachungs- und Stimulationssystemen* (z. B. Langzeit-EKG, Ferndiagnosesysteme, Herzschrittmacher) erlauben sie die computergestützte Überwachung und Stimulation lebenswichtiger Körperfunktionen. In Form von *Implantaten (Endoprothesen)* wurden einige dieser Computersysteme im Inneren des Menschen positioniert und erbringen dort, mit menschlichen Organen elektrisch oder mechanisch verbunden, ihre Funktion. Computerbasierte Implantate sind somit die engste Form von Mensch-Computer-Systemen.

Denkt man die genannten Anwendungen implantierter Computersysteme weiter, so lässt sich erahnen, dass die *Extensionen des Menschen* (McLuhan, 1964) künftig noch viel weiter reichen werden. Menschen werden zum Zweck des Ausübens bestimmter Aufgaben durch entsprechende Computersysteme aufgerüstet werden. Menschen mit Implantaten und Prothesen können dann sogar leistungsfähiger sein als der „normale Mensch“. In der Science Fiction treten sie als sogenannte *Cyborgs* auf, einer Mischung aus Computersystem und Organismus. Am Beispiel von Menschen, die in bestimmten Grenzsituationen operieren, wie beispielsweise Astronauten, Jetpiloten oder Soldaten, können wir heute schon sehr körpernahe Ergänzungen beobachten, die in diese Richtung weisen. Ohne an dieser Stelle wie in der Science Fiction eine bizarre Zukunft prognostizieren zu wollen, müssen wir vorbereitet sein, diese unterschiedlich körpernahen Extensionen als Anpassungsformen von Computersystemen an bestimmte Lebens- und Arbeitskontexte zu begreifen und gerade hier die menschen- und aufgabengerechte Funktion und Form zu überprüfen und falls nötig zu optimieren. Natürlich müssen hier vor allem die damit verbundenen ethischen Fragen kritisch geprüft werden (Schelske, 2007). Die Software-Ergonomie wird hier aller Voraussicht nach in der Zukunft ein außergewöhnliches und wichtiges Arbeitsfeld vorfinden.

## 4.2.2 Intelligente Kleidung (Wearables)

Viele Tätigkeiten finden nicht an Schreibtischen statt. Der Personal Computer und der Bildschirmarbeitsplatz sind für viele Tätigkeiten allenfalls zeitweise geeignet. Tätige, die sich wie etwa Techniker in der Produktion, Wartungstechniker oder Lagerarbeiter im Arbeitsumfeld frei bewegen und dabei arbeiten müssen, müssen zunehmend Computer als Arbeitsmittel mit sich führen. Diese Herausforderung führte zunächst zur Entwicklung leichter, kleiner und dadurch mobiler Computersysteme (*Mobile Computing*). Wenn erschwerend hinzu kommt, dass diese Tätigen eine oder beide Hände zur Ausführung ihrer manuellen Tätigkeit benötigen, können die Computersysteme nicht einfach in der Hand getragen und wie ein PDA oder ein Smartphone bedient werden, sondern müssen direkt in die Arbeitskleidung integriert werden. Man spricht deshalb auch von *Intelligenter Kleidung*, *Wearable Computers* oder kurz *Wearables* (Smith et al., 1995; Bass et al., 1997; Barfield & Caudell, 2001; Scholz, 2001).

Die Entwicklung von Wearables hat nicht nur zu einer Vielfalt von Systementwicklungen geführt, die in ihrer Anwendbarkeit nicht bei der Tätigkeit des Technikers enden, sondern geeignet kontextualisiert auch in völlig anderen Lebenskontexten eingesetzt werden können

(z. B. Soldaten, Sportler, Patienten). Dabei werden nicht nur Funktionen zur Unterstützung von Arbeitstätigkeiten sondern auch Sensorsysteme realisiert, die Umgebungs- und Lebensparameter der Träger erfassen, verarbeiten und auch drahtlos an andere Systeme weitergeben. So können die direkten Lebensbedingungen (z. B. Temperatur, Druck, Feuchtigkeit) durch in die Kleidung eingebaute Sensorsysteme laufend geprüft werden. Außerdem können biometrische Lebensfunktionen überwacht, gesteuert oder telematisch mit medizinischen Einrichtungen vernetzt werden. Für die Vernetzung von Systemen im körpernahen Bereich werden heute sogenannte *Body Area Networks* (BANs) entwickelt, die den Körper gewissermaßen netztechnisch einhüllen und von anderen Umgebungen abgrenzen bzw. in diese weiter vermitteln. Wearables können somit mit Sensorsystemen nahtlos an die oben beschriebenen Körperkontexte anknüpfen.

Bei intelligenter Kleidung entstehen durch die sehr direkte und intensive Anknüpfung von Computertechnologie an den menschlichen Körper hohe Anforderungen an *Komfort* und *Ästhetik*. Diese Anforderungen passen zumindest hinsichtlich des Trage- und Handhabungskomforts zu den Fragen der *Hardware-Ergonomie*. Dabei wird versucht, Gerätetechnologie optimal an den menschlichen Körper und seine Sensomotorik anzupassen. Die softwareergonomischen Fragen stellen sich dann vor allem hinsichtlich der Interaktionsgestaltung mit diesen Wearables. Die Benutzer benötigen geeignete Eingabemöglichkeiten und gut wahrnehmbare Systemausgaben. Hier öffnet sich ein weites Feld der benutzer- und aufgabenzentrierten Gestaltung von interaktiven Systemen. Bass et al. (1997) zeigten am Beispiel eines Wearables für Wartungstechniker, wie solche neuen Anforderungen systematisch erhoben und in eine innovative System- und Interaktionslösung übersetzt werden können. Dies ist ein Beispiel, in dem benutzer- und aufgabenzentriertes Beobachten, Konzipieren und Evaluieren zu einem völlig neuen computergestützten Arbeitsmittel führen kann.

### 4.2.3 Arbeitsplatzsysteme und Tangibles

Die Arbeitssituation des Schreibtischarbeiters war jahrzehntelang bestimmend für die gesamte Entwicklung von IuK-Technologien. Das *Computerterminal* und später der *Personal Computer* waren die Folge einer Evolution von Computersystemen und ihrer Einbettung in bestehende betriebliche, aber auch private Arbeitskontexte, vor allem für büroartige Situationen. Dieser Anpassungsprozess folgte einer Fokussierung, die sich nur zufällig auf die Schreibtischoberfläche konzentriert hat. Der Bildschirm, die Tastatur, dann auch die Maus als Zeigediskurs auf der Schreibtischoberfläche waren eine einfach mögliche und standardisierbare (generische) Lösung für viele Arbeitssituationen. Der Schreibtisch gehörte ohnehin schon zur Standardausstattung des Kopfarbeiters. Die eigentliche bestimmende Randbedingung war der an einem Ort, zumindest für einige Zeit, fest verankerte Tätige. Dieser Mensch sitzt oder steht am Ort seines Handelns und besitzt in dieser Lage einen begrenzten Handlungsraum, unmittelbar erkennbar durch den sogenannten Greifraum seiner Hände. In diesem *Greif- und Handlungsraum* können sich auch ganz andere Lösungen manifestieren. Jede Art von interaktivem, handhabbarem Objekt passt grundsätzlich zu dieser

Situation. Objekte, die wie ein Bildschirm, eine Tastatur oder eine Maus sowohl physische wie auch digitale Eigenschaften besitzen. Solche Objekte nennen wir heute *Tangible Media* (*Tangibles*), begreifbare bzw. berührbare Medien, (Ishii & Ullmer, 1997) oder medialisierte und vernetzte Objekte (Internet of Things).

Denkt man ausgehend von der Abstraktion der Tangible Media die Gestaltung und Nutzung des menschlichen Greifraumes neu, so kommen vielfältige andere Lösungen zum Vorschein, die physikalische Gegenständlichkeit und computergestützte Interaktivität besitzen. Viele davon kennen wir schon lange, wie das Telefon, die programmierbare Tischuhr, den elektronischen Tischkalender, die Tischwetterstation oder Fernbedienungen. Andere Geräte beginnen gerade den menschlichen Greif-, Handlungs- und Kommunikationsraum zu erobern, wie der digitale Bilderrahmen, der Multitouchtisch oder die Multitouchwand. Eine intelligente Kaffeetasse, die vor zu heißem Kaffee warnt und bei niedrigem Füllstand Nachschub ordert, mag zwar nur eine launige Erfindung von technikaffinen Bastlern sein, zeigt aber sehr anschaulich die Potenziale berührbarer Medien, die aus dem PC als dem primären Schreibtischobjekt der Informationsgesellschaft herauswachsen. Längst gibt es unter den Tangible Media eine Vielzahl und eine Vielfalt von prototypischen Anwendungssystemen<sup>12</sup>, die auch komplexe Arbeitssituationen modellieren, z. B. das „*Urban Planning System URP*“ zur Unterstützung von Stadtplanern an einem großen Planungstisch (Ishii et al., 2002), „*Illuminating Clay*“ für Landschaftsarchitekten (Piper et al., 2001), die elektronische Landschaften mit der Hand gestalten, oder „*Sensetable*“ als Urform flexibler *Tangible Desks* (Patten et al., 2001). Immer mehr solcher Systeme werden inzwischen entwickelt und erprobt und werden ihren Weg in die Praxis finden.

Software-ergonomische Fragestellungen im Zusammenhang mit Tangible Media wurden bislang vor allem implizit beantwortet, indem sich die Systementwickler von vornherein intensiv mit den jeweiligen Anwendungs- und Arbeitssituationen auseinandergesetzt und auf einer solchen analytischen Grundlage versucht haben, durch einfache „Handhabbarkeit“ im Sinne des Wortes auch intuitive, das bedeutet hier, erwartungskonforme und unmittelbar verständliche Nutzungen zu ermöglichen (siehe dazu Abschnitte 11.4.2, 11.4.3 und 11.6.6).

#### 4.2.4 Ambiente Systeme und Raumkontexte

Arbeitsplatzsysteme und Tangible Media sind selbst wieder eingebettet in umgebende räumliche Kontexte. Dies sind typischerweise Räume (Zimmer) und Gebäude, wie zum Beispiel Büros, Fabrikhallen oder private Wohnungen. Andere räumliche Einbettungen finden wir in Form von Fahrzeugen (z. B. Autos, Flugzeuge, Bahnen, U-Boote).

Räumliche Einbettungen können selbst passiv oder aktiv sein. Aktive räumliche Einbettungen, die selbst Funktionalität besitzen und den darin befindlichen Benutzern computergestützte Dienste anbieten, nennt man auch *ambiente Systeme*. Die Funktionalität von Büro-

---

<sup>12</sup> Siehe dazu die langjährigen Arbeiten und die vielfältigen Prototypen der Tangible Media Group von Hiroshi Ishii unter <http://tangible.media.mit.edu>



räumen sind beispielsweise Beleuchtung, Klimatisierung, Zugangskontrolle, Raumbeschallung, Bild- und Filmpräsentation sowie Kameraüberwachung. Die Funktionalität der räumlichen Einbettung in Form eines Autos besteht unter anderem aus Beleuchtung, Klimatisierung, Beschallung, elektronischen Fenstern und Schiebedächern, Navigationssystem sowie auf das Fahrzeug begrenzte Netzwerke zur Vernetzung und Weitervermittlung. Praktisch alle diese aktiven Funktionen einer solchen Umgebung werden heute mittels Computersystemen, sogenannten *Eingebetteten Systemen (Embedded Systems)* geleistet, die durch diverse Arten von Local Area Networks (LANs) vernetzt werden. Aber auch passive räumliche Komponenten wie Sitzgelegenheiten, Ablagemöglichkeiten und die sichtbare räumliche Begrenzung eines Raums selbst spielen bei der Wahrnehmung und Nutzung eines solchen räumlichen Kontextes eine große Rolle.

Konzepte für ambiante Systeme spielen gerne mit dem Gedanken der Intelligenz dieser räumlichen Einbettungen. Der Mensch soll durch Systeme, die ihn, seine Handlungen und die weitere räumliche Umgebung beobachten, intelligent unterstützt werden. So kommt es zu Konzepten wie *Intelligenten Häusern (Intelligent Buildings)* (Ting-pat So & Chan, 1999). Hierbei überwachen und steuern eine Vielzahl von vernetzten Computersystemen die Funktionen der Behausungen wie Klimatisierung, Energieversorgung, Beleuchtung, Unterhaltungselektronik, Lebensmittelversorgung und Sicherheit des Gebäudes und seiner Bewohner.

Ähnlich wie bei Intelligenten Gebäuden werden Computersysteme zunehmend in die zweitwichtigste Behausung moderner Menschen eingebettet, nämlich in *Intelligente Autos (Intelligent/Smart Cars)* und ihre Umgebung (Whelan, 1995). Hier werden vielfältige Funktionen wie die Steuerung der Motorfunktion, Klimatisierung, Navigation, Kommunikation, Radio und Verkehrsfunk überwacht und teilweise oder ganz automatisiert. Darüber hinaus werden zunehmend auch Sicherheitsfunktionen wie Bremsen, Airbags, Geschwindigkeits- und Abstandskontrolle, Kurvenstabilität, fahrzeugübergreifende Kommunikation bis hin zum automatischen Fahren in bestimmten Fahrsituationen und auf bestimmten Strecken computerbasiert implementiert. Neben der Fahrzeuginfrastruktur ist bei einigen Funktionen eine entsprechende Straßenausstattung (*Intelligent Highways*) notwendig.

Die Aufgabe der Software-Ergonomie ist es, solche ambienten Kontexte einer Computernutzung analytisch zu erfassen und die Systemgestaltung zu unterstützen. Je genauer diese räumliche Einbettung oder Einhüllung beschrieben werden kann, desto besser lassen sich die darin befindlichen Arbeitsmittel gestalten und platzieren, um die Benutzer bestmöglich zu unterstützen. Der weitgehenden Unsichtbarkeit der Computersysteme (Invisible Computer) wird hier große Bedeutung beigemessen, da die normale Lebensweise komfortabler gestaltet, nicht aber gestört werden soll (Norman, 1999). Bei dieser wenig aufdringlichen Form der Unterstützung (Non-Intrusive Systems) kommt dem „intelligenten“, das heißt hier vor allem dem erwartungskonformen Verhalten der computergestützten Funktionen hohe Bedeutung zu. Dazu ist es im Allgemeinen erforderlich, dass die Computersysteme das Verhalten der Benutzer durch Beobachtung oder benutzergesteuerte Profilierung kennen und sich darauf einstellen (vgl. mentale und konzeptuelle Modelle  $S(B(A))$  und  $S(B(S(A)))$  in Abschnitt 6.1). In der Vergangenheit hatte man sich im Rahmen von Bildschirmarbeit mit der Gestaltung

von geeigneten Arbeitsräumen und ihren Ausstattungen beschäftigt. In der ISO 9241-6 und ISO 9241-7 finden sich über viele Jahre entwickelte Konzepte und Empfehlungen zur Gestaltung von Arbeitsräumen und Arbeitsumgebungen. Die *Arbeitsstättenverordnung* beschreibt die Anforderungen an die Arbeitsumgebung (siehe Anhang).

## 4.2.5 Mobile Systeme und mobile Kontexte

Soll der Aktionsradius eines Tätigen über räumliche Strukturen hinausreichen, gegebenenfalls an mehreren Orten der Tätigkeiten, sind mobile Technologien zu konzipieren und einzusetzen. Dies bezieht sich nicht nur auf die Portabilität und Mobilität von IuK-Technologien und der damit verbundenen Anwendungssysteme, wie wir es schon bei Wearables oder bei Fahrzeugen diskutiert haben. Vielmehr geht es im Kern um die Tatsache, dass die Lokalisierung der Tätigkeit durch die Mobilität des Tätigen in einem geografischen Umfeld bestimmt wird. Die IuK-Technologie muss dazu einen geeigneten Raum überspannen, der von den Tätigen und ihrer Mobilität bestimmt wird. So wird ein reisender Händler seine Aktivitäten auf eine größere Region beziehen, ein Pizzalieferant muss mit seiner IuK-Technologie vor allem den urbanen Raum überspannen und ein Mediziner in einem großen Klinikum muss auf dem Campus der Klinik mobil sein.

IuK-Systeme wie Notebooks, Mobiltelefone, Smartphones, Medienplayer, Pager, PDAs, BDE-Geräte und ständig neu entwickelte weitere mobile Geräte versuchen eine komponentenartige Basisinfrastruktur bereitzustellen. Netztechnologien wie Mobilfunk (GSM, GPRS, UMTS, LTE), Wireless Local Area Networks (WLAN) sowie Metropolitan Area Networks (MAN) ermöglichen solche Verknüpfungen.

Die Analyse und Gestaltung von Arbeitssystemen in mobilen Kontexten ist eine große Herausforderung für die Software-Ergonomie. Das Instrumentarium ist prinzipiell dasselbe wie im klassischen Arbeitsplatzkontext, die Vielfalt der Situationen und Besonderheiten ist jedoch ungleich größer. Die Arbeit eines reisenden Servicetechnikers, der seine Arbeit im Auto, im Restaurant, im Hotelzimmer und in Kundenräumen vorbereiten oder leisten muss, ist in vielerlei Hinsicht schlecht bestimmbares offenes Arbeitssystem. Ähnliches gilt für einen Klinikarzt, der zwischen Büro, OP, Krankenbett, Notaufnahme und Kantine wechselt bzw. jederzeit erreichbar, ansprechbar und mit wichtigen Informationen versorgbar sein muss.

Da wir zunehmend alle immer mehr zu modernen *Nomaden* werden, die ihre „Informationswolke“ gewissermaßen immer mit sich führen wollen (*Nomadic Computing*), benötigen wir Computersysteme, die sich nicht nur in einer Vielfalt von Erscheinungsformen erschöpfen, sondern integrative Lösungen mit *durchgängigen, nahtlosen Informations- und Kommunikationsflüssen* (*Pervasive Computing*) darstellen.

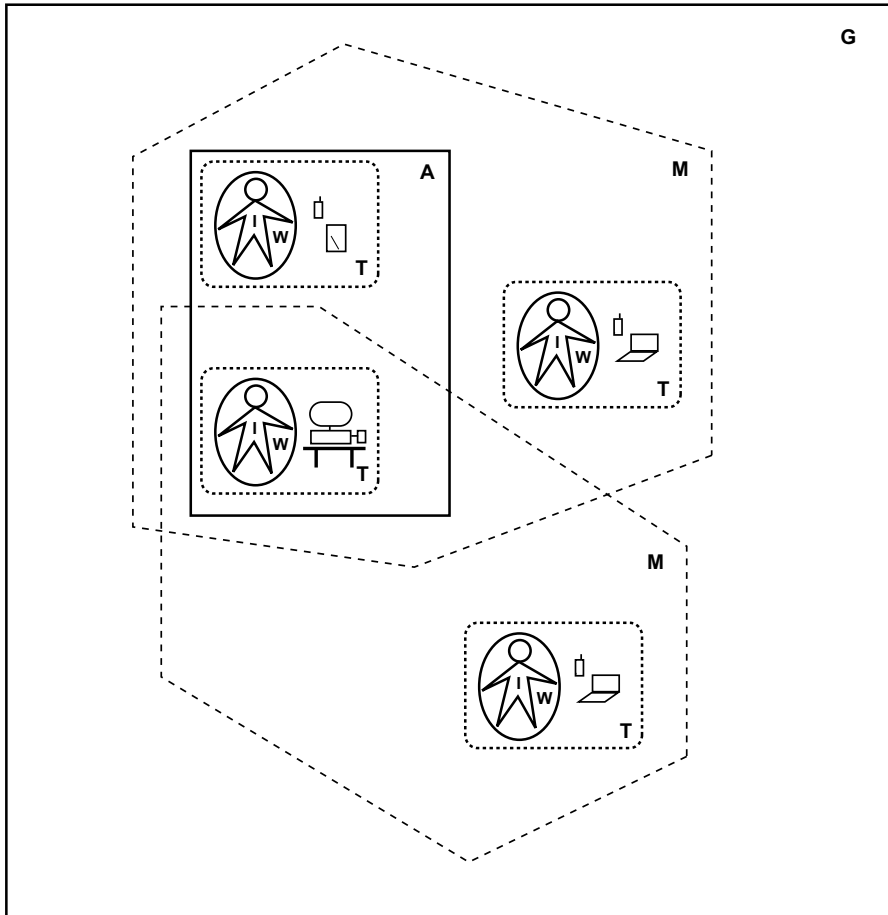
### 4.2.6 Globale Systeme und globale Kontexte

Versucht man die beschriebenen Kontexte mit einer abschließenden Gesamthülle zu versehen, bleibt nur das Konzept des *Global Computing* oder des *globalen Kontextes*, der eigentlich schon keiner mehr ist, sondern den Gesamtrahmen repräsentiert.

Global Computing kann auch im Sinne von *allgegenwärtigen oder ubiquitären Computersystemen (Ubiquitous Computing)* verstanden werden (Weiser, 1991). Computer und Kommunikationssysteme sind immer und überall verfügbar. Benötigte persönliche oder andere Informationen sind über das globale Internet praktisch von überall zugreifbar. Pervasive Computing sichert die nahtlose Verknüpfbarkeit von Geräten und Informationsstrukturen und die Vermeidung von Medienbrüchen.

Die Benutzungsschnittstellen im Global Computing können so vielfältig wie ihre Benutzer sein. Naheliegend sind jedoch grundlegende, möglichst einheitliche Interaktionsformen (Universal Computing), die es praktisch jedem ermöglichen, seine persönliche Informations- und Kommunikationswelt im Sinne eines *Personal Information Managements (PIM)* zu besitzen und zu betreiben. Diese Systeme müssen mit den jeweils besten kryptografischen Technologien und Zugriffsschutzmechanismen geschützt werden, die für den jeweiligen Benutzer und seine Anwendung ökonomisch machbar sind. Die zunehmende Abhängigkeit von Menschen von dieser allgegenwärtigen Mensch-Computer-Interaktion führt zu wichtigen gesellschaftlichen Herausforderungen (Herczeg & Koch, 2015).

Die Software-Ergonomie ist derzeit die einzige Wissenschaft, die methodisch aus ihrem vorhandenen Repertoire in der Lage ist, hierzu geeignete umfassende und integrale Analysen anzufertigen, die als Grundlage für die Gestaltung von global nutzbaren Computersystemen für breite Bevölkerungsschichten dienen können. Anforderungen und Lösungsmöglichkeiten finden sich auch in gesetzlichen Grundlagen wie der Barrierefreie-Informationstechnik-Verordnung (BITV 2.0) (zu Details siehe Abschnitt 13.3 und Anhang).



**Abbildung 8** Schalenmodell mit Beispielen

Am dargestellten Beispiel finden wir die Schalen I (Implantate), W (Wearables), T (Tangibles, Arbeitsplätze), A (Ambiente Kontexte, Räume), M (Mobile Kontexte) und G (Globaler Kontext). Am Beispiel werden zwei mobile Kontexte gezeigt, die sich aus zwei verschiedenen Tätigkeiten ableiten. Außerdem sind exemplarisch zwei unterschiedliche Arbeitsplätze in einem Raum lokalisiert.

## 4.3 Soziotechnische Kontexte

Die integrative Analyse und Modellierung von organisatorischen und räumlichen Kontexten beschreibt oder erzeugt beim Einsatz der Computersysteme den *soziotechnischen Kontext*, der Menschen und Technologien verknüpft.

### 4.3.1 Mensch, Technik und Organisation (MTO)

Das Verständnis soziotechnischer Kontexte ist der wesentliche Schritt, der aus den früheren getrennten Analysen von *Mensch*, *Technik* und *Organisation* (MTO) ein zusammenhängendes und nur in seinem Zusammenhang verständliches Gebilde schafft. Die Grundlagen dieser Betrachtungsweise stammen aus der Arbeitspsychologie, wo bereits in den frühen Phasen der Analyse und Organisation von Fabrikarbeit soziale Strukturen im Zusammenspiel mit technischen Strukturen als wichtig und teilweise bestimmend für wirkungsvolle Arbeit erkannt worden sind (Ulich, 2001).

Während in der Vergangenheit *technik-* oder *organisationszentrierte Betrachtungen* der Nutzung von Computersystemen vorherrschend waren – und noch weitgehend verbreitet sind – bemüht sich die Software-Ergonomie um Denkweisen, Konzepte und Methoden für *soziotechnische Systeme*, die nicht nur *Effektivität* und *Effizienz*, sondern auch die *Zufriedenstellung* bis hin zur *Lebensgestaltung* und *Persönlichkeitsentwicklung* von Benutzern im Blick haben. Auf diese Weise können wirkungsvolle und ökonomische Nutzungsformen interaktiver Systeme mit menschengerechten Benutzungsschnittstellen entstehen, die sowohl den technischen als auch den individuellen und sozialen Faktoren von Arbeitssystemen Rechnung tragen. Während in tayloristischen Strukturen der Mensch der Lückenfüller wird, dient die Technik im Verständnis soziotechnischer Systeme immer als (Arbeits-)Mittel zum Zweck. Es ist dann nur eine Frage des momentanen Fokus, ob man gerade den Mensch, die Technik oder die Organisation in den Mittelpunkt stellt. Die Systemwirkung entsteht durch ein ausgewogenes und bedachtes Zusammenspiel dieser Elemente.

### 4.3.2 Ganzheitliche Betriebsanalysen

Wie lassen sich soziotechnische Systeme sicher erfassen und entwickeln? Die Grundlage dafür bilden Analysen, die das soziotechnische System, also zum Beispiel den Betrieb, in seinen Teilen und Zusammenhängen untersuchen und dokumentieren.

Zur systematischen Durchführung ganzheitlicher Betriebsanalysen im betrieblichen Kontext unter Berücksichtigung von Mensch, Technik und Organisation (MTO) findet sich beispielsweise der folgende Ansatz nach Strohm & Ulich (Ulich, 2001):

### 1. *Analyse auf Ebene des Unternehmens*

Analyse von Unternehmenszielen, Unternehmensstrategie, Unternehmensorganisation, Produkten und Produktionsbedingungen, Personalstruktur, Technikeinsatz, Qualitätsmanagement, Innovationsverhalten, Lohnsystem, Arbeitszeitmodellen, Mitwirkungsrechten usw.

### 2. *Analyse von Auftragsdurchläufen*

Analyse des Auftragsdurchlaufes von 2-5 typischen und abgeschlossenen Aufträgen.

### 3. *Analyse von Arbeitssystemen*

Analyse von Inputs, Transformationsprozessen, Outputs, sozialem und technischem Teilsystem, technisch-organisatorischer Gestaltung, Schwankungen und Störungen, Hauptproblemen usw.

### 4. *Analyse von Arbeitsgruppen*

Analyse der Möglichkeiten zur kollektiven Regulation von Arbeitsaufgaben und Arbeitszeit, Umgebungsbedingungen, Qualifizierung, Leistung, Qualität, interner und externer Kommunikation usw.

### 5. *Bedingungsbezogene Analyse von Schlüsseltätigkeiten*

Analyse von Arbeitseinheiten, Tätigkeitsabläufen, Kommunikations- und Kooperationsanforderungen, Mensch-Maschine-Funktionsteilung und Mensch-Maschine-Interaktion, Regulationshindernissen usw.

### 6. *Personenbezogene Arbeitsanalysen*

Analyse von Erwartungen der Beschäftigten an ihre Arbeit sowie Wahrnehmung der Arbeitssituation durch die Beschäftigten.

### 7. *Analyse der soziotechnischen Geschichte*

Analyse von Strategien, Vorgehen und Meilensteinen bei der technisch-organisatorischen Entwicklung des Betriebes.

Einige der Teilanalysen haben wir schon in den vorausgegangenen Kapiteln betrachtet. Sie können in eine ganzheitliche, integrative und umfassende Analyse integriert werden.

Diese Art der ganzheitlichen Betriebsanalyse stammt zwar aus dem Kontext der Arbeit, vor allem in Verwaltung und Produktion, kann jedoch grundsätzlich auch auf andere Kontexte, wie zum Beispiel der privaten Nutzung von Kommunikationssystemen, angewandt werden. Dabei fallen einige Schritte weg, andere müssen geeignet interpretiert werden. Menschen befinden sich beim Einsatz von Technik, insbesondere von IuK-Technologien, immer in einem Kontext bestehend aus Mensch, Technik sowie einem mehr oder weniger fest definierten organisatorischen und räumlichen Umfeld. Die organisatorische Struktur muss nicht betrieblicher Natur sein; sie kann dabei auch von Familie, Freunden oder beispielsweise Institutionen wie der Schule oder einem Verein geprägt sein. Die Tätigkeiten basieren allerdings immer auf beschreibbaren Aufgaben; ob diese nun beruflicher oder privater Natur sind, ist zunächst nebensächlich.

## 4.4 Zusammenfassung

Beim Verständnis und der näheren Analyse von Arbeitssystemen begegnen wir in vielfältiger Form dem Begriff des *Kontextes*. Kontexte sind zu verstehen als Umgebungen, Einbettungen, Zusammensetzungen, Zusammenhänge, Verflechtungen und Vernetzungen bei der Bearbeitung von Aufgaben durch bestimmte Benutzer. Wir können bei der Analyse von Kontexten im Zusammenhang mit der Software-Ergonomie vor allem die drei Kontextformen unterscheiden

1. organisatorischer Kontext,
2. körperlich-räumlicher Kontext,
3. soziotechnischer Kontext.

*Organisatorische Kontexte* zeigen die Struktur und die Vernetzung von Tätigen und ihren Aufgaben (Rollen) in einer formalen und informellen Organisation.

- *Formale Organisationen* sind meist betrieblicher Natur und werden meist als hierarchische Aufbauorganisationen (Führung und fachliche Zuständigkeiten) sowie netzartige Ablauforganisationen (Prozesse) konstruiert.
- *Informelle Organisationen* zeigen in betrieblichen und vielen anderen Situationen die Ad-hoc-Vernetzung von Akteuren, die mehr oder weniger beliebig kommunizieren und arbeitsteilig aktiv werden.

Aktivitäten zur Bearbeitung von Aufgaben finden in unterschiedlichsten *räumlichen Kontexten* statt. Diese räumlichen Situationen, meist auch zeitlich bedingt, sowie die dort mögliche oder nötige Einbeziehung des *menschlichen Körpers* der Akteure ist in hohem Maße bestimmend für die Eignung und Ausprägung von Arbeitsmitteln, insbesondere der eingesetzten Computersysteme. Körperlich-räumliche Kontexte können schalenartig ausgehend vom menschlichen Körper strukturiert werden in:

1. *Implantate und Körperkontexte*: im und direkt am Körper installierte Systeme;
2. *intelligente Kleidung (Wearables)*: in und an der Kleidung installierte interagierende Systeme;
3. *Arbeitsplatzsysteme und Tangible Media*: im Bereich des menschlichen Greifraumes interagierende gegenständliche Systeme;
4. *ambiente Systeme und Raumkontexte*: eingebettete Systeme, die im Arbeitsraum oder im Fahrzeug um den Tätigen herum mehr oder weniger unsichtbar platziert werden;
5. *mobile Systeme und mobile Kontexte*: durch die Mobilität des Benutzers im Rahmen von Tätigkeiten bestimmte räumliche Strukturen meist geografischer Größenordnung (Gelände, Städte, Regionen, Länder);

6. *globale Systeme und globale Kontexte*: immer und überall verfügbare persönliche Computer- und Netzdienstleistungen mit dem Bedarf an universeller, leicht verständlicher Bedienbarkeit für breite Nutzergruppen in der Bevölkerung.

Nicht zuletzt ist bei einer Kontextanalyse zu betrachten, wie das Zusammenspiel zwischen technischen und sozialen Teilsystemen funktioniert. *Soziotechnische Kontexte* sind heute die Grundlage praktisch aller Nutzungssituationen. Dieses Zusammenspiel aus *Mensch, Technik und Organisation (MTO)* muss im Rahmen ganzheitlicher Systemanalysen untersucht, verstanden und unterstützt werden.



# 5 Wahrnehmung und Sensomotorik

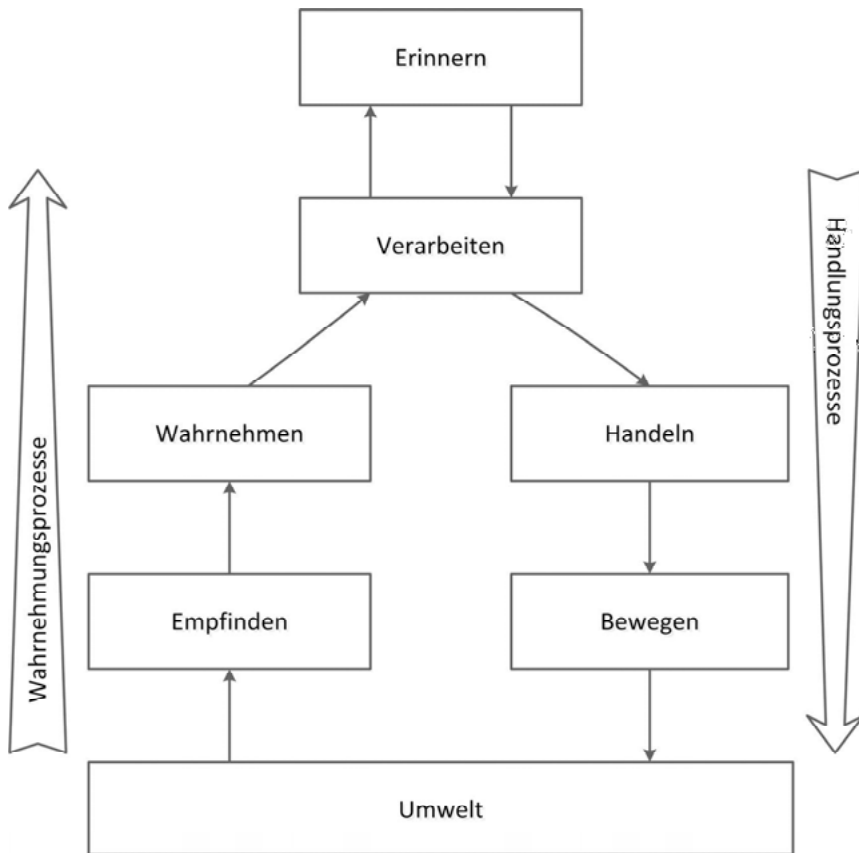
Zur Definition, zum Verständnis und zur Umsetzung ergonomischer Grundsätze bei der Gestaltung von Computersystemen ist es notwendig, die für die Nutzung von interaktiven Computersystemen wichtigsten *physischen und psychischen Fähigkeiten und Grenzen des Menschen* zu kennen und zu berücksichtigen. Da dies prinzipiell die gesamte Physiologie und Psychologie des Menschen betrifft, muss die Betrachtung und Modellbildung im Folgenden auf wichtige Aspekte reduziert werden, die für die Software-Ergonomie von besonderer Bedeutung sind. Für weitergehendes und spezifisches Interesse muss auf Vertiefungsliteratur verwiesen werden. Für die Grundlagen der Psychologie bieten sich aus einer Vielzahl von Quellen beispielsweise Zimbardo & Gerrig (2008) oder für biopsychologische Grundlagen beispielsweise Birbaumer & Schmidt (2010) an. Die Rezeption der vertiefenden Literatur wird hier und da sicher interessant sein, ist aber für das weitere grundlegende Verständnis von Software-Ergonomie nicht unbedingt erforderlich.

## 5.1 Kognitionszyklus

In der Auseinandersetzung mit seiner Umwelt setzt der Mensch seine sensorischen und motorischen Systeme ein. In der Nutzung von Computersystemen werden diese ebenso als Umwelteinflüsse wie andere, insbesondere informationelle Quellen, wahrgenommen und darauf reagiert. Wir können als Grundlage daher zunächst den basalen menschlichen Kognitionszyklus von der Wahrnehmung, über die Informationsverarbeitung bis zur Handlung zugrunde legen. Dieser Zyklus besteht im Kern aus:

1. *Sensorik*, die Aufnahme von Information aus der Umwelt (hier für unsere Belange primär das *Sehvermögen*);
2. *Wahrnehmung*, gewissermaßen eine Vorverarbeitung der sensorischen Empfindungen zur Erkennung *symbolischer Elemente* und *struktureller Muster* (hier hauptsächlich das Speichern und Erkennen visueller Information, prinzipiell aber auch auditiver oder taktiler Information);
3. *Kognition*, das Verfolgen von Zielen durch das Erlernen, Verarbeiten und Vergessen von *Wissen* (hier hauptsächlich das Langzeitgedächtnis und die Fähigkeit zum Problemlösen);

4. *Handeln und Kommunizieren*, das Erzeugen und Abarbeiten von Handlungsplänen, also das Planen, Durchführen und Regulieren von Aktivitäten in Form von *Handlungen* sowie Entsprechendes für *kommunikative Dialoge* in Form von *Sprechakten*);
5. *Motorik*, das mechanische Ausführen von Handlungen (hier hauptsächlich das Benutzen peripherer Eingabegeräte, wie Tastatur und Zeigeinstrumente, aber auch Sprachmotorik).



**Abbildung 9** Menschlicher Kognitionszyklus

Die menschliche Kognition ist charakterisiert durch Wahrnehmungs-, Informationsverarbeitungs- und Handlungsprozesse. Alle Sinnesmodalitäten wirken prinzipiell nach diesem Schema, oft auch zusammen. Diese mehrstufigen Prozesse sind nur teilweise bewusstseinspflichtig, so dass sie vielfach in einer Weise zusammenwirken, die wir nur erraten oder durch spezifische Experimente bewusst machen oder untersuchen können.

Die Pfeile in Abbildung 9 werden im Wahrnehmungs- wie auch im Handlungsprozess vereinfacht als gerichtet dargestellt. In Wirklichkeit laufen komplexe Feedbackschleifen ab, die

Empfindung und Wahrnehmung bis in die Verarbeitungsprozesse flexibel, aber auch weniger vorhersehbar machen (siehe auch Abschnitt 5.3 und Abbildung 10). Die Wahrnehmung bedient sich in komplexen Schleifen bedarfsweise weiterer Information aus der Umwelt, oder das Handlungssystem korrigiert die Bewegungen durch Beobachtung der Wirkungen. Hierauf werden wir bei den Modellen für Mensch-Computer-Systeme in Kapitel 8 wieder eingehen, um daraus Randbedingungen oder Konsequenzen für Mensch-Computer-Systeme abzuleiten. Diese sind Basis nahezu aller software-ergonomischer Grundsätze, die sich aus ihnen ableiten und erklären lassen. Auf diese physiologischen und psychologischen Grundlagen stützen sich daher viele der Ausführungen im vorliegenden Buch. Details zu den bio- und neuropsychologischen Grundlagen finden sich in der einschlägigen Literatur bei Birbaumer & Schmidt (2010) oder in Foley & Matlin (2010).

In diesem Kapitel wird vor allem das *Sehvermögen* als der für die Software-Ergonomie bedeutendste Sinn der menschlichen Wahrnehmung behandelt. Im Zusammenwirken mit der Wahrnehmung betrachten wir dann die *Motorik* als Mechanismus, um Eingaben in ein System zu tätigen und damit letztlich die Intentionen des Benutzers gegenüber dem System zu vermitteln. Außerdem werden in diesem Zusammenhang auch einige sensomotorische Grundlagen erläutern, die für die Benutzung von Computersystemen eine besondere Rolle spielen.

Das menschliche Gedächtnis und die damit verbundenen Problemlösefähigkeiten als höhere kognitive Mechanismen für die bewusste Verarbeitung und Speicherung von Information sowie für die intelligente Problemlösung bei der Bearbeitung von Aufgaben werden dann im folgenden Kapitel 6 diskutiert.

Prinzipiell sind natürlich auch andere Sinnesmodalitäten, wie vor allem der *auditive* oder der *haptische Sinn* von Bedeutung. Diese Modalitäten wurden historisch in der Software-Ergonomie aus Gründen ihrer bisherigen Relevanz eher nicht oder nur in sehr einfachen Sonderformen behandelt. Die breite Anwendung des auditiven Sinnes muss beispielsweise im Falle einer relevanten Nutzung über Alarm- oder einfache Feedbacktöne hinaus auf die ganze Breite der auditiven und am besten auch musikalischen Wahrnehmung betrachtet werden. Näheres dazu findet sich in der einschlägigen Literatur, zum Beispiel bei Stange-Elbe (2015). Bei der Haptik, die nun inzwischen zunehmend bei berührungssensitiven Bildschirmen (Touchscreens) oder teilweise auch im Bereich der *Gestenerkennung* mit Berührung Bedeutung erlangt hat, sei auf die einschlägige Fachliteratur verwiesen (Paterson, 2007; Grunwald, 2008; Foley & Matlin, 2010; ISO 9241-910/-920).

## 5.2 Empfindung und Wahrnehmung

Bereits im 18. Jahrhundert finden sich von Ernst Heinrich Weber erste Untersuchungen zu sensorischen Empfindungen, die dann gemeinsam mit Gustav Theodor Fechner zu einer eigenen wissenschaftlichen Disziplin, der Psychophysik weiterentwickelt wurde. Der

menschliche Sinn wurde dabei als Messinstrument betrachtet, das mit seinen Körpersensoren physische Signale (Stimuli) erfasst und diese dann zur Weiterverarbeitung im Gehirn selektiert und aufbereitet. Im sogenannten *Webergesetz* von 1860 wurde eine erste Relation für die *Empfindlichkeit von Sinnesleistungen* für diverse Sinnessysteme definiert:

$$\Delta R/R = K$$

K ist dabei eine Konstante für den jeweiligen Sinneskanal,  $\Delta R$  der Reizunterschied und R der Reiz (Reizintensität). Diese Gesetzmäßigkeit bedeutet, dass je stärker der Reiz ist, desto größer auch der Reizunterschied sein muss, um diesen Unterschied zu bemerken. Der Quotient aus erkennbarem Reizunterschied und Reiz wird für eine bestimmte Sinnesmodalität als konstant angenommen.

Fechner entwickelte auf dieser Grundlage dann im selben Jahr das sogenannte *Fechnergesetz* (*Fechnerskala*), mit dem er ein Maß für die Empfindung, die *Empfindungsstärke E* errechnet, die aus einem bestimmten Reiz R resultiert:

$$E = K \cdot \log R + C$$

K und C sind dabei wieder Konstanten (Parameter) des jeweiligen Sinnessystems. Diese Formel besagt, dass die Empfindungsstärke mit dem Logarithmus der Reizstärke wächst. So erzeugt beispielsweise die Verdopplung der Reizstärke nicht eine Verdopplung der Empfindungsstärke, sondern hat etwa nur einen Zuwachs von  $K \cdot 0,3$  zur Folge. Die Gesetze gelten wie alle solche physiologischen oder psychologischen Gesetze nur innerhalb eines bestimmten Geltungsbereichs.

Fechner führt auch *Empfindungsschwellen* für die Sinnesmodalitäten ein und beschreibt Verfahren zu ihrer Messung:

- *Absolute Schwelle (Reizlimen, RL)*: kleinste feststellbare Reizintensität
- *Unterschiedsschwelle (Differenzlimen, DL)*: kleinste feststellbare Differenz zwischen zwei Reizintensitäten

Die Gesetze von Weber und Fechner werden erst 1962, also 100 Jahre nach deren Veröffentlichung durch Stanley S. Stevens, mit Hilfe von direkten Messungen von Empfindungen in ein neues Gesetz (*Stevensgesetz*) für das Verhältnis von Reiz und Empfindung gebracht:

$$E = K \cdot R^n$$

Die Konstante K und die Potenz n lassen sich wieder für die unterschiedlichen Sinnesmodalitäten durch Experimente finden und ermöglichen so, das Gesetz praktisch anzuwenden. Als typische Werte für n wurden gefunden (die genauen Werte differieren zwischen diversen Publikationen):

- Sehen (weißes Licht): 0,2
- 1000 Hz-Ton: 0,3
- Helligkeit: 0,33

- Geräusche: 0,4
- Vibrationen: 0,5
- Geruch: 0,5
- Kälte: 0,6
- Druck auf Hand: 0,7
- Gewicht: 0,8
- Wärme: 0,9
- Schmerz: 2,1 – 3,5

Die Größen von  $n$  haben folgende Bedeutung bzw. Wirkung:

$n < 1$ : Empfindungsintensität nimmt langsamer zu als die Reizstärke (Dämpfung)

$n = 1$ : Empfindungsintensität ist direkt proportional zur Reizstärke (lineare Abbildung)

$n > 1$ : Empfindungsintensität nimmt schneller zu als die Reizstärke (Verstärkung)

Die meisten Sinnesmodalitäten besitzen einen Wert unter 1, sind also bei steigenden Reizen gedämpfte Systeme, um größere Wertespektren abzudecken. Eine typische Abweichung zeigt sich jedoch in der Charakteristik von Schmerzempfinden, wo ein linearer Reizverlauf zu einer mehr als quadratischen oder auch kubischen Verstärkung der Empfindung führt.

Neben den dargestellten absoluten Empfindungsschwellen ist in realen Interaktionssituationen auch das Verhältnis von Reiz und Störungen (Hintergrundrauschen, Hintergrundbeleuchtung, Hintergrundgeräusche, Hintergrundfarben, Hintergrundstrukturen usw.) sowie das persönliche Kriterium (Bias) der Entscheidung für die Empfindung des Reizes zu berücksichtigen. Swets und Green beschreiben 1966 im Rahmen ihrer *Signaldetektionstheorie* (SDT) die Frage der Entscheidung, wie und ob ein Signal erkannt wird (Green & Swets, 1966). Dabei sind die folgenden vier grundsätzlichen *Antworttypen* möglich:

Antworttypen bei der Reizwahrnehmung		Antwort (Empfindung) der Versuchsperson	
		ja	nein
Reiz angeboten	ja	korrekte Annahme (richtig positiv $r_p$ )	Verpasst (falsch negativ $f_n$ )
	nein	falscher Alarm (falsch positiv $f_p$ )	korrekte Ablehnung (richtig negativ $r_n$ )

**Tabelle 3** Antworttypen bei der Signaldetektion

Die Antwort (individuelle Nicht-/Erkennung eines Reizes) beruht dabei auf Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Empfindung, falls kein Signal angeboten wird (Rauschen) und derjenigen, falls ein Signal angeboten wird, verbunden einem individuellen Antwortkriterium (indi-

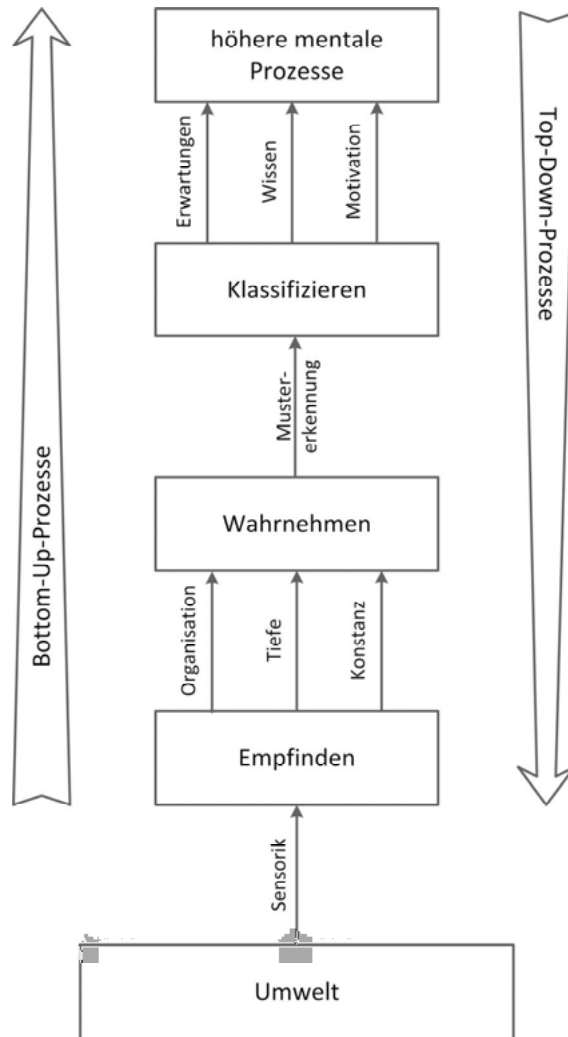
vidueller Entscheidungswert, ob als erkannt entschieden wird oder nicht). Die Verteilungen sollten sich dabei so wenig wie möglich überlappen, um eine hohe positive Erkennungsleistung für möglichst viele Personen mit unterschiedlichem Erkennungskriterium (Bias) und damit eine möglichst geringe Fehlerrate über die jeweilige Zielgruppe erzielen zu können. Die Software-Ergonomie versucht daher in der Gestaltung von Benutzungsschnittstellen gewissermaßen einen möglichst hohen Rauschabstand zwischen Signal (zu erkennende Information) und Rauschen (Nichtinformation oder andere Information) zu erzielen und den Benutzern die möglichst fehlerlose Erkennung von Signalen (Informationen) zu erleichtern und eine stabile Grundlage für korrekte oder wirkungsvolle Handlungen zu schaffen.

Letztlich kann man mit diesen Gesetzmäßigkeiten nun die Aufnahme von Information über die menschlichen Sinneskanäle qualitativ und nach geeigneter Kalibrierung auch quantitativ beschreiben. Aus einem sogenannten *proximalen Reiz*, also einer externen physikalischen Größe, die mit Hilfe von biologischen Rezeptoren, hier von den menschlichen Sinnesorganen, aufgenommen wird, wird so ein sogenannter *distaler Reiz*, der vom Gehirn aufgenommen und verarbeitet werden kann. Durch eine Entscheidung für den *empfangenen Reiz* und dessen weitere Verarbeitung entsteht am Ende dann ein *Perzept*, gewissermaßen ein *erlebter Reiz* über diesen mehrstufigen Wahrnehmungsprozess, der kognitiv weiter verarbeitet und auch längerfristig gespeichert und erinnert werden kann (Zimbardo & Gerrig, 2008).

Die Gültigkeit der genannten Theorien und Gesetze von Weber, Fechner, Stevens und Green/Swets auf ihre Anwendbarkeit im Kontext der Ergonomie wird aber bis heute noch unterschiedlich beurteilt, diskutiert oder auch einfach übersehen. Diese Gesetze müssen für die jeweiligen Anwendungsfelder und Situationen für eine quantitative Anwendung gemessen und kalibriert werden. Trotzdem sind sie längst wichtige qualitative und in praktischen Fällen auch quantitative Quellen für die praktische Gestaltung von Mensch-Technik-Systemen. So finden die Gesetze beispielsweise vielfältige Anwendung im Bereich von Lautstärken- oder Lichtsteuerung, Farb- und Helligkeitskontrasten, Griff-, Knopf- oder Zeichenformen oder auch bei grafischen Darstellungen und haben sich dort längst bewährt. Diese psychophysischen Gesetzmäßigkeiten sind damit auch aus der Software-Ergonomie nicht mehr wegzudenken, auch wenn sie meist nicht mehr explizit untersucht werden, sondern in Form von bewährten Standardlösungen implizit Anwendung finden. Vorsicht ist dann natürlich bei der Abwandlung von bislang bewährten Lösungen geboten.

### 5.3 Wahrnehmung als Prozess

Wie schon angesprochen, laufen Wahrnehmungsprozesse nicht unidirektional ab. Stattdessen wird die Wahrnehmung zwischen Empfindung und Verarbeitung jeweils bidirektional gewissermaßen verhandelt (Abbildung 10). Es wird also letztlich auch gesehen, was gesehen werden soll beziehungsweise was wahrgenommen und eingeordnet werden kann. Dies erklärt viele Wahrnehmungsphänomene, wie sie beispielsweise durch sogenannte optische Täuschungen erfahrbar gemacht werden.



**Abbildung 10** Wahrnehmung als Prozess

Die Wahrnehmung kann als mentaler Aushandlungsprozess zwischen Empfindung und Informationsverarbeitung (Klassifikation, andere mentale Prozesse) verstanden werden. Dies lässt sich gerade am Beispiel der visuellen Wahrnehmung gut untersuchen. Dabei finden die Ableitungen (Inferenzen) dessen, was wahrgenommen wird, sowohl von der Empfindung zur Verarbeitung (*Bottom-Up-Prozess*) wie auch umgekehrt (*Top-Down-Prozess*) statt.

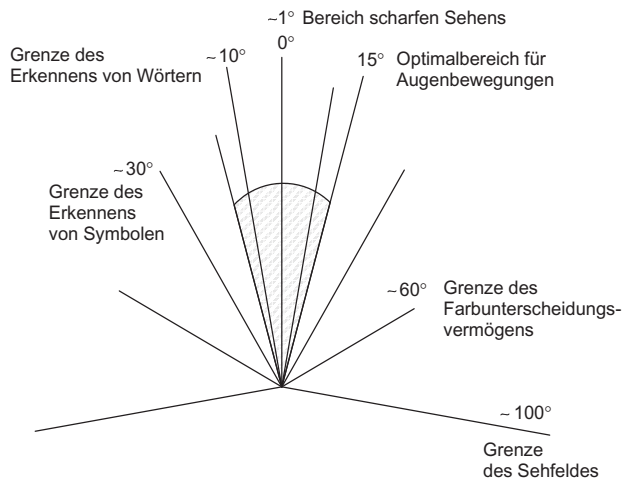
## 5.4 Sehvermögen

Die Sehleistung wird durch Eigenschaften der Augen und der im Gehirn befindlichen Sehbe-  
reiche bestimmt. Wichtig für software-ergonomische Fragestellungen sind vor allem

1. horizontales und vertikales Sehfeld,
2. Hell-Dunkel-Sehen,
3. Sehschärfe,
4. Einzelbildverschmelzung und
5. Farbsehen, sowie
6. höhere Fähigkeiten (visuelle Wahrnehmung).

### 5.4.1 Sehfeld

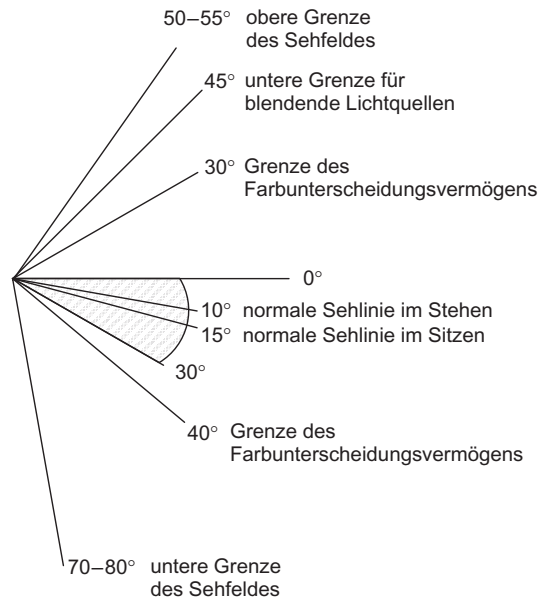
Das menschliche Sehfeld ist in horizontaler und vertikaler Richtung unterschiedlich begrenzt (siehe Abbildung 11 und Abbildung 12). Es gibt einen Optimalbereich für Augenbewegungen von  $\pm 15^\circ$  in horizontaler und von  $0-30^\circ$  nach unten in vertikaler Richtung. In diesem Bereich sollten visuelle Darstellungen angeordnet sein, um Kopfbewegungen zu minimieren.



**Abbildung 11** Horizontales Sehfeld

Das horizontale Sehfeld verweist in der Abbildung auf unterschiedliche Fähigkeiten für visuelle Wahrnehmungen, wie die Erkennung von Symbolen und Farben in bestimmten Sektoren. Durch Kopfbewegungen lässt sich diese Charakteristik bedarfsweise im Betrachtungsraum positionieren. Die Begrenzung des Sehfeldes ist eigentlich für die beiden einzelnen Augen unsymmetrisch (Form der Augenhöhlen, Begrenzung durch die Nase), erzeugt aber durch Bildverschmelzung im Gehirn, wie oben dargestellt, ein achsensymmetrisches Gesamtsehfeld, wobei die Begrenzungen Nase oder Augenbrauen ausgeblendet und normalerweise nicht bewusst wahrgenommen werden.





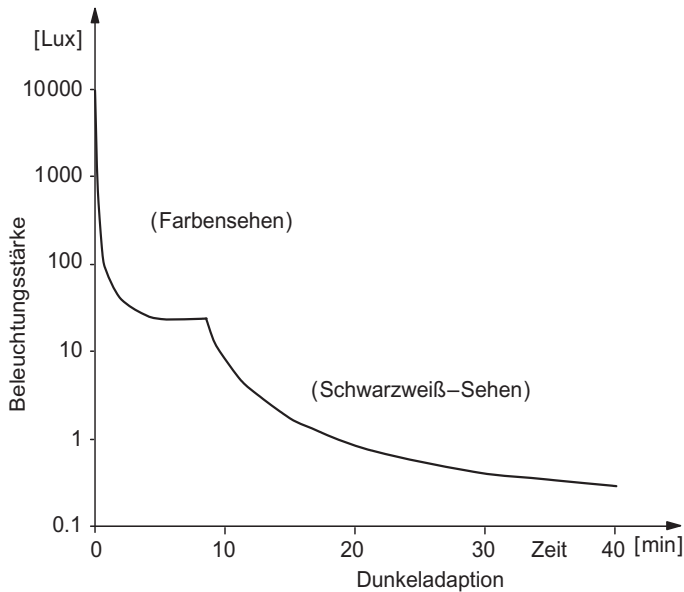
**Abbildung 12** Vertikales Sehfeld

Das vertikale Sehfeld ist deutlich asymmetrisch. Der entspannte Blick ist leicht nach unten gerichtet mit entsprechenden Auswirkungen auf das optimale Arbeitsfeld. Auch hier finden sich diverse Charakteristika, zum Beispiel für das Farbensehen.

### 5.4.2 Hell-Dunkel-Sehen

Das Hell-Dunkel-Sehen ist gekennzeichnet vom Vermögen des menschlichen Auges, sich an in der *Helligkeit* veränderliche Umgebungsverhältnisse und Objekte anzupassen. Mit fallender *Beleuchtungsstärke* nimmt die visuelle Sehfähigkeit naturgemäß ab. Beim der *Adaption* (*Helligkeitsanpassung*) ergänzen sich die verschiedenen Sehzellentypen (siehe Abbildung 13; vgl. auch Foley & Matlin, 2010). Aus diesem Grund ist eine entsprechend helle *Arbeitsplatzbeleuchtung* und eine Angleichung der Helligkeiten verschiedener *Arbeitsmittel*, die gleichzeitig genutzt werden sollen, von großer Bedeutung.

Bei der vorwiegend gemischten Arbeit mit Bildschirm und Papier ist deshalb dunkle Schrift auf hellem Bildschirmhintergrund zu bevorzugen. Tastaturen sollten ebenfalls hell gefärbt sein, um eine ständige Adaptionleistung der Augen zu vermeiden.



**Abbildung 13** Adaptionfähigkeit des helladaptierten Auges an geringere Beleuchtungsstärken (Dunkeladaption)

Das menschliche Auge ist in der Lage zu adaptieren, das heißt sich an die Umgebungshelligkeit (Beleuchtungsstärke) anzupassen. Dabei dauert die Dunkeladaption (Anpassung an abnehmende Helligkeit) aus biochemischen Gründen deutlich länger als die Helladaption (Anpassung an zunehmende Helligkeit). In der Abbildung wird die Zeitdauer dargestellt, um das helladaptierte Auge an dunklere Verhältnisse anzupassen. Dabei sind zwei getrennte Charakteristika zu einer Kurve zusammenmontiert, um das Zusammenwirken von Farbsehen mittels *Zapfen* und Hell-Dunkel-Sehen (Schwarz-Weiß-Sehen) mittels *Stäbchen* darzustellen. So ist zu erkennen, wie das menschliche Auge auch Beleuchtungsstärken von weniger als 1 Lux bis zu über 1000 Lux bewältigen kann. Die Farbschfähigkeit des Auges ist bei geringen Beleuchtungsstärken allerdings deutlich eingeschränkt.

### 5.4.3 Sehschärfe

Die Sehschärfe hängt von der Position des betrachteten Objekts im Sehfeld ab. Scharfes Sehen ist praktisch nur bei zentraler Betrachtung eines Objekts möglich. Der Bereich (Sehwinkel) des scharfen Sehens beträgt weniger als  $1^\circ$  (siehe Abbildung 14). Die Punktschärfe beträgt etwa  $50''$  (50 Bogensekunden entsprechen 0,12 mm in 500 mm Entfernung), die Linienschärfe etwa  $10''$  (0,024 mm in 500 mm Entfernung).

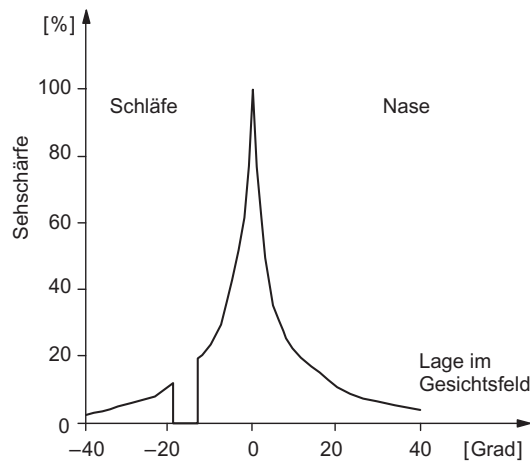
Die Sehschärfe ist des Weiteren von der *Leuchtdichte* des betrachteten Objekts abhängig. Sie erreicht bei 100–150  $\text{cd/m}^2$  ihr Maximum. Beiderseits dieses Wertes nimmt sie wieder ab

(Abbildung 15). Eine Leuchtdichte von etwa  $100 \text{ cd/m}^2$  ist daher für Bildschirme günstig.

Müssen Objekte in verschiedenen *Abständen* betrachtet werden, so ist das Vermögen des Auges, in verschiedenen Abständen scharf zu sehen (*Akkommodation*), von Bedeutung. Man beschreibt dies mit der *Akkommodationsbreite*. Dieses Scharfeinstellungsvermögen ist stark altersabhängig (Abbildung 16). Die Ebenen von Bildschirm, Tastatur und anderen Arbeitsmitteln sollten in etwa gleichem Abstand von den Augen liegen, um eine ständige Akkommodation zu vermeiden.

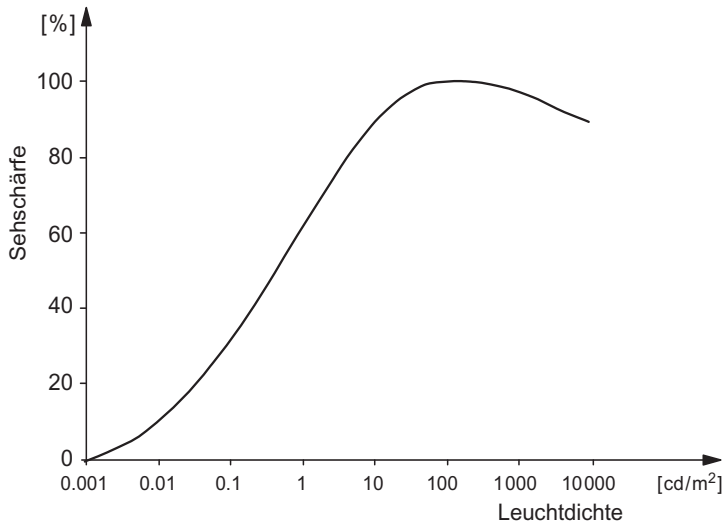
Ein mit der Akkommodationsbreite zusammenhängender Aspekt ist der sogenannte *Nahpunkt*. Dies ist die geringste Entfernung, an der noch scharf gesehen werden kann. Da ab einem Lebensalter von etwa 50 Jahren der Nahpunkt auf über 500 mm steigt, können die meisten Personen ab diesem Alter keine Bildschirmarbeit ohne Sehhilfe leisten (Abbildung 17).

Die Sehschärfe ist auch von der *Farbe* eines betrachteten Objekts abhängig. Bei gleichzeitiger Betrachtung mehrerer Objekte unterschiedlicher Farbe werden gelbe bis grüne Objekte genau auf der Netzhaut fokussiert, während blaue Objekte vor und rote Objekte hinter der Netzhaut scharf abgebildet werden. Sie sind somit nicht alle gleichzeitig scharf zu erkennen. Dies liegt an der sogenannten *chromatischen Abberation*, die in jedem optischen System aus Gründen der unterschiedlich starken Lichtbrechung von Farben durch die Augenlinsen auftritt. Die Orientierung der Scharfstellung auf den gelb-grünen Bereich liegt an der höheren Empfindlichkeit des Auges für diesen Bereich (siehe dazu auch Abschnitt 5.4.5).



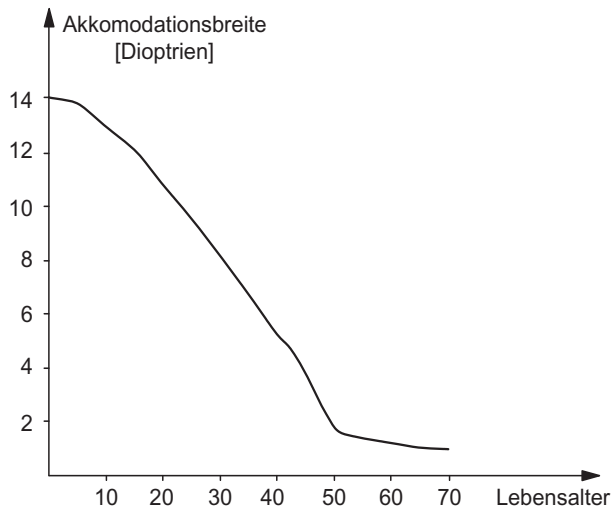
**Abbildung 14** Sehschärfe im Gesichtsfeld für das linke Auge

Die Sehschärfe hängt von der Position eines Objekts im Gesichtsfeld ab. Die Lücke bei etwa  $-20^\circ$  ist der sogenannte blinker Fleck, der durch das Durchdringen des Sehnervs in der Netzhaut verursacht wird. Er ist subjektiv normalerweise nie sichtbar, da das Gehirn die Lücke mit dem Bild des anderen Auges oder auf andere Weise schließt.



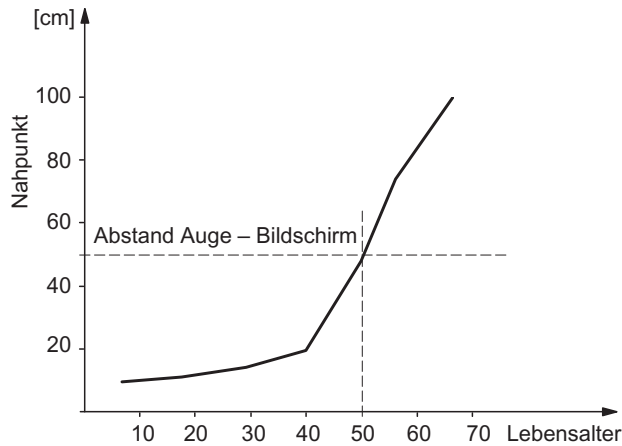
**Abbildung 15** Sehschärfe in Abhängigkeit von der Leuchtdichte des betrachteten Objekts

Die Sehschärfe steht in Abhängigkeit von der Leuchtdichte des betrachteten Objekts. Sie erreicht ihr Maximum bei etwa 100  $\text{cd/m}^2$ . Bei dunklerer, aber auch bei hellerer Objekthelligkeit fällt sie ab.



**Abbildung 16** Akkomodationsfähigkeit des Auges in Abhängigkeit von Lebensalter

In Abhängigkeit vom Lebensalter schwindet die Flexibilität der Linse im Auge. Die Akkomodationsfähigkeit reduziert sich entsprechend.



**Abbildung 17** Nahpunkt in Abhängigkeit vom Lebensalter (statistisch)

In Abhängigkeit vom Lebensalter erhöht sich die Entfernung an der gerade noch scharf gesehen werden kann. Dies resultiert aus der Akkomodationsfähigkeit (vgl. Abbildung 16).

#### 5.4.4 Einzelbildverschmelzung

Durch die Trägheit der biochemischen Prozesse, die beim Sehen im Auge ablaufen, können nicht beliebig viele Einzelbilder in einem festen Zeitabschnitt aufgenommen werden. So werden ab einer bestimmten *Bildwechselfrequenz* zwei aufeinanderfolgende Bilder verschmolzen. Da ab dieser Frequenz kein *Flimmern* (Erkennen von Einzelbildern) mehr auftritt, spricht man auch von der *Flimmerverschmelzungsfrequenz*.

Beim dunkeladaptierten Auge liegt diese Frequenz bei etwa 20 Hz; beim helladaptierten Auge bei etwa 70 Hz. Bei der Betrachtung von Filmen und Videos nutzt man gerade diese Grenzfrequenz aus, um dem Betrachter ein kontinuierliches Bild vorzutäuschen. In der Kinoprojektion verwendet man 24–72 Bilder/sec, beim Fernsehen mindestens 25 Voll- bzw. 50 Halbbilder/sec, inzwischen auch mehr. Da die Darstellung von Halbbildern (Interlacing) bei bestimmten Mustern unerwünschte Effekte erzeugen kann, versucht man heute Vollbilder darzustellen. Bei Bildschirmen mit Positivdarstellung<sup>13</sup> ist eine Bildwiederholffrequenz von mindestens 70 Hz wünschenswert. Bei Negativdarstellung<sup>14</sup> kommt man mit 50 Hz aus.

<sup>13</sup> Dunkle Schrift auf hellem Grund.

<sup>14</sup> Helle Schrift auf dunklem Grund.

### 5.4.5 Farbsehen

Das menschliche Auge besitzt unterschiedliche Sensibilität für verschiedene Farben des Lichtspektrums. Das Farbsehvermögen resultiert aus dem Verarbeiten der physischen Seheize mittels dreier unterschiedlicher Zapfentypen. Ein Zapfentyp ist für kurzwelliges Licht (Violettblau bis Blau), einer für mittellangwelliges Licht (Grün) und einer für langwelliges Licht (Orangerot bis Rot) empfindlich (Abbildung 18). Aus der Sensibilität dieser drei Sehzellentypen und deren Zusammenführung und Verarbeitung in den Neuronen von Netzhaut und visuellem Cortex im Gehirn entstehen unterschiedliche *Farbwahrnehmungen* (Birbauer & Schmidt, 2010; Foley & Matlin, 2010). Vereinfacht entstehen im Ergebnis die folgenden Farbempfindungen (Grundfarben) bei entsprechenden Farbreizen (Urfarben):

<b>Grund-/Urfarbe</b>	Urfarbe Violettblau	Urfarbe Grün	Urfarbe Orangerot
Weiß	1	1	1
Gelb	0	1	1
Magentarot	1	0	1
Cyanblau	1	1	0
Violettblau	1	0	0
Grün	0	1	0
Orangerot	0	0	1
Schwarz	0	0	0

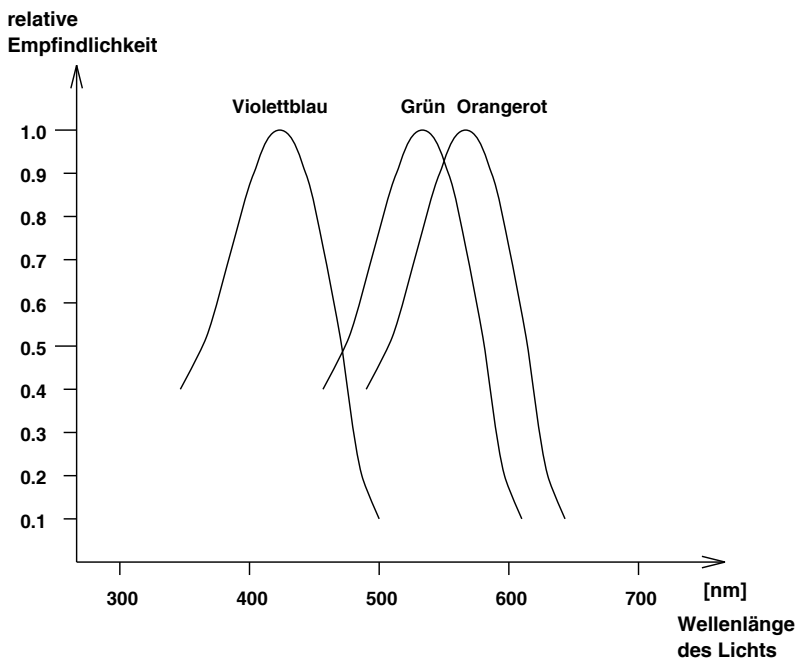
Die Zahl 1 steht in der Tabelle jeweils stellvertretend für einen maximal verarbeitbaren Farbreiz der entsprechenden Urfarbe (entspricht der Farbfähigkeit eines der drei Zapfentypen), die Zahl 0 für keinen Farbreiz. Durch Zwischenstufen der Farbreize entsteht eine Vielzahl von Zwischenfarben. Ein Mensch kann zwischen 100.000 und 1.000.000 unterschiedliche Farbempfindungen im direkten Vergleich unterscheiden.

Die genauen *Farbempfindungen* hängen von vielen Randbedingungen ab, wie der Helligkeit des Lichts, der Farbe des Umgebungslichts, benachbarten Farben und auch Erfahrungen mit Farbeindrücken. Farbwahrnehmung ist daher in hohem Maße subjektiv.

Diese gesamte *Farbsensibilität* (Summenwirkung der Farbsensoren) ändert sich darüber hinaus mit dem Adaptionszustand bezüglich der Umgebungshelligkeit (Abbildung 13). Die höchste Empfindlichkeit besitzt das helladaptierte Auge (Lichtempfindung durch die Zapfen) im Farbbereich Grün bis Gelb. Das Auge ist relativ unempfindlich für Blau und Rot. Beim dunkeladaptierten Auge (Lichtempfindung durch die Stäbchen) liegt die höchste Empfindlichkeit näher im Farbbereich Blau bis Grün, wobei durch die Stäbchen keine Farbempfindung entsteht, da es keine unterschiedlich farbsensitiven Stäbchentypen gibt.

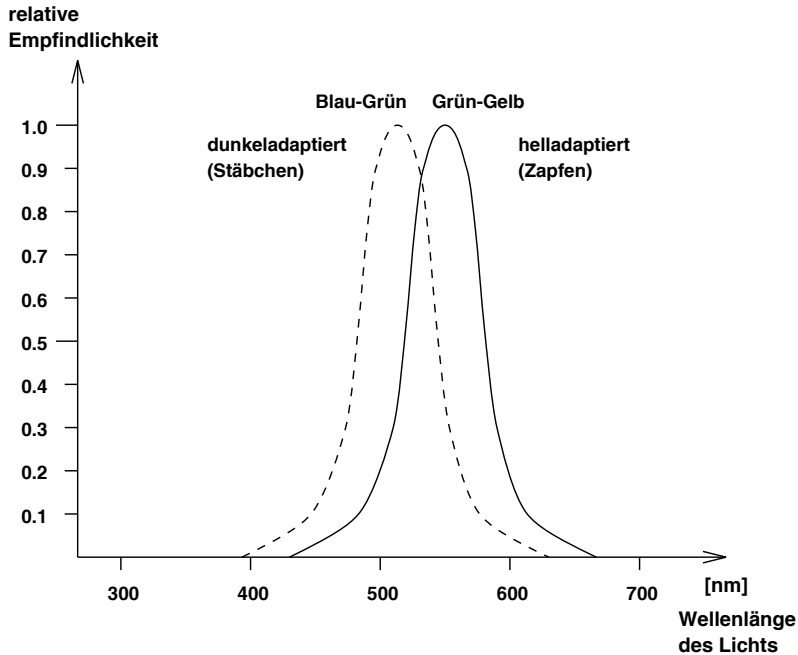
Die Farbempfindlichkeit des *Sehzentrums (Fovea)*, das für das scharfe Sehen zuständig ist, ist für Grün und Orangerot besser und für Violettblau schlechter ausgebildet. Dies hängt mit der Verteilung, letztlich der Dichte der Zapfen auf der Netzhaut zusammen. Im Sehzentrum beträgt der Anteil der Zapfen für Orangerot 66%, für Grün 32% und für Violettblau nur 2%. Die Farbempfindlichkeit der Netzhautperipherie ist für Orangerot und Grün gering, während sie für Violettblau besser ausgebildet ist. Rot und Grün sollten daher nicht für wichtige Objekte am Rande des Sehfeldes (Bildschirm) verwendet werden.

Die Farbempfindlichkeit des Auges nimmt ebenfalls mit wachsendem Lebensalter ab. Farben mit niedriger Farbsättigung sollten bei älteren Benutzern nicht als relevante Farbkodierung verwendet werden.



**Abbildung 18** Relative Farbempfindlichkeit des helladaptierten Auges getrennt nach drei unterschiedlichen Zapfentypen

Die Empfindungen der Sehzellen sind Grundlage der Farbwahrnehmung. Sie erzeugen die wahrgenommenen Urfarben (Primärfarben) Violettblau (Blau), Grün und Orangerot (Rot)). Es gibt unterschiedliche Theorien, wie die Farbwahrnehmungen im Gehirn letztlich entstehen (siehe dazu Birbaumer & Schmidt, 2010). Entsprechend finden sich auch unterschiedliche Begriffe wie Urfarben oder Primärfarben.



**Abbildung 19** Relative summative Farbempfindlichkeit des Auges

Die Summe der Farbempfindlichkeiten der Zapfen und die Lichtempfindlichkeit der Stäbchen erzeugt eine Gesamtfarbempfindlichkeit des Auges. Diese wird in der Grafik als relative Größe dargestellt. Beim dunkeladaptierten Auge ist zu beachten, dass das Auge zwar am stärksten im Bereich Blau-Grün empfindlich ist, aber durch nur einen Sehzelltyp keine Farben differenzieren kann.

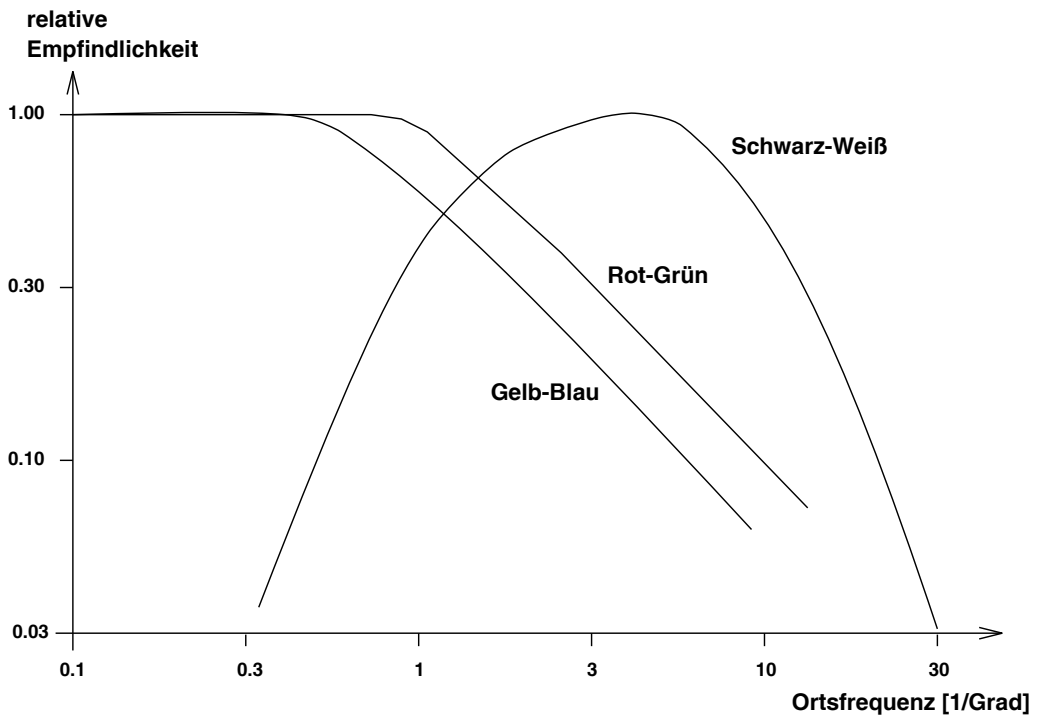
Aus software-ergonomischer Sicht sind insbesondere auch meist erblich bedingte Sehschwächen (Farbanomalien, Farbenblindheit) bei der Farbwahrnehmung zu berücksichtigen (Birbaumer & Schmidt, 2010). So findet sich bei ca. 8% der Männer und 0,4% der Frauen eine Rot-Grün-Schwäche. Gelb-Blau-Schwächen und totale Farbenblindheit sind jedoch sehr selten. Bei der Farbgestaltung muss also insbesondere sichergestellt werden, dass Rot und Grünfärbung alleine nicht bedeutungstragend eingesetzt werden. Mehrfachkodierung (z. B. Farbe und Form) oder eine andere Farbwahl kann schon ausreichen, um diesem Problem angemessen zu begegnen.

Die Farbempfindlichkeit des menschlichen Auges hängt nicht nur von der Frequenz des Lichts ab, sondern auch von der Ausdehnung des farbigen Objekts. Insbesondere ergeben sich unterschiedliche Empfindlichkeiten bei Farbübergängen durch wechselnde Farbflächen.

Ein Maß für die Farbempfindlichkeit hinsichtlich Flächengröße und Alternieren von Farben stellt eine entsprechende Ortsfrequenz dar. Hierbei wird die Anzahl der *Farbwechsel* bezogen auf den Betrachtungswinkel zugrunde gelegt (Abbildung 20). Zum Vergleich wird neben



den Farben das Wechseln von Hell-Dunkel-Mustern (Schwarz-Weiß) dargestellt. Es zeigt sich, dass die Empfindlichkeit für Farben in einem völlig anderen Bereich liegt als die Empfindlichkeit für Hell-Dunkel-Strukturen (Schwarz-Weiß). Das Maximum des Schwarz-Weiß-Sehvermögens liegt bei einer Ortsfrequenz von ca. 5 Hz (5 Schwarz-Weiß-Zyklen/Grad). Dies entspricht etwa der Größe eines schmalen Buchstabens auf einem Bildschirm bei typischer Betrachtungsdistanz von 500 mm. Bei Farben liegt die Sensitivität mehr bei niedrigeren Ortsfrequenzen, das heißt große farbige Objekte werden besser wahrgenommen als kleine farbige Objekte. Farben sind daher besser geeignet, um größere Markierungen zu erkennen, während Schwarz-Weiß besser für feine Strukturen (Muster, Zeichen, Buchstaben, Ziffern) geeignet ist. So können farbig markierte ganze Wörter gut erkannt werden. Die Ortsfrequenz liegt in diesem Fall bei ca.  $0,25^\circ$  Hz (Ausdehnung eines Wortes auf  $2^\circ$ ; entspricht ca. 20 mm bei 500 mm Betrachtungsabstand).



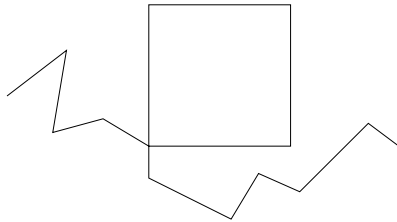
**Abbildung 20** Farbempfindlichkeit des Auges in Abhängigkeit von der Ortsfrequenz (nach Helander, 1987)

Die Ortsfrequenz der Farbwahrnehmung zeigt die Empfindlichkeit des menschlichen Auges für Farbwechsel in der Fläche. Dichte Wechsel können nur in Hell-Dunkel, nicht in Farbkombinationen wahrgenommen werden. Die Farben verschmelzen sonst zu Mischfarben.

### 5.4.6 Gestaltsehen

Die Anordnung von Information ist entscheidend für die Aufnahme, das Verständnis und damit die Nutzung dieser Information. Schon vor etwa einhundert Jahren wurde die Wirkung von Informationsanordnungen in der „Berliner Schule“ erkannt und in der sogenannten *Gestalttheorie* beschrieben. Daraus leitete Wertheimer dann seine *Gestaltgesetze* ab (Wertheimer, 1923). Zur Herstellung von *Informationsbeziehungen* bzw. zur *Informationsseparation* können einige dieser Gestaltgesetze wirkungsvoll genutzt werden.

Beim *Gesetz der guten Gestalt* bildet der Betrachter Gruppen von Objekten aufgrund einer Neigung zu *Einfachheit*, *Regelmäßigkeit*, *gute Fortsetzung*, *innerem Gleichgewicht*, *Symmetrie* und *Geschlossenheit* von Formen (siehe nächste Abbildung). Im *Gesetz der guten Fortsetzung* geht der Betrachter vom einfachen weiteren Verlauf einer Linie und Ähnlichem aus.



**Abbildung 21** Gesetz der guten Gestalt (hier auch Gesetz der guten Fortsetzung)

An diesem Beispiel erkennt der Betrachter neben der irregulär gezackten Linie ein reguläres Quadrat, dessen Existenz entsprechend als nicht zufällig sondern intentional angenommen wird. Gleichzeitig entsteht die Form auch durch eine gedachte einfache Fortsetzung der sich kreuzenden Linien.

Das *Gesetz der Gleichheit* drückt die Tendenz zur Gruppierung von Darstellungselementen gleicher Art aus (nächste Abbildung). Die Gleichheit kann auf irgendeine gemeinsame Eigenschaft der Darstellungselemente, vor allem aber auf Größe, Form, Farbe oder Textur begründet sein.



**Abbildung 22** Gesetz der Gleichheit

Der Betrachter gruppiert in diesem Beispiel die Elemente nach der Form und erkennt fünf Gruppen gleichartiger Elemente.

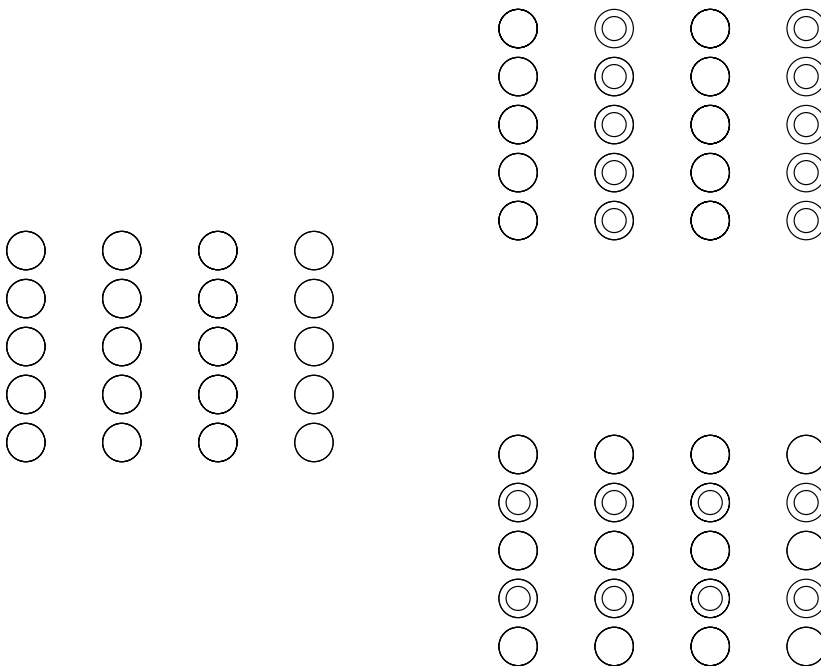
Durch das *Gesetz der Nähe* werden räumlich eng benachbarte Elemente gruppiert (nächste Abbildung).



**Abbildung 23** Gesetz der Nähe

Im Beispiel neigt der Betrachter dazu, vier Gruppen von benachbarten Elementen zu erkennen, ungeachtet ihrer Form. Die Nähe bzw. Distanz wirken hier stärker als die Form.

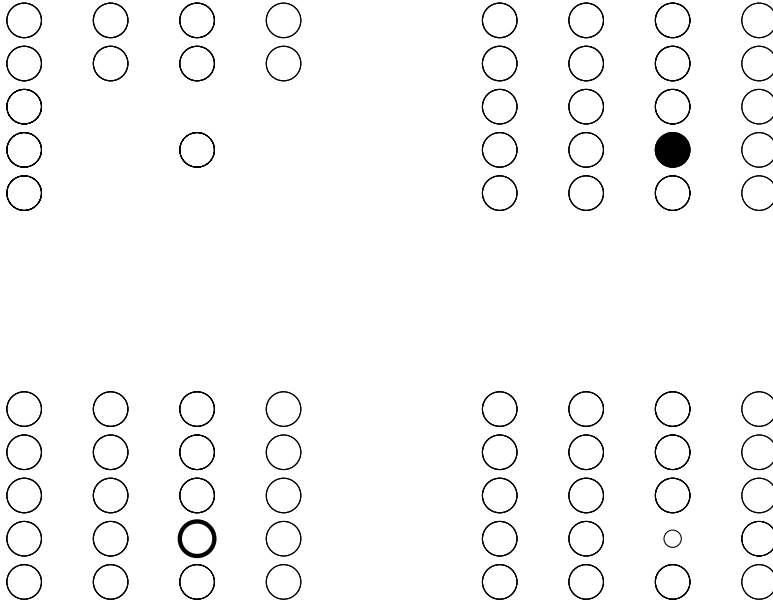
Die Wirkungen der Gestaltgesetze können durch *kombinierten Einsatz* oder die *Hinzunahme grafischer Hilfsmittel* wie Linien auch gezielt verstärkt oder auch abgeschwächt werden (nächste Abbildung).



**Abbildung 24** Verstärkung und Abschwächung von Wirkungen

Im Beispiel wird die Gestalt der vier senkrechten Kolonnen durch zusätzliche Formelemente oben rechts verstärkt und unten rechts abgeschwächt.

Nicht nur die Gruppierung, sondern auch die *Isolation von Darstellungselementen* kann durch die gewissermaßen inverse Anwendung der Gestaltgesetze erreicht werden (nächste Abbildung).



**Abbildung 25** Isolation von Darstellungselementen

Im Beispiel werden durch abweichende Distanz, Farbe, Form oder Größe einzelne Elemente hervorgehoben. Die menschliche Wahrnehmung sucht offenbar nach Abweichungen unter gleichartigen Objekten.

Die Gestaltgesetze nach Wertheimer wurden in vielen anderen Forschungsarbeiten in Rahmen von Symbol- und Mustererkennungsprozessen weiter untersucht und differenziert (siehe z. B. Rock, 1998; Foley & Matlin, 2010).

## 5.5 Sensomotorik

Neben der sprachlichen dient uns die sensomotorische Artikulation als das wichtigste Hilfsmittel zur Kommunikation. Bei der Mensch-Computer-Kommunikation stellt sie sogar die wichtigste Methode dar, um mit einem System in Wechselwirkung zu treten. Die Randbedingungen der menschlichen Artikulation müssen bei der Gestaltung eines Systems ausgehend von der Sensomotorischen Ebene (Abschnitt 8.3.4) berücksichtigt werden.

### 5.5.1 Tastatureingaben

Schon seit Beginn der digitalen Computertechnik dienen sogenannte Tastaturen, also Gruppierungen von drückbaren Tasten, als eine Methode, um Zeichen in ein Computersystem einzugeben. Inzwischen haben sich daraus einige landesspezifische, aber quasi-standardisierte Tastaturen herausgebildet, die ein bestimmtes Eingabealphabet bereitstellen.

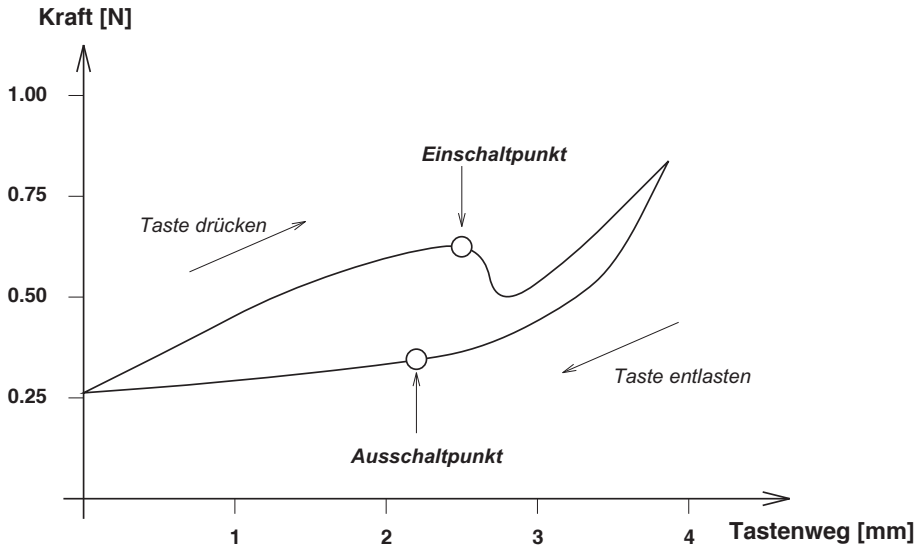
Je nach Anwendungssystem müssen wenige oder auch viele Tasten für eine Eingabe in den Computer aktiviert werden. Da vor allem das Eingeben von Texten häufig benötigt wird, muss der Benutzer effiziente Automatismen beim Drücken der entsprechenden Tasten entwickeln. Dies ist nur über standardisierte Tastaturen möglich. Die Standardisierung erstreckt sich dabei auf die verfügbaren Tasten, deren Position und deren Anschlagempfindlichkeit. Geübte Tastaturbenutzer erreichen Eingabefrequenzen von 100–200 Anschlägen/Minute. Dies ermöglicht die Eingabe von ca. 10–30 Wörtern/Minute aus einer praktisch beliebig großen Sprache (z. B. Kommandosprachen, Parametermengen, natürliche Sprache). Diese flexible und effiziente symbolische Eingabeform hat daher auch die bislang größte Bedeutung erlangt. Keine andere motorische Eingabeform erreicht auch nur annähernd eine vergleichbare Mächtigkeit und Flexibilität.

Gut geeignet für die menschliche Motorik sind Tasten mit einer Größe von ca. 13 mm (Greenstein & Arnaut, 1987). Die Tasten sind meist in etwa quadratisch geformt und besitzen leicht konkave Oberflächen, um Abweichungen in der mehr oder weniger präzisen Positionierung der Finger auszugleichen. Die Tastenzentren sollten sich in einem Abstand von ca. 19 mm befinden, um einerseits das versehentliche gleichzeitige Drücken zweier Tasten zu verhindern und andererseits die natürlichen Abstände der Finger einer mittelgroßen entspannten Hand für benachbarte Tasten optimal auszunutzen. Die Gesamtausdehnung von Tastaturen (alphanumerischer Teil) erreicht dabei etwa eine Breite von ca. 28 cm und eine Höhe von ca. 9 cm. Diese Ausdehnung erlaubt eine konstante Position der Handflächen, da sie etwa der natürlichen Ausdehnung der entspannten Hände entspricht. Die Bereitstellung einer Vielzahl von Sondertasten um den alphanumerischen Tastaturteil herum macht diese günstige Konstellation teilweise wieder zunichte. Dabei entstehen erhebliche Reduktionen der Eingabefrequenz, zumal die Auswahl und Position von Sondertasten nur in Ansätzen standardisiert worden ist. Der Benutzer muss deshalb ständig die Kerntastatur verlassen und unter visueller Kontrolle und Regulation die zusätzlichen, peripheren Tasten auswählen.

Die nötige *Anschlagskraft für Tasten* ist unterschiedlich im Bereich von 0,25–1,47 N (Produktqualität für Arbeitsplätze: 0,4–1,2 N). Der nötige Tastenweg (Tastendrucktiefe) liegt bei 1–6 mm (Produktqualität für Arbeitsplätze: 3–5 mm). Die Effizienz der Tastennutzung scheint aber recht unabhängig von diesen Werten zu sein. Benutzer stellen sich recht schnell auf die jeweilige Situation ein, obwohl damit durchaus beträchtliche, aber unnötige physische Beanspruchungen verbunden sein können.

Das *Auslöseverhalten von Tasten* sollte so gestaltet sein, dass ein ungewolltes Mehrfachauslösen (Prellen) von Tasten durch das natürliche leichte Muskelzittern vermieden wird. Dazu haben Tasten eine sogenannte *Auslösehysterese*, d. h. der Schließpunkt der Taste ist nicht

derselbe wie der Öffnungspunkt (siehe nächste Abbildung). Um eine geschlossene Taste wieder zu öffnen, muss man über den Schließpunkt um Bruchteile von Millimetern wieder zurücksetzen. Dadurch wird das ungewollte, sofortige Wiederschließen vermieden.



**Abbildung 26** Typisches Auslöseverhalten einer Taste (Auslösehyseresis)

Ein- und Ausschaltpunkt einer Taste befinden sich an unterschiedlichen Stellen des Tastenweges. Nach dem Einschaltpunkt wird die Federspannung reduziert, wodurch das erfolgte Auslösen der Taste taktil wahrnehmbar wird.

### 5.5.2 Zeigehandlungen

Neben menschlichen Eingabeaktivitäten über Tastaturen können auch statische und dynamische Zeigehandlungen stattfinden. Dies geschieht üblicherweise mittels Zeige- oder Eingabeinstrumenten wie Maus, Eingabestift, Rollkugel, Grafiktablett oder allgemein berührungs- und drucksensitiven Bildschirmen. Das grundlegende Prinzip ist immer das Folgende (siehe auch Knight, 1987):

- Der Benutzer hat im Rahmen seiner internen Aufgaben eine *Zeigehandlung auf ein festes oder bewegtes Zielobjekt auf dem Bildschirm* durchzuführen;
- der Benutzer erzeugt durch Handbewegungen mittels eines Zeigeeinstruments ein *Eingabesignal*;
- das Computersystem verarbeitet dieses Eingabesignal und erzeugt ein sichtbares *Ausgabesignal* (Cursor);

- die Differenz zwischen Ausgabesignal und Ziel ist der *Zeigefehler*, den der Benutzer zu minimieren versucht;
- die Zeit vom Beginn bis zum erfolgreichen Ende der Zeigehandlung ist der *Zeigeaufwand*, den der Benutzer ebenfalls zu minimieren versucht.

Der auftretende Zeigefehler und der damit zusammenhängende Zeigeaufwand ergibt sich aus den Grenzen und Schwächen der menschlichen Sensomotorik. Natürlich ergibt er sich ebenfalls aus Unzulänglichkeiten der Zeigeeinstrumente sowie aus dem Verhalten des zu erreichenden Zielobjekts.

### 5.5.3 Berührungen und Abtastungen

An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, dass mit der Einführung von *Touch-Interfaces* (z. B. berührungssensitive Bildschirme oder andere entsprechende Oberflächen) die Unterscheidung der Berührung oder auch des Abtastens mit oder ohne vermittelndes Werkzeug (Eingabeinstrument) zum Tragen kommt. Wir wollen hier auch von direkter oder indirekter Berührung sprechen. Werkzeugmedierte indirekte Berührungen (z. B. Stifte) und entsprechende Abtast- oder Zeigehandlungen erfordern in der Verarbeitung der Feedbacks eine besondere Transformationsleistung des Gehirns (Invertierung der Bewegung), die allerdings im Allgemeinen gut erlernt werden kann. Direkte sensomotorische Berührungseingaben oder Abtastungen vor allem durch die einzelnen Finger sind natürlicher, erfordern jedoch striktere Regeln in der Gestaltung der Interaktion, da der Mensch bei der Nutzung seiner Finger als direkte „Werkzeuge“ sein Leben lang eine ausgeprägte Erwartungshaltung für den Berührungs- und Abtastvorgang und damit verbundene Feedbacks entwickelt hat. Insofern sind gute technische Lösungen für Zeige- oder Abtastinstrumente nicht zwangsläufig schlechter als unnatürliche berührungssensitive Eingabeflächen (Touchscreens, vor allem glatte und harte berührungssensitive Bildschirme). Näheres findet sich bei Hayward (2008).

### 5.5.4 Reaktionszeiten

Bevor eine motorische Bewegung auf ein Signal hin eingeleitet wird, läuft eine Reaktionszeit ab. Die Reaktionszeit hängt vom sensorischen System ab, mit dem das Signal aufgenommen wurde. Die Reaktionszeiten für die wichtigsten sensorischen Kanäle sind:

- Hören: 0,14 sec
- Tasten: 0,16 sec
- Sehen: 0,18 sec

Wird also eine Zeigehandlung oder die Korrektur eines Bewegungsablaufes erst nach einem bestimmten Bildschirmereignis –zum Beispiel nach dem Sprung eines Zielobjekts– durchgeführt, so tritt bereits durch das Reaktionsvermögen eine Verzögerungszeit von mindestens 0,18 sec auf. Diese Reaktionszeit setzt allerdings einen voll konzentrierten Benutzer voraus, der bereits weiß, in welcher Form er reagieren will. Kann dies nicht vorausgesetzt werden, ist mit deutlich längeren Verzögerungen zu rechnen.

### 5.5.5 Psychische Entscheidungsstarrheit

Wenn ein Mensch eine Entscheidung getroffen hat, so ist zu beobachten, dass diese Entscheidung für die Zeitdauer von 0,2–0,3 sec beibehalten wird. Man nennt dieses zeitliche Phänomen auch *Psychological Refractory Period (PRP)* (Knight, 1987).

Die PRP ist bei normalen Tätigkeiten nicht auffällig. Bei Zeigehandlungen, die im Bereich von Sekundenbruchteilen ausgeführt werden sollen, ist dies jedoch als eine Leistungsgrenze bei der Korrektur von Bewegungen erkennbar. So werden beispielsweise sich bewegende oder sich anderweitig ändernde Ziele erst mit dieser zeitlichen Rasterung wieder neu anvisiert. Auch die Erkennung von Ungenauigkeiten der motorischen Steuerung kann nur nach Ablauf eines solchen Zeitintervalls wieder korrigiert werden.

Es gibt keine Möglichkeit, die PRP zu beseitigen. Wir müssen sie bei Gestaltungsentscheidungen auf der sensomotorischen Ebene eines Systems (Abschnitt 8.3.4) als Randbedingung einplanen, falls schnelle sensomotorische Regulationen erforderlich sind.

### 5.5.6 Genauigkeit von Positionierungen

Bei Positionierungsaufgaben hängt der Verlauf der durchgeführten Bewegung vom Abstand der Ausgangsposition zur Zielposition ab. Bei größeren Abständen werden Bewegungen mit höherer Beschleunigung und Geschwindigkeit erzeugt. Dies kompensiert jedoch im Allgemeinen nicht den nötigen Zeitaufwand gegenüber näheren Zielen. Diese werden schneller erreicht. Die *Ungenauigkeit der Positionierung (Zeigefehler)* bei Entfernungen größer als 2 cm lässt sich nach *Craig's Ratio Rule* folgendermaßen abschätzen (Knight, 1987):

$$F/D \approx 0,05$$

wobei F den mittleren absoluten Fehler und D die vorgesehene Bewegungsstanz (Amplitude) darstellt. Der *Zeigefehler* liegt also im Mittel bei etwa 5%. Bei geringeren Distanzen als 2 cm steigt der relative Fehler stark an. Er liegt bei 2,5 mm schon bei 0,2 (20%) und steigt bei 1 mm auf etwa 0,8 (80%). Dies resultiert aus *physiologischem Rauschen*, vor allem dem natürlichen *Muskelzittern*.

### 5.5.7 Ausführungszeit von Positionierungen

Die Geschwindigkeit der Bewegung bei der Zeigehandlung ist abhängig von der Schwierigkeit der Positionierung. Nach Fitts berechnet sich hierbei ein *Schwierigkeitsindex ID (Index of Movement Difficulty)* für Positionierungen nach folgender Regel (Knight, 1987):

$$ID_{\text{Fitts}} = \log_2 (2 \cdot D/B)$$

wobei D die Amplitude der Bewegung, d. h. der Abstand zum Zielobjekt, und B die Größe (Breite) des Zielobjekts ist bzw. die Größe des Bereichs, den der Benutzer treffen möchte (gewünschte Genauigkeit). Das Resultat ID wird in Bit gemessen, da es eine informationstheoretische Größe darstellt.



Die *Zeitdauer MT (Moving Time)*, um eine Positionierung auszuführen (*Zeigedauer*), berechnet sich nach *Fitts' Law* (Fitts, 1954) durch:

$$MT = C_1 + (C_2 \cdot ID)$$

wobei  $C_1$  eine Verzögerungskonstante darstellt, die vom Körperteil abhängt, mit dem die Bewegung ausgeführt wird. Für Handbewegungen liegt  $C_1$  bei etwa 0,177 sec/bit.  $C_2$  ist ein Maß für die Kapazität der Informationsverarbeitung. Der Wert von  $C_2$  beträgt typischerweise etwa 0,1 sec/bit. Die beiden Konstanten  $C_1$  und  $C_2$  hängen von verschiedenen Randbedingungen ab, neben physischen und psychischen Gegebenheiten vor allem vom Zeigeelement und von der Abbildung der Bewegung auf den Bildschirm.

Fitts' Law sagt somit aus, dass die Positionierungszeit bei konstantem Verhältnis von Größe und Entfernung des Zielobjekts konstant ist. Das heißt, dass ein bestimmtes Objekt genauso schnell getroffen würde, wenn es doppelt so breit und doppelt so weit entfernt wäre.

Eine alternative Formel für die Berechnung von ID stammt von Welford (1968). Sie stimmt bei kleineren Bewegungen besser mit den Experimenten überein:

$$ID_{\text{Welford}} = \log_2 (D/B + 0,5)$$

Die folgende *Shannon-Formel* wird von MacKenzie empfohlen (MacKenzie & Buxton, 1993). Sie bringt die beste Übereinstimmung mit neueren Experimenten:

$$ID_{\text{Shannon}} = \log_2 (D/B + 1)$$

Die Formeln sollten letztlich für die Anwendung durch Experimente und statistische Bestimmung der Konstanten optimiert und kalibriert werden.

## 5.6 Zusammenfassung

Für ergonomische Grundsätze zur Gestaltung von Computersystemen ist es notwendig, die für die Nutzung dieser Systeme wichtigsten *physischen und psychischen Fähigkeiten und Grenzen des Menschen* zu kennen und zu berücksichtigen.

In der Auseinandersetzung mit seiner Umwelt setzt der Mensch seine *sensorischen und motorischen Systeme* ein. In einem *Kognitionszyklus* werden Informationen durch die menschliche *Sensorik* erfasst, in der *Wahrnehmung* weiter vorverarbeitet, bis sie dann im eigentlichen Kognitions- oder Denkprozess für das *Lernen*, die *Wissensverarbeitung* und vor allem das *Problemlösen* genutzt werden. Aus diesen kognitiven Wahrnehmungsprozessen folgen dann Handlungen der Handlungsplanung bis hin zur motorischen Umsetzung in Form *manueller Handlungen* wie auch *kommunikativer Sprechakte*.

Hinsichtlich der Verarbeitung sensorischer Empfindungen wurde schon vor langem in der Psychophysik herausgefunden, dass die erstaunlich hohe menschliche *Empfindungsdynamik* durch *physiologische Potenzfunktionen* gut beschreibbar ist.

Die komplexen visuellen Wahrnehmungsprozesse lassen sich in sogenannten *Top-Down*- bzw. *Bottom-Up-Funktionen* erklären, bei denen Selektion, Verarbeitung und Interpretation in einem engen Wechselspiel ablaufen.

Für die Software-Ergonomie wichtige Besonderheiten im *menschlichen Sehvermögen* betreffen das *menschliche Sehfeld*, das *Hell-Dunkel-Sehen*, die *Sehschärfe* im Sehfeld wie auch, über das Lebensalter gesehen, die *Einzelbildverschmelzung* zum *Bewegtsehen*, das *Farben-sehen* sowie höhere Funktionen wie das *Gestaltsehen*.

Hinsichtlich der Sensomotorik lassen sich aufgrund der Fähigkeiten und Begrenzungen des menschlichen sensomotorischen Systems Grundlagen für die Gestaltung von Eingabegeräten oder Zeigeeinstrumenten finden. Tasten sollten mit *Hysteresen* ausgestattet sein. Zeigeeingaben weisen typische Charakteristika in *Präzision und der Ausführungszeit*, also dem *Zeigefehler* und der *Zeigedauer* auf, die zur Gestaltung von Eingabesystemen herangezogen werden können. Damit verbunden sind auch *Reaktionszeiten* und andere Verzögerungen wie die *Psychische Entscheidungsstarrheit* in solchen eher schnellen Wahrnehmungs- und Handlungsprozessen.

Man kann zusammenfassend feststellen, dass im auf Ein-/Ausgabegeräte bezogenen Gestaltungsprozess der Mensch-Computer-Interaktion zur Unterstützung einer bestimmten Aufgabe das geeignete Verhältnis von Signal zum Rauschen für eine Empfindung im jeweiligen Wahrnehmungskanal, die typischen menschlichen Wahrnehmungsprozesse und vor allem auch die sensomotorischen *Ablauf- und Regulationsprozesse* in ihren Fähigkeiten und Begrenzungen gesehen werden müssen, damit die übergeordnete menschliche Kognition überhaupt möglich wird.

Der zentrale Teilprozess der menschlichen *Kognition* und die für interaktive Systeme wichtigen *Handlungs- und Kommunikationsprozesse* werden in Kapitel 8 näher thematisiert.

## 6 Kognition und Gedächtnis

Wir haben bereits in Abschnitt 5.1 die menschliche Kognition und den damit verbundenen Kognitionszyklus (siehe Abbildung 9) thematisiert. Dieser Kognitionszyklus und damit verbunden oft auch ein Handlungszyklus von Interaktion basiert maßgeblich auf menschlichen *Gedächtnisstrukturen* (Abschnitt 6.3), die sich durch Lernprozesse vor und während des Ablaufs der Interaktionsprozesse bilden und verändern. Diese Gedächtnisstrukturen sind von zeitlich kürzerer (sensorische Gedächtnisse und Kurzzeitgedächtnis) oder auch von zeitlich längerer Natur (Langzeitgedächtnis).

*Benutzer* entwickeln und nutzen im Laufe der Interaktion mit computergestützten Anwendungssystemen mehr oder weniger geeignete geistige Vorstellungen von diesen Systemen. Wir sprechen hierbei von *mental*en Modellen. Auch die *Systementwickler*, hier auch *Systemdesigner* genannt, besitzen Vorstellungen, also ebenfalls mentale Modelle darüber, wie die von ihnen realisierten Systeme aufgebaut sein sollen und wie sie funktionieren. Dies sind die *konzeptuellen Modelle* einer Computeranwendung. Diese Vorstellungen bilden die Entwickler dann in den Anwendungssystemen als *technische Modelle* in Form der technischen *Realisierungen* ab. Wir wollen uns im Folgenden weiter mit diesen wichtigen Modellbildungen befassen, insbesondere weil die *Kompatibilität* (Verträglichkeit und Zusammenwirken) oder *Kongruenz* (Übereinstimmung und gegenseitige Abbildbarkeit) dieser Modelle im Sinne einer möglichst hohen Ähnlichkeit und Passung maßgeblich für den späteren Erfolg des Einsatzes einer computerbasierten Anwendung sein wird (Abschnitt 6.2).

Die Inhalte des Langzeitgedächtnisses weisen typische strukturelle und semantische Eigenschaften auf, die als *Wissensstrukturen* (Abschnitt 6.4) die Grundlage dessen bilden, was wir *Wissen* nennen.

Wir wollen diese Gedächtnisbildung im Folgenden vor allem hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Interaktion zwischen Mensch und Computer diskutieren.

### 6.1 Formen von mentalen und technischen Modellen

Während wir uns im vorausgegangenen Kapitel mehr um die psychophysischen Zustände von *Benutzern* gekümmert haben, wollen wir nun die kognitiven Fähigkeiten und Arbeitsweisen betrachten. Benutzer entwickeln im Laufe der Nutzung von interaktiven Systemen mehr oder weniger geeignete mentale Vorstellungen von diesen Systemen. Auch die *System-*

*entwickler*, im Folgenden gelegentlich auch *Systemdesigner* genannt, besitzen Vorstellungen, wie die Systeme, die sie realisieren, aufgebaut sein sollen. Diese Vorstellungen bilden sie dann teilweise in den *Anwendungssystemen* in Form von Hardware und Software ab.

Die Vorstellungen, die sich Menschen bilden, um die strukturellen und dynamischen Aspekte eines Problembereiches zu verstehen und Schlussfolgerungen ziehen zu können, nennen wir *mentale Modelle* (Johnson-Laird, 1983, 1986, 1992; Gentner & Stevens, 1983; Carroll & Olson, 1988; Dutke, 1994; Herczeg, 2006a). Sie sind eine Form menschlicher Wissensrepräsentation von Ausschnitten aus der realen Welt, um dort wahrnehmungs-, urteils- und handlungsfähig zu sein. Johnson-Laird formuliert hierzu (1992, S. 932):

*„A mental model is an internal representation of a state of affairs in the external world.“*

Diese Definition ist sehr allgemein. Rouse und Morris (1986) liefern hingegen eine recht pragmatische Definition, die vor allem im Bereich der Ingenieursysteme, speziell der Prozessführungssysteme (Herczeg, 2014), praktisch weiterhelfen kann:

*„Mental models are mechanisms whereby humans are able to generate descriptions of system purpose and form, explanations of system functioning and observed system states, and predictions of future system states.“*

Bei dieser Definition wird darauf hingewiesen, dass mentale Modelle dazu dienen, dass Menschen Funktionen von Systemen verstehen, erklären und vorhersagen können, also einer Art *Antizipation*. Genau diese Eigenschaft wird für viele interaktive Systeme benötigt. Ein Benutzer soll über solche Modelle verfügen, um das ordnungsgemäße Funktionieren eines Computersystems soweit zu verstehen, dass er es zielorientiert handhaben und bei Abweichungen von Intention und Wirkung geeignet regulierend auf das System einzuwirken kann (siehe zur Handlungsregulation auch Kapitel 8).

Auf diese Eigenschaften mentaler Modelle sowie auf die Besonderheiten solcher Modelle im Kontext von Mensch-Maschine- oder Mensch-Computer-Systemen wollen wir uns im Weiteren abstützen.

Die mentalen Modelle der Systemdesigner nennen wir zur Abgrenzung von den mentalen Modellen der Operateure *konzeptuelle Modelle*, da sie im Allgemeinen systematischer, tiefer und präziser strukturiert sind und als Systemkonzeption zur Entwicklung einer Applikation dienen. Die im realisierten System selbst technisch abgebildeten Modelle nennen wir *technische Modelle* oder *Systemmodelle*. Diese Abgrenzungen dienen dazu, den jeweiligen Träger des Modells zu identifizieren.

Diese mentalen, konzeptuellen und technischen Modelle beziehen sich vor allem auf

- den Zweck des Anwendungssystems und das Anwendungsgebiet,
- die Arbeitsweisen und die Arbeitsverfahren,
- die Funktionalität, die Arbeitsobjekte und ihre Bearbeitung (Manipulation),
- die Regeln zur Nutzung der Benutzungsschnittstelle (Syntax),

- die für die Mensch-Computer-Kommunikation verwendeten Zeichen (Alphabete, Lexikali) sowie
- die physischen Ein- und Ausgabetechniken.

Eine weitere Strukturierung und Detaillierung bei der Betrachtung der Handlungs- und Wahrnehmungsprozesse findet sich im 6-Ebenen-Modell für Mensch-Computer-Systeme (Kapitel 8).

Es lässt sich vermuten, dass die Qualität, vor allem die Transparenz und die Bedienbarkeit von interaktiven Anwendungssystemen davon abhängen, wie gut die mentalen Modelle von Benutzer und Systemdesigner sowie das realisierte Systemmodell verträglich sind. Man spricht daher von *kompatiblen oder kongruenten Modellen* oder auch von *Isomorphismen* (aufeinander abbildbare Eigenschaften) oder *Homomorphismen* (aufeinander abbildbare Strukturen). In der Realität werden wir immer mehr oder weniger stark abweichende, das heißt *unverträgliche* oder *inkompatible Modelle* vorfinden.

Wir werden im Folgenden diese *Unverträglichkeiten* oder *Inkompatibilitäten* systematisch behandeln und überlegen, wie diese minimiert werden können. Im Weiteren werden wir uns mit den *Inhalten der mentalen und konzeptuellen Modelle* beschäftigen. Dazu müssen die Struktur des menschlichen Gedächtnisses und vor allem die im Langzeitgedächtnis zu beobachtenden Wissensformen näher betrachtet werden.

Mentale Modelle auf Grundlage menschlicher Gedächtnisstrukturen sind ein wichtiges Element im Verständnis menschlicher Wahrnehmungs- und Handlungsprozesse, gerade im Hinblick auf die Nutzung interaktiver und multimedialer Anwendungssysteme.

### 6.1.1 Mentale Modelle

Bei der Arbeit mit einem Computersystem hat ein Benutzer bestimmte Vorstellungen von seinem Arbeitsgebiet sowie von der Funktionsweise des entsprechenden Anwendungssystems. Wir nennen diese geistigen Vorstellungen im Weiteren auch *mentale Modelle*. So hat jeder Benutzer sein persönliches, sich ständig änderndes und erweiterndes mentales Modell. Je besser die mentalen Modelle des Benutzers an das Anwendungsgebiet beziehungsweise an das benutzte Anwendungssystem angepasst sind, desto effizienter kann dieser seine Arbeitsaufgaben lösen, soweit das Verständnis des Systems für die Bearbeitung einer Aufgabe notwendig ist. Letzteres ist bei dieser Betrachtung wichtig, da es im Allgemeinen nicht notwendig ist, die genauen hard- und softwaretechnischen Details des Systems zu kennen, um es erfolgreich anwenden zu können. Es geht somit um den Abgleich der Modelle im Hinblick auf die Aufgaben des Benutzers und die für den Benutzer erkennbare Funktionalität und das Verhalten des Systems.

Die Eignung eines mentalen Modells für die praktische Arbeit mit dem System hängt davon ab, wie systematisch und korrekt ein solches Modell entstanden ist. *Schulungen, Handbücher, Online-Tutorien* und *Online-Hilfen* sollen dabei unterstützen, ein geeignetes Modell geordnet aufzubauen. Dabei sollten zunächst die Grundprinzipien und die Basisfunktionalität

und erst dann bedarfsweise die Feinheiten und die weniger häufig benötigten Funktionen und Eigenschaften des Systems erlernt werden.

Fachleute besitzen üblicherweise ein gutes und detailliertes Modell eines Anwendungsbereiches. Besitzen sie als Benutzer eines entsprechenden Anwendungssystems ein korrektes und mit ihrem Modell vom Anwendungsbereich korrespondierendes Modell von diesem System, so erleben sie das System als *verständlich* und *transparent*. Ein transparentes Modell vom System muss aber nicht zwangsläufig auf ein gutes System hindeuten, denn auch ein funktional schlecht konstruiertes System kann man unter Umständen gut verstehen. Allerdings passen solche Systeme nur bedingt zu den Aufgaben der Benutzer und unterstützen diese unzulänglich. Aus diesem Grund muss das Ziel nicht nur die Transparenz eines Anwendungssystems, sondern auch seine *Aufgabenangemessenheit* sein (Abschnitt 11.4.1).

### 6.1.2 Konzeptuelle Modelle

Mentale Modelle finden wir nicht nur bei den Benutzern. Auch die Systemdesigner bilden entsprechende Modelle. Diese nennt man auch *konzeptuelle Modelle*, da sie im Allgemeinen wesentlich abstrakter und strukturierter als die der Benutzer sind. Systemdesigner haben ja gerade die Aufgabe, ein Anwendungssystem zu konzipieren und zu realisieren, das auf das Arbeitsgebiet der Benutzer ausgerichtet ist.

Damit ein möglichst geeignetes System entsteht, sollten die Systemdesigner über eine Vorstellung von den jeweils vorhandenen mentalen Modellen der Benutzer verfügen. Nur so sind sie in der Lage, das zu realisierende System auf zu erwartende Anforderungen und Probleme der Benutzer vorzubereiten. Diese Vorstellungen der Systemdesigner von den Modellen des Benutzers sind gewissermaßen Modelle 2. Ordnung, da ihnen als Gegenstandsbereiche selbst wieder Modelle zugrunde liegen.

Hinsichtlich des Anwendungsgebiets haben Systemdesigner im Allgemeinen das Problem, die Anwendungsbereiche deutlich schlechter zu kennen als die Benutzer durch ihre tägliche fachliche Arbeit. Umgekehrt kennen Benutzer im Allgemeinen die technischen Möglichkeiten von Computersystemen weniger gut. So haben wir hier eine asymmetrische Ausgangslage, die eine wesentliche Ursache für viele Inkompatibilitäten der Modelle und folglich auch der Systeme und ihrer Benutzer darstellt.

### 6.1.3 Technische Modelle

Neben den mentalen Modellen der Benutzer und der Systemdesigner kann man auch Modelle beim Computersystem selbst identifizieren bzw. realisieren. Das wichtigste technische Modell (Systemmodell) ist letztlich die Realisierung des Anwendungssystems selbst. Hierbei existiert ein programmiertes (technisch implementiertes) Systemmodell der Anwendungswelt. Es bildet während der Interaktion gewissermaßen das Gegenstück zum mentalen Modell des Benutzers.

Neben dem Anwendungsmodell kann ein Computersystem in beschränkter Form ein Modell vom Benutzer besitzen, genauer gesagt, von dessen mentalem Modell. Auch dies ist ein Modell 2. Ordnung, da es ebenfalls ein Modell eines anderen Modells darstellt. Ein solches Modell reicht von einfachen benutzerspezifischen Einstellungen des Systems (z. B. Benutzerpräferenzen für Farbeinstellungen) bis hin zu benutzerspezifischen Problemen, die bei der früheren Nutzung des Anwendungssystems vom Computersystem erkannt und gespeichert wurden. Der Benutzer kennt zum Beispiel ein bestimmtes anderes System oder macht bestimmte, wiederholte Fehler. Solche Modelle können später dazu dienen, dem Benutzer spezifische Hilfestellungen zu geben. Diese Modelle sind vor allem Ausgangspunkt für sogenannte *adaptive Systeme*, also Systeme, die sich an die Bedürfnisse und Eigenschaften der Benutzer so weit wie möglich anpassen.

Die Software-Ergonomie soll dabei helfen, für eine vorgesehene Zielgruppe an Benutzern und ihre Tätigkeiten geeignete Systemmodelle, das heißt realisierte Systeme, herzustellen.

### 6.1.4 Klassifikation von Modellen

Wir haben gesehen, dass diverse Modelle für Benutzer, Systemdesigner und Computersystem existieren, die Gemeinsamkeiten aufweisen und sich teilweise aufeinander beziehen. Dies lässt sich mittels einer Klassifikation solcher Modelle formal darstellen. Dazu dient der folgende Formalismus, der jedem Modell in Abhängigkeit vom Besitzer des Modells einen Namen gibt und den Gegenstandsbereich, also den Bezugspunkt des Modells, beschreibt.

Zur Bildung der Modelle werden die am System Beteiligten als *Operatoren* und der Gegenstandsbereich der Modelle davon als *Operanden* verwendet (vgl. Streitz, 1990). Wir wollen im Weiteren folgende Notation verwenden:

**S:** System

**B:** Benutzer

**D:** Designer (Systementwickler)

Durch Anwendung dieser Operatoren auf den Anwendungsbereich

**A:** Anwendungsbereich (Arbeitsgebiet)

lassen sich die *Modelle 1. Ordnung* formal benennen:

**S(A):** technisches Modell des Anwendungsbereiches (Anwendungssystem)

**B(A):** mentales Modell des Benutzers vom Anwendungsbereich

**D(A):** konzeptuelles Modell des Systemdesigners vom Anwendungsbereich

	<b>S</b>	<b>B</b>	<b>D</b>	<b>Ordnung</b>
<b>A</b>	S(A)	B(A)	D(A)	<b>1.</b>

**Tabelle 4** Mentale, konzeptuelle und technische Modelle 1. Ordnung

Aus den Modellen 1. Ordnung und den beschriebenen Operatoren lassen sich Modelle höherer Ordnung entwickeln.

Wichtige Modelle 2. Ordnung sind:

**B(S(A))**: Modell des Benutzers vom Anwendungssystem, d. h. der Benutzer stellt sich vor, wie das System realisiert wurde und versetzt sich dabei möglicherweise auch in die Lage des Systemdesigners oder des Systems. Ein solches Modell ist u.a. wichtig, um Problemfälle oder Systemgrenzen vorherzusehen und zu erkunden (*exploratives Arbeiten*).

**D(B(A))**: Modell des Systemdesigners vom Modell des Benutzers vom Anwendungsgebiet, d. h. der Systemdesigner versetzt sich in die Situation des Benutzers als Fachgebietsexperte.

**S(B(A))**: Modell des Systems vom Modell des Benutzers vom Anwendungsgebiet, d. h. das System baut ein technisches Modell auf, das beschreibt, wie gut der Benutzer das Anwendungsgebiet kennt. Das Modell kann dazu dienen, den Benutzer vor semantischen Fehlern (Anwendungsfehler) zu bewahren, oder effizientes Arbeiten im Arbeitsgebiet zu unterstützen oder zu vermitteln.

**S(S(A))**: Modell des Systems von der Implementierung des Systems, d. h. das System baut ein explizites Modell seiner eigenen Realisierung auf. Eine solche Selbstreflexion in Verbindung mit anderen Modellen ist Voraussetzung für *adaptive Systeme* (Systeme, die sich an ihre Benutzer anpassen) sowie *aktive Hilfesysteme* (Hilfesysteme, die selbst die Initiative zur Darbietung von Hilfe ergreifen).

	S	B	D	Ordnung
S(A)	<u>S(S(A))</u>	B(S(A))	D(S(A))	2.
B(A)	S(B(A))	<u>B(B(A))</u>	D(B(A))	
D(A)	S(D(A))	B(D(A))	<u>D(D(A))</u>	

**Tabelle 5** Mentale, konzeptuelle und technische Modelle 2. Ordnung

Die unterstrichenen Modelle sind wichtige Selbstreflexionen, also Modelle der jeweiligen Akteure von sich selbst.

Nach den Modellen 2. Ordnung lassen sich darauf aufbauend Modelle 3. Ordnung definieren, von denen etliche ebenfalls praktische Bedeutung aufweisen:



	S	B	D	Ordnung
<b>S(S(A))</b>	<u>S(S(S(A)))</u>	B(S(S(A)))	D(S(S(A)))	<b>3.</b>
<b>B(S(A))</b>	S(B(S(A)))	B(B(S(A)))	D(B(S(A)))	
<b>D(S(A))</b>	S(D(S(A)))	B(D(S(A)))	D(D(S(A)))	
<b>S(B(A))</b>	S(S(B(A)))	B(S(B(A)))	D(S(B(A)))	
<b>B(B(A))</b>	S(B(B(A)))	<u>B(B(B(A)))</u>	D(B(B(A)))	
<b>D(B(A))</b>	S(D(B(A)))	B(D(B(A)))	D(D(B(A)))	
<b>S(D(A))</b>	S(S(D(A)))	B(S(D(A)))	D(S(D(A)))	
<b>B(D(A))</b>	S(B(D(A)))	B(B(D(A)))	D(B(D(A)))	
<b>D(D(A))</b>	S(D(D(A)))	B(D(D(A)))	<u>D(D(D(A)))</u>	

**Tabelle 6** Mentale, konzeptuelle und technische Modelle 3. Ordnung

Diese Vielfalt von Modellen ist nicht nur theoretischer Natur. Die Modelle lassen sich in realen Anwendungssituationen meist recht einfach nachweisen und mit Benutzern und Systemdesignern diskutieren. Entscheidend ist ihre praktische Bedeutung bei der Analyse von Nutzungsproblemen bzw. ihrer Vermeidung. Hierbei stellt sich insbesondere die Frage der *Verträglichkeit oder Kompatibilität dieser Modelle*.

## 6.2 Differenzierung mentaler, konzeptueller und technischer Modelle

Für eine Analyse der mentalen, konzeptuellen und technischen Modelle müssen wir Anwendungsbereiche, Benutzer, Systemdesigner und realisierte interaktive Anwendungssysteme referenzieren können. Außerdem benötigen wir eine Beschreibungsmöglichkeit des Zeitpunkts, zu dem ein Modell erfasst wird. Zu diesem Zweck werden wir im Folgenden die im letzten Abschnitt eingeführte Notation für die Modelle noch etwas verfeinern.

### 6.2.1 Benennung von Modellen

Der Gegenstandsbereich der Modelle muss in bestimmten Analysesituationen besonders differenziert werden (Herczeg, 2006b). So müssen wir zunächst die Anwendungsbereiche

unterscheiden, da wir unterschiedliche Anwendungsbereiche betrachten müssen, zum Beispiel die Anwendungsbereiche Textverarbeitung und CAD, die nebeneinander auf dem Computersystem eines Architekten existieren:

$$A_1, A_2, \dots, A_i$$

Analog zur Unterscheidung des Anwendungsbereichs müssen wir unterschiedliche einzelne Benutzer, Systemdesigner und Anwendungssysteme unterscheiden, also zum Beispiel:

$$B_1, B_2, \dots, B_k$$

$$D_1, D_2, \dots, D_m$$

$$S_1, S_2, \dots, S_n$$

Bei bestimmten Anwendungsbereichen, Benutzern oder Personas (Kapitel 7) oder bei bestimmten Softwareprodukten können wir auch deren abgekürzten Namen statt der numerischen Indizes verwenden, beispielsweise:

$A_{Tx}$  für den Anwendungsbereich *Textverarbeitung*

$A_{Ar}$  für den Anwendungsbereich *Architektur*

$B_{Rolf}$  für die Persona *Rolf*

$S_{XWord}$  für das Textsystem *XWord*

$S_{XCAD}$  für das CAD-System *XCAD*

Möchten wir Klassen von Benutzern (Abschnitt 7.2) unterscheiden, verwenden wir als Index ein Symbol für die Klassenbezeichnung, wie zum Beispiel:

$B_U$  für *unerfahrene Benutzer*

$B_R$  für *Routinebenutzer*

$B_E$  für *Experten*

$B_G$  für *Gelegenheitsbenutzer*

## 6.2.2 Anwendungsfunktionalität vs. Benutzungsschnittstelle

Sobald die Nutzung eines interaktiven Anwendungssystems genauer untersucht werden soll, müssen wir bei diesem System die unterschiedlichen Systemaspekte unterscheiden, mit denen ein Benutzer konfrontiert wird. Dies gilt vor allem für die implementierte Systemfunktionalität sowie die Ausprägung der dazugehörigen Benutzungsschnittstelle.

Die *Anwendungsfunktionalität* eines interaktiven Systems soll wie folgt notiert werden:

$$S^F$$

und seine *Benutzungsschnittstelle* mit:

$$S^B$$

Gelegentlich wollen wir spezifische Teile eines Anwendungssystems referenzieren. Dies können Teilfunktionalitäten oder Teile der Benutzungsschnittstelle sein. Wir wollen allgemein durch hochgestellte römische oder andere Ziffern folgendermaßen notieren:

$$S^I, S^{II}, \dots, S^X$$

### 6.2.3 Zeitliche Differenzierung von Modellen

Die diskutierten *Inkompatibilitäten* von mentalen und konzeptuellen Modellen erzeugen eine Spannungssituation zwischen Benutzer und System, die seitens der Benutzer im Allgemeinen dazu führen wird, dass diese im Verlauf der Nutzung des Systems ihre Modelle verändern werden. Wir müssen bei der Benennung von Modellen diese also auf einen bestimmten Zeitpunkt beziehen. So können wir durch folgende Notation darstellen, dass die Benutzer mit ihren mentalen Modellen eine Entwicklung durchlaufen:

$$B(A)^{t_1}, B(A)^{t_2}, \dots, B(A)^{t_n}$$

beziehungsweise auch die höheren Modelle, wie z. B. das mentale Modell des Benutzers vom System, in seiner zeitlichen Entwicklung darstellen:

$$B(S(A))^{t_1}, B(S(A))^{t_2}, \dots, B(S(A))^{t_n}$$

Die Zeitangaben können dabei absoluten Zeiten wie Datum (1.12.2008) oder Uhrzeit (10:00), auch kombiniert (1.7.2017 10:00), oder relative Zeitangaben, also Zeitdauern wie zum Beispiel Tage (3 d), Stunden (10 h), Minuten (5 m) oder Sekunden (40 s) sein.

### 6.2.4 Konkretisierung von Modellen

Wir können mit der oben eingeführten erweiterten Notation nun sehr spezifische Modelle referenzieren, wie zum Beispiel

$$B_{\text{Rolf}}(S_{\text{XWord}}^B(A_{\text{Tx}}))^{1.7.2017}$$

als mentales Modell der konkreten Person oder Persona *Rolf* von der *Benutzungsschnittstelle* des Textsystems *XWord* zum Zeitpunkt *1.7.2017*. Der Anwendungsbereich  $A_{\text{Tx}}$  bezieht sich hier im Beispiel auf das Gebiet der *Textverarbeitung*.

Das folgende Modell

$$S_{\text{XWord}}(B_{\text{Rolf}}(S_{\text{XWord}}^F(A_{\text{Tx}})))^{16h}$$

könnte interpretiert werden als technisches Modell des Textsystems *XWord* vom mentalen Modell der Persona *Rolf* von der Funktionalität des Textsystems *XWord*. Das System hätte beispielsweise nach den ersten 16 Stunden Nutzung durch *Rolf* ein bestimmtes Modell des Wissens des Benutzers von der Funktion des Textsystems, also eine Art Benutzerprofil durch Beobachten der genutzten Funktionen abgeleitet.

### 6.2.5 Kompatibilität von Modellen

Ein grundlegendes, immer wieder auftauchendes Problem und letztlich der Zweck unserer Betrachtungen ist die *Inkompatibilität von mentalen, konzeptuellen und technischen Modellen*. Die Inkompatibilitäten behindern die effektive Nutzung oder erschweren die effiziente Nutzung von interaktiven Anwendungssystemen.

Eine sehr grundlegende Inkompatibilität von Modellen ist diejenige zwischen  $B(A)$  und  $A$ ; beispielsweise hat der Benutzer den Anwendungsbereich nicht richtig verstanden und erwar-

tet daher ein anderes Verhalten des Anwendungssystems. Hier hilft nur eine Schulung des Benutzers im Anwendungsbereich. Eine Angleichung des Anwendungssystems wäre nicht sinnvoll. Fehlabstimmungen entstehen in vielen Fällen durch unverträgliche  $B(A)$  und  $D(A)$ , das heißt die Entwickler (Systemdesigner) haben das Anwendungssystem mit anderen Vorstellungen vom Anwendungsbereich entwickelt. Oftmals zeigt sich während der Entwicklung, dass beide Modelle nicht passend sind, so dass eine Abstimmung auf beiden Seiten notwendig wird, und die Systementwicklung auf diese Weise zu einer weiteren Klärung des Fachwissens von Benutzern und Systementwicklern führt. Ausgangspunkt dafür ist die Inkompatibilität von  $B(A)$  und  $S(A)$ , das heißt der Benutzer hat eine andere Vorstellung vom Anwendungsbereich als es das System realisiert.

Ein Problem mit ähnlicher Wirkung ist die Inkompatibilität von  $B(S(A))$  und  $S(A)$ , das heißt der Benutzer hat eine falsche Vorstellung vom Anwendungssystem. Dies lässt sich durch Schulung des Benutzers bezüglich des Anwendungssystems beseitigen. Auf diese Weise wird das  $B(S(A))$  an die Realität  $S(A)$  angepasst.

Eine andere Möglichkeit des Erkennens und Vermeidens inkonsistenter Modelle ist das frühzeitige Einbeziehen von Benutzern in den Prozess der Systementwicklung. Man nennt dies *Benutzerpartizipation* (Abschnitt 10.5.3). Auf diese Weise wird das Entstehen inkompatibler Modelle früh erkannt und kann durch geeignete Maßnahmen korrigiert werden.

In realen Anwendungssituationen können viele weitere Inkompatibilitäten auftreten, die jeweils mit unterschiedlichen Mitteln behoben werden müssen. In den meisten Fällen werden die Inkompatibilitäten durch zeitlich gestaffelte Maßnahmen nach Einführung eines Systems beseitigt, wie zum Beispiel Teststellungen, Pilotinstallationen oder Support. Letztlich muss vor allem sichergestellt werden, dass das System es ermöglicht, die anstehenden Aufgaben zu lösen, und dass die Benutzer ein ausreichend angenähertes Modell vom System besitzen,

$$\text{notiert als } B(S(A)) \cong S(A),$$

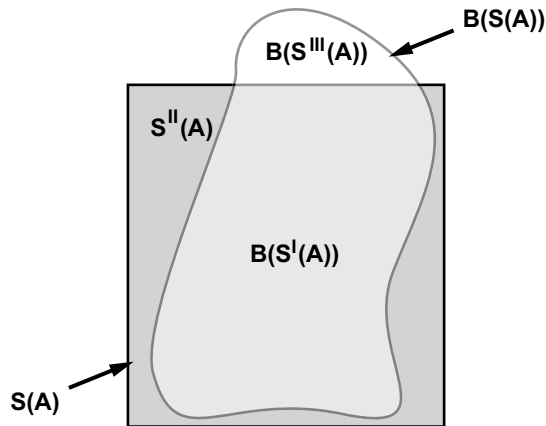
da die Gleichheit von Modellen,

$$\text{notiert als } B(S(A)) = S(A),$$

nur theoretisch existieren kann. Mit ausreichender Näherung ist gemeint, dass das mentale Modell des Benutzers vom Anwendungssystem es erlaubt, die Aufgaben zielgerichtet ohne „Herumprobieren“ zu erreichen. Das System ist damit ausreichend transparent, ohne besonders effizient sein zu müssen; auch die Schwächen des Systems sind dem Benutzer dann bekannt. Dabei ist zu beachten, dass das mentale Modell des Benutzers vom Anwendungssystem  $B(S(A))$  sowohl

1. korrekte Modellelemente  $S^I(A)$  enthält,
2. vorhandene Modellelemente  $S^{II}(A)$  des Systems nicht enthält
3. als auch Modellelemente  $S^{III}(A)$  enthält, die im System (noch) nicht vorhanden sind.

Diese Problematik wird in Abbildung 27 dargestellt. Das Ziel ist also keine zu große Unter- oder Überabdeckung, sondern eine möglichst exakte Abdeckung, also eine ausreichende Näherung wie oben beschrieben, zu entwickeln.

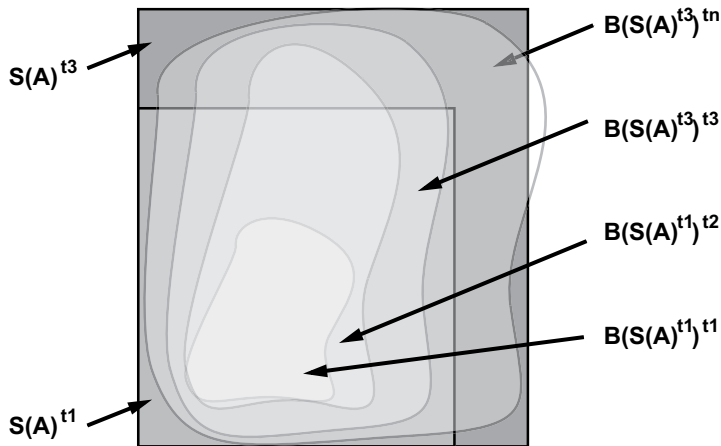


**Abbildung 27** Inkompatible mentale und technische Modelle

Das mentale Modell des Benutzers enthält Modellelemente  $S^I(A)$ , die im Systemmodell enthalten sind. Der Benutzer glaubt an Systemelemente  $S^{III}(A)$ , die dort allerdings gar nicht existieren. Außerdem kennt der Benutzer einige Systemeigenschaften  $S^{II}(A)$  nicht.

Dies wird im Allgemeinen schrittweise über eine zeitliche Entwicklung, einerseits durch Erlernen des Systems (Benutzer passt sich dem System an) und andererseits durch Verbesserungen des Systems (System wird den Benutzern angepasst), realisiert (Abbildung 28):

$B(S(A)^{t1})^{t1} \neq S(A)^{t1}$	Zustand bei Lieferung
$B(S(A)^{t1})^{t2} \neq S(A)^{t1}$	Zustand nach ersten Lernschritten
$B(S(A)^{t3})^{t3} \neq S(A)^{t3}$	Zustand nach Änderung des Systems
$B(S(A)^{t3})^{tn} \cong S(A)^{t3}$	Zustand nach weiteren Lernschritten
wobei $t1 < t2 < t3 < tn$	



**Abbildung 28** Zeitliche Entwicklung von System und mentalem Modell

Das mentale Modell des Benutzers vom System  $B(S(A))$  entwickelt sich mit der Zeit der Systemnutzung weiter und passt sich immer besser an das System an. Allerdings entwickelt sich das System während dessen von  $S(A)^{t1}$  nach  $S(A)^{t3}$  auch weiter, was wieder zu neuen Anpassungsproblemen führt.

Die Entstehung und die Kompatibilität der mentalen, konzeptuellen und technischen Modelle ist ein dynamischer Prozess, der in einer angemessenen Näherung so schnell wie möglich konvergieren sollte. Anpassungen entstehen durch Lernprozesse bei Benutzern und Systementwicklern sowie durch die Veränderung und Weiterentwicklung des Systems.

## 6.3 Gedächtnisstrukturen

Bevor wir die inhaltlichen Strukturen für mentale Modelle betrachten, soll im Weiteren zunächst noch ein grundlegendes Gesamtmodell des menschlichen Gedächtnisses dargestellt und diskutiert werden. Die Strukturen und Eigenschaften des menschlichen Gedächtnisses bilden gewissermaßen die Trägerebene, das Substrat der mentalen Modelle. Wir werden sehen, dass es in der Psychologie recht unterschiedliche Vorstellungen über die Gedächtnisstrukturen und, darauf aufbauend, die mentalen Modelle gibt.

Zur Einschätzung menschlicher Wahrnehmung und Handlung wurden vielfältige psychologische Modelle von der Repräsentation menschlichen Wissens entwickelt. Diese Modelle sind von unterschiedlicher Abstraktion und Detaillierung und zielen auf die Erklärung unterschiedlicher kognitiver Phänomene. Dabei muss beachtet werden, dass es sich bei solchen Modellen um starke Vereinfachungen handelt, die nur gut genug sein müssen, um die jeweils betrachteten kognitiven Phänomene beobachten, beschreiben, erklären oder auch vorhersagen zu können.

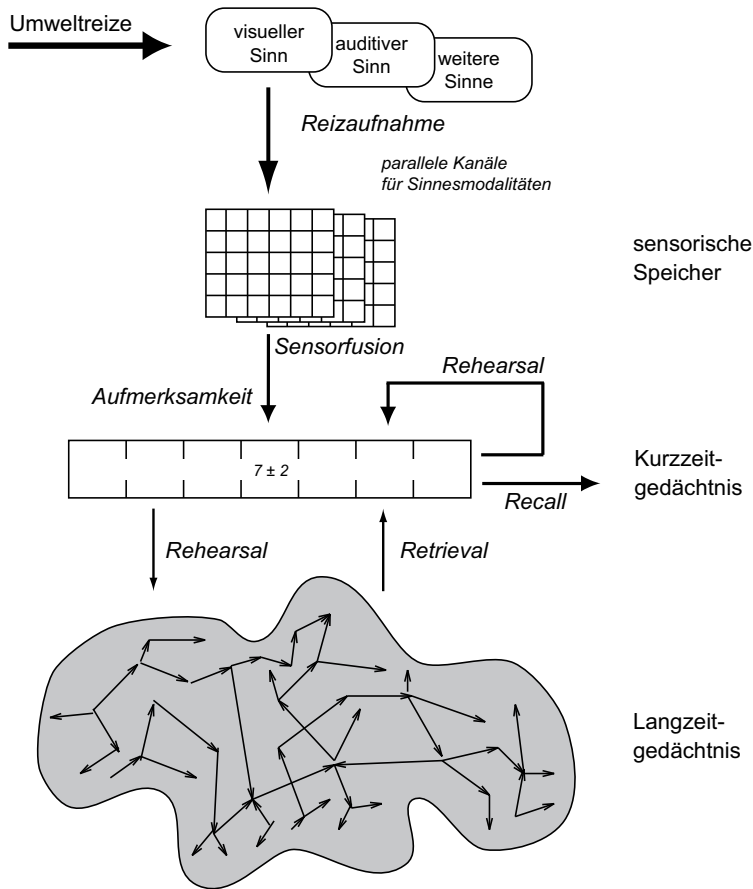
Wir bezeichnen die *Repräsentationen von Wissen* im Menschen üblicherweise als das menschliche *Gedächtnis*. Hierbei wird in einem Basismodell (*Multi Store Memory* nach Atkinson & Shiffrin, 1968, 1971) zwischen folgenden Unterstrukturen unterschieden:

- *Sensorische Gedächtnis (sensorischer Speicher);*
- *Kurzzeitgedächtnis (Arbeitsgedächtnis);*
- *Langzeitgedächtnis.*

Diese drei Gedächtnisformen wurden zunächst bei Untersuchungen menschlicher Wahrnehmungsprozesse beobachtet und modelliert. Sensorische Reize gelangen zunächst in die *sensorischen Speicher*, bei denen vor allem das *visuelle und das auditive Gedächtnis* unterschieden worden sind. Nachdem Wahrnehmungen im sensorischen Gedächtnis festgehalten und aufbereitet worden sind, kann ein Teil davon in das *Kurzzeitgedächtnis* gelangen und bewusstseinsfähig werden. Dort werden sie im Rahmen eines Verständnis- und Problemlösungsprozesses verarbeitet und können dabei in das *Langzeitgedächtnis* gelangen. Das Kurzzeitgedächtnis wird aufgrund seiner zentralen Funktion bei Problemlöseaktivitäten gerne auch *Arbeitsgedächtnis* genannt.

Die Eigenschaften dieser Informationsspeicher können durch eine Reihe von meist informationstechnisch orientierten *Charakteristika* beschrieben werden:

<i>Kapazität:</i>	Informationsmenge, die ein Speicher aufnehmen kann
<i>Kodierungsform:</i>	Art und Weise, wie Information in einem Speicher abgelegt wird. Die größten zusammenhängenden Informationseinheiten (Sinneinheiten) werden als <i>Chunks</i> bezeichnet. Derartige Chunks können beispielsweise Zahlen, Buchstaben, Abkürzungen, Wörter oder beliebig größere begriffliche Einheiten sein. Chunks sind individuelle Größen.
<i>Zugriffsgeschwindigkeit:</i>	Zeitdauer für das Ablegen bzw. das Auffinden von Information im Speicher
<i>Zugriffsorganisation:</i>	Ordnung und Zugangswege zur gespeicherten Information
<i>Persistenz:</i>	Zeitdauer und Präzision, in der die gespeicherte Information erhalten bleibt (Behaltensleistung, Merkfähigkeit)



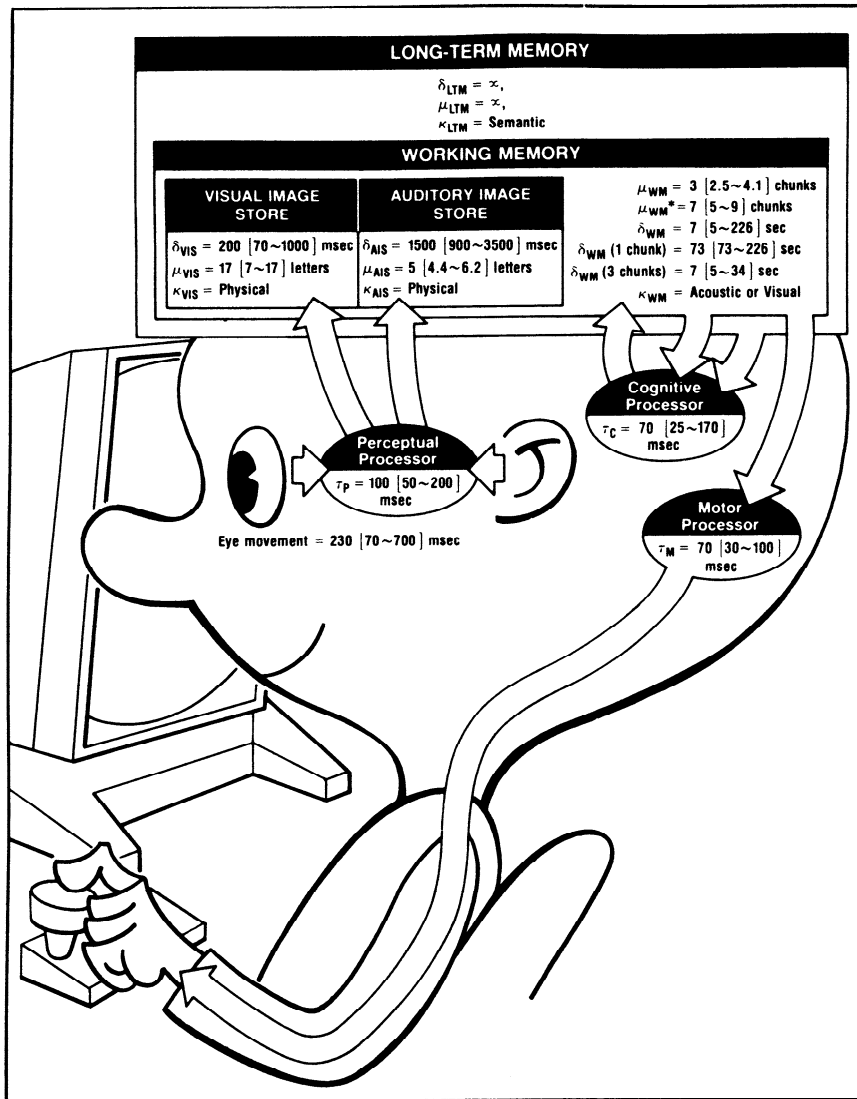
**Abbildung 29** Modell des menschlichen Gedächtnisses (Herczeg & Stein, 2012)

Das dargestellte Modell wurde in erster Linie abgeleitet aus dem *Multi Store Model* von Atkinson und Shiffrin (1968, 1971). Die sensorischen Reize gelangen zuerst in die sensorischen Speicher (sensorisches Gedächtnis) und werden dort aufgearbeitet und in Form von abstrahierten Chunks selektiv in das Kurzzeitgedächtnis übergeführt. Dort werden sie im Zusammenspiel mit dem Langzeitgedächtnis zum Verständnis von Situationen sowie für Problemlöseaktivitäten mit dem Langzeitgedächtnis verknüpft.

Über die Eigenschaften und das Zusammenspiel dieser Gedächtnisstrukturen im Zusammenhang mit der Nutzung von Computern finden sich weitere Details bei Card, Moran und Newell (1983), die mit ihren Arbeiten wesentliche Grundlagen für die Software-Ergonomie gelegt haben. Dabei ist ein bekanntes Modell, der *Model Human Processor* entstanden, das grundlegende Mechanismen bei der Mensch-Computer-Interaktion diskutiert hat. Das Modell ist bezüglich Fragen der Mensch-Technik-Gestaltung in seinen Grundzügen unverändert als für die grundlegenden Fragen menschlicher Informationsaufnahme nützlich anzusehen.



Die Integration weiterer Modalitäten, wie das Wahrnehmen haptischer Reize oder zeitbasierter Medien für multimediale Systeme, wäre allerdings heute hilfreich.



**Abbildung 30** Model Human Processor von Card, Moran und Newell (1983)

Die menschlichen Gedächtnisse bilden die Grundlage menschlicher Informationsverarbeitung. Ihre Kapazitäten ( $\mu$ ), Zugriffsgeschwindigkeiten ( $\tau$ ), Kodierungen ( $\kappa$ ) und Persistenzen ( $\delta$ ) sind an die Bedürfnisse menschlicher Wahrnehmungs-, Problemlösungs- und Handlungsprozesse angepasst.

### 6.3.1 Sensorisches Gedächtnis

Bei der Reizaufnahme gelangen die registrierten Empfindungen zunächst in sensorische Speicher, bei denen insbesondere *ikonische* und *echoische Speicher* unterschieden werden.

Der *ikonische Speicher* ist in der Lage, visuelle Information (ca. 12 Chunks) für kurze Zeit (ca. 0,5 sec) bei sehr schnellen Zugriffszeiten zwischenzuspeichern. Die Kodierungsform ist weitgehend ungeklärt.

Der *echoische (auditive) Speicher* dient der Speicherung auditiver Informationen. Die Information verbleibt bis zu 5 sec in diesem Gedächtnis. Dies erklärt, warum akustische Ereignisse auch einige Sekunden später noch wahrgenommen werden können (z. B. Klingeln). Die Zugriffszeiten dieses Speichers sind ebenfalls sehr kurz. Die Kodierungsform ist ebenfalls weitgehend ungeklärt.

### 6.3.2 Kurzzeitgedächtnis

Nach den sensorischen Gedächtnissen gelangt die aufgenommene Information zunächst in das sogenannte *Kurzzeitgedächtnis (KZG)*. Aufgrund seiner Aufgabe als Puffer für Problemlösungsprozesse nennt man das Kurzzeitgedächtnis auch *Arbeitsgedächtnis*. Hier spielt sich der größte Teil der *bewussten Denkarbeit* ab. Das Arbeitsgedächtnis bildet dabei gewissermaßen die „Drehzscheibe“ der menschlichen Informationsverarbeitung.

Die Grenzen der *Kapazität* des menschlichen KZG wurden wissenschaftlich schon früh von Miller formuliert (Miller, 1956). Er stellte in unterschiedlichsten Experimenten fest, dass es den meisten Menschen möglich ist, in kurzer Zeit immer etwa  $7 \pm 2$  Chunks über einen Zeitraum von etwa 15–30 sec zu speichern. Außerdem ist zu beobachten, dass der Zugriff umso unzuverlässiger wird, je mehr Chunks gespeichert werden.

Die Kodierungsform des KZG scheint in vielen Fällen auditiv zu sein, das heißt es werden teils mit und teils ohne Sprechmuskelbewegung Klangbilder abgelegt. Weiterhin werden auch visuelle Muster kodiert.

Zur optimalen Ausnutzung des KZG lassen sich in bewusster Weise künstlich Chunks bilden, beispielsweise durch die Gruppierung von Information. Man versucht sich deshalb zum Beispiel lange Ziffernfolgen in Zifferngruppen von zwei bis drei Ziffern zu merken. Im Allgemeinen sollten schon vorhandene und schon gut verarbeitete Chunks genutzt werden, wie etwa Elemente aus der Umgangs- oder Fachsprache sowie bekannte Bilder.

Das KZG funktioniert umso besser, je unterschiedlicher die Chunks sind. Es ist einfacher, eine bestimmte Anzahl unterschiedlicher Chunks als die gleiche Anzahl ähnlicher Chunks zu speichern. So hat man bei psychologischen Experimenten mit Fluglotsen festgestellt, dass es leichter fällt, die vier Daten Höhe, Geschwindigkeit, Richtung und Größe von zwei Flugzeugen nach einer kurzen Merkphase korrekt wiederzugeben, als nur die Höhe und die Geschwindigkeit von vier Flugzeugen, obwohl dies in beiden Fällen acht Chunks entspricht.

Die *Schreibzugriffsgeschwindigkeit* des KZG beträgt etwa 0,3 sec/Chunk. Die Lese-*geschwindigkeit* liegt bei 0,1–0,2 sec/Chunk.

Die *Zugriffsorganisation* ist streng sequenziell (First-In-First-Out, FIFO). So erfolgt die Wiedergabe einer Zahlenkolonne, z. B. eine Telefonnummer, am einfachsten in der Reihenfolge, in der sie gespeichert wurde.

Die *Persistenz* des KZG ist mit 15–30 sec sehr gering. Dies sind darüber hinaus noch die günstigsten Werte, da das Kurzzeitgedächtnis sehr empfindlich gegenüber Störungen reagiert. Wird man auch nur kurz abgelenkt oder gestört, ist die gespeicherte Information ganz oder teilweise verschwunden. Dies kann zum Löschen von Information aus dem KZG bereits binnen 0,1–0,5 sec führen. Diese Störungen können sowohl externer als auch interner Art sein. Letztere äußern sich bekanntermaßen als *Konzentrationsschwächen* oder *Aufmerksamkeitsstörungen*.

Durch ständiges Wiederholen (z. B. „Vorsichhersagen“ oder „sich bildlich Vorstellen“), sogenanntes *Rehearsal*, kann das KZG laufend aufgefrischt werden, so dass dort im Prinzip auch beliebig lange gespeichert werden kann, solange das Rehearsal erfolgt und keine Störungen auftreten.

### 6.3.3 Langzeitgedächtnis

Die langfristige Speicherung menschlichen Wissens findet nach dem vorgestellten Modell im Anschluss an die Verarbeitung im Kurzzeitgedächtnis in einer weiteren Gedächtnisstruktur statt, dem *Langzeitgedächtnis (LZG)*.

Die *Kapazität* des LZG scheint nach bisherigen Erkenntnissen praktisch unbegrenzt zu sein. Schwächen, sich Neues merken zu können, hängen vermutlich eher mit einer Begrenzung zusammen, neue Information geeignet in das LZG einzufügen und zu vernetzen, als mit Kapazitätsengpässen.

Das Einfügen von Information in das LZG ist bekanntlich ein mühevoller Prozess. Im günstigsten Fall dauert das Speichern neuer Information in das LZG etwa 8 sec/Chunk. Dieser Speicher ist also verglichen mit dem sensorischen Gedächtnis und dem KZG äußerst langsam. Der Lesezugriff ist mit 2 sec/Chunk deutlich schneller und kann bei laufenden Lesezugriffen auf bis auf 0,1–0,2 sec/Chunk reduziert werden. Bei diesen Abschätzungen muss allerdings vorsichtig mit dem Begriff Chunk umgegangen werden. Die Chunks können beim LZG von anderer Art, Struktur und Größenordnung sein als bei den anderen Gedächtnissen.

Die *Organisation* des LZG scheint vor allem auf der Basis von *Assoziationen* zu beruhen. Diese Assoziationen kann man sich als gerichtete Verweise von Wissensseinheiten auf andere Wissensseinheiten vorstellen. Die Assoziationen sind von unterschiedlicher Bedeutung und können vor allem Generalisierungen, Spezialisierungen, Ähnlichkeiten, Ausnahmen, Teilebeziehungen aber auch beliebige, semantisch kaum greifbare Zusammenhänge darstellen. Aus diesen Assoziationen können flexibel komplexe Konstrukte gebildet werden, was die Qualität und Größe und damit die Wirksamkeit und Nützlichkeit von Chunks wesentlich

steigern kann. Erkenntnisse über derartige Wissensstrukturen (im Gegensatz zu einfacheren Informationsstrukturen) haben wesentliche Beiträge zur formalen Repräsentation von Wissen in Computersystemen geleistet. Man versucht im Fachgebiet *Künstliche Intelligenz* in sogenannten *wissensbasierten Systemen* dem menschlichen Gedächtnis ähnliche Strukturmodelle und Verarbeitungsprinzipien (Schlussfolgerungen) in Computern technisch zu konstruieren und für komplexe, automatische Problemlösungsprozesse auszunutzen.

Die *Persistenz* des LZG ist nach heutigen Einschätzungen wie die Kapazität praktisch unbegrenzt. Wir können uns zu beliebigen späteren Zeitpunkten vermeintlich zufällig an lange zurückliegende Informationen erinnern. Leider ist diese prinzipielle Fähigkeit überschattet von einem Phänomen des *Vergessens*, das dazu führt, dass Wissen scheinbar verloren geht. Oftmals kommt dieses zunächst vermeintlich verloren gegangene Wissen irgendwann später doch wieder, möglicherweise leicht verändert, zum Vorschein. Das Problem sind somit eher unzureichende oder verschüttete Zugriffspfade zum gesuchten Wissen. In diesem Zusammenhang taucht auch das Phänomen *Erinnerung (Recall)* im Gegensatz zu *Wiedererkennung (Recognition)* auf. Es ist für uns viel einfacher, uns an etwas zu erinnern, wenn wir die gesuchte Information ganz oder teilweise präsentiert bekommen (Recognition), als wenn wir versuchen, durch Assoziationen darauf zuzugreifen (Recall).

Es ist vor allem das LZG, das die Grundlage für mentale Modelle bildet. Die beobachteten Gedächtnisstrukturen, die als mentale Modelle in Erscheinung treten, werden im nächsten Abschnitt vorgestellt und diskutiert.

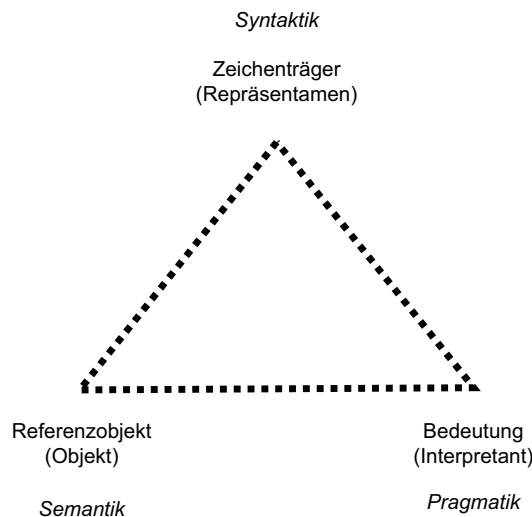
## 6.4 Wissensstrukturen

Die dem Langzeitgedächtnis zugrunde liegenden Repräsentationen menschlichen Wissens wurden vielfach untersucht. Daraus stammen vielfältige Modelle, die jeweils einzelne menschliche Gedächtnis- und Problemlösungsleistungen erklären. Diese Modelle weisen zwar Ähnlichkeiten und Beziehungen zueinander auf, trotzdem sind es nur Fragmente einer umfassenden Theorie mentaler Modelle (siehe dazu auch Dutke, 1994). Trotz der Unvollständigkeit dieser Theoriebildungen sind die einzelnen Modelle durchaus tauglich und hilfreich, menschliches Verhalten, insbesondere auch in der Interaktion mit Computersystemen, zu verstehen und das Zusammenwirken zwischen Mensch und Computer zu optimieren. Die vielfältigen Bezüge zwischen den einzelnen Theorien und Konzepten helfen dabei, diese auch in komplexeren Zusammenhängen anzuwenden. In den folgenden Abschnitten werden einzelne solche Wissensmodelle kurz erläutert. Sie entstammen keiner durchgängigen oder einheitlichen Theoriebildung, sondern meist unterschiedlichen Wissenschaftsgebieten und Forschungsarbeiten und verfolgen auch unterschiedliche Ziele. Sie erscheinen jedoch hilfreich für die Software-Ergonomie.

### 6.4.1 Semiotische Modelle

Die *Semiotik*, die *allgemeine Wissenschaft von den Zeichen*, thematisiert den Bezug von *Zeichensystemen* zu Wahrnehmung, Kommunikation und Handlung von Menschen in ihrer Umwelt.

Das grundlegende *semiotische System* wird meist in Anlehnung an die Semiotik nach Charles Sanders Peirce und Charles William Morris Nöth (2000) durch die Triade aus einem wahrnehmbarem Zeichen (*Zeichenträger, Repräsentamen*), seinem Objektbezug (*Referenzobjekt*), der auch immaterielle Objekte zulässt, sowie seiner pragmatischen Interpretation und Wirkung (*Interpretant, Bedeutung*) gebildet (Abbildung 31).



**Abbildung 31** Semiotische Triade der Zeichen (in Anlehnung an Peirce und Morris)

Ein Zeichen nach der Semiotik von Peirce und Morris ist eine triadische Relation aus einem Zeichenträger, dem Repräsentamen, einem dadurch repräsentierten Sachverhalt oder Objekt und einer interpretierenden Intelligenz (Bewusstsein).

Während Peirce den Zeichenbegriff als universelles, auch von Lebewesen unabhängiges Konzept zur Beschreibung der Welt ansieht, ist es vor allem Morris, der später aufbauend auf der Triade von Peirce Zeichen und ihre Entstehung auf das Verhalten von Organismen (Mensch und Tier) in ihren Lebenskontexten bezieht. Die Semiotik wird so zu einer psychologisch orientierten Lehre, die geeignet auf artifizielle und vor allem technische Kontexte angewendet werden kann.

Morris erweitert den Peirceschen Zeichenträger auf ein syntaktisch beschreibbares Zeichensystem, in dem sich aus Zeichen Zeichenklassen sowie höherwertige Zeichen nach bestimm-

ten Bildungsregeln aus einfacheren Zeichen definieren lassen. Dies fundiert auch die heutigen linguistischen und informatischen Konzepte einer *Grammatik*. Geordnete *Zeichenbildungs- und Zeichennutzungsprozesse (Semiosen)* sind eine wichtige Grundlage bewusstseinsfähiger mentaler Modelle und der sich darauf stützenden Kommunikations- und Interaktionsprozesse. Zeichen sind mentale und konzeptuelle Repräsentanten von Objekten, Kategorien und Szenarien unserer Welt mitsamt ihrer Bedeutung (Interpretation) im Kontext von Kommunikation und Handlung. Zeichensysteme entstehen aus Relationen zwischen Zeichen und denotieren so auch komplexe Gegenstands- und Handlungskonstrukte in der Welt. Zeichen dienen als Bausteine von Kommunikation durch Sprache und werden lexikalisch und syntaktisch zu hierarchisch höherwertigen Zeichen in Form von Wörtern, Phrasen und Sätzen aufgebaut.

Diverse Varianten semiotischer Modelle haben sich in Disziplinen wie Linguistik, Literatur, Musik, Informatik, Design und Kunst mit ähnlichen Begriffen und Modellen entwickelt. Eine ausführliche Darstellung der Semiotik, ihre Entstehung, ihre unterschiedlichen Modellbildungen sowie die diversen praktischen Bedeutungen und Anwendungsmöglichkeiten finden sich bei Nöth (2000).

Eco (1972) diskutiert und entwickelt kultur-, literatur- und sprachwissenschaftliche Formen der Semiotik. Er wendet sie unter anderem auf Literatur, Film und Werbung an. Diese stark kommunikationsorientierten Formen einer *Kultursemiotik* könnten künftig möglicherweise im Bereich interaktiver und kommunikativer Computeranwendungen Anwendung finden, wenn es um *sprachgenerierende und sprachverarbeitende Systeme* (hier natürliche Sprache) oder um das neue Feld des *digitalen Geschichtenerzählens (Digital Storytelling)* geht. Die dort verwendeten *Kodes* basieren immer auf kulturellen Konventionen bei der Erzeugung und Nutzung der Zeichen und Zeichensysteme. Ecos Form der Semiotik findet schon länger Gebrauch im Bereich von Film, Fernsehen und Werbung.

Im Bereich der *Prozessführung* und dem *Systems-Engineering* finden sich ebenfalls semiotische Modelle (Rasmussen, 1983), die sich vor allem mit dem Erkennen und Bewerten von Systemzuständen in dynamischen Systemen (Prozessen) befassen (siehe Abschnitt 8.3.4 und Abbildung 43). Rasmussen diskutiert die stufenweise semantische Aufladung von Zeichen von der unteren Ebene der Mustererkennung (*Signals* als erkannte Muster), über die nächst höhere Ebene der Handlungsregeln (*Signs* als Auslöser von erlernten Bedingungs-Aktions-Paaren) bis zur oberen Ebene der bewussten Verarbeitung von Wissen (*Symbols* als Repräsentanten von Objekten und Zuständen bei Problemlöseprozessen).

Andersen (1997) und Nake (2001) zielen im Rahmen der *Computersemiotik* auf einen informatischen Zeichenbegriff, der die unterschiedlichen Interpretationen von Zeichen durch Mensch und Maschine in der Interaktion berücksichtigt. Diese scheint notwendig, da die während der Mensch-Maschine-Interaktion „gemeinsam“ genutzten Zeichenrepertoires von Mensch und Maschine auf zunächst völlig unterschiedlichen Zeichenbildungs- und Zeicheninterpretationsprozessen beruhen, insbesondere auf der Programmierung von Maschinen. Während es sonst Organismen sind, die Zeichen erzeugen und nutzen, sind künftig auch durch Maschinen medierte Semiosen sowie in Maschinen realisierte Semiosen vorstellbar.

Der Charakter und die Bedeutung der Semiotik treten besonders bei der Realisierung multi-medialer Systeme zutage, wenn man kulturellen Zeichen und ihrer Bedeutung eine externe Repräsentation in meist grafischer oder auditiver Form verleiht, wie beispielsweise bei der Gestaltung von Piktogrammen (*Icons*) (Smith et al., 1982; Brami, 1997; Marcus, 2003) oder auditiven Elementen (*Earcons*) (Brewster, Wright & Edwards, 1993; Brewster, 1998). Dabei verzweigt sich der visuelle Kanal oft in textliche und bildliche Strukturen, die entweder Kommunikations- oder Handlungsprozesse reflektieren. Kommunikationsorientierte symbolische Zeichensysteme finden sich in Computersystemen als *Sprachsysteme* wieder, die mit Hilfe von *Grammatiken* formale oder natürliche Sprachen *scannen* (Zeichenerkennung), *parsen* (Satzerkennung) und *synthetisieren* (Sprachgenerierung) können. Interaktive Zeichensysteme werden aber in Form von *Künstlichen Welten* (*Direkt Manipulative Systeme*, *Virtuelle Realitäten*) sichtbar, in denen mehr oder weniger abstrahierte bildliche (ikonische) Zeichen Objekte einer Handlungswelt durch visuelle und strukturelle Ähnlichkeit (*Metaphorik*) abbilden und mittels möglichst natürlichen Interaktionen zu manipulieren und zu interpretieren erlauben. Ihnen liegt, vergleichbar zur Sprachgrammatik, eine Handlungsgrammatik als Regelstruktur zugrunde. Je nach Abstraktion entstehen mehr oder weniger wirkungsvolle *Analogien* und *Metaphern*, die helfen sollen, Systeme *unmittelbar verstehen und bedienen* zu können, ohne längere Lernphasen voraussetzen zu müssen. Im Bereich der interaktiven und multimedialen Systeme erscheinen so die Mächtigkeit und die Bedeutung der semiotischen Theorien und Modelle bedeutungsvoller denn je.

### 6.4.2 Begriffe, Objektsysteme und Welten

Wie im vorhergehenden Abschnitt bei semiotischen Modellen schon beschrieben, stehen Zeichen für bedeutungstragende Dinge in der Welt. Wir wollen diese Dinge auch als *Objekte*, und ihre Einbettungen und Konglomerate als *Welten* und *Realitäten* (*Wirklichkeiten*) im weitesten Sinne bezeichnen. Wir sehen, erkennen, beobachten, verstehen, bewegen, verändern und erzeugen oder vernichten Objekte in unserer wahrgenommenen Welt. Objekte sind wichtige Bezugspunkte für unsere Orientierungs- und Problemlösefähigkeit. Sie sind die Gegenstände von Kommunikation und Handlung. Sie bilden die Grundlage für Welten.

Unsere mentalen Modelle bestehen unter anderem aus den Repräsentationen solcher Objekte. Sie werden dort in geordneten *Bezeichnungs-* und *Begriffssystemen* (*Thesauren*) sowie in meist hierarchisch strukturierten *Gegenstands-* und *Objektsystemen* beschrieben und geordnet (Carroll & Olson, 1988; Johnson-Laird, 1989; Preece et al., 1994). *Abstraktionen* (*Klassen*, *Kategorien*) und *Mengenmodelle* (*Gruppierungen*, *Kollektionen*) vereinfachen und ordnen die Objekte der Welt in *Generalisierungs-* bzw. *Spezialisierungsverbänden* (*Taxonomien*, *Ontologien*). *Partonomien* zeigen Teilebeziehungen, *Assoziationen* stellen beliebige weitere Bezüge zwischen Objekten her. *Regeln* beschreiben die Beziehungen von Objektzuständen mit ihren räumlichen und zeitlichen Bedingungen zu Aktivitäten (Handlungen).

Menschen können sich in Kommunikations- und Problemlösungsprozessen sowohl auf *reale* wie auch auf *fiktive* Objekte beziehen. Dasselbe gilt für *materielle* (*physische*) wie auch für

*immaterielle (virtuelle)* Objekte. Für mentale Objekte macht es grundsätzlich keinen Unterschied, ob diese Objekte in irgendeiner phänomenologischen Form, also mit den Sinnen wahrnehmbar, existieren oder nur erdacht sind. Allein schon aus Gründen ihrer Fähigkeit zur Abstraktion sind Menschen in der Lage, reale oder abstrakte Objekte zu denken und zeichenhaft oder in ihrer Form („in-formiert“<sup>15</sup>) in Gedanken zu manipulieren. *Computersysteme als zeichen- und musterverarbeitende Systeme* setzen diese *Simulationsfähigkeit* konsequent fort. Die mit einem Anwendungssystem zu manipulierenden Arbeitsgegenstände (vgl. Abschnitt 2.5) können also entweder abstrakter Natur (z. B. Buchungen in einem Buchhaltungssystem) oder konkreter Natur (z. B. 3D-Objekte in einem CAD-System oder einem Computerspiel) sein. Die mentalen Objektrepräsentationen werden entsprechend abstrakt aus *Struktur* und *Inhalt* bestehen, oder als Abbild einer mehr oder weniger naturalistischen Form *Gestalt* und *Muster* aufweisen.

Mit den Herausforderungen und Schwierigkeiten des Menschen, mit zunehmend virtuellen Dingen konfrontiert zu werden und diese in den mentalen Repräsentationen geeignet zu manifestieren, um dann auf einer solchen Grundlage angemessen zu kommunizieren und zu handeln, hat sich Vilém Flusser (1993) auseinandergesetzt. Er spricht von der zunehmenden Problematik, dass wir nicht mehr in einer Welt von Dingen, sondern in einer Welt von Undingen leben. In ähnlicher Weise hat Jean Baudrillard (1968; 1981) den zunehmenden Ersatz der realen Welt und des realen Lebens durch Zeichensysteme ohne Bezug auf reale Dinge kritisiert. Er nennt solche Zeichen *Simulacra*, Referenzen ohne Bezug auf die Wirklichkeit, Kopien ohne Originale. Inwieweit die Entfremdung des Menschen von der Realität durch zunehmende Abstraktionen und virtuelle Welten realisiert durch Computersysteme zu einem Problem werden kann und wie man solchen Problemen gegebenenfalls begegnen kann, muss derzeit als weitgehend ungeklärt angesehen werden. Zunächst sind die beiden Pole „Ding“ oder „Unding“, wie sie Flusser nennt, beziehungsweise Referenz auf „Weltobjekt“ oder „Selbstreferenz“, wie es Baudrillard einordnet, hinsichtlich unserer Fragestellung, wie mentale Modelle aufgebaut sind, als semiotisches Phänomen anzusehen, das der Mensch grundsätzlich gut bewältigt, möglicherweise allerdings mit individuellen, sozialen oder kulturellen Folgen.

Paul Watzlawick findet bei psychologischen Untersuchungen mentaler Modelle eine ausgeprägte Neigung oder Fähigkeit des Menschen zu intersubjektiv stark abweichenden subjektiven Wirklichkeiten (Watzlawick, 1976). Diese nennt er *Wirklichkeiten 2. Ordnung*, im Gegensatz zur physischen, das heißt objektiven *Wirklichkeit 1. Ordnung*. Er stellt fest (1976, S. 236), dass oft:

„...*Annahmen, Dogmen, Prämissen, Aberglauben, Hoffnungen und dergleichen wirklicher als die Wirklichkeit werden ...*“.

Wir können hier festhalten, dass mentale Modelle Repräsentationen von Dingen der realen Welt in vergleichbarer Form wie Repräsentationen von fiktiven Dingen enthalten. Mentale

---

<sup>15</sup> Vilém Flusser spricht von „In-Formation“ im Sinne von „etwas in Form bringen“.

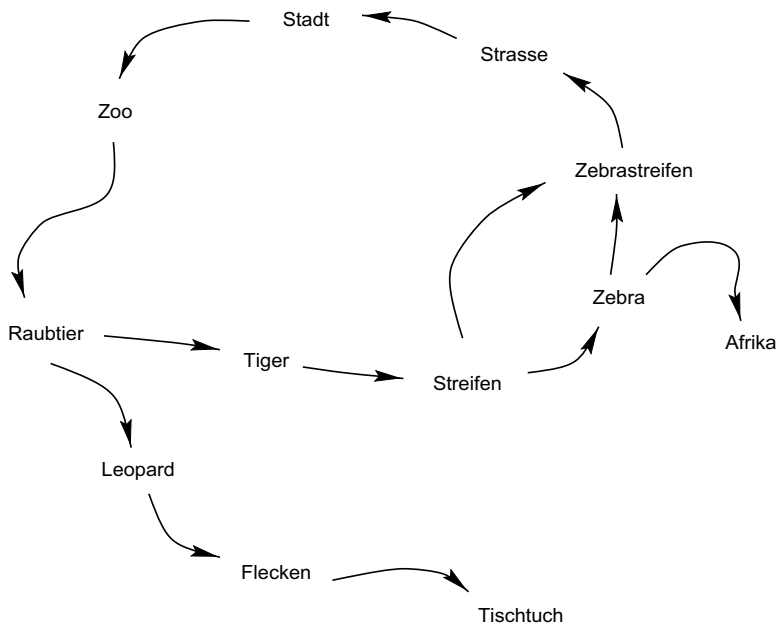


Modelle haben somit immer auch potenziell simulativen Charakter, und Computersysteme können wir mit diesem Phänomen wirkungsvoll verknüpfen.

### 6.4.3 Assoziationen und semantische Netze

Wie schon im vorhergehenden Abschnitt diskutiert, stehen Objekte unserer wahrgenommenen Welt mit anderen Objekten in vielfältigen Beziehungen. Wir nennen diese Objektbeziehungen auch *Assoziationen* oder *Relationen*.

In Abbildung 32 findet sich ein Beispiel für Assoziationen zwischen Objekten im Rahmen eines Denkprozesses. Dabei werden auch Gedankensprünge zu Objekten dargestellt, die aus einem Kontext heraus- und in einen neuen hineinführen, ohne dass dies zwangsläufig erkennbar sinnhafte Übergänge wären. Insofern unterstützen Assoziationen sowohl systematisches, das heißt hier zielgerichtetes, als auch unbestimmtes sprunghaftes, eher kreatives Denken.



**Abbildung 32** Beispiele für Assoziationen

Menschliche Denkprozesse führen über Ketten von Begrifflichkeiten. Sie spiegeln eine Form des menschlichen Langzeitgedächtnisses und seiner Nutzung als Assoziativspeicher wider. Dabei ist zu beobachten, dass die Assoziationen zwischen den Begriffen im Allgemeinen unidirektional sind.

Assoziationen erzeugen und unterstützen gedankliche Bezüge und Abläufe im Denken. Sie führen von einer zu anderen Begrifflichkeiten, die mit dieser in Beziehung stehen und treiben so den Denkprozess voran. Entscheidend für diesen menschlichen *Assoziativspeicher* und

seine Nutzbarkeit in Denkprozessen ist seine Bedeutung im Kontext der Problemstellung. Objekte und bedeutungstragende Assoziationen bilden Netze. Netze mit sinnhaften Bezügen (*semantischen Relationen*) nennen wir auch *semantische Netze*. Sie verbinden Objekte und stellen in geeigneten Kontexten bedeutungsvolle Bezüge zwischen diesen her.

Die Bedeutung von Assoziationen als Basisstruktur im menschlichen Langzeitgedächtnis wird seit langem thematisiert. Hinweisend auf eine der frühesten Auseinandersetzungen mit der technischen Realisierung vernetzter, multimedialer Informationsstrukturen wird Vannevar Bush mit seiner Idee eines *Memory Extenders (MEMEX)* genannt (Bush, 1945). Insbesondere durch die Realisierung des *World Wide Web (WWW)* sind Hypermediasysteme in das allgemeine Bewusstsein und in die breite Anwendung gelangt (Bogaschewsky, 1992). Das WWW wird deshalb auch als externalisiertes globales Langzeitgedächtnis angesehen.

#### 6.4.4 Bedingungs-Aktions-Regeln und Produktionssysteme

Neben rein strukturellen Wissensmodellen auf der Grundlage semantischer Netze ist menschliches Wissen vor allem von Aktionsmodellen geprägt. Dies können im einfachsten Fall sogenannte *Bedingungs-Aktions-Paare (Wenn-Dann-Regeln)* sein, die von Bedingungen zu Aktionen oder Schlussfolgerungen führen (Newell & Simon, 1972; Rasmussen, 1983). Diese Art von Modellen werden im Bereich der Kognitionswissenschaft und Künstlichen Intelligenz auch *Produktionssysteme* genannt (Newell & Simon, 1972; Newell, 1973; Barr, Cohen & Feigenbaum, 1981). Sie sind in der Lage, aus beobachteten Systemzuständen, vor allem aus Objektzuständen, Erkenntnisse oder Aktivitäten abzuleiten.

Es existieren diverse Frameworks, um Produktionssysteme zu modellieren und zu simulieren, die menschlichen regelbasierten Problemlösungsstrategien ähneln. Eines der ersten Systeme dieser Art war *GPS*, der *General Problem Solver* (Newell & Simon, 1972), der aufgrund seiner Regelstruktur in der Lage ist, Probleme in Teilprobleme zu zerlegen und regelbasiert Teillösungen einer Gesamtlösung zuzuführen. Man spricht hier von *Mittel-Ziel-Analyse (Means-Ends-Analysis, MEA)*.

Als weiterentwickeltes System bildet *Soar* (die Abkürzung stand ursprünglich für *State, Operator and Result*) eine auf ähnlichen Grundprinzipien basierende *kognitive Architektur*. Sie sieht einen Arbeitsspeicher vor, gegen den anwendbare Regeln geprüft werden, die, falls sie passen, wiederum Operatoren zur Anwendung vorschlagen. Die Operatoren werden entsprechend definierter Präferenzen ausgewählt, oder es werden zur Auswahl unterschiedliche Problemlösungsstrategien angewandt. In Form eines Lernprozesses können für künftige Fälle neue Regeln gebildet werden. *Soar* versucht die bewusste menschliche Problemlösungsarchitektur in wesentlichen Aspekten, vor allem Zustandsraum, Regelwissen und Problemlösungsheuristiken sowie Lernprozesse, im Sinne einer einheitlichen Kognitionstheorie nachzubilden (Newell, 1990; Laird, 2012).

Ein ähnliches System, das neben dem Arbeitsspeicher über einen als semantisches Netz strukturierten deklarativen Speicher sowie dem Produktionsspeicher als prozeduralem Speicher verfügt, verfolgt die *ACT-Architektur (Adaptive Character of Thought)*, die in verschie-

denen Ausprägungen wie ACT\* (Andersen, 1983) oder später ACT-R (Andersen, 1993) entwickelt und angewendet worden ist.

Diese regelbasierten kognitiven Architekturen versuchen, die beobachtbaren Prinzipien menschlicher Gedächtnis- und Wissensstrukturen sowie Inferenz- und Handlungsstrategien in einer einheitlichen Theorie zu beschreiben und zum Zweck der Simulation menschlicher Problemlösungsleistungen maschinell zu realisieren. Sie eignen sich in besonderer Weise dazu, Prozessführung und vor allem arbeitsteilige Prozesse zwischen Mensch und Maschine und Automatisierungen zu verstehen und zu modellieren.

### 6.4.5 Funktionale Modelle und Surrogate

Young (1983) unterscheidet seitens der Benutzer verschiedene Arten von mentalen Modellen; er spricht hierbei auch von *konzeptuellen Modellen*. Eine wichtige Form mentaler Modelle nennt er *Surrogate (Surrogates)* und meint damit *mechanistische Modelle*, die dazu dienen können, stellvertretend für das reale System mentale Simulationen zu ermöglichen, um für bestimmte Inputs in das System bestimmte Outputs vorherzusagen. Diese Surrogate dienen so als funktionale Modelle zur mentalen Simulation. Sie sind Stellvertreter des realen Systems.

Weitergehende funktionale mentale Modelle und speziell die dabei auftretenden *Fehlhandlungen* wurden vor allem in der Kognitionspsychologie, der Systemtheorie (Ropohl, 1979) und dem Cognitive Systems-Engineering (Norman, 1981; Rasmussen, 1984, 1985a; Reason, 1990; Rasmussen, Pejtersen & Goodstein, 1994) ausführlich untersucht und beschrieben.

### 6.4.6 Aufgabenbasierte Modelle und Mappings

Young (1983) beschreibt neben den funktionalen Surrogaten auch sogenannte aufgabenbasierte *Mappings*. Diese Mappings dienen dazu, vorhandene Aufgaben auf Eingaben in das interaktive System abzubilden. Je besser die Mappings zu den Aufgaben passen, desto direkter können die Aktivitäten geplant und praktiziert werden. Das mentale Übersetzen (Mappen) von Aufgaben (externe Aufgaben) in Funktionen eines Systems (interne Aufgaben) beschreibt Moran (1983) in seiner *External-Internal Task Mapping Analysis (ETIT-Analyse)*. Es gibt eine Vielzahl von Theorien, Formalismen und Sprachen zur aufgabenbasierten Analyse und Modellierung. Grundlagen und Beschreibungen dazu haben wir bereits in Abschnitt 2.3 im Kontext von Arbeitssystemen kennengelernt.

Für die Gestaltung interaktiver Systeme wird im Zusammenhang mit der möglichst einfachen (direkten) Übersetzung von Aufgaben in Handlungen bzw. Kommunikation mit einem System auch von der *Direktheit der Interaktion* gesprochen (Hutchins, Hollan & Norman, 1986). Dies wird in Abschnitt 8.3.6 unter dem Begriff der *Direkten Manipulation* näher erläutert.

### 6.4.7 Skripts und Szenarien

In verschiedensten Untersuchungen wurde festgestellt, dass Menschen nicht nur einzelne Objekte sowie relationale und funktionale Beziehungen zwischen diesen Objekten, sondern komplexe stereotype Situationen und Handlungsabläufe innerhalb einer möglicherweise assoziativ zusammenhängenden Gedächtnisstruktur speichern können.

Durch sogenannte *Szenarien (Skripts)* werden kausale, handlungsorientierte und episodische Objektstrukturen und Aktivitäten abgebildet, die den Menschen befähigen, in einer komplexen Welt orientiert und kontextgerecht zu agieren (Schank & Abelson, 1977). Solche Szenarien beschreiben meist typische Lebenssituationen, in die wir häufiger gelangen, die wiedererkannt werden und in denen sich Menschen dann in typischer Weise verhalten.

Beispiele für solche Szenarien sind eine Geburtstagsfeier oder das Einkaufen in einem Supermarkt. Menschen gehen auf Grundlage solcher memorierter Skripts in einen bestimmten Verhaltensmodus und nutzen ihre Erfahrungen aus vorherigen, vergleichbaren Situationen, um im aktuellen Kontext zielführend und sozial angemessen zu agieren.

### 6.4.8 Strukturelle Modelle und Metaphern

Eine wichtige Rolle bei multimedialen interaktiven Systemen spielen *Metaphern*, die den Benutzern ein Abbild einer schon bekannten Welt über den Computer liefern (Carroll, Mack & Kellog, 1988; Dutke, 1994). Durch Metaphern werden Benutzer schnell in die Lage versetzt, auch Systeme zu verstehen und zu benutzen, die sie bislang nicht kannten. Durch die Ähnlichkeit zwischen der bekannten Realität und der gewählten Systemmetapher wird vorhandenes Wissen auf das System angewandt und kann zu einer unmittelbaren oder zumindest schnellen Verständlichkeit eines Systems führen. Diese Fähigkeit stützt sich auf die Kompatibilität von mentalem Modell und Systemmodell (Abschnitt 6.2.5).

Die bekannteste dieser Metaphern findet sich im Bereich der Bürosysteme die *Desktop-Metapher* (Smith et al., 1982), die den Benutzern ein Abbild eines Büroschreibtisches liefert. Sie wird inzwischen von vielen Computerbetriebssystemen (z. B. Microsoft Windows, Apple Macintosh, Unix KDE) als Standardbedienoberfläche angeboten und führt zumindest bis zu einem praktisch noch relevanten Punkt zum schnellen Erlernen und Erinnern von Interaktionsmöglichkeiten.

Bei Computerspielen findet man stattdessen auch naturalistische 3-dimensionale Erlebnisräume, in denen die Benutzer agieren (Dodsworth, 1998). Die Entwicklung *metaphorischer Systeme* haben die Entwicklung der Multimedialität von Computersystemen durch die Ansprüche an die realitätsgetreue Abbildung deutlich gefördert. Umgekehrt haben die multimedialen Fähigkeiten von Computersystemen solche Anwendungen dann verstärkt motiviert.

Metaphern sind Analogien, die auch ihre Grenzen zeigen. An solchen Grenzen kommt es zu fehlerbehaftetem Verhalten, da die Analogie ihre Wirkung und Schlüssigkeit verliert, und dann falsche Annahmen und Konsequenzen getroffen bzw. gezogen werden. Man spricht beim Überschreiten dieser Grenzen vom *Bruch einer Metapher*. Letztlich darf bei metaphori-

schen Lösungen die Effizienz der Nutzung nicht aus den Augen verloren werden. Im Sinne von gebrauchstauglichen Arbeitssystemen geht es nicht um den Erhalt von Arbeitsweisen aus der physischen Welt, sondern um die effektive und effiziente Bewältigung von Aufgaben.

### 6.4.9 Materielle Modelle

Mit zunehmend ausgeprägter Multimedialität versucht man, Computersysteme bzw. ihre Modellierungen nicht nur strukturell an die abgebildete Welt anzugleichen (*isomorphe Modelle*, siehe vorhergehenden Abschnitt), sondern diese unter anderem über haptische Schnittstellen auch materiell und analog physisch wirken zu lassen. Man spricht hierbei auch von *isophylen Modellen* (Stachowiak, 1973; Dutke, 1994).

Eine solche Analogiebildung durch materielle Ähnlichkeit wird in Konzepten der *Tangible Media* und *Tangible User Interfaces (TUIs)* verfolgt (Ishii & Ullmer, 1997) (Abschnitt 8.3.5). Dabei werden meist physische Objekte um geeignete digitale Eigenschaften erweitert. So können beispielsweise Kunststoffbausteine (etwa eines Architekturmodells) auf einem Tisch von Hand bewegt und neu positioniert werden, während ein bilderkennendes Computersystem dies beobachtet und daraus Aktionen (z. B. Veränderung des 3D-CAD-Modells einer Bebauung) ableitet. Die Benutzer eines solchen Systems haben das Gefühl, das Architekturmodell direkt manipuliert zu haben. Eine herkömmliche Benutzungsschnittstelle ist dabei nicht vorhanden. Auf diese Weise wird ein vorhandenes mentales Modell, das in der physischen Welt gebildet wurde, direkt auf das Systemmodell abbildbar und erspart somit das Erlernen von speziellen Funktionen eines interaktiven Computersystems.

Isophyle Modelle können aber viel weiter reichen und beispielsweise das Gefühl des Zerbeißen eines Kekses im Mund simulieren (Oral Haptics). Je körpernäher und körpergerechter interaktive Systeme werden, desto mehr spielen Materialeigenschaften und das Empfinden dieser Eigenschaften eine wichtige Rolle (siehe Abschnitt 5.5.3). Dies gilt auch für Trainingssysteme für motorische Handlungen, wie beispielsweise dem Schneiden von Gewebe bei medizinischen Operationen über telerobotische oder laparoskopische Systeme.

### 6.4.10 Räumliche Modelle und räumliches Schließen

Menschen bilden sich Modelle von räumlichen Verhältnissen, die es ihnen erlauben, sich möglichst sicher und zielstrebig in Räumen zu orientieren und zu bewegen. Dazu existieren viele Konzepte und Begrifflichkeiten wie zum Beispiel

- Orte,
- Routen,
- Pläne,
- Karten,
- Wegweiser,
- Landmarken oder
- Meilensteine.

Desweiteren erlauben solche Modelle, Objekte mit räumlichen Positionen zu versehen, diese dann wiederzufinden und sie in ihrem räumlichen und möglicherweise daraus ableitbaren semantischen Bezug zu anderen Objekten zu sehen und zu verstehen. Näheres zu mentalen Modellen, vor allem im Zusammenhang mit räumlich-visueller Informationsgestaltung, Orientierung und Raummetaphern findet sich bei Dutke (1994).

Räumliche Modelle waren hinsichtlich der Realisierung von Computeranwendungen schon früh sowohl für natürlichsprachliche Systeme (Winograd, 1972; Bolt, 1980) als auch für handlungsorientierte und räumlich-metaphorische Systeme (Smith, et al., 1982) untersucht und als Mittel zur Systemgestaltung berücksichtigt worden (Haack, 2002, S. 131). Zur Bedeutung von Räumlichkeit und Materialität im Hinblick auf Wahrnehmen und körperliches Handeln finden sich weitere Ausführungen bei Hayles (1999).

### 6.4.11 Zeitliche Modelle und temporales Schließen

Neben und in Kombination mit räumlichen Modellen repräsentieren Menschen auch Wissen über zeitliche Abläufe (Prozesse) und Strukturen. Dies findet sich in Form *räumlicher und zeitlicher Schlussfolgerungsfähigkeiten (räumliches und temporales Schließen)* (Habel, Herweg & Pribbenow, 1995). Diese Fähigkeiten nutzen menschliche Problemlöser zur Klärung und Einschätzung zeitlicher Zustände und Abläufe. Sie dienen so als wesentliche Grundlage für die Handlungsplanung, bei der erdacht werden muss, was, wann und in welcher Reihenfolge stattzufinden hat, um eine bestimmte Situation herbeizuführen oder zu vermeiden. Entsprechendes gilt für die Bedeutung von Raum-Zeit-Modellen auch für Kommunikation.

Neben einer eher logikorientierten Repräsentation zeitlicher Verhältnisse finden sich in menschlichen Gedächtnisstrukturen zeitliche Repräsentationen auch in Form von Geschichten (*narrative Strukturen*) (Haack, 2002, S. 132). Diese dienen sowohl als Grundlage für das Erkennen und Generieren von Handlungsabläufen als auch als Gedächtnisstützen und motivationale Elemente. Laurel (1993) beschreibt Konzepte von Computeranwendungen, die sich an dramaturgischen Strukturen orientieren (*Computer als Theater*). Murray (1997) bezieht sich auf narrative Strukturen, wie wir sie von Film und Spiel kennen und erläutert, welche Rolle das Erzählen oder Schreiben von Geschichten (*Storytelling*) auf menschliche *Motivation* und *Einbezogenheit* in Handlungskontexten spielen kann. Keller (1987) beschreibt die Bedeutung eines dramaturgischen Spannungsbogens im sogenannten *ARCS-Modell* für Lernsysteme. Die grundlegenden Konzepte des *Narrativen* und der *Dramaturgie* als Formen menschlicher Wissensvermittlung und Wissensrepräsentation gehen bereits auf Aristoteles zurück. Sie zeigen heute im Bereich des *Digital Storytelling* aktuelle Bedeutung.

### 6.4.12 Subsymbolische Modelle und Automatismen

In den vorausgegangenen Abschnitten haben wir Wissensformen diskutiert, die Grundlage des bewussten Denkens und Handelns eines Menschen sind. Unterhalb dieser bewussten Wissensformen liegen solche, die sich dem bewussten Denken weitgehend entziehen. Die

wichtigsten dieser Wissensformen für die Fragen der Software-Ergonomie sind automatisierte Wahrnehmungs- und Handlungsprozesse, die auch ohne unser Bewusstsein ablaufen (Rasmussen, 1983).

Diese automatisierten Wahrnehmungs- und Handlungsprozesse erlauben schnelle Reaktionen auf sensorische Wahrnehmungen. Beispiele dafür sind Reaktionen, wie wir sie beim Autofahren benötigen und beobachten können, wo ein plötzlich aufleuchtendes Bremslicht des vorausfahrenden Wagens zu einer automatischen Bremsreaktion führt.

Erlernte Automatismen entstehen vor allem durch ständiges Trainieren und Wiederholen von gleichförmigen bewussten Handlungen (Kyllonen & Alluisi, 1987). Wahrnehmungs- und Handlungsfähigkeiten werden also bei häufigem Praktizieren zu effizienten Automatismen. Man nennt Wissen dieser Gestalt auch *Fertigkeiten (Skills)* (Rasmussen, 1983) oder in Anlehnung an Programmiersprachen auch *kompiliertes Wissen*.

### 6.4.13 Schichtenmodell menschlichen Wissens

Die in den vorhergehenden Abschnitten dargestellten Wissensformen des menschlichen Langzeitgedächtnisses lassen sich in einer geschichteten Darstellung zusammenfassen (Abbildung 33). Diese Schichtung lehnt sich unter anderem an die Systemtheorie von Rasmussen an (Rasmussen, 1983; Rasmussen, 1985), der die menschliche Problemlösefähigkeit auf den drei Ebenen Automatismen, Regeln und Problemlösungswissen unterschieden hat (vgl. Abschnitte 6.4.1, 6.4.4, 6.4.12 und 8.3.4).

Im gewählten Schichtenmodell wird in einer ersten Dimension unterschieden zwischen *automatisiertem Wissen* (Signale, Reize und Reiz-Reaktions-Muster), *syntaktischem Wissen* (Zeichen, Regeln, Raum- und Zeitstrukturen) sowie *semantischem Wissen* (Begriffe, Symbole und semantische Netze) und *pragmatischem Wissen* (räumliche, zeitliche und episodische Problemlösungsmodelle).

In einer zweiten Dimension werden die Wissensformen strukturiert in *deklaratives Wissen* (Muster, Zeichen, Symbole), das Bezug nehmend vor allem auf Objekte (Dinge) eher dem Verstehen dient, und *prozedurales Wissen* (Reiz-Reaktions-Muster, Bedingungs-Aktions-Regeln, Skripte und Episoden), das für die Planung und Ausführung von Handlungen (Aktivitäten) benötigt wird.

Bei Darstellungen wie diesem Schichtenmodell ist natürlich zu bedenken, dass wir es hier mit einer einfachen Klassifizierung zu tun haben, die selbst wieder die unterschiedlichsten Modelle und Unterstrukturen enthält. Dieses Metamodell kann aber dabei helfen, den Einfluss von Gedächtnisstrukturen auf menschliches Kommunizieren und Handeln mit Computersystemen systematischer zu betrachten. Über das menschliche Gedächtnis hinausgehende Modelle zur Beschreibung von Kommunikations- und Handlungsprozessen im Zusammenspiel mit Computersystemen finden sich in Kapitel 8.

Symbole und semantische Strukturen	episodische Strukturen	pragmatisches u. semantisches Wissen
Zeichen und Zeichenhierarchien	Bedingungs-Aktions- Regeln	syntaktisches Wissen
Signale und Signalmuster	Reiz-Reaktions-Muster	automatisiertes Wissen
deklaratives Wissen (Objekte)	prozedurales Wissen (Handlungen)	

**Abbildung 33** Schichtenmodell menschlichen Wissens

Das Schichtenmodell des menschlichen Langzeitgedächtnisses unterscheidet die Ebene der Automatismen, der Regeln und Strukturen sowie des bewussten Problemlösens. Orthogonal dazu kann zwischen deklarativem Erklärungswissen und prozeduralem Handlungswissen unterschieden werden.

## 6.5 Zusammenfassung

Die erfolgreiche Nutzung interaktiver multimedialer Systeme hängt wesentlich davon ab, wie gut die *mental*en Modelle der Benutzer zu den *technischen* Modellen der zu benutzenden Computersysteme passen. Damit interaktive Anwendungssysteme überhaupt geeignet gestaltet werden können, ist es darüber hinaus notwendig, dass die Systementwickler geeignete *konzeptuelle Modelle* vom Anwendungsgebiet und den Tätigkeiten der Benutzer entwickeln und nutzen.

Die *Verträglichkeit (Kompatibilität)* bzw. die *Unverträglichkeit (Inkompatibilität)* dieser Modelle kann auf verschiedenen Ebenen betrachtet werden. So zeigt sich neben den Modellen von *Benutzer*, *Systementwickler* und *System* vom Anwendungsbereich auch die Relevanz und Abstimmung höherer Modelle, wie beispielsweise die Modelle des Benutzers vom Anwendungssystem, um festzustellen, wie angemessen die Vorstellung eines Benutzers vom



vorhandenen System ist. Andere höhere Modelle sind Modelle des Systems von mentalen Modellen des Benutzers, um diesen individuell unterstützen zu können.

Weitere Differenzierungen werden benötigt, um den Prozess der Entwicklung und des Erlernens von Systemen oder Teilsystemen betrachten zu können. Die Herstellung der Kompatibilität zwischen Benutzer und System ist ein dynamischer Prozess, bei dem durch Veränderung des Anwendungssystems sowie durch Lernprozesse der Benutzer eine zunehmende Annäherung der Modelle erreicht werden muss. Dabei ist durch genaue Analyse und Zuordnung eventueller Fehlabbildungen darauf zu achten, dass jeweils die richtigen Anpassungen und Korrekturen vorgenommen werden. So wenig sinnvoll eine Anpassung des Systems an ungeeignete Vorstellungen der Benutzer ist, so unangemessen sind Anpassungen der Benutzer an für eine Tätigkeit ungeeignet modellierte Systeme.

Die mentalen Modelle der Benutzer bestehen letztlich aus Gedächtnisinhalten innerhalb der *menschlichen Gedächtnisstrukturen*. Eine einfache, aber hilfreiche Modellbildung des menschlichen Gedächtnisses unterscheidet

1. *sensorisches Gedächtnis (sensorischer Speicher)* als Mechanismus für die basalen Wahrnehmungsprozesse (Zeichen- und Mustererkennung),
2. *Kurzzeitgedächtnis (Arbeitsgedächtnis)* für Analyse- und Problemlösungsprozesse und
3. *Langzeitgedächtnis* als langfristiger, praktisch endloser Speicher.

So finden sich vor allem im Langzeitgedächtnis Repräsentationen der Welt, die es Menschen ermöglichen, unterschiedlichste Problemstellungen unter vorgegebenen zeitlichen Bedingungen zu lösen. So werden unter anderem die folgenden Formen der menschlichen *Wissensrepräsentation* unterschieden:

- *Semiotische Modelle*, bei denen der Bezug von Zeichen zu den Gegenständen der Welt und dem darin Leben und Handeln hergestellt wird;
- *Begriffs- und Objektsysteme* als Gerüste bewusster Wissensstrukturen mit der Möglichkeit, einzelne Objekte sowie Abstraktionen von Objekten zu repräsentieren;
- *Assoziationen (Relationen)* zwischen Objekten, die *semantische Netze* und damit Bezüge zwischen Objekten bilden;
- *Bedingungs-Aktions-Regeln* und *Produktionssysteme*, die aus den Zuständen von Objekten oder der Umgebung helfen, Aktivitäten abzuleiten;
- *funktionale Modelle* zur Repräsentation des Funktionierens und Nichtfunktionierens von Systemen sowie von Handlungen und Fehlhandlungen mit oder an diesen Systemen;
- *Skripts* und *Szenarien* zur Repräsentation von typischen Situationen und Verhaltensweisen;
- *strukturelle Modelle* und *Metaphern* als Analogie- und Ähnlichkeitsmodelle zur Übertragung von Wissen von vorhandenen in neue Wissensbereiche;

- *materielle Modelle* zur Herstellung einer auch haptischen Beziehung zwischen physischer und geistiger Welt;
- *räumliche Modelle* zur Orientierung und zum Handeln in physischen oder virtuellen Räumen;
- *zeitliche Modelle* zur Problemlösung und Handlung in Raum-Zeit-Systemen und zur Planung und zum Verständnis von zeitlichen Abläufen (Prozessen) sowie
- *subsymbolische Modelle* und *Automatismen* für die schnelle Reaktion auf wichtige und zeitkritische Situations- und Aufgabenmuster.

Wissensformen lassen sich in einem Schichtenmodell zusammenfassen und strukturieren. Dies spiegelt zum einen die Architektur menschlicher Kognition wider als auch die Dichotomie von statischem (deklaratives) und handlungsorientiertem (prozedurales) Wissen.

# 7 Benutzer und Zielgruppen

Jeder Benutzer eines interaktiven Systems besitzt individuelle physische und psychische Eigenschaften. Es ist daher nicht möglich, Benutzungsschnittstellen für interaktive Anwendungssysteme so zu realisieren, dass sie allen Benutzern in gleicher Weise gerecht werden. Wir können jedoch versuchen, Benutzern, die ähnliche Eigenschaften aufweisen, durch besondere Systemeigenschaften so gut wie möglich entgegen zu kommen. Wir fassen solche ähnlichen Benutzer zu *Benutzerklassen* zusammen. Vor Entwicklung eines interaktiven Systems müssen wir dazu feststellen, welches die wichtigen und charakteristischen Eigenschaften dieser Benutzerklassen sind. Dabei ist vor allem zu klären, welche besonderen Ziele, Aufgaben, Erfahrungen und Einstellungen die Benutzer haben. Wir wollen hierbei von den *Benutzereigenschaften* oder *Benutzercharakteristika* sprechen und beziehen dabei die organisatorische Funktion, das heißt die *Aufgaben* der Benutzer mit ein. Im Zusammenhang mit interaktiven Systemen sind insbesondere folgende Benutzercharakteristika von Bedeutung:

- Spezifische Ziele und Randbedingungen bei der Erfüllung von Aufgaben, die mit einem bestimmten Anwendungssystem bearbeitet werden sollen;
- vorhandene Erfahrungen mit anderen interaktiven Systemen, die bislang genutzt wurden und möglicherweise weiterhin parallel genutzt werden sollen;
- besondere sensomotorische Fertigkeiten oder Einschränkungen, z. B. bezüglich Tastaturen und spezieller Ein- und Ausgabegeräte;
- Sprache und kultureller Hintergrund;
- Erwartungen und Präferenzen in Bezug auf ein neues oder bestehendes System.

Diese Benutzercharakteristika, die unter anderem auch die *mental Modelle der Benutzer* widerspiegeln (siehe Kapitel 6.1.1), sind eine erste grobe Strukturierung und müssen in *Benutzeranalysen* weiter strukturiert und verfeinert werden.

Anwendungssysteme und ihre Benutzungsschnittstellen sollten an die wichtigen Benutzercharakteristika so gut wie möglich angepasst werden. Geschieht dies nicht, ist mit höherem Aufwand oder mit Fehlern bei der Nutzung der Systeme zu rechnen, möglicherweise auch mit deren Ablehnung seitens der Benutzer.

Benutzer können vielfältig klassifiziert werden, am besten aber hinsichtlich

- *organisatorischer Rollen* (Abschnitt 7.1),
- *Erfahrungsstand* (Abschnitt 7.2),
- *Marktsegmenten* (Abschnitt 7.3). oder auch
- *ethnografischer Eigenschaften*, wie Lebensstil und Lebenskontext (Abschnitt 7.4).

Jede dieser Klassifizierungen führt zu wichtigen Hinweisen, wie die Benutzungsschnittstelle eines Anwendungssystems zu gestalten ist. Die Berücksichtigung solcher Hinweise erhöht die Chance einer hohen Gebrauchstauglichkeit der Systeme. Garantien für eine erfolgreiche Nutzbarkeit oder Ersatz für Evaluationen (Kapitel 12) stellen diese Klassifikationen und ihre Nutzung allerdings nicht dar.

Klassifizierungen von Benutzern bergen die Gefahr einer wenig konkreten und damit wenig realistischen Einschätzung von Benutzern. Daher versucht man mit Konkretisierungen eine bessere Vorstellbarkeit von Benutzern für die Systementwickler zu erreichen. Die wichtigsten Methoden sind dabei

- *Prototypen* (Abschnitt 7.5) und
- *Personas* (Abschnitt 7.6).

Insbesondere Personas sind heute eine weit verbreitete und erfolgreiche Methode, um mit geringem Aufwand interaktive Systeme benutzerzentriert zu entwickeln.

## 7.1 Organisatorische Rollen

Ein guter Ausgangspunkt für die Gestaltung eines interaktiven Systems sind die schon genannten *Rollen* meist innerhalb eines Betriebes, die mit einem bestimmten interaktiven Anwendungssystem ihre Aufgaben bearbeiten sollen. Wir haben dies bereits im Zusammenhang mit dem Begriff des Arbeitssystems in Abschnitt 2.7 untersucht. Bei *Rollenbeschreibungen* (*Stellenbeschreibungen*) liegen im Allgemeinen bereits Informationen, oft sogar sehr detaillierte Beschreibungen von Aufgaben, Qualifizierungen, Arbeitsabläufen sowie räumlichen, zeitlichen und gegenständlichen Randbedingungen zu den Tätigkeiten vor, die wir nutzen können. Oftmals fehlen in solchen Beschreibungen für software-ergonomische Belange wichtige Zusatzinformationen, vor allem die typischen Erfahrungen und Einstellungen der Mitarbeiter zu ihrer Arbeit und den Arbeitsmitteln, die für ein besseres Verständnis der zu erwartenden Benutzer und ihres Verhaltens ergänzt werden sollten.

Die Definition von Rollen und die damit verbundenen Funktions- oder Aufgabenbeschreibungen von Mitarbeitern sind im Rahmen des betrieblichen Einsatzes von interaktiven Computersystemen eine Voraussetzung zur Erfüllung der *Arbeitsstättenverordnung* (zu Details siehe Abschnitt 13.2 und Anhang), da dort gefordert wird:

*„Beim Betreiben der Bildschirmarbeitsplätze hat der Arbeitgeber dafür zu sorgen, dass der Arbeitsplatz den Arbeitsaufgaben angemessen gestaltet ist.“*

Sowie darüber hinausgehend:

*„Die Bildschirmgeräte und die Software müssen entsprechend den Kenntnissen und Erfahrungen der Beschäftigten im Hinblick auf die jeweilige Arbeitsaufgabe angepasst werden können.“*

Es bietet sich also an, bereits im Rahmen der Entwicklung oder Veränderung einer Betriebsorganisation solche *Aufgabenanalysen* durchzuführen und *Aufgabenbeschreibungen* in einer Weise anzufertigen, dass sie möglichst direkt als Ausgangspunkt für die Gestaltung sowie die *Adaptierbarkeit* bzw. *Individualisierbarkeit* (vgl. Abschnitt 11.4.7) sowohl der Funktionalität als auch der Benutzungsschnittstelle der Anwendungssysteme dienen können. Wir haben die Aufgabenanalyse bereits in Abschnitt 2.3 behandelt.

Die Analyse und Beschreibung von organisatorischen Rollen wird sich zunächst an den Organisationsstrukturen (Aufbau- und Ablauforganisation) orientieren (Abschnitt 4.1). Besonders die jeweiligen Ebenen dieser betriebswirtschaftlichen Strukturmodelle eignen sich als erste Klassifizierung von Benutzern. So wird man beispielsweise Sachbearbeiter, Gruppenleiter, Abteilungsleiter und so weiter unterscheiden, denen typische unterschiedliche Aufgabenklassen, Kompetenzen und Einstellungen zuzuschreiben sind. Selbst eine grobe Klassifizierung von Benutzern hilft bereits, die benutzerspezifischen Anforderungen an ein System zu entwickeln. Die Klassifizierung kann und muss dann bedarfsweise weiter verfeinert werden, bis die wesentlichen Unterschiede ausreichend differenziert vorliegen.

## 7.2 Erfahrungsstand

Eine sinnvolle Vorgehensweise benutzergerechte Systeme zu entwickeln, ohne einzelne Benutzer berücksichtigen zu müssen, ist die Benutzer in *Klassen mit ähnlichem Erfahrungsstand* einzuordnen. Der Erfahrungsstand spiegelt im Wesentlichen den zeitlichen Entwicklungsstand eines mentalen Modells von Benutzern wider (Kapitel 6.1.1).

Im Folgenden findet sich eine einfache Basisklassifizierung zum Erfahrungsstand, die für viele Anwendungssysteme hilfreich, aber nicht zwingend ist:

- *Unerfahrene Benutzer*, d. h. Benutzer die gerade beginnen, ein Anwendungssystem kennen zu lernen;
- *Routinebenutzer*, d. h. Benutzer, die ein Anwendungssystem regelmäßig und intensiv nutzen und es gut kennen;
- *Experten*, d. h. Routinebenutzer, die ein Anwendungssystem bis an dessen Grenzen kennen gelernt haben;
- *Gelegenheitsbenutzer*, d. h. Benutzer, die ein Anwendungssystem nur selten benutzen und keine Routine damit entwickeln.

Berücksichtigt man bei der Systemgestaltung den Erfahrungsstand der Benutzer ist zu bedenken, dass sich dieser in vielen Fällen ändern wird, und die Benutzer durch Anpassung ihrer mentalen Modelle gewissermaßen über die Zeit verschiedene Benutzerklassen „durchwandern“ (siehe dazu für die Modellierung auch 6.2.3). Aus den Besonderheiten einer solchen zeitlichen Differenzierung lassen sich wichtige Gestaltungsmerkmale für Anwendungssysteme ableiten. Man kann beispielsweise unter Anbietung von gestuften Systemfunktionalitäten, beginnend mit einem grundlegenden Funktionskern, die Benutzer *schritt- oder*

stufenweise in ein System einführen, ohne sie zu überfordern. Sinnvollerweise können die Benutzer die jeweilige Stufe für sich selbst auswählen. Systeme mit einer solchen Stufung wurden auch als „Systeme mit niedriger Einstiegschwelle und hoher Decke“<sup>16</sup> bezeichnet. Benutzer können in ein solches System leicht einsteigen und im System wachsen (siehe auch Dwivedi & Clarke, 2012).

Im Folgenden sollen typische Differenzierungen der oben genannten vier Basistypen diskutiert werden.

### 7.2.1 Unerfahrene Benutzer

Jeder Benutzer beginnt die Nutzung eines bestimmten Anwendungssystems als *unerfahrener Benutzer*. Solche Benutzer werden auch als *Anfänger* bezeichnet. Es geht hierbei aber nur darum, dass sie ein bestimmtes System noch nicht kennen.

Unerfahrene Benutzer treten vor allem in folgenden Arbeitssituationen auf:

- Beginn der Arbeit an einem neuen Arbeitsplatz;
- Beginn der Arbeit mit einem neuen Anwendungssystem.

Unerfahrene Benutzer sind nicht zwangsläufig DV-Laien. Sie können durchaus mit anderen, auch ähnlichen Anwendungssystemen beträchtliche Erfahrungen aufweisen. Auch hat die Unerfahrenheit nichts mit der Komplexität der benutzten Anwendungssysteme zu tun. Unerfahrene Benutzer treten bei einfachen Systemen genauso auf wie bei hochkomplexen Systemen. Trotzdem lässt sich eine Reihe von Charakteristika feststellen (zur Terminologie siehe Kapitel 7):

- Die Benutzer besitzen meist Anwendungswissen  $B(A)$ , da sonst grundsätzlich keine Grundlage in der Nutzung des Anwendungssystems bestünde. Nur in Ausnahmefällen werden Benutzer beim Erlernen eines Anwendungssystems auch den Anwendungsbereich erstmals kennen lernen.
- Die Benutzer besitzen zunächst kein mentales Modell  $B(S_X(A))$  vom Anwendungssystem  $X$ , entwickeln dieses aber mit fast jedem Arbeitsschritt. Möglicherweise verfügen sie aber über ein  $B(S_Y(A))$ , zu einem ähnlichen System  $Y$ , mit dem sie versuchen den Einstieg leichter zu schaffen.
- Die Benutzer benötigen einen überschaubaren und einfachen Funktionskern  $S^F(A)$ , der ihnen die Bearbeitung der ersten, einfachen Aufgaben ermöglicht.
- Es existieren noch keine Automatismen bei der Benutzung des Anwendungssystems.

---

<sup>16</sup> Engl.: „systems with low threshold and high ceiling“ oder früher akzentuierter formuliert: „systems with no threshold and no ceiling“

Unerfahrene Benutzer werden bei regelmäßiger Arbeit mit einem Anwendungssystem bereits nach kurzer Zeit Eigenschaften von Routinebenutzern aufweisen und recht schnell in diese Benutzerklasse wechseln. Trotzdem ist es außerordentlich wichtig, diesen Benutzern einen einfachen Einstieg in ein System zu ermöglichen. Die *Lernförderlichkeit* (Abschnitt 11.4.4) eines Systems ist gerade für diese Benutzerklasse von großer Bedeutung und wird nicht nur über den Zeitaufwand zum Erlernen des Systems entscheiden, sondern auch darüber, inwieweit sich die Benutzer von Anfang an ein geeignetes, langfristig belastbares und ausbaubares mentales Modell vom System bilden können.

Es ist zu empfehlen, Benutzer nicht von Anfang an mit der vollen Systemfunktionalität zu konfrontieren, sondern ihnen einen kleinen *Funktionskern* des Systems anzubieten, mit dem sie sehr schnell erste sinnvolle Schritte unternehmen können, ohne mit der ganzen Komplexität des Systems konfrontiert zu werden. Dieser Funktionskern kann in der weiteren Entwicklung der Benutzer sukzessive um weitere Funktionen (Funktionsbereiche) und Feinheiten ausgebaut werden.

### 7.2.2 Routinebenutzer

Nach einer gewissen Phase intensiver und regelmäßiger Arbeit mit einem Anwendungssystem entwickelt sich Routine bei den Benutzern.

Typische Arbeitssituationen und Arbeitsplätze, in denen routinierte Nutzung zu beobachten ist, sind:

- Sachbearbeitung;
- Personal an Informationsstellen mit Nutzung von Auskunftssystemen;
- DTP (Desktop Publishing);
- CAD (Computer Aided Design) und andere Design- und Konstruktionsarbeitsplätze;
- Programmierung.

Die Charakteristika routiniert ablaufender Computerarbeit sind:

- Die Benutzer besitzen bereits stabiles Anwendungswissen  $B(A)$ ;
- die Benutzer besitzen ein ausreichend korrektes Modell  $B(S(A))$  vom Anwendungssystem;
- die Benutzer haben Automatismen für die Benutzungsschnittstelle  $S^B(A)$  bei der Benutzung entwickelt, die sie laufend anwenden;
- das Anwendungssystem wird häufig, typischerweise täglich genutzt;
- es wird oft unter Zeitdruck gearbeitet;
- die Benutzer führen sich häufig wiederholende Arbeitssequenzen durch;
- die Benutzer erwarten weitgehend konstantes Antwortzeitverhalten vom System (siehe Kapitel 9) ;
- die Benutzer erwarten konsistentes Systemverhalten (Abschnitt 11.4).

Routinebenutzer sind aus Sicht eines Unternehmens eine der wichtigsten Benutzerklassen, die für die Wertschöpfung im Unternehmen und Qualität der Produkte bestimmend ist. Diese Benutzerklasse mit geeignet gestalteten Arbeitssystemen auszustatten, ist die beste Grundlage für die Effektivität und Effizienz eines Unternehmens. Die Software-Ergonomie kann hierzu wesentliche, auch ökonomische Beiträge leisten.

### 7.2.3 Experten

Nach meist langjähriger Arbeit mit einem bestimmten Anwendungssystem kann man bei Benutzern auch von *Experten* sprechen.

Dieses Benutzerstadium kann bei prinzipiell jedem Anwendungssystem erreicht werden, sofern dieses nicht ständig verändert wird. Experten lassen sich zunächst durch dieselben Charakteristika wie Routinebenutzer beschreiben. Zusätzlich ist von Folgendem auszugehen:

- Sie haben großes Interesse am Anwendungssystem;
- sie kennen die Systemgrenzen oder sind ständig dabei sie herauszufinden;
- sie individualisieren sich das Anwendungssystem ausgiebig;
- sie lösen neben Routineaufgaben auch schwierige und seltene Aufgaben mit Hilfe des Anwendungssystems.

Experten sind eine wichtige Informationsquelle für die Weiterentwicklung von Anwendungssystemen. Sie kennen deren Schwächen und haben meist viele konkrete Ideen und Vorschläge, wie ein System verbessert werden kann. Dabei orientieren sie sich jedoch im Wesentlichen an sich selbst, so dass die Vorschläge daraufhin überprüft werden müssen, ob diese auch für die anderen Benutzer bzw. Benutzerklassen geeignet sind.

### 7.2.4 Gelegenheitsbenutzer

Computer werden auch für nur kurze, abgegrenzte Tätigkeiten genutzt. Die Nutzung findet dabei nur selten oder nur über kurze Zeiträume statt. Wir wollen die entsprechenden Benutzer *Gelegenheitsbenutzer* nennen.

Typische Beispiele gelegentlich genutzter Anwendungssysteme sind:

- Öffentliche Informationssysteme (z. B. Fahrplanauskunft, Stadtinformationen, Hotelinformationen, Museumssysteme);
- selten benötigte Hilfsanwendungen (z. B. Taschenrechner am Bildschirm);
- Automaten (z. B. Bankautomaten, Fahrkartenautomaten).

Charakteristika der Nutzung solcher Systeme sind vor allem:

- Das Anwendungsgebiet ist von geringer Komplexität;
- die Benutzer besitzen unterschiedliche Erfahrung in der Bedienung anderer Computersysteme;
- die Nutzung erfolgt oft freiwillig und sollte daher attraktiv und motivierend sein;
- die Bedienung muss unmittelbar verständlich sein;



- die Wirkungsweise der Systeme ist den Benutzern nicht bekannt;
- es kann sich kein umfangreiches und stabiles Benutzermodell  $B(S(A))$  bilden;
- es entwickeln sich keine Automatismen bei der Benutzung;
- öffentliche Systeme werden manchmal rücksichtslos bedient und müssen eine robuste Ein-/Ausgabeperipherie aufweisen.

Angeichts der zunehmenden Fülle von verfügbaren Anwendungssystemen auf Computern sind Computernutzer künftig bei den meisten Systemen Gelegenheitsbenutzer. Gelegenheitsbenutzer dürfen nicht mit unerfahrenen Benutzern verwechselt werden, da sie die Anwendungssysteme selten schrittweise besser kennen lernen, um später dann routiniert damit umzugehen. Kaum ist ein gewisser Erfahrungsstand mit einem solchen System erreicht, wird es auch schon nicht mehr benötigt und das Gelernte wird schnell wieder vergessen.

Aus diesen Beobachtungen kann man folgern, dass wir künftig insbesondere für die Gelegenheitsnutzung von Anwendungssystemen zu geeigneten Konzepten gelangen müssen, da hier neben der Routinenutzung die meiste Zeit der Computernutzung verbracht wird.

Haben Gelegenheitsbenutzer noch gar keine oder minimale Computerkenntnisse, wird gelegentlich auch von „*naiven Benutzern*“ gesprochen. Diese Benutzer versuchen, eine interaktive Anwendung mit Hilfe ihres allgemein vorhandenen Wissens<sup>17</sup> zu benutzen. In diesem Fall kann man versuchen, mit geeigneten *Metaphern* zu arbeiten, die es den Benutzern erlauben, Wissen aus einem anderen Bereich auf die Anwendung zu übertragen (siehe auch Abschnitt 6.4.8). Ein Beispiel dafür ist die *Bürometapher (Desktop-Metapher)*, mit der versucht wird, das allgemeine Wissen aus der Bürowelt möglichst direkt auf Computeranwendungen zu übertragen. Auch der Begriff der *unmittelbar verständlichen* oder *intuitiven Benutzungsschnittstelle* entspringt letztlich dem Wunsch, vor allem der großen Zahl von Gelegenheitsbenutzern Lösungen bieten zu können (siehe dazu die Abschnitte 11.4.2 und 11.6.6).

## 7.3 Marktsegmente

Insbesondere bei Produkten, bei denen es mehr auf das Kaufverhalten und weniger auf die Kompetenzen der Benutzer ankommt, orientiert man sich an sogenannten *Käufergruppen* und *Zielgruppen* eines Produkts, die mit mehr oder weniger klaren Charakterisierungen verbunden sind. So könnte man beispielsweise feststellen, dass portable High-End-Gamekonsolen vor allem von an Technik interessierten männlichen Käufern im Alter von 16 bis 19 Jahren erworben werden. Man könnte daraufhin die Gestaltung und vor allem die Werbung und den Preis der Systeme dahingehend ausrichten.

Eine solche Abstraktion kann noch weiter gehen, indem man von *Marktsegmenten* spricht, die eher eine ökonomische Größe darstellen und den zu erwartenden Absatz eines Produkts

---

<sup>17</sup> Auch „*Common Sense*“ oder „*gesunder Menschenverstand*“ genannt.

charakterisieren. Ein Marktsegment könnte beschreiben, dass man annimmt, ca. 5% der Besitzer eines Smartphones innerhalb einer bestimmten Marktreion, z. B. eines Landes, als Käufer einer neuen Telebanking-App gewinnen zu können. Ein solches Marktsegment sagt meist wenig über die Eigenschaften der späteren Benutzer des Anwendungssystems aus, sondern erfasst eher das bisherige Kaufverhalten und extrapoliert dies in die Zukunft.

Käufergruppen oder Marktsegmente im beschriebenen Sinne sind meist wenig nützliche Charakterisierungen für die Entwicklung gebrauchstauglicher Systeme. Sie können aber ein lohnender Ausgangspunkt für weitere Benutzerklassifizierungen sein, sofern sie selbst wieder eine eigene Benutzerstruktur enthalten.

## 7.4 Lebenskontext und Lebensstil

Für das Verständnis von Benutzern und ihrem Verhalten kann es hilfreich sein, nicht nur das Konsumverhalten wie bei Marktstudien, sondern im weitergehenden Sinne den *Lebenskontext* und *Lebensstil* einer Gruppe von Menschen zu erfassen und zu dokumentieren.

Im Rahmen der *Ethnografie* versucht man, Charakterisierungen für gesellschaftliche Gruppen zu finden. Während sich die *ethnologische Ethnografie* darum bemüht, kulturelle soziale Strukturen außerhalb der eigenen Gesellschaft zu finden, versucht die *soziologische Ethnografie* das Verhalten und die Randbedingungen sozialer Gruppen innerhalb der eigenen Gesellschaft zu analysieren. Letztere kann somit als eine gute Grundlage für das Verständnis von Benutzern interaktiver Systeme dienen.

Insbesondere *Milieustudien*, eine besondere Form der soziologischen ethnografischen Studie, beschreiben typische soziale Strukturen und Lebensweisen im räumlichen, wirtschaftlichen und kulturellen Kontext, die wertvolle Rückschlüsse oder Prognosen auf das Nutzungsverhalten bezüglich Technologie ermöglichen. Während die frühen Milieustudien sich mehr auf das Konsum- und Nutzungsverhalten bei Technologien wie Radio, Fernseher oder Waschmaschinen konzentrierten, ist heute vor allem das Nutzungsverhalten bezüglich Informations- und Kommunikationstechnologien bedeutungsvoll. Die Beschreibung von *sozialen Milieus* erlaubt umfassende Lebenskontexte zu erfassen, in denen Techniknutzung stattfindet. Dies kann für software-ergonomische Fragestellungen sehr viel wertvoller sein, als einfache Benutzerklassen zu beschreiben, da so auch Szenarien und Kontexte der typischen, alltäglichen Nutzung in sozialen Strukturen erfasst werden können. Diese werden bei reinen Benutzerstudien oft vernachlässigt.

Unabhängig vom potenziellen Nutzen ethnografischer Studien finden diese seit einigen Jahren nur langsam Einzug in den Bereich der interaktiven Medien. Insbesondere die im Weiteren beschriebenen Methoden zur Erstellung von *Personas* (Abschnitt 7.6) können mit ethnografischen Verfahren und Milieustudien gut kombiniert werden. Personabeschreibungen erlauben gerade solche Charakterisierungen sehr plastisch und realistisch im anschaulichen

Erzählstil zu verfassen. Dies korrespondiert gut mit bekannten, erfolgreichen Methoden *biografischer Milieustudien*.

## 7.5 Stereotypen

Anstatt Benutzer nur durch Benutzerklassen zu abstrahieren, hat es sich bewährt, *Stereotypen* für Benutzer zu beschreiben, die gewissermaßen stellvertretend für eine Menge von Benutzern stehen. Solche Stereotypen sind weitere Konkretisierungen von Benutzerklassen.

Im Bereich der Sozialwissenschaften, vor allem in Soziologie, Psychologie, Pädagogik und Linguistik werden Stereotypen zur Beschreibung von Eigenschaften und Verhaltensweisen bestimmter Personengruppen verwendet.

Aus der Benutzerklasse der „Gelegenheitsbenutzer“ wird beispielsweise im Sinne eines Stereotyps der „bahnfahrende Rentner“, der angestrengt versucht, dem Fahrkartenautomaten eine geeignete Fahrkarte zu entlocken. Prototypen sind konkreter als Benutzerklassen, trotzdem wird sich jeder Betrachter eine andere Konkretisierung vorstellen. Der eine stellt sich bei dem Stereotypen einen rüstigen jüngeren Rentner vor, der jetzt viel Bahn fährt und sich intensiver als alle anderen mit dem Automaten beschäftigt; der andere stellt sich ein hilfloses altes Mütterchen vor, das kaum den Automaten findet, geschweige denn eine realistische Chance hat, eine gültige Fahrkarte zu lösen.

Stereotypen werden vor allem dann verwendet, wenn bestimmte Wesensmerkmale und Eigenschaften von Menschen vermittelt werden sollen. Sie bergen gleichzeitig allerdings die Gefahr von Vorurteilen und Vereinfachungen. So können leicht Menschen karikiert anstatt repräsentativ beschrieben werden. In der folgenden Weiterentwicklung als Personas sind aber auch Stereotypen ein hilfreiche Methode der Benutzeranalyse.

## 7.6 Personas

Geht man in der Methodik der Stereotypen einen Schritt weiter, so kann man konkrete *fiktive Benutzer* beschreiben. Als Methode wurde hierzu vorgeschlagen, Benutzer als sogenannte *Personas* zu beschreiben (Cooper, 1999; Pruitt & Adlin, 2006; Mulder & Yaar, 2007; Cooper et al., 2014). Die Modellierungen stereotypischer Benutzer dienen dann als *Referenznutzer* zur Analyse und Definition von Anforderungen an interaktive Computersysteme.

Personas zwingen dazu, über konkrete Benutzer anstatt über Benutzer im Allgemeinen nachzudenken. Es gibt letztlich in der Praxis keine durchschnittlichen Benutzer, die statistisch errechnet werden könnten. Designalternativen können an Personas direkt geprüft und entschieden werden. Alan Cooper (1999) schreibt dazu:

*„As we begin to develop ideas for design solutions, we can constantly hold them up against our personas to see how well we have done.“*

Personas sind somit keine abstrakten Benutzer wie Benutzerklassen, sondern Konkretisierungen, die man detailliert hinsichtlich Zielen, Fertigkeiten, Kenntnissen, Präferenzen und Verhalten hinterfragen kann. Personas sind Persönlichkeiten und Charaktere. Sie sind vorstellbar, glaubhaft und „lebendig“.

Personas werden prosaisch<sup>18</sup>, am besten mit Zitaten (z. B. fiktiver O-Ton) und fotografischem Portrait (leihweise von einer sonst fremden Person<sup>19</sup>) beschrieben. Es kann praktisch sein, möglichst detailliert biografische Daten einzuflechten. Noch wichtiger aber sind Ausführungen, die es erlauben, sich in die Person hineinzusetzen. Typische Persona-Beschreibungen geben Informationen zu:

- Name, Vorname, Titel,
- Geschlecht,
- Alter,
- Nationalität,
- Familienstand und Familienverhältnissen,
- Sprachkenntnissen,
- erlerntem und praktiziertem Beruf,
- Fachkenntnissen, Rollen und Aufgabengebieten,
- Erfahrungen und Problemen mit Computern,
- Interessen und Hobbies,
- Einstellungen zu Firma, Arbeit, Familie, eigener Kompetenz und Technik, speziell Computern.

Weitere Details können hilfreich sein. Bei der Beschreibung ist es wichtig, Personas griffig und lebendig zu charakterisieren, anstatt sie ausschweifend mit eher wenig relevanten Details zu versehen.

Es ist dringend davon abzuraten, statt fiktiver Personas Beschreibungen von realen Menschen zu verwenden.

---

<sup>18</sup> In Form von ausformuliertem, freiem Text.

<sup>19</sup> Am besten nur unbekannte, aber rechtfreie Bilder verwenden, oder Bildrechte erwerben.

### 7.6.1 Typen von Personas

Personas können in verschiedenen Ausprägungen beschrieben werden. Cooper, Reimann & Cronin (2007) empfehlen folgende Verfeinerungen:

- Primary Personas:* Repräsentanten der wichtigsten Benutzerklassen;
- Secondary Personas:* Personas aus den wichtigsten Benutzerklassen mit ihren Besonderheiten;
- Supplemental Personas:* ergänzende Personas, die keine besonderen Eigenschaften besitzen, aber einige spezifische Fragestellungen zu klären helfen;
- Customer Personas:* Personas, die den Anwender (z. B. DV-Organisatoren), nicht den Endbenutzer charakterisieren;
- Served Personas:* Personas, die zwar keine Benutzer sind, von der Nutzung des Systems aber direkt betroffen sind, z. B. als Kunden des Anwenders;
- Negative Personas:* Personas, die keine Benutzer des Systems sind und die zur Klärung dienen, für wen das System nicht entwickelt oder optimiert wird.

Im Folgenden zwei Beispiele (Fotos wurden aus rechtlichen Gründen entfernt) von Personas, wie sie bei der Systemgestaltung praktisch Verwendung gefunden haben.

#### Beispiel: Persona

##### **Primary Persona: Kapitän Hein Seemann**

Hein Seemann ist Kapitän. Er fährt seit vielen Jahren für eine deutsche Reederei Containerschiffe über den Atlantik. Er liebt seinen Beruf und kann sich nicht vorstellen, etwas anderes zu tun.

Demnächst soll er neue Computersysteme auf seine Brücke bekommen. Er sieht dies mit gemischten Gefühlen, weil er schließlich Kapitän und kein Büromensch ist. Bisher konnte er sein Schiff auch ohne diese Computer sicher und gut ans Ziel bringen ...

##### **Hein Seemanns Erfahrungen im Umgang mit Computern**

„Computer“ ist für ihn kein Fremdwort mehr, und er hat auch schon (mehr oder weniger bewusst) einen Computer benutzt.

Mit den meisten gängigen EDV-Begriffen wie „Maus“, „Monitor“, „Festplatte“ kann er etwas anfangen – doch schon bei Begriffen wie „DOS-Prompt“ und „Partitionierung“ muss er passen und ehrlich zugeben, dass er nicht genau weiß, was diese Begriffe bedeuten.

Im Allgemeinen ist ihm klar, dass sämtliche Informationen irgendwie in Dateien oder Datenbanken gespeichert werden – jedoch sollte man ihn nur selten fragen müssen „In welcher ...?“. Auch der Umgang mit Verzeichnissen fällt ihm schwer. Generell ist er in der Lage, Programme, die er für seine Arbeit be-

nötigt, zu starten und mit diesen seine einzelnen Arbeiten zu erledigen – in der Regel ist es jedoch immer lästiger „Bürokram“, der ihn immer wieder zur Arbeit mit dem Computer zwingt.

Wenn er schon mit dem Computer arbeiten muss, würde er viel lieber ein paar Spiele nutzen, doch leider sind keine richtigen Spiele auf seinem PC installiert – und immer nur Solitär wird mit der Zeit relativ langweilig. Zumindest hat er aber in Solitär gelernt, wie man die Maus bedient, Menüs handhabt und in den einzelnen Dialogen mittels Checkboxes und Radiobuttons die einzelnen Optionen ändern kann.

Was er ebenfalls von Solitär kennt, ist das Online-Hilfesystem, dass mit F1 oder im Menü „Help | Content“ erreichbar ist.

Die Handbücher, die er für die einzelnen Programme bekommen hat, liest er normalerweise nur dann, wenn er mit dem Programm überhaupt nicht mehr klar kommt – zu diesem Zeitpunkt weiß er aber leider oft nicht mehr, wo das Handbuch liegt. Er zieht es vor, neue Programme durch einfaches Probieren kennen zu lernen – ohne Handbuch und ohne Hilfetext – einfach das Programm installieren (wenn die Installationsroutine nicht zu kompliziert ist), starten und mal alle Buttons durchprobieren. Nur bei Buttons, deren Aufgabe er nicht versteht, geht er etwas vorsichtiger vor und zieht es zeitweise auch vor, diese lieber nicht zu betätigen.

Was er immer „ganz witzig findet“, sind nette Grafiken und vielleicht auch Sounds, die er seinem Computer entlocken kann. Mit solchen Sachen kann er immer schön bei seinen Kollegen angeben ...

### **Was wünscht er sich von einem Computer**

Wie gesagt: die meiste Zeit verbringt er am Computer mit „Bürokram“ – darum ist es also nur allzu verständlich, wenn er diese Arbeit so schnell wie möglich erledigt (haben möchte).

Was ihn so richtig nervt, sind die Programme, bei denen er zwischendurch immer ins Handbuch sehen muss bzw. seine Aufzeichnungen von seiner letzten Schulung durchblättern muss. Deshalb freut er sich über jedes Programm, das in „seiner Sprache“ mit ihm spricht – d. h. statt der üblichen EDV-Begriffe findet er Begriffe im Programm vor, die er sowieso bei seiner täglichen Arbeit (ohne Computer) benutzt.

*(Mit freundlicher Genehmigung der AVECS Corporation AG, 2004)*

### Beispiel: Persona

**Primary Persona:** Abteilungsleiter Dr. Gerald Noske

**Persönliche Daten:**

Dr. Gerald Noske ist 51 Jahre, verheiratet und Vater von drei Kindern im Alter von 21, 18 und 10 Jahren. Er ist 189 cm groß und wiegt 95 kg.

**Charakterbeschreibung:**

Ein ruhiger, praktisch orientierter Mensch. Die Familie ist ihm wichtig. Er kümmert sich auch um die Hausaufgaben seines jüngsten Kindes. Sein Beruf macht ihm nach wie vor Spaß. Er liest Fachzeitschriften und bildet sich neben der Arbeit fachlich weiter. Er ist bereit, Überstunden zu machen. Verwaltungstätigkeiten sind ihm lästig, er will fachlich arbeiten.

**Ausbildung und berufliche Tätigkeiten:**

Nach dem Abitur hat Herr Noske 6 Jahre Chemie studiert und anschließend promoviert. Seit 19 Jahren ist er am Institut tätig, zunächst als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Grundlagenforschung. Seit 5 Jahren ist er Abteilungsleiter. Er benötigt sporadisch Einzelberichte aus dem Client-Server-System über Haushaltsstellen, Kostenstellen, Projekte. Er muss schnell herausfinden, welche Restmittel verfügbar sind und Planungen anstellen.

**Computererfahrungen und Erwartungen:**

Dr. Gerald Noske hat umfangreiche Erfahrungen im Umgang mit Computerprogrammen. Er ist neuen Technologien gegenüber aufgeschlossen und arbeitet sich gern in neue Fachanwendungen ein. Beruflich und privat nutzt er sehr häufig und auch gerne das Internet für fachliche und kulturelle Bildung. Er hat einen DSL-Zugang, arbeitet mit Excel, spielt aber keine Computerspiele.

Er erwartet eine zuverlässige und effiziente Unterstützung seiner Arbeit, hat aber Verständnis dafür, wenn Programmfehler auftreten. Er akzeptiert Neues und ist nicht auf die früheren Lösungen festgelegt. Verwaltungssoftware interessiert ihn nur dann, wenn er einen Nutzen für seine Facharbeit erkennt. Ansonsten empfindet er diese Programme eher als Belastung. Er möchte seine Auswertungen selbst aus dem Computer holen. Leider funktioniert es oft nicht immer so wie er es sich vorstellt. Er versteht und nutzt eigene Suchprofile. Allerdings ärgert er sich, wenn er die Auswertung selbst nicht hinkommt („*Ich bin doch ein intelligenter Mensch!*“). Er hätte die Informationen gerne wie im WWW über Links zugreifbar. Stattdessen findet er ein kompliziertes „Tool“ vor. Deshalb lässt er die Auswertungen in den komplizierteren Fällen von einem Mitarbeiter erstellen.

*(Mit freundlicher Genehmigung der MACH<sup>®</sup> AG, 2007)*

## 7.6.2 Persona-Lifecycles

Personas sind Teil eines systematischen, benutzerzentrierten Entwicklungsprozesses. Dabei durchläuft die Entwicklung von Personas selbst einen eigenen Lebenszyklus, den *Persona-Lifecycle* (Pruitt & Adlin, 2006). Dieser lässt sich wie folgt aufbauen (zur systematischen Datensammlung und Modellierung vgl. auch Mulder & Yaar, 2007):

### 1. Vorbereitung (Sammeln)

- Datensammlung über Marketing, Vertrieb, Beratung, Support usw.
- Vermittlung der Methodik
- Entwicklung des Problembewusstseins
- Prozessplanung
- Bildung von produktbezogenen Persona-Teams

### 2. Zielgruppenanalyse (Abstrahieren)

- Identifikation von Benutzertypen
- Klassifikation der Benutzertypen

### 3. Erstellung von Personas (Konkretisieren)

- Kreation von Personas für die Benutzerklassen in kleinen Teams
- Kritische Diskussion und Verbesserung der Personas im großen Team

### 4. Einführung im Betrieb (Kultivieren)

- Patenschaften für Personas
- Kommunikation der Personas im Unternehmen
- Kommunikation der Personas im Marketing

### 5. Nutzung der Personas (Anwenden)

- Laufende kritische Diskussion und Verbesserung der Benutzerklassen und Personas
- Ergänzung der Benutzerklassen und Personas

### 6. Integration der Personas in den Produktlebenszyklus (Verfestigen)

- Einplanen eines Return of Investment (ROI)
- Wiederverwertung von Personas (Reuse)
- Ersetzen von alten durch neue Personas im Laufe der Weiterentwicklung des Produktes

Der beschriebene Persona-Lifecycle muss in einem realen Systementwicklungsprozess geeignet integriert und ausgeprägt werden (siehe dazu Abschnitt 10.2.2). Die Auflistung soll im Rahmen der software-ergonomischen Betrachtung von Benutzereigenschaften aufzeigen, wie Personas mit anderen Formen der Benutzeranalyse, insbesondere diversen Formen der Benutzerklassifikation zusammenwirken kann.



### 7.6.3 Potenziale und Grenzen von Personas

Personas werden inzwischen von vielen Unternehmen, die interaktive Systeme entwickeln, als eine wichtige Methodik der Benutzeranalyse eingesetzt (Pruitt & Adlin, 2006). Die Personas bilden dabei die Grundlage für eine differenzierte und kritische Auseinandersetzung mit Fähigkeiten, Erwartungen und Grenzen von Benutzern. Die Ergebnisse zeigen, dass auch mit wenig methodischem Vorwissen und wenig Durchführungsaufwand eine gute Sensitivität für die Belange von Benutzern entwickelt und der Ansatz für benutzerzentriertes Entwickeln gelegt werden kann.

Personas sind zunächst allerdings nur als eine qualitative Methode der Benutzeranalyse anzusehen. Sie lässt sich jedoch durch andere Verfahren wie Interviews, Questionnaires und Surveys (Abschnitt 12.3) mit qualitativen und quantitativen Datenerhebungen untermauern und validieren (Mulder & Yaar, 2007). Dies stellt sicher, dass die gewählten Personas nicht nur schlüssig wirken, sondern auch etwas mit den realen Benutzern zu tun haben.

Die Ableitung von groben, nach Erfahrung strukturierten Benutzerklassen, wie in Abschnitt 7.2 beschrieben, lässt sich nützlich mit Personas kombinieren. Die einzelnen gebildeten Benutzerklassen werden jeweils mit Personas exemplarisch konkretisiert. Diese Methodik erlaubt es, eine Abdeckung der zu erwartenden Benutzer zu erreichen (Abstraktion) und diese aber zur leichteren Umsetzung der Benutzereigenschaften in Gestaltungskonzepte durch Personas (Konkretisierung) anzureichern. Es entsteht gewissermaßen strukturell ein Baum aus Benutzerklassen (Klassen), an dessen Blättern Personas (Instanzen) hängen. Näheres zur werkzeuggestützten Methodik findet sich in Hüttig und Herczeg (2015, 2016, 2016a).

## 7.7 Zusammenfassung

Zur konkreteren Analyse der Anforderungen an ein interaktives Anwendungssystem wird eine Analyse von potenziellen Benutzern und ihren Eigenschaften benötigt. Da nicht alle Benutzer einzeln beschrieben werden können, müssen Benutzer klassifiziert werden.

Als *Benutzerklassen* lassen sich abstrakte Beschreibungen von Benutzern hinsichtlich charakteristischer Benutzereigenschaften herstellen. Solche Aspekte können sein:

- *Organisatorische Rollen* (organisatorische Funktionen),
- *Erfahrungsstand* (z. B. unerfahrene Benutzer, Routinebenutzer, Experten, Gelegenheitsbenutzer),
- *Marktverhalten*,
- *Lebenskontexte und Lebensstile* (Ethnografie).

Als weniger abstrakte Beschreibungen haben sich Beschreibungen fiktiver Personen, sogenannter

- *Stereotypen* oder
- *Personas*

bewährt. Sie beschreiben denkbare Nutzer exemplarisch. Sie sind sehr konkret und realistisch und daher leicht vorstellbar und diskutierbar. Sie stehen letztlich als typische Vertreter für ganze Klassen von Benutzern.

Insbesondere Personas werden heute von vielen Unternehmen praktisch eingesetzt. Das Verfahren ist einfach, erzeugt aber durchaus aussagekräftige Benutzermodellierungen.

Die Kombination der unterschiedlichen Analyseverfahren erlaubt es, sowohl qualitative als auch quantitative Analysen vorzunehmen. So lassen sich praktikable Verfahren auf einer gesicherten Grundlage herstellen. Die Benutzer werden so zum Dreh- und Angelpunkt benutzerzentrierter Entwicklungsmethoden für gebrauchstaugliche interaktive Systeme.

# 8 Mensch-Computer-Systeme

In diesem Kapitel werden einige grundsätzliche Modellbildungen des Zusammenwirkens von Mensch und Computer dargestellt. Wir wollen solche Modelle und ihre Realisierung als *Mensch-Computer-Systeme (Interaktive Systeme)* bezeichnen.

Diese Modellbildungen sind besonders bedeutsam für die Software-Ergonomie, da Kriterien und Methoden der benutzer- und anwendungsgerechten Analyse und Gestaltung von interaktiven multimedialen Systemen ihre Fundierung in diesen Modellen finden.

Wir werden bei diesen Modellen zwei grundlegend unterschiedliche Paradigmen kennen lernen. Dies sind zum einen Modelle, die davon ausgehen, dass Mensch und Computer *kommunizieren*, ähnlich wie Menschen untereinander. Wir nennen diese Art von Modellen *Kommunikationsmodelle* und sprechen auch explizit von *Mensch-Computer-Kommunikation*. Zum anderen sind es Modelle, die davon ausgehen, dass Menschen in Computeranwendungen *handeln* und, ähnlich wie in der physischen Welt, Objekte erzeugen, wahrnehmen oder verändern. Wir nennen diese Modelle entsprechend *Welt- oder Handlungsmodelle*. Paradigmenübergreifend sprechen wir von *Mensch-Computer-Interaktion*, verstanden als allgemeine Wechselwirkung zwischen Mensch und Computer.

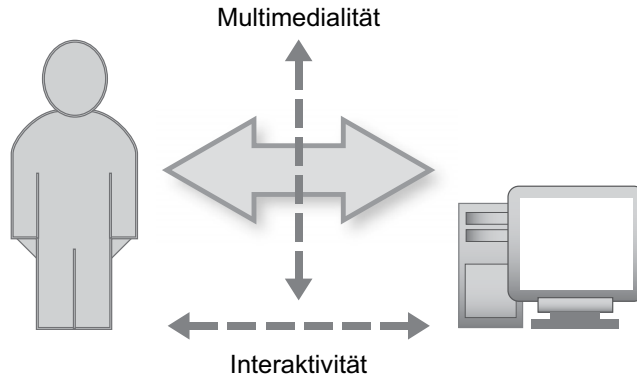
## 8.1 Dimensionen von Mensch-Computer-Systemen

Bevor wir die genannten Modelle näher untersuchen können, müssen wir die grundlegenden Gestaltungsdimensionen von Mensch-Computer-Systemen betrachten. Dabei werden wir zunächst die beiden zusammenwirkenden Dimensionen *Interaktivität* und *Multimedialität* und anschließend *Kommunikation* und *Handlung* beschreiben und abgrenzen. Die umgangssprachlichen Verwendungen dieser Begriffe sind wenig differenziert und für Belange der Software-Ergonomie wenig brauchbar.

### 8.1.1 Interaktivität und Multimedialität

Ein System aus Mensch und Computer lässt sich strukturell entlang zweier Hauptdimensionen betrachten (Abbildung 34). Die eine Dimension beschreibt die *Wechselwirkung zwischen Mensch und Computer*. Wir sprechen hier auch von *Interaktivität*. Diese Wechselwirkung kann sowohl in Form von *Kommunikation (Dialoge)* zwischen Mensch und Computer als auch als *Handlungen (Aktivitäten)* mit Auswirkungen auf Objekte beschrieben werden. Die

andere Dimension beschreibt die Form dieser *Wechselwirkung* und dient der näheren Bestimmung, wie und über welche Medien sie erfolgt. Wir wollen diese Dimension die *Multimedialität* nennen.



**Abbildung 34** Interaktivität und Multimedialität

Der Mensch steht in Wechselwirkung (Interaktivität) mit dem Computersystem und nutzt dazu verschiedene mediale Formen (Kanäle) der Übertragung von Information (Ein- und Ausgabe). Die „Breite“ des Kommunikationskanals ist ein Maß für die Vielfalt der eingesetzten Medien (Multimedialität).

Die früheren Arbeiten im Bereich der Mensch-Computer-Systeme adressierten vor allem die *Interaktivität* von Mensch-Computer-Systemen (siehe z. B. die Sammelbände von Norman & Draper (1986); Baecker & Buxton (1987); Helander (1988); Baecker et al. (1995)). Sie konzentrierten sich vor allem auf die Frage der wahrnehmungspsychologischen und handlungstheoretischen Grundlagen und Modelle und der daraus abgeleiteten Gestaltungskriterien und Gestaltungsprinzipien. Hinsichtlich der *Medialität* bezogen sich die Arbeiten und Ergebnisse vor allem auf die visuelle Wahrnehmung weitgehend statischer Darstellungen. Auf weitere Sinnes- und Wahrnehmungssysteme wurde immer wieder hingewiesen (siehe dazu im Hinblick auf Mensch-Maschine-Systeme (Geiser, 1990; Johannsen, 1993; Charwat, 1994)).

Die Analyse und Modellierung der unterschiedlichen Sinnesmodalitäten tritt in den späteren Arbeiten zu Mensch-Computer-Systemen immer stärker unter dem Aspekt der *Multimedialität* zutage (Bearne, Jones & Sapsford-Francis, 1994; Klimsa, 2002). Diese wurde zunächst aus technischer Sicht bezogen auf die einzelnen Sinneskanäle untersucht und in Technologien und Standards übergeführt (Koegel Buford, 1994). Dabei wurden nicht nur *diskrete Ereignisse und Nachrichten* betrachtet, sondern auch *zeitbasierte Medien*, wie Tonsequenzen (Audioströme) und bewegte Bilder (Animationen, Videoströme). Die Multimedialität erlangte neben der Interaktivität die Bedeutung einer eigenen Gestaltungsdimension, nämlich die *Form der Kodierung und der Übertragung von Information* in einer Weise, dass sie von den menschlichen Sinnen erfasst, wahrgenommen und wieder dekodiert werden kann. Während Interaktivität die Wechselwirkung zwischen Mensch und Computer adressiert, beschreibt die Multimedialität die Form der Wechselwirkung, das gezielte Ansprechen bestimmter menschlicher Sinne sowie die Vielgestaltigkeit des Mediums zwischen Mensch und Computer, gelegentlich auch metaphorisch „*Breite des Kommunikationskanals*“ genannt.

### 8.1.2 Interaktion als Kommunikation und Handlung

Hinsichtlich des kulturtechnischen Modells und des damit zusammenhängenden menschlichen Selbstverständnisses wird häufig die Frage diskutiert, ob Menschen mit Computern *kommunizieren* (*Mensch-Computer- oder Mensch-Maschine-Kommunikation*) (Geiser, 1990; Charwat, 1994) oder mit diesen im Sinne einer allgemeinen Wechselwirkung *interagieren* (*Mensch-Computer-Interaktion*) (Dourish, 2001). Dabei reichen die kritischen Auseinandersetzungen von der semiotischen Fragestellung, ob Computer in der Lage sein können, semantische Bezüge zwischen Zeichenträgern (Repräsentamen) und Dingen (Objekten) der realen Welt herzustellen und zu interpretieren (vgl. Abschnitt 6.4.1), bis hin zur philosophischen Frage, ob Artefakte, wie es Computer darstellen, überhaupt vergleichbar mit Menschen zu kommunizieren in der Lage sein können. Ähnlich stellt sich die Frage, ob man in Computeranwendungen, also virtuellen Räumen und virtuellen Objekten, *handeln* kann.

Im Folgenden wollen wir phänomenologisch davon ausgehen, dass letztlich nur die Benutzer von Computersystemen selbst entscheiden können, ob sie glauben zu *kommunizieren* oder zu *handeln*. So können diskursive Kontexte und damit verbundene *Kommunikationsbeziehungen* zwischen Mensch und Computer vorliegen (*Konversation, Dialog*) oder Situationen, in denen Computer *Handlungsräume* schaffen (*Manipulation, Aktion*). Aus dieser phänomenologischen Betrachtung heraus gibt es sowohl computergestützte Konzepte und Kontexte, bei denen Benutzer glauben, sich mit einem Kommunikationspartner auseinanderzusetzen, als auch Kontexte, in denen sie glauben, Objekte in virtuellen Welten zu manipulieren. Die Grenzen sind dabei durch Vermischung von Kommunikations- und Handlungskonzepten oft fließend. Der Computer als interaktives Medium ist offenbar in der Lage, in beiden grundlegenden Formen sowie in Mischformen davon mit Menschen in Kontakt treten zu können. Hutchins, Hollan und Norman (1986) beschreiben diese beiden grundlegenden Modalitäten von Mensch-Maschine-Systemen als *Konversationsmodell* (*Dialogue*) bezie-

ungsweise als *Weltmodell (Handlungen)*. Sie gehen davon aus, dass es eine Dimension der *Einbezogenheit (Engagement)* gibt, die bei Kommunikation geringer ausgeprägt ist als bei Handlungen. Darüber hinaus differenzieren sie eine Dimension des Abstandes beziehungsweise der *Direktheit* von Systemfunktionalität bezogen auf die Zielsetzungen der Benutzer (vgl. Abschnitt 8.3.6).

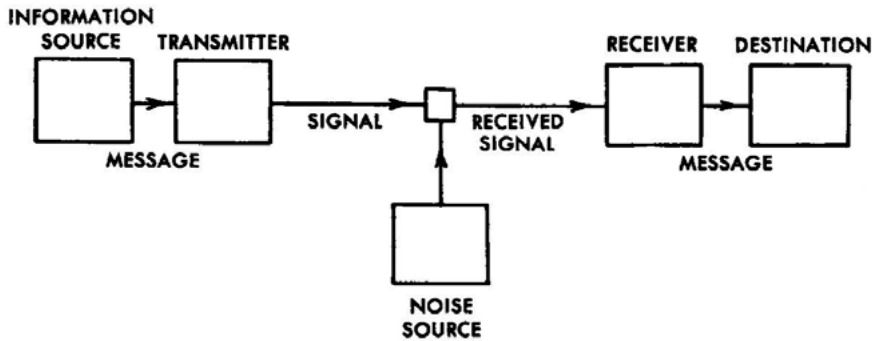
Sieht man *Kommunikation mit Subjekten* und *Handlungen mit Objekten* als zwei Modalitäten menschlicher *Interaktion* oder Wechselwirkung mit deren Umwelt an, so stellt sich das digitale Medium flexibel als *multimodaler Kommunikationskanal und Kommunikationspartner* oder als *multimedialer Handlungsraum und virtuelle Welt* dar. Die Multimedialität ist aus Sicht der Benutzer bestimmend für die *Natürlichkeit* der Kommunikation bzw. der Handlung (vgl. Abschnitt 11.6.5). Die Qualität der realisierten Systeme kann phänomenologisch an den beiden vertrauten Bezugssystemen *Mensch-Mensch-Kommunikation* und *Mensch-Welt-Handlung* gemessen werden.

## 8.2 Kommunizierende Systeme

*Mensch-Computer-Kommunikation* lehnt sich an das Modell der *Mensch-Mensch-Kommunikation* an. Aus dieser weitreichenden Analogie folgt eine Reihe von Modellbildungen, die den Computer als kommunizierendes System (Kommunikationssystem<sup>20</sup>) betrachten. Erste Modelle stammen aus den frühen Entwicklungsphasen der Informations- und Nachrichtentechnik, bei denen aber die Übertragung von Informationen im technischen Sinne im Vordergrund stand. So findet sich bei Claude E. Shannon und Warren Weaver (1949) ein Basismodell der Kommunikation, das später immer wieder als Grundlage weiterentwickelter Formen der Mensch-Computer-Kommunikation diente (Abbildung 35).

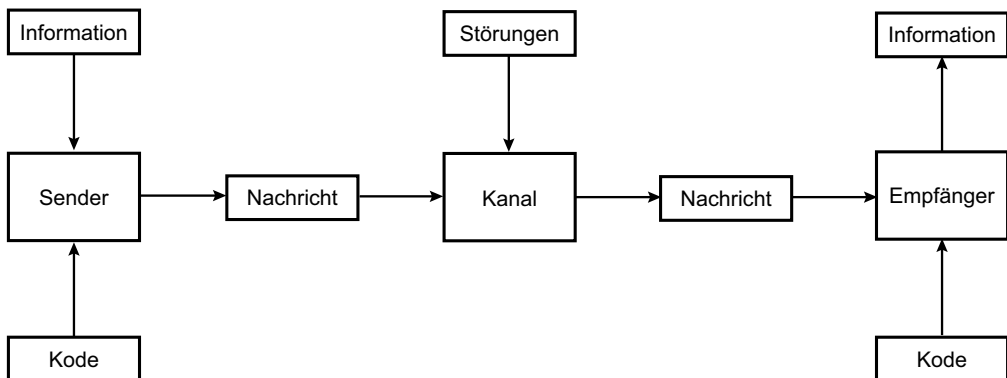
---

<sup>20</sup> Als Kommunikationssysteme werden auch technische Systeme bezeichnet, die für die Mensch-Mensch- sowie für Computer-Computer-Kommunikation dienen.



**Abbildung 35** Kommunikationsmodell von Shannon und Weaver (1949)

Das Modell sieht vor, dass ein Sender (Transmitter) Information aus einer Informationsquelle mit Hilfe von Zeichen in eine bedeutungstragende Nachricht (Message) kodiert und diese technisch als Signal über einen potenziell gestörten Kanal (Channel mit einer Noise Source) zum Empfänger schickt, der dieses Signal dann wieder zur darin enthaltenen Information dekodiert. Das Modell von Shannon und Weaver war im Wesentlichen mathematisch fundiert und sollte vor allem technische Kommunikation beschreiben.



**Abbildung 36** Kommunikationsmodell nach dem Modell von Shannon und Weaver

Dieses aus dem Modell von Shannon und Weaver abgeleitete Modell sieht vor, dass ein Sender Information in eine Nachricht kodiert und diese über einen potenziell gestörten Kanal zum Empfänger schickt, der die Nachricht dann wieder zur Information dekodiert. Je besser die verwendeten Codes übereinstimmen und je geringer der Kanal gestört ist, desto fehlerfreier wird die Nachricht übertragen. Gegenüber dem Modell von Shannon und Weaver werden hier Nachrichten als in bedeutungstragende Zeichen kodierte Informationen bei der Übertragung betrachtet. Signale sind technisch-quantitative Ausprägungen der Nachrichten, die uns hier nicht interessieren.

Die einer Kommunikation zugrunde liegende Sprache ist fast beliebig definierbar. Dies können einfachste *Zeichenkombinationen*, *Kommandosprachen* oder andere *formale Sprachen* sein. Ein langfristiges Ziel bei der Realisierung von Mensch-Computer-Systemen ist die Kommunikation in *gesprochener oder geschriebener natürlicher Sprache*. In diesem Zusammenhang sind alle Versuche zu sehen, den Computer als *Assistenten-*, *Agenten* oder *Kooperationspartner* zu modellieren.

Im Folgenden werden Modelle und Verfahren für die Analyse und die Konzeption von Mensch-Computer-Kommunikation dargestellt.

### 8.2.1 Kommunikationspartner

Ein grundlegendes Konzept für kommunizierende Systeme ist das Vorhandensein eines *Kommunikationspartners*. So wie sonst Menschen gegenseitig Kommunikationspartner darstellen, soll bei kommunikationsorientierten Mensch-Computer-Systemen der Mensch mit dem Kommunikationspartner Computer in einen Dialog treten.

Die Idee, den Computer in die Rolle eines Kommunikationspartners zu bringen, führt leicht zu *Anthropomorphismen* bei der Modellierung solcher Computersysteme. Der Computer bzw. seine äußere Erscheinung und sein Verhalten wird *vermenschlicht*. Da dies nur in begrenztem Umfang gelingt, führt dieser Ansatz manchmal eher zu technischen Karikaturen als zu nützlichen Systemlösungen (vgl. Abschnitt 8.2.7). Allerdings ist dieses Partnermodell als eine treibende Kraft für die Entwicklung moderner Computertechnologien anzusehen, die die Entwicklung natürlichsprachlicher, intelligenter und robotischer Systeme schon über ein halbes Jahrhundert beflügelt. Artificielle Kommunikationspartner wie Siri von Apple oder Alexis von Amazon sind aktuelle Beispiele solcher Anstrengungen.

### 8.2.2 Linguistische Strukturen

Die Grundlage für die Generierung von *Sprache* in *Sprechakten* einerseits und das Verstehen von Sprache andererseits bilden *linguistische Strukturen*. Diese entstehen aus *Grammatiken*, die die strukturellen und generativen Modelle von Sprachen bilden. Sie beschreiben, wie aus Zeichen lexikalisch gültige Wörter und aus Wörtern syntaktisch gültige Sätze gebildet werden können. Sie definieren damit auch, welche Sätze zulässige, das heißt generierbare und erkennbare Sätze einer bestimmten Sprache sind. In Form *semantischer Grammatiken* legen sie auch die Bedeutung von Sätzen einer Sprache fest und bilden die Grundlage für das *Verstehen* und *Interpretieren* von Sprache.

Grammatiken als Mechanismen zur Analyse und Generierung von Sprache in Sprechakten dienen sowohl menschlichen als auch maschinellen kommunizierenden Akteuren. Entsprechend stammen die Theorien und Modelle zur Spracherkennung und Sprachgenerierung aus Linguistik und Informatik.

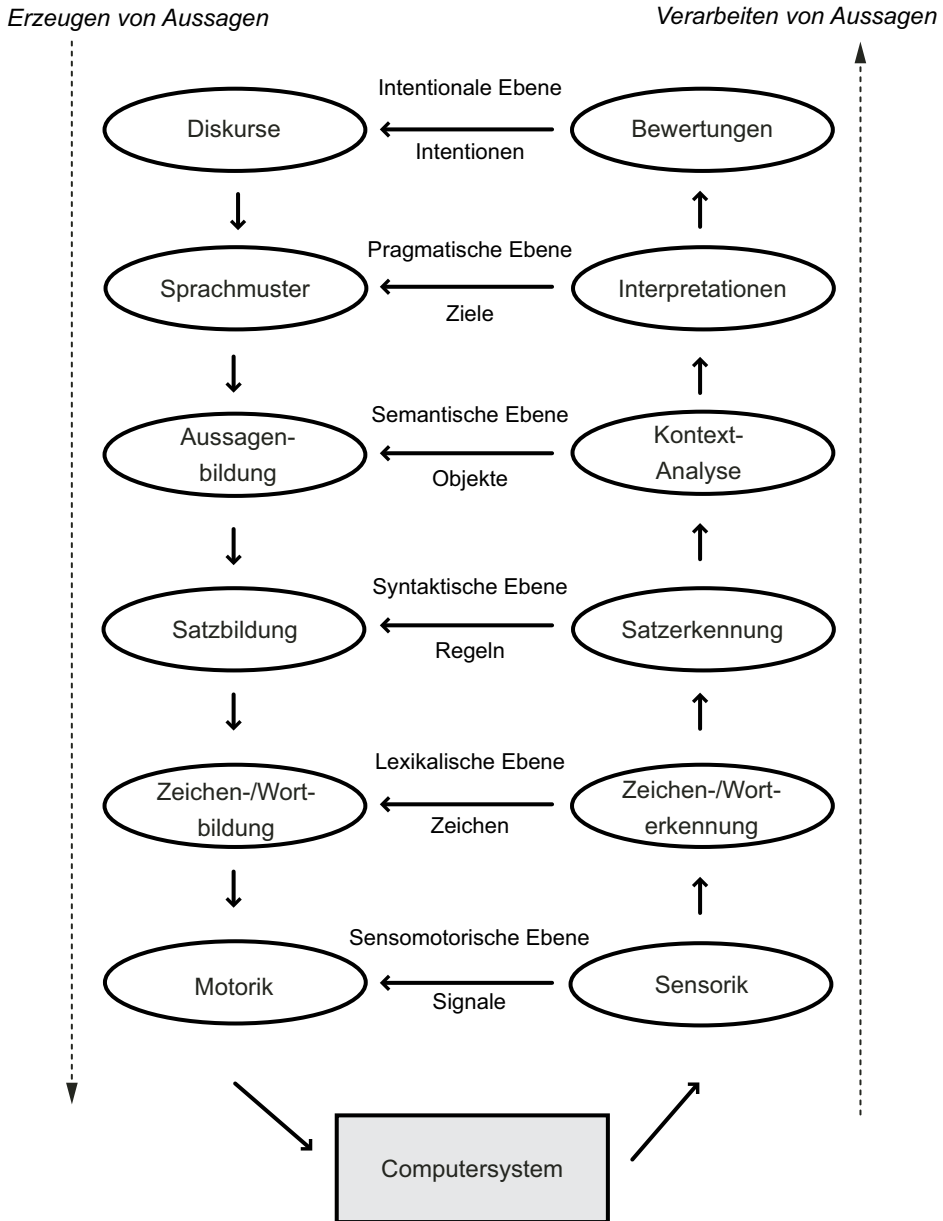


### 8.2.3 6-Ebenen-Modell für menschliche Kommunikation

Interaktionsprozesse lassen sich auf mehreren Ebenen modellieren (Norman, 1986). Ein solcher Interaktionsprozess kann schrittweise, ausgehend vom Ziel des Benutzers, auf 6 Ebenen bis zur Sensomotorik detailliert werden (Herczeg, 1994; Herczeg, 2006a). Dieses *6-Ebenen-Modell für Kommunikationsprozesse* zeigt, dass auf all diesen Ebenen *Feedback-Prozesse* stattfinden können. Jeder Planungsebene steht eine Wahrnehmungsebene gegenüber. Die Planung erzeugt eine Erwartung, die dann als erfolgte Wirkung wahrgenommen werden soll. Tritt die Wirkung nicht ein, kommt es zur *Regulation* (Korrektur, Wiederholung, Verfeinerung) des Interaktionsschrittes. Wir sehen dieses Modell in Abbildung 37 als mentales Modell des menschlichen Planens und Wahrnehmens eines Kommunikationsprozesses. Abbildung 38 zeigt ein analoges konzeptuelles Modell für ein kommunizierendes Computersystem. Beide Modelle stehen sich gewissermaßen gegenüber und versuchen auf allen 6 betrachteten Ebenen eine kompatible Form der Kommunikation zu führen.

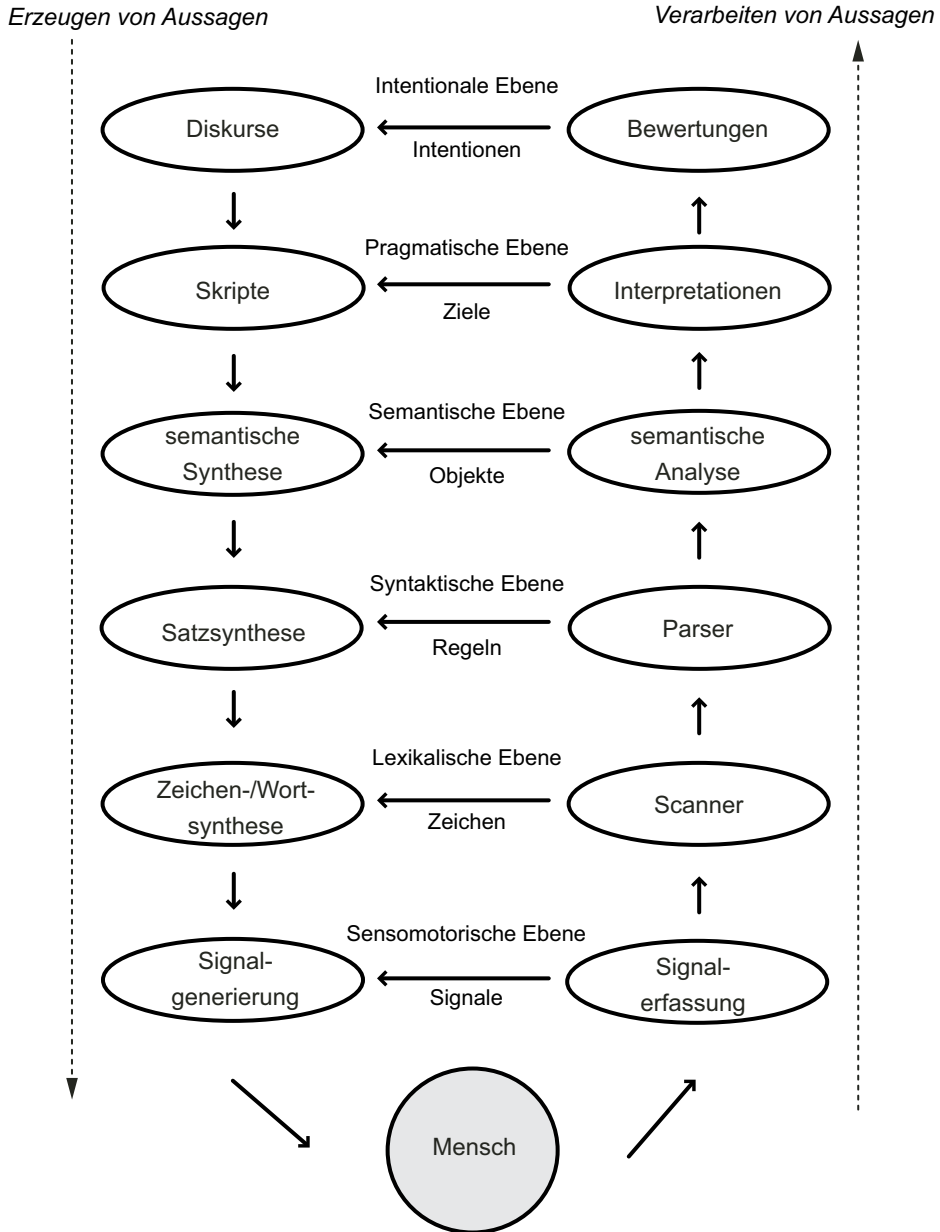
Die *Semantische Ebene* ist die Ebene der Bedeutung der sprachlichen Konstrukte, wo sprachliche Elemente (Zeichen, Wörter, Sätze) ihren Bezug zu den Gegenständen des Diskursbereiches, also der Anwendungswelt, finden. Auf diese Weise entstehen *Aussagen* über den Diskursbereich. Dies entspricht im semiotischen Modell der Relation zwischen *Zeichenträger* (hier z. B. Wörter) und *Objekten* (vgl. Abschnitt 6.4.1). Oberhalb der Semantischen Ebene finden sich auf der *Pragmatischen Ebene* Bezüge zu typischen Kommunikationsmustern und ihren Interpretationen. In der Semiotik haben wir vom *Interpretanten* gesprochen. Die darüber liegende *Intentionale Ebene* liefert die Bezüge zu den Zielen und zu den Bewertungen des Kommunikationsprozesses. Unterhalb der Semantischen Ebene findet sich die *Syntaktische Ebene*, wo mittels *Grammatiken* die Regeln und Strukturen der Generierung und Verarbeitung sprachlicher Konstrukte festgelegt werden. Die Syntaktische Ebene setzt auf der *Lexikalischen Ebene*, der Ebene der Zeichenträger auf. In der Semiotik nennen wir diese *Repräsentamen* oder *Zeichenträger*. Die Artikulation der Sprache findet abschließend auf der untersten Ebene, der *Sensomotorischen Ebene*, typischerweise mittels Sprechen (Motorik in Kehlkopf und Mundraum) oder Schreiben (Motorik der Hand) statt. Die Wahrnehmung von Sprache wiederum findet ebenfalls auf der Sensomotorischen Ebene durch Sehen und Hören statt. Dies mündet dann in das Erkennen von Zeichen und Wörtern auf der Lexikalischen Ebene und in das regelbasierte Analysieren mit Hilfe einer Grammatik auf der Syntaktischen Ebene. Nachdem die sprachlichen Strukturen erkannt worden sind, können sie hinsichtlich ihres Sinns auf der darüber liegenden Semantischen Ebene verstanden, auf der Pragmatischen Ebene interpretiert und auf der Intentionalen Ebene bewertet werden.

Das Modell stellt nur eine Näherung an die hier betrachteten kognitiven Prozesse dar, erlaubt es aber, Kommunikationsprozesse für viele Fragen der Software-Ergonomie ausreichend differenziert in Teilaspekte zu zerlegen und damit verbundene Phänomene zu analysieren und zu erklären. Eine Einschränkung des Modells liegt vor allem darin, dass beim Menschen die einzelnen Ebenen teilweise eng zusammenwirken und eine scharfe Trennung dann nicht deutlich erkennbar ist. So hat es sich früh im Bereich der Forschungen zur Generierung und Verarbeitung natürlicher Sprache durch Computersysteme gezeigt, dass die Semantische und die Syntaktische Ebene beim Menschen in enger Verzahnung ablaufen (Winograd, 1972).



**Abbildung 37** 6-Ebenen-Modell für menschliche Kommunikation (mentales Modell)

Dieses Modell beschreibt das mentale Modell eines mit einem Computer kommunizierenden Menschen hinsichtlich Erzeugung und Artikulation (linke Seite) sowie Erkennung und Verarbeitung von Sprache (rechte Seite).



**Abbildung 38** 6-Ebenen-Modell für kommunizierende Systeme (technisches Modell)

Dieses Modell beschreibt das konzeptuelle oder technische Modell eines mit einem Menschen kommunizierenden Computersystems hinsichtlich Generierung und Ausgabe (linke Seite) sowie Erkennung und Verarbeitung von Sprache (rechte Seite).

### 8.2.4 6-Ebenen-Modell für kommunizierende Systeme

Kommunizierende Systeme benötigen linguistische Modelle der genutzten Sprache sowie semantische Modelle des Diskursbereiches. Dies drückt sich im 6-Ebenen-Modell (Abbildung 38) auf der *Semantischen Ebene* durch *Subjekt- und Objektmodelle* der Anwendungswelt aus. Oberhalb der Semantischen Ebene finden sich auf der *Pragmatischen Ebene* vormodellierte *Diskursstrukturen*, die es erlauben, problembezogene sprachliche Phrasen zu erzeugen bzw. zu verarbeiten. Die *Intentionale Ebene* ist bei technischen Systemen von eher theoretischer Natur, da dies zumindest bislang die Domäne menschlicher Willensbildung und Ausrichtung ist. Unterhalb der Semantischen Ebene befinden sich auf der *Syntaktischen Ebene* syntaktische (grammatikalische) Sprachmodelle, die im Allgemeinen ein mit der Semantischen Ebene verknüpftes Analysieren (Parsen) bzw. Synthetisieren (Generieren) von Sätzen der Sprache erlauben. Auf der *Lexikalischen Ebene* befinden sich die Lexeme (Wortbausteine) aus dem verwendeten Wortschatz. Die *Sensomotorische Ebene* wird durch auditive (Phoneme) oder textuelle (Lexeme) Sprachein- und Sprachausgabe bestimmt.

Bei der Verarbeitung von Sprache durch Computersysteme zeigt sich, dass eine Besonderheit menschlicher Sprachverarbeitung in der Auflösung von ständig in der natürlichen Sprache auftretenden Mehrdeutigkeiten besteht. Lexikalische und syntaktische Mehrdeutigkeiten werden durch eine semantische Analyse und semantische Mehrdeutigkeiten durch eine pragmatische und intentionale Analyse (gesamter Diskurs und Kontext) soweit möglich erkannt und aufgelöst. Dies ist eine besondere Herausforderung für sprachverarbeitende Computersysteme, bei denen die zunächst konzeptionell getrennten Verarbeitungsebenen für derartige Verarbeitungsleistungen wieder verzahnt werden müssen, ohne dabei diese ansonsten bewährten und unterscheidbaren Modellierungsebenen aufzulösen. Bei der Klärung von Mehrdeutigkeiten auf der Semantischen und höheren Ebenen erreicht man das Gebiet der *Wissensrepräsentation*, da es hierbei nicht nur um regelhafte Sprachstrukturen geht, sondern letztlich um Bedeutung im Anwendungskontext. Wissensrepräsentation wurde systematisch auf dem Gebiet der *Künstlichen Intelligenz (KI)* und der *Computerlinguistik* bearbeitet und vielfältig prototypisch realisiert (Winograd, 1972; Kobsa & Wahlster, 1989; Allen, 1989; Wahlster, 2000).

Beim Einsatz sprachverarbeitender und sprachgenerierender Systeme in Anwendungssystemen ist vor allem zwischen *worterkennenden* (Kommandos), *satzerkennenden* (Wortfolgen) und *sprachverstehenden* (wissensbasierten) Systemen zu unterscheiden. Dieses Spektrum findet sich in Form einfacher Systemkomponenten für Kommandoerkenner bis hin zu komplexen wissensverarbeitenden Systemen bei Sprachübersetzern wieder (Wahlster, 2000).

### 8.2.5 Natürliche Sprache

Natürliche Sprache in Mensch-Computer-Dialogen zu verwenden hat sich als deutlich schwieriger als ursprünglich erwartet herausgestellt. Dies liegt sowohl an der Komplexität

und Mehrdeutigkeit der natürlichen Sprache als auch an der Schwierigkeit, menschliches Wissen in Computern zu repräsentieren. Dies wurde bereits 1972 von Winograd ausführlich dargestellt. Wesentliche Arbeiten zur Generierung und Verarbeitung natürlicher Sprache wurden im Forschungsbereich der *Künstlichen Intelligenz* sowie der *Computerlinguistik* durchgeführt (Allen, 1989; Barr, Cohen & Feigenbaum, 1981–1989; Rich & Knight, 1991; Winston, 1992; Görz, 1995).

Als Stufen auf dem Weg zur Verwendung natürlicher Sprache in Mensch-Computer-Systemen gibt es viele Ansätze der Modellierung von Computersystemen als Kommunikationspartner (Abschnitt 8.2.1), die mittels mehr oder weniger rigiden formalen oder natürlichen Sprachen mit ihren Benutzern zu kommunizieren in der Lage sind. Während die frühen Modellierungen von kommunizierenden Computersystemen nur eine Sprachausgabekomponente hatten, um dem System die Fähigkeit zum Sprechen zu verleihen, wurden später sprachverstehende und sprachübersetzende Systeme entwickelt (Kobsa & Wahlster, 1989; Wahlster, 2000), die natürliche Sprache auch als Eingabeform ermöglichen sollten. Die Sprache sollte dabei nicht nur syntaktisch analysiert, sondern vom Computersystem auch verstanden, interpretiert und in ebenfalls natürlicher Sprache beantwortet werden. Inzwischen versucht man in Smartphones (Apple Siri), PCs (z. B. Microsoft Cortana) oder Hausinstallationen (Amazon Alexa) natürlchsprachliche Schnittstellen als meist alternative Interaktionsmethoden anzubieten. Dies funktioniert für einfache kommandoartige Satzmuster oder standardisierte Fragen, zeigt aber auch, wie schwierig natürliche Sprachverarbeitung vor allem hinsichtlich der syntaktisch-semantischen Spracherkennung immer noch ist. Die Worterkennung (Lexeme) zum Beispiel für Diktiersysteme ist dabei weitaus einfacher und leistungsfähiger, da auf der lexikalischen Ebene mit umfangreichen Lexika gearbeitet werden kann und Phoneme durch leistungsfähige Signalverarbeitungsmethoden erkannt werden.

Die Verwendung natürlicher Sprache hat sich bislang immer noch selten als effektive und effiziente Form der Mensch-Computer-Interaktion dargestellt. Natürliche Sprache ist oft mehrdeutig, redundant und wenig kompakt. Es ist kein Zufall, dass Menschen kompakte und wenig mehrdeutige Fachsprachen entwickeln, um effizient kommunizieren zu können. Insofern bietet sich natürliche Sprache allenfalls dort an, wo die Benutzer keine anderen Interaktionsformen nutzen können oder wollen. In der Software-Ergonomie hat man sich deshalb im Vergleich zu anderen Interaktionsformen relativ wenig mit dem Einsatz natürlicher Sprache auseinandergesetzt. Es ist allerdings für die Zukunft durchaus zu erwarten, dass man im Hinblick auf barrierefreie Systeme, die möglichst vielen Menschen einen ungehinderten Zugang zu Computerdiensten ermöglichen sollen, auf diese Interaktionsform wieder stärker zurückgreifen wird. In telefonischen Auskunftssystemen und Call-Centern mit standardisierbaren Fragen und Antworten wird diese Methode deshalb zunehmend eingesetzt. Näheres zur Eignung von Interaktionsformen im Rahmen des *Interaktionsdesigns* findet sich bei Herczeg (2006).

## 8.2.6 Multimediale und multimodale Kommunikation

Oviatt et al. (2002) und Quek et al. (2002) beschreiben Konzepte und Architekturen für fortgeschrittene *multimediale und multimodale Systeme*, bei denen *Sprache und Gestik* als kombinierte Eingabeform ermöglicht wird. Bei menschlicher Kommunikation treten bekanntlich Sprache und Gestik in engem Zusammenhang auf. Gestik unterstützt, verstärkt, klärt oder relativiert sprachliche Äußerungen.

Multimodale Computeranwendungen, bei denen Sprache und Gestik als Eingabe möglich sind, werden zunehmend, wenn auch meist noch prototypisch, für die Montage und Wartung komplexer technischer Systeme realisiert, um das Personal bei der Produktion oder der Reparatur zu unterstützen (siehe z. B. Kopp et al., 2003). Ähnliche Ansätze gibt es im Bereich der Medizin, wo OP-Personal Anweisungen an medizintechnische Geräte in sprachlicher und gestischer Form gibt.

Im Bereich der Unterhaltungselektronik (Computerspiele), aber auch in Automobilen wird zunehmend mit Gestensteuerungen experimentiert. Hier werden häufig wieder technikzentrierte Ansätze praktiziert und hohe Erwartungen erzeugt, ohne dass es ausgeprägte softwareergonomische Untersuchungen dazu gäbe. Gerade in sicherheitskritischen Domänen wie die der Steuerung von Funktionen in Automobilen sind klare Benutzer-, Aufgaben- und Kontextmodelle, also *Arbeitssystemanalysen* erforderlich, um technologische Möglichkeiten oder gar Spielereien von ernsthaften Anwendungen zu trennen.

## 8.2.7 Anthropomorphe und intelligente Kommunikationspartner

Inzwischen werden natürlichsprachliche Computersysteme zunehmend als *anthropomorphe Systeme* gestaltet, die neben ihren sprachlichen Fähigkeiten auch menschliches Aussehen in Form von Videosequenzen oder 3D-Modellen sowie Gestik und Mimik zeigen. Als sogenannte *Avatare* und *Embodied Conversational Agents (ECAs)* (Cassell et al., 2000) gewinnen diese Modellierungen zunehmend an praktischer Bedeutung. Aus Sicht der Benutzer stellen sie teilweise realistisch empfundene Gesprächspartner dar (Matheson, 2003). Bereits die ersten, nur fassadenartig realisierten, ausschließlich über Text kommunizierenden Computersysteme, wie zum Beispiel Weizenbaums ELIZA (Weizenbaum, 1976; Hayles, 1999), zeigten eine unerwartet motivierende und überzeugende Wirkung auf ihre Benutzer. Dies zeigte unter anderem, dass sich Benutzer mit wenig kritischem Hinterfragen natürlichsprachigen (vgl. Abschnitt 8.2.5) und nach ersten Erkenntnissen künftig auch anthropomorphen Systemen gegenüberstellen und mit diesen, wie mit menschlichen Akteuren, zu kommunizieren versuchen.

Eine ausführliche Diskussion zur Machbarkeit beziehungsweise zu den Schwierigkeiten und Grenzen intelligenter natürlichsprachlicher Computersysteme findet sich Bezug nehmend auf den berühmten Film von Stanley Kubrick „2001 – A Space Odyssey“ („2001 – Odyssee im Weltraum“) nach einem Buch von Arthur C. Clarke (1968) in Stork (1997). Dort wird ein intelligenter Computer namens HAL beschrieben, dessen Eigenschaften und Fähigkeiten bis

hin zu emotionalem Verhalten die Diskussion um intelligente Computersysteme bereits 1968 bis in die heutige Zeit angeregt haben.

Avatare werden inzwischen auch als Mediatoren in der Mensch-Mensch-Kommunikation benutzt. In dreidimensional modellierten Welten lassen sich Menschen von ihren Avataren repräsentieren und kommunizieren über diese mit anderen Avataren, hinter denen sich entsprechend ebenfalls Menschen befinden. Diese Avatare werden gewissermaßen wie Puppen genutzt, um in Form von multiplen Charakteren und Identitäten, gerne unter Pseudonymen, mit anderen Menschen zu kommunizieren und zu interagieren. Beispiele für solche Anwendungen sind verbreitete netzbasierte Computerspiele in Form von virtuellen Welten.

## 8.3 Handlungssysteme

Die *Mensch-Computer-Interaktion* lehnt sich alternativ zu Kommunikation oft an ein Modell einer gegenständlichen *Mensch-Welt-Beziehung* an. Aus dieser Analogie folgen Modellbildungen, die den *Computer als Handlungsraum* betrachten. Derartige Modelle stammen aus den späteren Entwicklungsphasen der Informationstechnik, in denen man zunächst zur Vereinfachung der Mensch-Computer-Beziehung den Benutzern das Erlernen mehr oder weniger formaler Sprachen ersparen wollte und ihnen stattdessen einen kleinen, meist grafisch dargestellten Handlungsraum – wie zum Beispiel eine Schreibtischoberfläche (Desktop-Metapher) – dargeboten hat. In einem solchen Handlungsraum können sie, soweit es die Ein- und Ausgabegeräte erlauben, direkte Aktionen zur *Manipulation* der dargestellten Objekte vornehmen.

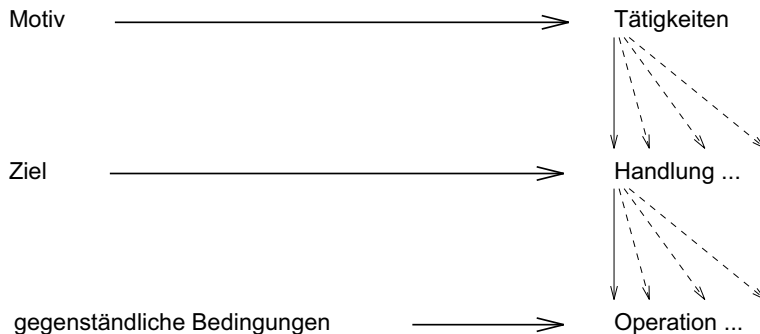
### 8.3.1 Aktivitätstheorie (Activity Theory)

Es ist für Menschen natürlich, in ihrer Umwelt zu handeln. Dabei werden *Gegenstände (Objekte)* dieser Welt erzeugt, erkannt, verändert, assoziiert, aggregiert oder wieder beseitigt. Die Objekte besitzen veränderliche Zustände, und durch Operationen (*Manipulation*) an diesen Objekten wird eine gewünschte Wirkung erzeugt. Dies ist auch bei computerbasierten Handlungsräumen möglich, wenngleich die Objekte dann zunächst einmal nicht physisch sondern virtuell sind.

Objekte lassen sich im Allgemeinen nicht ohne Hilfsmittel erzeugen und manipulieren. Menschen stellen seit über zwei Millionen Jahre *Werkzeuge* her, die ihnen die Manipulation von Objekten erleichtern oder überhaupt erst ermöglichen. Entsprechend werden computerbasierte Handlungsräume mit Arbeitsobjekten geschaffen, deren Zustand mit Werkzeugen verändert werden kann. Computerfunktionalitäten nehmen manchmal eine konkrete gegenständliche Form an (z. B. Schere, Drucker). In anderen Fällen werden sie einfach abstrakt als Funktionen (Operatoren) mit einem Namen versehen (z. B. Ausschneiden, Drucken) und aus Menüs ausgewählt. Für die mentalen Modelle hat die Gestalt und die Abstraktion von Objek-

ten und Werkzeugen wesentliche Bedeutung. Ein zu hoher Abstraktionsgrad führt weg vom metaphorisch wahrgenommenen Handlungsraum zu einem abstrakten funktionalen Raum.

Der *Wechselwirkung* oder *Interaktion* mit der physischen Welt (Objekte und Werkzeuge) entspringt auch der Handlungsbegriff der Psychologie. Alexei Leontjew definierte hierzu ein mehrstufiges Handlungsmodell (Leontjew, 1979, S. 108; Ulich, 2001, S. 173), bei dem in hierarchischer Weise *Tätigkeiten* in *Handlungen* und diese wiederum zu *Operationen* herunter gebrochen und verfeinert werden (Abbildung 39).



**Abbildung 39** Handlungsmodell nach Leontjew (1979)

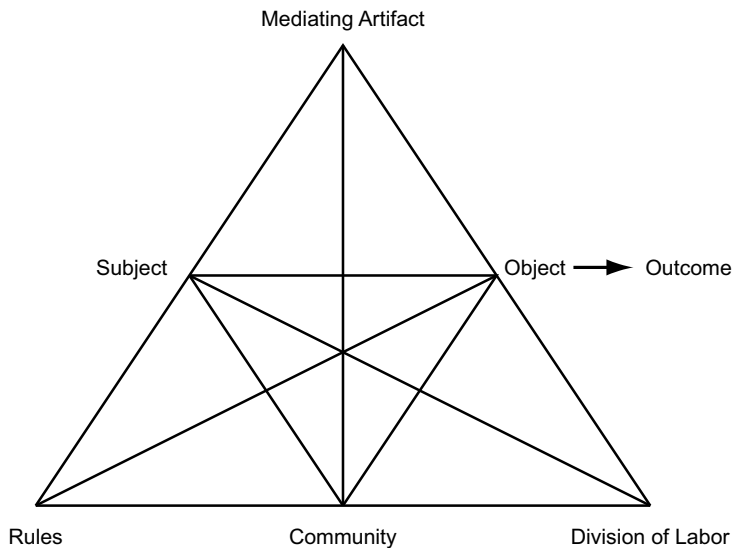
Nach dem Handlungsmodell von Leontjew werden Tätigkeiten aufgrund von Motiven durchgeführt. Sie werden dann zielorientiert in Handlungen umgesetzt, die wiederum, bezogen auf gegenständliche Bedingungen der Arbeitsobjekte, einzelne Operationen auf diesen Objekten nach sich ziehen.

Menschliche Aktivitäten finden selten isoliert statt. Sie definieren sich im Allgemeinen über soziale, organisatorische und technische Beziehungen im Arbeitskontext. Dies haben wir bereits im Zusammenhang mit Arbeitssystemen ausgiebig diskutiert (vgl. Kapitel 2). Eine umfassende Betrachtungsweise eines solchen Systems, aufbauend unter anderem auf den Modellierungen von Leontjew (siehe oben) sowie Lev Vygotsky findet sich in einer speziellen Theorie, der sogenannten *Aktivitätstheorie* (*Activity Theory*). Diese Theorie wurde auch in besonderer Weise im Zusammenhang mit Mensch-Computer-Interaktion ausgeprägt (Nardi, 1996; Chaiklin et al., 1999). In der Aktivitätstheorie werden durch Werkzeuge medierte Aktivitäten im sozialen und kulturellen Kontext betrachtet. Dazu wird ein System aus *Gemeinschaft* (*Community*), *Arbeitsteilung* (*Division of Labor*), *Regeln* (*Rules*), handelndem *Subjekt* (*Subject*), manipuliertem *Objekt* (*Object*) und *Instrument* in Form eines Werkzeugs oder Zeichensystems (*Mediating Artifact*) mit Relationen zwischen diesen Entitäten aufgebaut (Abbildung 40). Bestimmend für die Aktivitätstheorie ist, dass

1. Aktivitäten im Kontext einer Zielsetzung und einer sozialen Struktur auftreten,
2. Rollen und Regeln das Verhalten von Benutzern beeinflussen und
3. Ergebnisse (*Outcome*) der Aktivitäten weitere Aktivitäten oder Artefakte sein können.



Im Gegensatz zur stringenten Ableitung von Aufgaben in formellen Arbeitssystemen geht die Aktivitätstheorie davon aus, dass Aktivitäten durch Änderungen in den technischen, sozialen und kulturellen Kontexten ebenso ständigen Änderungen unterworfen sind. Eine statische Ableitung von Rollen, Aufgabenstrukturen und Werkzeugen sieht die Aktivitätstheorie in ihrer Grundform deshalb nicht vor. Die zentrale Fragestellung sind die laufenden Änderungen und Anpassungsprozesse, die von den Subjekten und Gemeinschaften als Reaktion auf die äußeren Umstände realisiert werden.



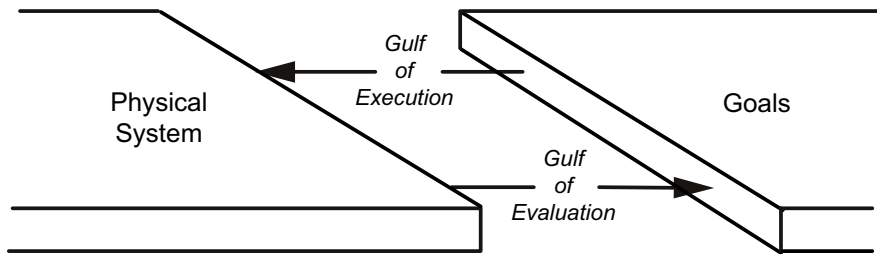
**Abbildung 40** Entitäten der Aktivitätstheorie nach Cole und Engeström (1993) und Nardi (1996)

Dieses Basismodell der 2. Generation der Aktivitätstheorie beschreibt aufbauend auf Modellen u. a. von Leontjew (1. Generation der Aktivitätstheorie) die bestimmenden Entitäten beim mediierten Handeln eines Individuums im sozial-kulturellen Kontext. Das Modell kann durch Verkettung und Ausprägung mit weiteren dieser Modelle beispielsweise über gemeinsam bearbeitete Objekte, multiple Rollen oder Arbeitsflüsse zu komplexeren Dialog- oder Kooperationsmodellen (3. Generation der Aktivitätstheorie) entwickelt werden.

### 8.3.2 Handlungsplanung, Wahrnehmung und Handlungsregulation

Ein kognitionspsychologisches Modell für das Handeln von Menschen mit Hilfe technischer Systeme finden wir bei Norman (1986) (Abbildung 41). Dabei werden die Transformationen von der Zielsetzung zur konkreten Eingabehandlung sowie die Wahrnehmung von System-

ausgaben bis zu ihrer Bewertung betrachtet. Norman spricht in diesem Zusammenhang vom *Gulf of Execution* (*Ausführungskluft*) sowie vom *Gulf of Evaluation* (*Auswertungskluft*). Der *Gulf of Execution* charakterisiert die Schwierigkeit, von einer Problemstellung zu einem geeigneten Ablauf von Aktionen mit Hilfe eines technischen Systems zu gelangen. Der *Gulf of Evaluation* auf der anderen Seite repräsentiert die Herausforderung, die beobachteten Wirkungen der Aktivitäten, die sich als Systemreaktionen darstellen, wahrzunehmen, zu verstehen und zu bewerten, um dann ziel- und situationsgerecht reagieren zu können.

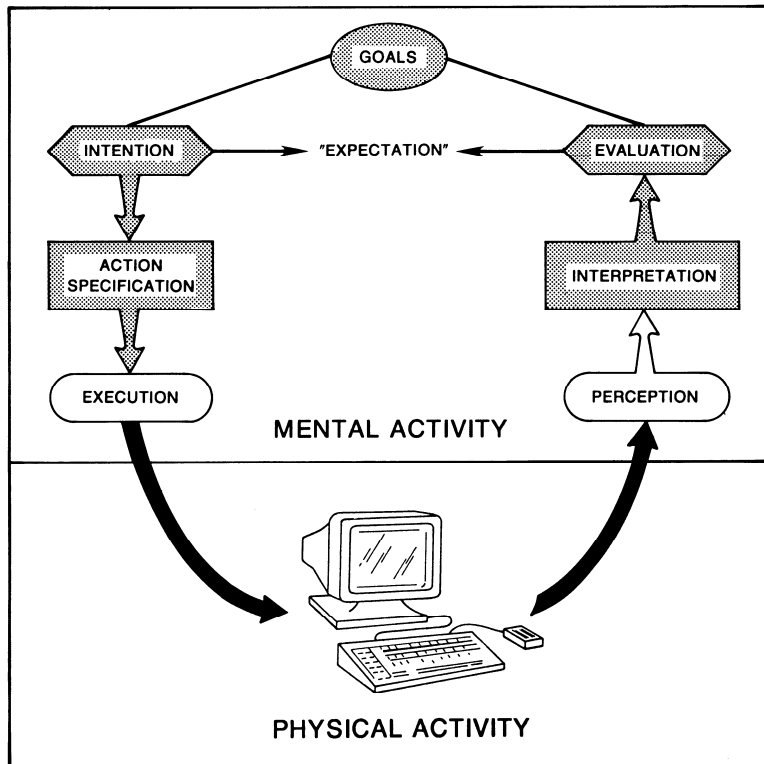


**Abbildung 41** Gulf of Execution und Gulf of Evaluation nach Norman (1986, S. 39)

Die Ziele werden in Aktivitäten mit Hilfe eines technischen (physischen) Systems umgesetzt. Die Umsetzung muss die Überbrückung des *Gulf of Execution* (*Ausführungskluft*), also der Distanz aus Zielen und vorhandenen Handlungsmöglichkeiten, leisten. In der umgekehrten Richtung müssen die beobachtbaren Wirkungen als Überbrückung des *Gulf of Evaluation* (*Auswertungskluft*) wahrgenommen, verstanden und zielbezogen interpretiert werden.

Erfolgreiches Handeln setzt neben einem räumlichen und gegenständlichen mentalen Modell die Möglichkeit und Fertigkeit voraus, Handlungen unmittelbar nach Wahrnehmung der Wirkungen hinsichtlich ihres erwartungskonformen, erfolgreichen Abschlusses zu beurteilen und bei Bedarf zu korrigieren oder zu ergänzen. Man nennt diese Kontroll- und Korrekturprozesse auch *Handlungsregulation*. Die Bedeutung der Handlungsregulation wurde, neben allgemeinen Betrachtungen im Arbeitskontext (Hacker, 1986; Ulich, 2001), in der psychologischen Literatur vielfältig unter dem Aspekt menschlicher Fehlhandlungen untersucht und beschrieben (z. B. in Norman, 1981; Rasmussen, 1982; Reason, 1990).

Mehrstufige Modelle wie etwa das 5-Ebenen- und 10-Stufen-Modell von Oesterreich (Ulich, 2001, S. 114) wurden aus den einfacheren Aktivitätsmodellen, wie z. B. von Leontjew (Abbildung 39), zum differenzierteren Verständnis der Regulationserfordernisse und Regulationsprozesse entwickelt und vor allem zur Analyse von Arbeitstätigkeiten eingesetzt. Auch Norman verfeinerte sein Basismodell, um die einzelnen Schritte bei der Handlungsplanung und der Wahrnehmung der Wirkungen sowie die Auslöser der Handlungsregulation detaillierter zu modellieren (Abbildung 42).



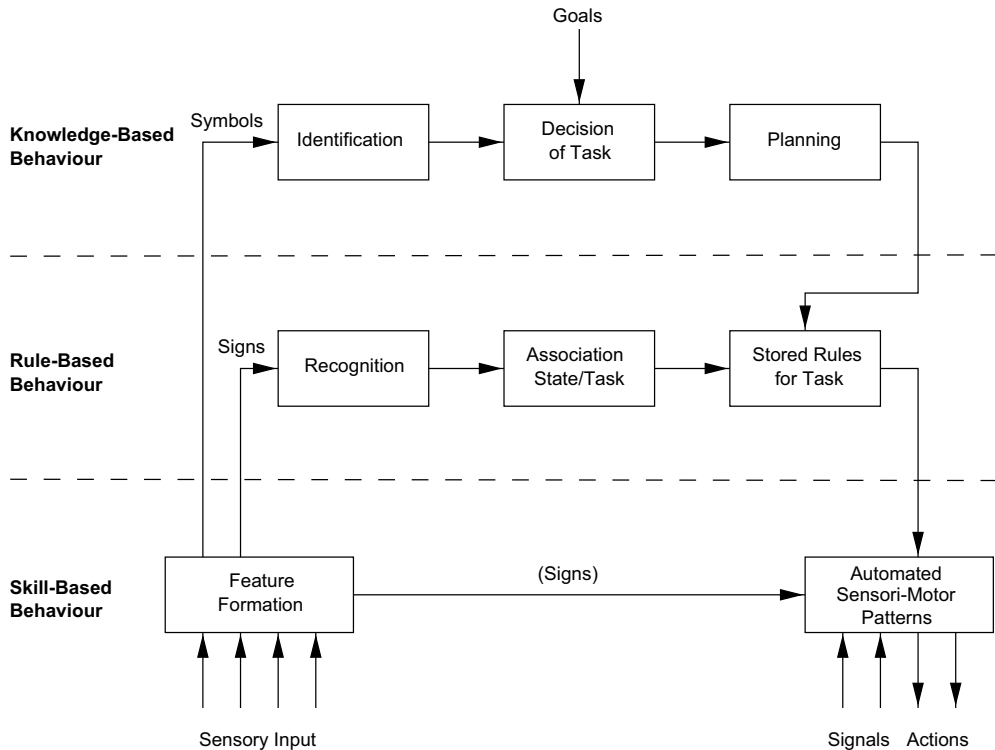
**Abbildung 42** Verfeinertes Handlungsmodell von Norman (1986, S. 42)

Ausgehend von den Zielen eines Benutzers wird eine Intention und gleichzeitig eine Erwartung generiert. Die Intention wird durch eine Folge von Aktionen in Handlungen umgesetzt, die dann im Computersystem ausgeführt werden. Das Feedback des Computersystems wird vom Benutzer wahrgenommen, interpretiert und in Bezug auf die bei der Aktionsplanung gesetzten Erwartungen bewertet. Ist das Ziel erreicht, endet die Handlungsstruktur; ist das Ziel nicht zufriedenstellend erreicht, werden iterativ neue Aktivitäten im Rahmen der Handlungsregulation geplant und ausgeführt.

In Abschnitt 8.3.4 wird analog zu den Modellen der Kommunikation (Abschnitt 8.2) ein *6-Ebenen-Modell für Handlungsprozesse* dargestellt (Abbildung 44 und Abbildung 45). Dort findet man auch die Regulationsschleifen, die von den unterschiedlichen Wahrnehmungsebenen zurück in die jeweiligen Aktivitätsebenen führen. Dieses mehrstufige Zurückführen zu den Aktivitäten auf den verschiedenen dargestellten Ebenen dient zur differenzierten und gestuften Handlungsregulation, also der Korrektur oder Ergänzung von Aktionen, wenn diese nicht wie geplant zu den erwarteten oder akzeptierten Wahrnehmungen von Wirkungen (Ergebnissen) geführt haben.

### 8.3.3 Prozessführung

Jens Rasmussen beschreibt ein Handlungsmodell, das insbesondere auf Situationen bei der *Überwachung und Steuerung von Prozessen (Prozessführung)* zugeschnitten ist (Rasmussen, 1985). Dieses Modell geht davon aus, dass sich menschliche Wahrnehmungen und Handlungen im Wesentlichen auf drei Ebenen abspielen, der Ebene der Fertigkeiten, der Ebene der Regeln und der Ebene des Wissens (Abbildung 43).



**Abbildung 43** Prozessführungsmodell nach Rasmussen (1985)

Das Modell von Rasmussen für die Prozessführung sieht drei Wahrnehmungs- und Handlungsebenen vor. Die untere Ebene des *Skill-Based Behaviour* (*automatisiertes Verhalten*) beschreibt Automatismen, die nach Wahrnehmung bekannter sensorischer Muster ohne weitere Bewusstseinspflichtigkeit ausgeführt werden. Auf der Ebene des *Rule-Based Behaviour* (*regelbasiertes Verhalten*) wird beschrieben, wie nach der Wahrnehmung bestimmter Signale erlernte Regeln aktiviert werden, die assoziierte Aktionspläne auslösen. Die oberste Ebene des *Knowledge-Based Behaviour* (*wissensbasiertes Verhalten*) ist die Ebene der allgemeinen bewussten Problemlösefähigkeit.

Rasmussen geht davon aus, dass viele Ereignisse, nach sensorischer Wahrnehmung von Signalen (Zeichen), weitgehend automatisiert in Reaktionen umgesetzt werden (*automatisiertes Verhalten, Skill-Based Behaviour*). Existieren keine antrainierten Automatismen, so können aufgrund von erkannten Zeichen erlernte Regeln aktiviert und damit verbundene Aktionen ausgeführt werden (*regelbasiertes Verhalten, Rule-Based Behaviour*). Liegen keine erlernten Regeln vor, so kann versucht werden, durch bewusstes Problemlösungsverhalten die Situation zu meistern (*wissensbasiertes Verhalten, Knowledge-Based Behaviour*).

Die im Modell von Rasmussen dargestellten drei Ebenen machen deutlich, dass Wissen in unterschiedlicher Form bei solchen Handlungsprozessen gebildet und genutzt werden kann (vgl. Abschnitt 6.4):

1. *Explizites Wissen (Knowledge)*, das auf Grundlage mentaler Modelle mit semantischen Bezügen (Begriffssysteme, Objekte, Assoziationen, Relationen, generischen Problemlösungsverfahren) vorliegt und rationale Schlussfolgerungen erlaubt;
2. *regelbasiertes Wissen (Rules)*, das mehr als funktionales Verfahrenswissen vorliegt und zu Handeln befähigt, ohne zwangsläufig erklären zu können, warum die Handlungen angemessen sind und wie sie sich auswirken;
3. *Automatismen (Skills)*, die unterbewusste und damit schnelle Aktionen auf Grund von erkannten Situationsmustern leisten.

Die drei Wissensarten sind nicht unabhängig voneinander. So kann explizites Wissen nach wiederholter Anwendung in regelbasiertes Wissen und dieses nach vielen Wiederholungen in Automatismen übergeführt werden.

Da Prozessführungssituationen meist einen hohen Anteil an Überwachungstätigkeiten beinhalten, besteht mit zunehmender Dauer der Tätigkeit die Gefahr der *herabgesetzten Vigilanz* (Abschnitt 3.6). Bezogen auf das Modell bedeutet dies, dass insbesondere die *Signalentdeckungsleistung (Feature Formation)* eingeschränkt ist und es somit unter Umständen auf keiner der drei Ebenen zu geeigneten Reaktionen kommt. Die Gestaltung eines Prozessführungssystems muss hier geeignete Vorkehrungen zur problemgerechten *Aktivierung der Benutzer* treffen. Differenzierte multimediale Stimulationen, wie z. B. visuelle, auditive oder haptische Signale können dies leisten.

Eine wichtige Voraussetzung für erfolgreiche Handlungen in einer Objektwelt ist die Wahrnehmbarkeit der in diesem Raum befindlichen Objekte und ihrer Zustände. Dabei ist es insbesondere wichtig, die Zustandsänderungen von Objekten zu bemerken und erkennen (*Aufmerksamkeit*). So kann erkannt werden, ob die durch eigene Handlungen oder durch andere Einflüsse bewirkten Zustandsänderungen zielführend sind, und ob sich das System aus einem sicheren in einen unerwünschten oder gar unsicheren Zustand bewegt.

Die Beobachtung von sich ändernden Umgebungen ist insbesondere bei der *Überwachung und Steuerung von dynamischen Prozessen* im Bereich *sicherheitskritischer Systeme* (z. B. Verfahrenstechnik, Fahrzeuge, Medizintechnik) relevant (Herczeg, 2000; Herczeg, 2008). Man nennt solche Systeme auch *Prozessführungssysteme* (das Thema wird ausführlich dargestellt in Herczeg, 2014). Bei diesen Systemen muss sichergestellt werden, dass die Benut-

zer jederzeit ein aktuelles und relevantes Modell vom Systemzustand haben, das es ihnen erlaubt, künftige Zustände zu antizipieren und, wenn nötig, präventiv zu handeln (Rasmussen, 1984; Rasmussen, 1985). Man bezeichnet diese Form von mentalem Modell aufgrund besonderer Formen der Situationswahrnehmung als *Situation Awareness* (Endsley & Garland, 2000).

### 8.3.4 6-Ebenen-Modell für menschliche Handlungen

Als erweitertes Modell zur Beschreibung menschlichen Handelns und Wahrnehmens in Interaktionsräumen lässt sich, in Anlehnung an die in Abschnitt 8.2 beschriebenen Kommunikationsprozesse für die Mensch-Computer-Interaktion, ebenfalls ein 6-stufiges Modell bilden (Abbildung 44).

Das Modell beschreibt, wie ausgehend von einer Aufgabenstellung im Zusammenhang mit einer Tätigkeit (*Intentionale Ebene*), ein geeignetes Arbeitsverfahren (*Pragmatische Ebene*) gewählt oder entwickelt wird, das sich auf die Zustandsmanipulation von Objekten der Anwendungswelt (*Semantische Ebene*) abbildet. Diese Manipulation wird dann entsprechend der syntaktischen Regeln (*Syntaktische Ebene*) des Handlungsraumes (z. B. Regeln für die Bewegung und Zustandsänderung von Arbeitsobjekten) umgesetzt. Zeichen (z. B. Piktogramme) dienen dabei als Repräsentanten der Objekte (*Lexikalische Ebene*) und werden mit sensomotorischen Aktivitäten (z.B. Bewegung einer Maus oder Toucheingabe) manipuliert (*Sensomotorische Ebene*).

Nach der Reaktion des Computersystems (z.B. visuell, auditiv, haptisch) werden durch die menschliche Sensorik (*Sensomotorische Ebene*) wiederum die Veränderungen der Zeichen wahrgenommen (*Lexikalische Ebene*) und über räumlich-zeitliche Wahrnehmungen (*Syntaktische Ebene*) als Veränderungen von Objektzuständen (*Semantische Ebene*) erkannt. Diese Veränderungen werden interpretiert und mit der geplanten Handlungsprozedur (*Pragmatische Ebene*) abgeglichen und weitere Operationen abgeleitet. Gibt es keine Diskrepanz zwischen Erwartungen und erreichten Zuständen und keine offenen Aktionen mehr, kann der Handlungsverlauf als erfolgreich erreichtes Ziel bewertet und abgeschlossen werden (*Intentionale Ebene*).

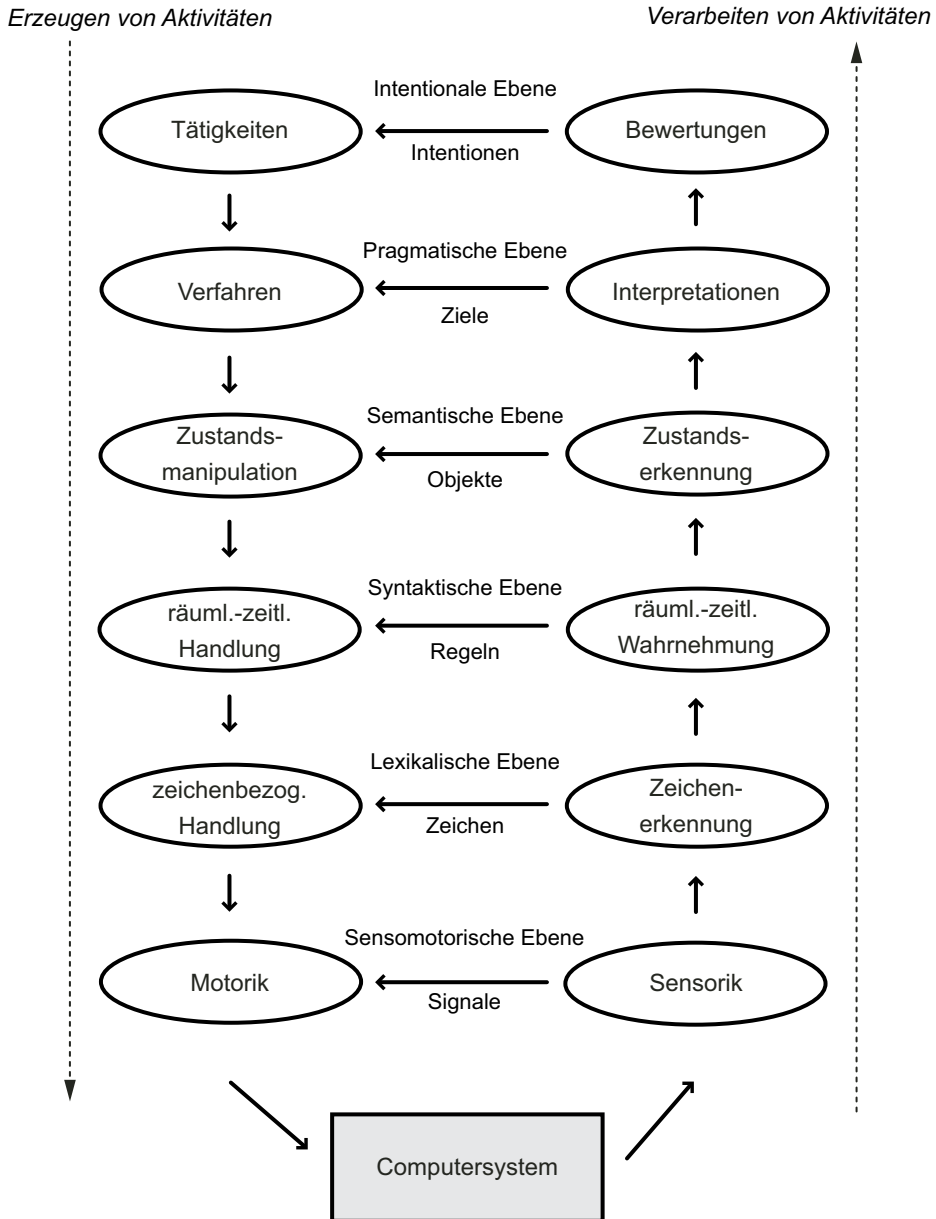
### 8.3.5 6-Ebenen-Modell für Handlungssysteme

Handlungsorientierte Systeme sind in ihrem Systemmodell (vgl. Abschnitt 6.1.3) nach dem Weltmodell konstruiert. Sie stellen, passend zu den mentalen Modellen der Benutzer, raumzeitliche Objektstrukturen (Objekte, Szenen, Welten) bereit (vgl. Abschnitt 6.4.10), die es den Benutzern erlauben, Anwendungsobjekte zu erzeugen, zu manipulieren oder zu entfernen. Aufgaben bilden sich auf die Manipulation von Systemobjekten ab (Abbildung 45). Solche Manipulationen können Zustandsänderungen oder Veränderungen von Verknüpfungen (Relationen) mit anderen Objekten sein.

Die *Semantische Ebene* einer solchen Systemarchitektur definiert Systemobjekte mit ihren Eigenschaften, die die Abbildung der vom Benutzer mental repräsentierten Anwendungswelt darstellen sollen. Die *Pragmatische Ebene*, die Tätigkeits- und Verfahrensebene oberhalb der Semantischen Ebene, soll verfahrens- und problemorientierte Unterstützungsfunktionen (Prozeduren) für die Manipulation der Objekte bereitstellen. Auf der *Intentionalen Ebene* sollten die Benutzer im Systemmodell ihre Aufgaben und Ziele wiederfinden. Dies entscheidet maßgeblich, ob das System gut geeignet ist, die Aufgaben zu bearbeiten und dabei die gesetzten Ziele effektiv und effizient zu verfolgen und zu erreichen.

Unterhalb der Semantischen Ebene treten in Form der *Syntaktischen Ebene* objektorientierte Regelstrukturen auf. Die Regeln klären, wie ein oder mehrere Objekte ausgewählt und dann mit geeigneten Werkzeugen (Operatoren) bearbeitet werden können. Die *Lexikalische Ebene* besteht meist aus metaphorischen (ikonischen und auditiven) Zeichen, die die Anwendungsobjekte repräsentieren. Die *Sensomotorische Ebene* soll im Rahmen der technischen Möglichkeiten erlauben, Objekte zu greifen, bewegen und *direkt manipulativ* (Shneiderman, 1983; Hutchins, Hollan & Norman, 1986; Shneiderman, 2005) zu verändern (siehe auch nächsten Abschnitt). Durch multimediale Kodierungen sollen Objekte und ihre Zustände durch die Benutzer leicht erkannt und manipuliert werden können. Dies wurde zunächst bei interaktiven Systemen mittels textueller, später dann über grafische Zeichen und den sogenannten *Graphical User Interfaces (GUIs)* realisiert. *Tangible User Interfaces (TUIs)* sollen künftig den Benutzern Eindrücke bei der Wahrnehmung und Manipulation der medialen Objekte vermitteln, als ob diese physisch existent seien (Ishii & Ullmer, 1997; Münch & Dillmann, 1997). Hier spielen vor allem auch haptische Erlebnisse eine zentrale Rolle (vgl. Abschnitt 5.5).

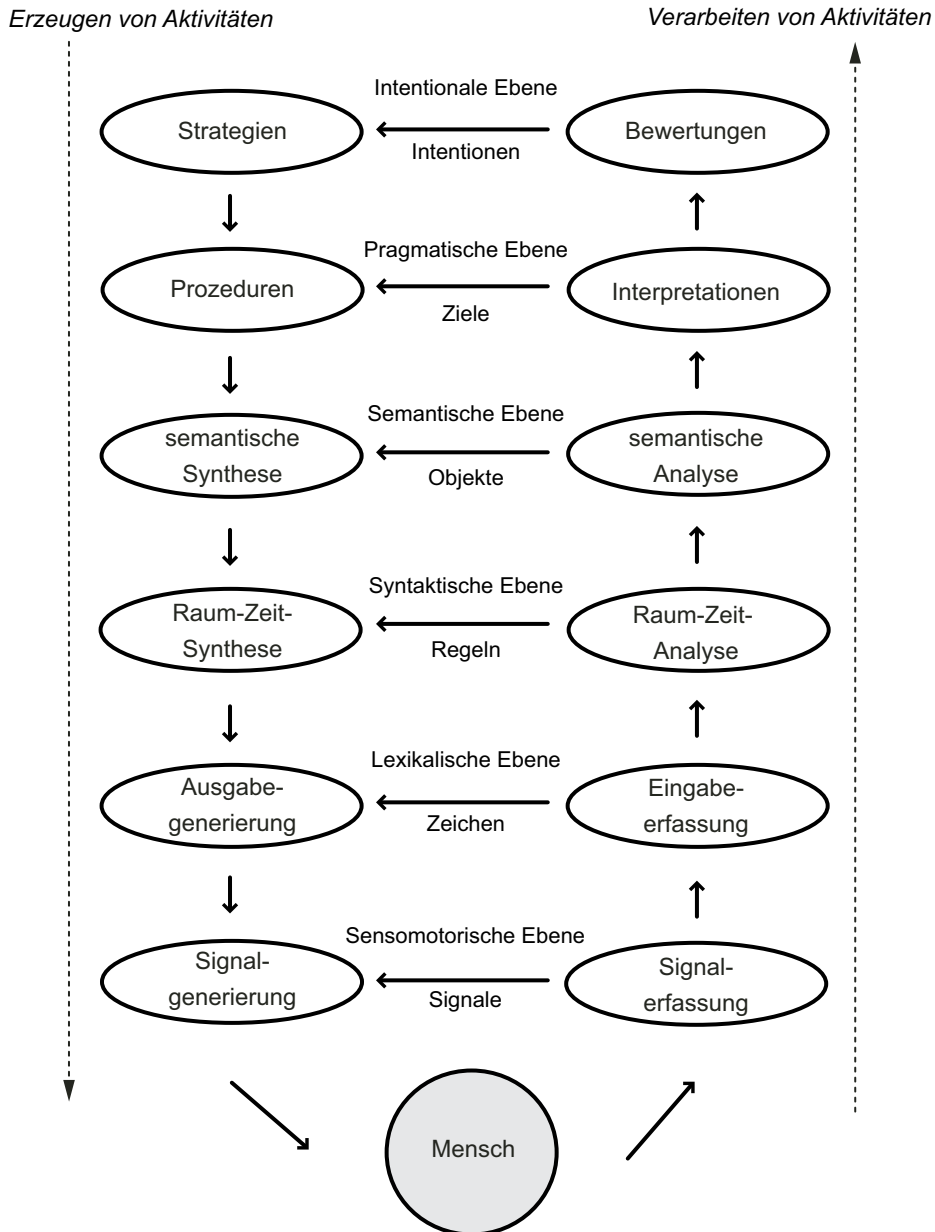
Die möglichst direkte Abbildbarkeit und Kompatibilität der mentalen Strukturen auf das Systemmodell (vgl. Abschnitt 6.2.5), d.h. auf die vom System angebotenen Strukturen und Funktionen, ist Voraussetzung einer erfolgreichen Problemlösung und Handlungsregulation. Dies wurde von Hacker (1986) in Form der *operativen Abbildsysteme* und von Rasmussen (1985) in Form *hierarchischer Wissensrepräsentation und Problemlösung* beschrieben.



**Abbildung 44** 6-Ebenen-Modell für menschliche Handlungen (mentales Modell)

Dieses Modell beschreibt das mentale Modell eines mit einem Computersystem handelnden Menschen hinsichtlich Planung und Durchführung von Handlungen (linke Seite) sowie Wahrnehmung von Systemzuständen und ihren Änderungen (rechte Seite).





**Abbildung 45** 6-Ebenen-Modell für Handlungssysteme (technisches Modell)

Dieses Modell beschreibt das konzeptuelle oder technische Modell eines von einem Menschen benutzten Handlungssystems hinsichtlich Präsentation einer dynamischen Handlungswelt (linke Seite) sowie Erkennung und Verarbeitung von Benutzeraktivitäten (rechte Seite).

### 8.3.6 Direkte Manipulation

Verbreitete Beispiele für handlungsorientierte Systeme sind die sogenannten *Desktop-Systeme*, Nachbildungen oder *Metaphern* (Dutke, 1994) von Schreibtischoberflächen und Schreibtischutensilien auf Bildschirmen. Andere Beispiele sind Nachbildungen von Elektroniklabors (Herczeg, 1988) oder naturalistisch anmutende, dreidimensional modellierte Computerspiele (Funge, 2000). Die Benutzer verstehen derartig modellierte Welten durch mentale Transferleistungen von vorhandenem Wissen über solche Welten sehr schnell. Der Begriff der *Selbstbeschreibungsfähigkeit* nach ISO 9241-110 oder die *unmittelbare Verständlichkeit*, (zu den Kriterien siehe Abschnitt 11.4.2) kann sich auf solche Transferleistungen stützen. Benutzer haben den Eindruck, Objekte in solchen Handlungssystemen *direkt manipulieren* zu können.

Müssen die Benutzer aufwändige mentale Transformationen oder intensive Handlungsregulation auf den verschiedenen Ebenen leisten, so reduziert sich die Effizienz eines Systems und hinterlässt bei den Benutzern das Gefühl das System „nicht richtig im Griff“ oder ein sehr „umständlich handzuhabendes System“ zu haben.

Nach Hutchins, Hollan und Norman (1986) kann man vor allem zwei psychologische Effekte für eine Systemqualität verantwortlich machen, die man *Direkte Manipulation* genannt hat (Shneiderman, 1983; Shneiderman 2005), nämlich die *Direktheit* der Interaktion und die *Einbezogenheit* in die Anwendungswelt.

Wie im 6-Ebenen-Modell für Handlungssysteme dargestellt, lässt sich die Mensch-Computer-Interaktion auf mehrere Ebenen zergliedern. Das mentale Modell des Benutzers und das Systemmodell sind auf den jeweils sich entsprechenden Ebenen allerdings nicht immer verträglich oder gar von gleicher Struktur (isomorph). Differenzen zwischen mentalen Modellen und Systemmodellen führen auf den jeweiligen Ebenen zu Transformationsaufwänden seitens der Benutzer und werden als *Distanzen* wahrgenommen, die zu einer *Indirektheit der Interaktion*, d.h. zu einer weiteren Übersetzungsleistung der Benutzer führen.

Auf den jeweiligen Ebenen treffen wir typischerweise auf die folgenden Distanzen:

*Intentionale Ebene:* Die Funktionalität des Anwendungssystems und die Aufgabenstruktur decken sich nur teilweise. Beispielsweise lassen sich mit einem Textsystem auch kaufmännische Abrechnungen erstellen, die Funktionalität eines Tabellenkalkulationssystems ist hierzu jedoch besser geeignet, d.h. direkter für die Aufgabenstellung nutzbar.

*Pragmatische Ebene:* Die Prozeduren des Anwendungssystems decken sich nur teilweise mit den Verfahren, die der Benutzer anwenden möchte. So erfolgt das Kopieren eines Objektes in manchen Systemen durch das Löschen des Objekts (Cut) und das nachfolgende zweimalige Wiedererzeugen (Paste) anstatt durch eine Kopierfunktion (Copy). Für den Benutzer ist dies zunächst ein ungewohntes Vorgehen, für das es keine Entsprechung in der realen Welt hat.

*Semantische Ebene:* Die Objekte und Operatoren (Funktionen) des Anwendungssystems decken sich oft nicht mit den Objekten und Operatoren des mentalen Modells des Benutzers. So erwartet der Benutzer vielleicht beim Schreiben von Briefen, dass ganze Adressen gelöscht und an anderer Stelle (z.B. einem Formular) in strukturierter Form wieder eingefügt werden können. Das System erlaubt aber nur Textbereiche zu löschen und einzufügen und besitzt kein Modell davon, dass es sich um eine Adressstruktur handelt.

*Syntaktische Ebene:* Die Eingabe von Operationen mittels einer Interaktionssprache ist schwierig. So muss sich der Benutzer bei formalen Sprachen an die vorgegebene Syntax halten, obwohl er lieber in der natürlichen Sprache kommunizieren würde.

*Lexikalische Ebene:* Selbst auf der Ebene von Zeichen und Zeigehandlungen treten spürbare Distanzen auf. Dies ist z.B. der Fall, wenn mit einem englischsprachigen Textsystem deutschsprachige Texte geschrieben werden müssen, wobei die Umlaute ä, ö und ü auf die Entsprechungen „ae“, „oe“ und „ue“ ersatzweise abgebildet oder aus speziellen Zeichenmenüs ausgewählt werden müssen.

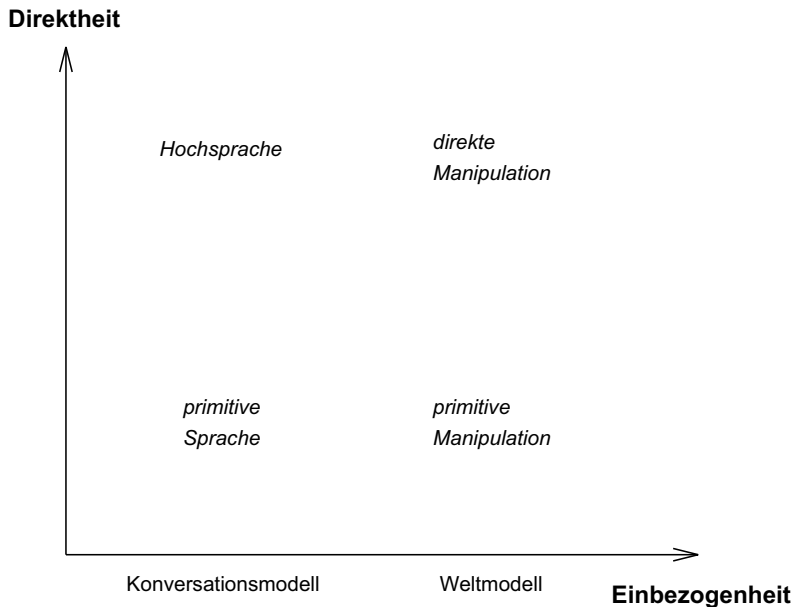
*Sensomotorische Ebene:* Auch auf der untersten Ebene der Interaktion finden sich Distanzen in der physikalischen Ausgabe (Präsentation) von Information und der physikalischen Eingabe. Der Benutzer erwartet beispielsweise glatte Linien und Kurven und erhält stattdessen auf dem Bildschirm durch die Digitalisierung mehr oder weniger stark gestufte Darstellungen. Bei der Eingabe mit einer Maus erwartet der Benutzer vielleicht eine 1:1-Umsetzung seiner Handbewegungen, während das System eine Skalierung der Bewegung durchführt, um Zeigehandlungen auf einem kleinen Mauspad zu ermöglichen.

Viele dieser Distanzen haben Vorteile und Nachteile. Nachteile entstehen meist in Fällen, wenn die Analyse von Aufgaben und mentalen Modellen sowie die Berücksichtigung grundlegender ergonomischer Grundsätze vernachlässigt wurde und die Differenzen zwischen mentalem Modell und Systemmodell mehr oder weniger zufällig entstanden sind. Distanzen können jedoch auch Vorteile bringen. So kann das bestehende mentale Modell eines Benutzers für moderne Computeranwendungen unzulänglich sein, weil es aus früheren, technologisch andersartig unterstützten Arbeitsprozessen stammt. In solchen Fällen können mit der Einführung neuer Technologien bewusst auch andere Wege gegangen, Lernprozesse in Gang gesetzt und daraufhin Effizienzsteigerungen erreicht werden.

Die sogenannten *Direkt Manipulativen Systeme* sind in praktisch allen Fällen weitgehend als Handlungssysteme und nach einem Weltmodell konzipiert (vgl. Abschnitt 8.1.2). Bei diesen Systemen wird versucht, die wahrgenommenen Distanzen auf ein Minimum zu reduzieren. Bei einem Weltmodell wird die Anwendungswelt in irgendeiner angemessenen Form visualisiert. Es werden Werkzeuge zur Manipulation von Objekten der visualisierten Anwendungswelt bereitgestellt. Aktionen des Benutzers bewirken sichtbare Änderungen der Arbeitsobjekte. Dieses Modell vermittelt dem Benutzer ein Gefühl der *Einbezogenheit* in die Anwendungswelt. Der Computer wird dabei kaum mehr wahrgenommen. Der Benutzer hat den Eindruck, die

Anwendungswelt direkt zu bearbeiten. Benutzer erreichen Zufriedenheit und Kontrolle über die Anwendungssysteme, weil sie Aktionen auslösen, die sie kontrollieren und deren Ergebnisse sie voraussehen können. Vor allem auch im Zusammenhang mit solchen Anwendungssystemen wurde die Realisierung *grafischer Benutzungsschnittstellen* (*Graphical User Interfaces, GUIs*) vorangetrieben.

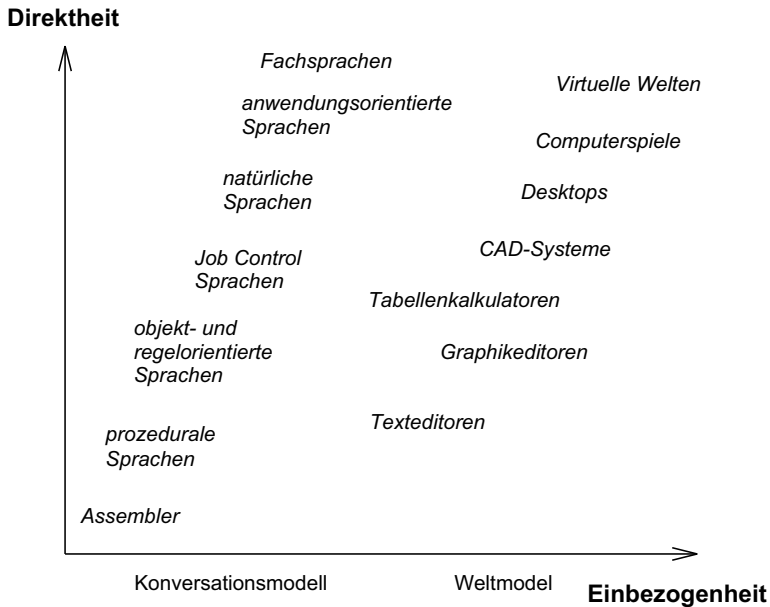
Gibt man dem Benutzer die Möglichkeit, Ausgaben des Systems in den Eingaben, zum Beispiel durch eine Zeigehandlung, direkt zu verwenden, so erhöht sich das Gefühl der Einbezogenheit und Direktheit erheblich. Man spricht hierbei von *Interreferenzieller Ein- und Ausgabe* (Draper, 1986). Dabei muss das System geeignete Modelle von den zu bearbeitenden Daten besitzen, damit der Zeigevorgang auch semantisch bedeutungsvolle Informationen referenziert. Wie schon oben erwähnt, wäre es für die interreferenzielle Ein- und Ausgabe günstig, beispielsweise auf ganze Adressen zeigen zu können, die irgendwo im System dargestellt wurden, um diese an anderer Stelle mit einer einzigen Zeigehandlung einfügen zu können.



**Abbildung 46** Direktheit und Einbezogenheit nach Hutchins, Hollan und Norman (1986)

Im zweidimensionalen Modell von Direktheit der Interaktion und Einbezogenheit der Benutzer findet sich das Modell der direkten Manipulation als Bereich mit hoher Direktheit und hoher Einbezogenheit.

Die Distanz und die Einbezogenheit sind als unabhängige Dimensionen im Raum der Kommunikations- und Interaktionsformen zu sehen, mit denen sich viele Typen interaktiver Systeme definieren bzw. klassifizieren lassen. Konkrete Systemmodelle lassen sich in diesen zweidimensionalen Raum einordnen.



**Abbildung 47** Direktheit und Einbezogenheit (Systembeispiele)

Der zweidimensionale Raum aus Direktheit und Einbezogenheit erzeugt eine Klassifizierungsstruktur für interaktive Anwendungssysteme. Während systemnahe Sprachen das eine Extrem von geringer Direktheit und geringer Einbezogenheit darstellt, finden sich Virtuelle Welten am anderen Ende. Die ansatzweisen Diagonalen drücken qualitativ aus, dass mit höherer Direktheit auch die Einbezogenheit ansteigt.

### 8.3.7 Synästhesie

In multimedialen Handlungsräumen kann ein wichtiges psychologisches Phänomen entstehen, nämlich die Zusammenführung (Fusion) von multisensorischen Wahrnehmungen, auch *Synästhesie* (Cytowic, 2002), *Sensorfusion* oder *simultane Synthese* (Klimsa, 2002) genannt. Dabei geht es um die ganzheitliche, multisensorische Wahrnehmung eines Handlungsraumes. Die unterschiedlichen sensorischen Wahrnehmungen verschmelzen dabei mehr oder weniger stark zu einer Gesamtwahrnehmung, die auch handlungsregulatorische, vor allem sensomotorische Mechanismen einschließt. Dies konnte bislang nur ansatzweise physiologisch und psychologisch modelliert und erklärt werden. Teilweise finden sich in der bio- und

neuropsychologischen Literatur Hinweise auf das Zusammenspiel mehrerer sensorischer Kanäle (Lurija, 1992; Birbaumer & Schmidt, 2010). Hierbei muss darauf hingewiesen werden, dass Synästhesie teilweise auch als neuropathologisches Phänomen angesehen wird, bei dem sensorische Kanäle in der Wahrnehmung auch vertauscht werden oder gegenseitig übersprechen, wie beispielsweise beim Schmecken von Farben (Cytowic, 2002).

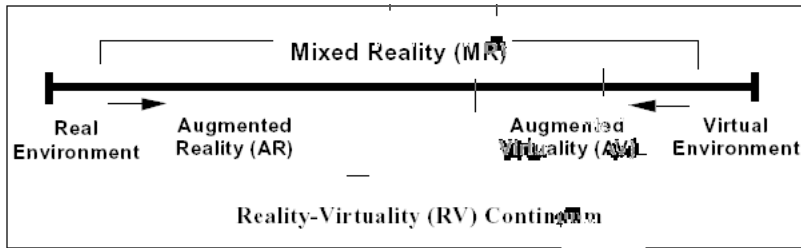
Eine besondere und einfachere Form der Synästhesie findet sich bei der Wahrnehmung zeitbasierter Medien, insbesondere bislang bei visuellen und auditiven Medien. Hier werden diskrete Wahrnehmungsereignisse, wie zum Beispiel zeitlich sequentiell dargebotene Einzelbilder oder Einzeltöne, auf einen in der Wahrnehmung des menschlichen Beobachters kontinuierlichen Medienstrom abgebildet. Während ursprünglich vor allem technische Schwächen durch geschickte Konstruktionen überdeckt wurden (z. B. Verdopplung von Bildwiederholfrequenzen durch eine Zwischenblende in Super-8 und durch Interlacing bei Videodarstellungen), werden die zeitlichen und spektralen Fusions- und Maskierungseffekte in Kombination mit den sensorischen Schwellwerten (*Reizlimen*) und Differenzwerten (*Differenzlimen*) heute für die Kompression von Video- und Audiodaten zur effizienten Speicherung und Übertragung digitaler Medien in Standards wie MPEG eingesetzt (Koegel Buford, 1994) (vgl. dazu auch Kapitel 5).

Die weitere Untersuchung sowie ein besseres Verständnis synästhetischer Prozesse sind für eine systematische Weiterentwicklung der Analyse- und Entwicklungsmethoden multimediale Systeme von großer Bedeutung. Bei der Entwicklung dieser Systeme (z. B. Computerspiele, Simulatoren, Kinos) ist die systematische Herbeiführung von wirkungsvollen multisensorischen Erlebnissen, meist verbunden mit ausgeprägten Emotionen, eine Voraussetzung für die vorhersehbare Wirkung und damit die Akzeptanz der System- und Anwendungslösungen. Diesem Thema widmen sich die neuen Gebiete *Experience Design* (Shedroff, 2001) und *Emotional Design* (Norman, 2004).

### 8.3.8 Reale und virtuelle Handlungsräume

Die Realisierung von Handlungsräumen kann sowohl in der realen als auch in der virtuellen Welt erfolgen. Wenngleich im Normalfall physische und digitale Handlungsräume klar getrennt werden, besteht die Möglichkeit, Mischungen dieser beiden Konzepte herzustellen.

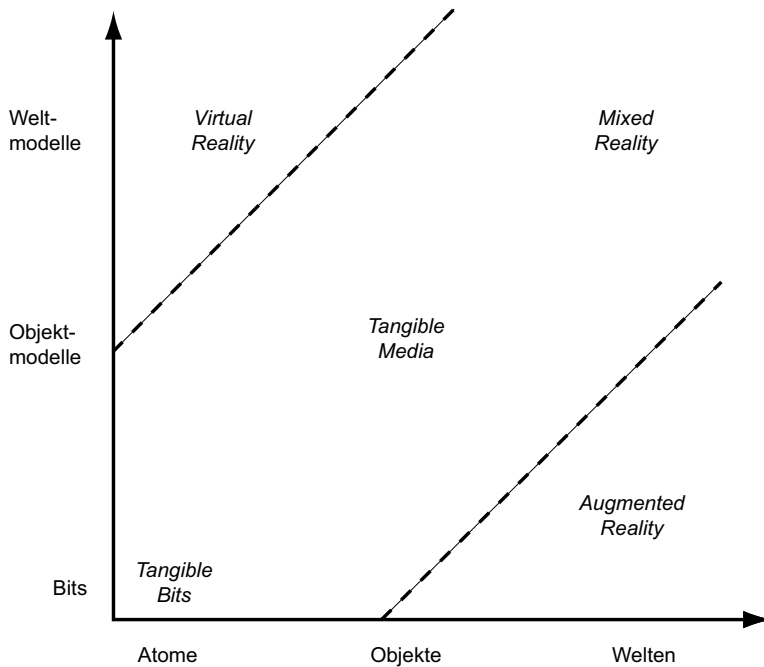
Milgram hat vorgeschlagen, Realität und Virtualität als zwei Pole eines kontinuierlichen Spektrums anzusehen (Abbildung 48) (Milgram & Kishino, 1994; Milgram et al., 1994). Begreift man Realität und Virtualität als zwei orthogonale Dimensionen in einem zweidimensionalen physisch-digitalen Gestaltungskontinuum, so finden sich dort eine Reihe von Konzepten und Phänomenen, wie sie seit einiger Zeit diskutiert und so weit wie möglich realisiert werden (Abbildung 49) (Ishii & Ullmer, 1997; Herczeg, 2006).



**Abbildung 48** Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum nach Milgram et al. (1994)

Reale und Virtuelle Umgebungen können als zwei Pole eines Spektrums angesehen werden. In der Mischung aus realen und virtuellen Welten entsteht Mixed Reality. Dazwischen entsteht nahe der Realität ein bedeutendes Konzept, die Augmented Reality (Erweiterte Realität).

### Ausmaß der Virtualität



### Ausmaß der Realität

**Abbildung 49** zweidimensionaler Gestaltungsraum Realität – Virtualität (Herczeg, 2006)

In einer zweidimensionalen Darstellung, die jeweils auch die Granularität einer Welt darstellt, finden sich die bekannten Konzepte Virtual Reality, Augmented Reality, Tangible Media und Mixed Reality.

Die unterschiedlichen Positionen in diesem zweidimensionalen Gestaltungsraum finden sich teilweise als Systemkonzepte (Systemparadigmen) für die Konzeption und Gestaltung von interaktiven Systemen wieder (vgl. Selker et al., 1996).

Die Existenz einer physikalischen Realität ist für Handlungsräume also keine zwangsläufige Voraussetzung. So reagieren Menschen auf vor allem visuell und auditiv realisierte künstliche Welten auch bei eingeschränkten motorischen Möglichkeiten ähnlich wie in der physischen Welt. Dies ist gerade das Prinzip von *interaktiven Simulatoren* und gibt dem Teilgebiet *Virtuelle Realitäten* (*Virtual Reality, VR, Künstliche Realitäten*) seine besondere Bedeutung. Virtuelle Realitäten, Dodsworth (1998) spricht von *digitalen Illusionen*, werden derzeit nicht einheitlich definiert. Sie stehen für unterschiedlichste Systeme (Vince, 1995; Sherman & Craig, 2003), denen zumindest der Anspruch der Simulation einer künstlichen, aber vorstellbar realen Welt gemeinsam ist. Die 3D-Simulation hat dabei immer einen besonderen Anspruch im Bereich der oft stereoskopischen Visualisierung und der Interaktion mit diesen Visualisierungen. Je naturalistischer und glaubwürdiger die Visualisierungen und Handlungen in der virtuellen Welt sind, desto besser kann es Benutzern gelingen, Interaktionen durch Transferleistungen aus bereits in der physischen Welt erlernten Verhaltensweisen herbeizuführen (siehe auch Abschnitt 11.6.5).

Bei Virtuellen Realitäten versteht man unter *Immersion* das Eintauchen und Teilwerden in bzw. mit einer virtuellen Welt. Während *Synästhesie* mehr die Ganzheitlichkeit von Wahrnehmung und Handlung adressiert, bezieht sich Immersion auch auf zeitliche Phänomene, auf das „Teil-Werden“ oder die Einbezogenheit in einer Erfahrungswelt, die einen meist narrativen Erlebnisstrang trägt und den Handelnden einbezieht (Murray, 1997). Der Mensch bewegt sich in der Anwendungswelt und handelt dort; der Computer wird unsichtbar oder auch allgegenwärtig; siehe dazu auch Norman (1999) und Weiser (1991).

## 8.4 Zusammenfassung

Wir haben in diesem Kapitel die grundsätzlichen Dimensionen und Modelle für Mensch-Computer-Systeme kennengelernt. Dabei haben wir zunächst *Interaktivität* als den Vorgang der Wechselwirkung zwischen Mensch und Computer definiert. Diese Wechselwirkung kann sowohl in Form von *Mensch-Computer-Kommunikation* unter Verwendung einer geeigneten Sprache als auch in Form von *Mensch-Computer-Interaktion* im Sinne von menschlichem Handeln durch Bereitstellen von Handlungsräumen im Computer erfolgen. Die *Multimedialität* eines Systems bezieht sich auf die unterschiedlichen Formen und Ausprägungen, Interaktivität zu realisieren.

Wir haben die Grundlagen von *kommunizierenden Systemen* untersucht. Dabei haben wir vom einfachen *Kommunikationsmodell von Shannon und Weaver* bis hin zu einem differenzierten *6-Ebenen-Modell* die einzelnen Bausteine und Aspekte von Kommunikation kennen gelernt. Diese Modelle beschreiben, wie sprachliche Konstrukte erzeugt, in Nachrichten



kodiert und zum Kommunikationspartner übertragen werden. Umgekehrt werden sprachliche Äußerungen des Partners empfangen, dekodiert, interpretiert und bewertet. Dabei sind wir auch auf die Möglichkeit gestoßen, *natürliche Sprache* im Mensch-Computer-Dialog zu verwenden und diese in *multimodalen Systemkonzepten* mit Gestik und Mimik anzureichern, wie wir das aus der Mensch-Mensch-Kommunikation kennen. Allerdings war festzustellen, dass es sehr aufwändig und bis heute in vielerlei Hinsicht noch nicht befriedigend gelöst ist, so dass wir uns noch auf entweder vereinfachte natürliche Sprache oder formale Sprachen beschränken müssen.

Anstatt mit Computern zu kommunizieren, können wir mit Computern auch *Handlungsräume* schaffen, in denen Menschen agieren können. Die Aktivitätstheorien beschreiben menschliche Handlungsplanung, Handlungsausführung und die dazugehörigen Wahrnehmungs-, Interpretations-, Bewertungs- und Regulationsprozesse auf verschiedenen Ebenen. Diese Handlungsräume können in Form von grafischen Benutzungsschnittstellen mit der Maus als Eingabeinstrument bis hin zu unterschiedlich geprägten Mischungen aus virtuellen und physischen Komponenten wie bei *Tangible Media* oder *Virtuellen Realitäten* gestaltet werden. Diese Handlungsräume werden von den Benutzern als mehr oder weniger *direkt manipulierbar* empfunden, je nachdem, wie direkt die Abbildung der Aufgaben auf die Funktionalität und Handhabbarkeit der Systeme gelingt. Neben der *Direktheit* kann auch ein hohes Maß an *Einbezogenheit* in diese Systeme und ihre Anwendungen erfolgen, das heißt die Benutzer empfinden selbst Teil dieser teilweise künstlichen Welten zu sein (*Immersion*).



# 9 Zeitverhalten interaktiver Systeme

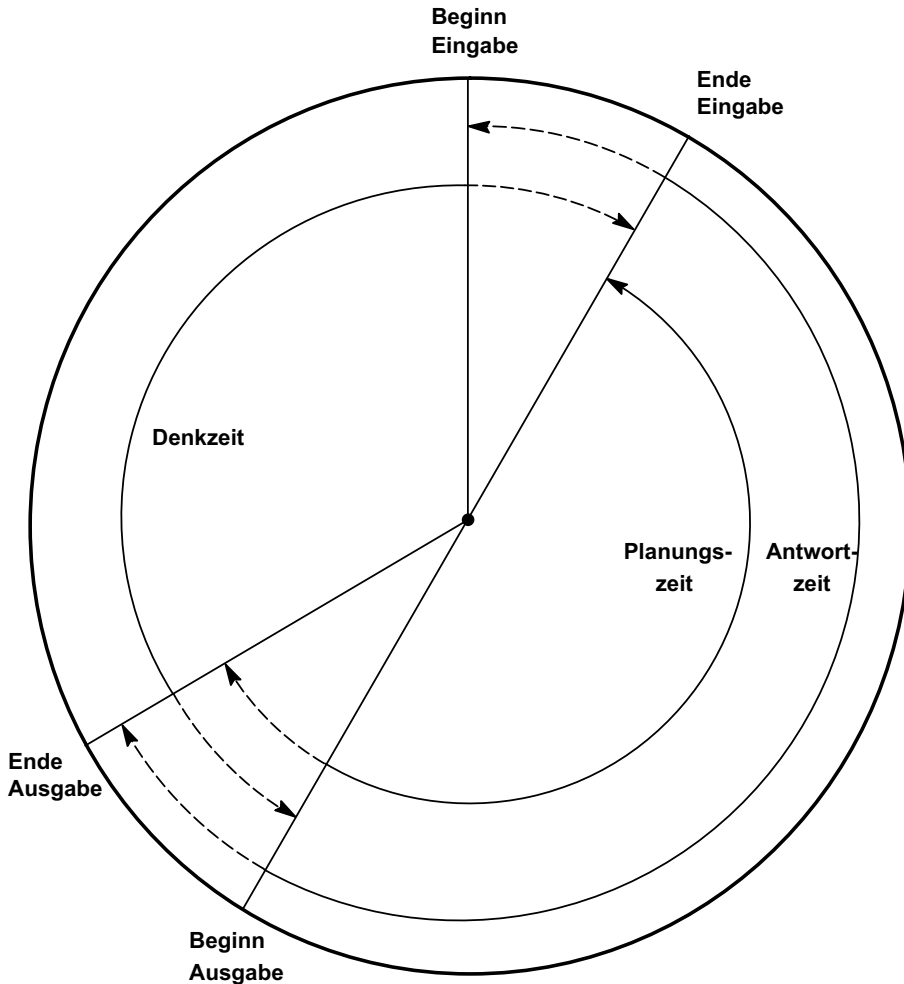
Die Interaktion zwischen Mensch und Computer erzeugt eine Zeitstruktur. Diese entsteht durch die Abfolge der einzelnen Dialog- oder Handlungsschritte. Neben den Zeitdauern, die die Ein- und Ausgaben benötigen, treten auch Zeitabschnitte auf, die aus den Verarbeitungsprozessen bei Mensch und Computer resultieren. Darüber hinaus gibt es sowohl beim Menschen als auch beim Computer Zeiten der Inaktivität, die ebenfalls eine Interaktion prägen. Die wiederholte Interaktion mit Computersystemen erzeugt seitens der Benutzer Erfahrungen und Erwartungen, was die Zeitverläufe angeht. Treten im Verhalten interaktiver Systeme unerwartete Verzögerungen auf, so werden viele Benutzer verunsichert, verärgert oder gar frustriert, was sich direkt auf den Faktor der *Zufriedenstellung* der Benutzer auswirkt (vgl. Abschnitte 1.4, 2.6, 11.2.3 und 11.4.3). Derartige Verzögerungen sind vor allem lange Antwortzeiten sowie lange Ausgabzeiten (Darstellungszeiten bei der Informationsausgabe).

Neben Unzufriedenheit können Verzögerungen im Interaktionsverlauf auch zu einer höheren Fehlerrate der Systembenutzung führen. Auf der anderen Seite können zu schnelle Systemreaktionen auch bewirken, dass Benutzer zu hastig arbeiten. Dies wiederum führt zu schlechtem Lernerfolg, zu oberflächlichem Rezipieren der Systemausgaben, zu Eingabefehlern sowie zu unüberlegten Aktionen. Die Arbeit mit dem Computer kann auf diese Weise auch zu Stress führen (Abschnitt 3.7).

Wir benötigen für gebrauchstaugliche interaktive Systeme also eine gute Balance der Reaktionszeiten von Benutzer und System sowie eine hohe *Erwartungskonformität* des Zeitverhaltens (Abschnitt 11.4.3). Dazu wollen wir im Folgenden die einzelnen Phasen eines Interaktionsschritts genauer betrachten.

## 9.1 Zeitabschnitte einer Interaktion

Ein Dialog- oder Interaktionsschritt lässt sich in mehrere, teils unscharf definierte Zeitabschnitte oder Phasen zerteilen (Shneiderman & Plaisant, 2005) (Abbildung 50).



**Abbildung 50** Zeitliche Phasen eines Interaktionsschritts

Ein Interaktionsschritt besteht aus den Phasen *Eingabezeit*, *Antwortzeit*, *Ausgabezeit* und *Denkzeit*. Die Antwortzeit des Systems kann der Benutzer als *Planungszeit* nutzen.

*Eingabezeit*: Zeitraum zwischen dem Beginn und dem Abschluss einer Benutzereingabe. Die Eingabezeit wird meist vereinfachend als Zeitpunkt und nicht als Zeitraum gesehen.

*Ausgabezeit*: Zeitraum zwischen dem Beginn und dem Abschluss einer Systemausgabe. Die Ausgabezeit des Systems wird wie die Eingabezeit des Benutzers oft vereinfachend als Zeitpunkt und nicht als Zeitraum gesehen.

- Antwortzeit:* Zeitraum zwischen der Benutzereingabe und der daraus resultierenden Systemausgabe. Da Benutzereingabe und Systemausgabe in Wirklichkeit Zeiträume sind, hat man es bei der Antwortzeit mit einem nur unscharf definierbaren Begriff zu tun. Das System kann Benutzereingaben schon vor deren Abschluss zu verarbeiten beginnen.
- Denkzeit:* Zeitraum zwischen der Systemausgabe und der Benutzereingabe. Auch hier hat man es aufgrund der Eingabe- und Ausgabezeiträume mit einem unscharfen Begriff zu tun. Der Benutzer kann sich während diesem Zeitraum den nächsten Arbeitsschritt überlegen.
- Planungszeit:* Zeitraum vom Ende der Benutzereingabe bis zur Systemausgabe. In diesem Zeitabschnitt plant der Benutzer das weitere Vorgehen in Abhängigkeit vom erwarteten Ergebnis der laufenden Aktion.

Aufgrund unterschiedlichster Interaktionen mit einem System sowie der Unschärfen lassen sich diese Zeiten nur schwer praktisch erfassen. Weitere Schwierigkeiten bei Zeitmessungen bringen hard- und software-technische Einflüsse, wie z. B. parallele Prozesse und Verzögerungen in Computernetzen. Trotzdem lassen sich statistische Werte dieser Zeiträume für bestimmte Anwendungssysteme und Anwendungssituationen erheben, die insbesondere Hinweise auf starke Schwankungen im Zeitverhalten oder auf zu lange Ausgabe- oder Antwortzeiten geben können.

## 9.2 Kognitive Randbedingungen

Grundsätzlich sollte es möglich sein, mit Hilfe von kognitiven Modellen des menschlichen Denkens und Verhaltens, Aussagen zu zeitlichen Randbedingungen interaktiver Systeme zu treffen. Daraus sollten sich die systembedingten und damit durch die Realisierung eines Systems beeinflussbaren Größen Antwortzeit und Ausgabezeit ableiten lassen.

Auf einer solchen kognitionspsychologischen Grundlage lassen sich grundsätzlich Richtlinien erstellen, Systeme planen und Vorhersagen des Benutzerverhaltens ableiten. Da die existierenden kognitiven Modelle meist sehr grob und vereinfacht sind, sind wir auch auf Erfahrungen durch Experimente mit Benutzern (Evaluationen) angewiesen (Kapitel 12). Unabhängig davon lassen sich einige allgemeine kognitionspsychologische Aussagen zur Gestaltung des zeitlichen Systemverhaltens treffen, die unabhängig von einer konkreten Nutzung sind.

### 9.2.1 Einflüsse des Gedächtnisses

Das menschliche Gedächtnis, insbesondere das *Kurzzeitgedächtnis (KZG)* hat einen erheblichen Einfluss auf das für Benutzer von interaktiven Systemen günstige Zeitverhalten (siehe dazu unter anderem den *Model Human Processor* nach Card, Moran und Newell (1983)

(Abbildung 30). Sind die Antwort- oder Ausgabezeiten zu lang, besteht die Gefahr, dass der Benutzer seine eigentlichen Arbeitsziele ganz oder teilweise vergisst. Die vom System gelieferten Resultate lassen sich dann nicht mehr oder nur noch unzulänglich mit den Intentionen und Zielen des Benutzers in einen Zusammenhang bringen (zum KZG vgl. Abschnitt 6.3.2).

Bei der Planung von Aktivitäten und ihrer schrittweisen Durchführung ist es immer wieder notwendig, Teilergebnisse oder Teilpläne im Kurzzeitgedächtnis zu halten. Bei der Nutzung eines Systems muss meist nach jedem Arbeitsschritt auf die Reaktion des Systems gewartet werden, bevor der nächste Schritt bestimmt und durchgeführt werden kann. Ist der Zeitverzug zu groß, werden Teilpläne, Teilergebnisse und antizipierte Ergebnisse vergessen und die Handlungsregulation funktioniert nicht mehr. Wie Studien gezeigt haben, können schon Zeiten von 0,1–0,5 sec zu lang sein. Dies resultiert aus der Tatsache, dass das Kurzzeitgedächtnis bei Ablenkungen schon innerhalb solch kurzer Zeiträume flüchtig sein kann (Abschnitt 6.3.2). Andererseits werden bei zu schnellem Arbeiten Fehler gemacht. Das stark begrenzte Kurzzeitgedächtnis mit ca. 7 Chunks wird dann von Informationen überflutet. Die benötigte Zeit zum Transfer von Information aus dem Kurzzeitgedächtnis in das Langzeitgedächtnis mit ca. 8 sec/Chunk ist dann nicht mehr verfügbar (Abschnitt 6.3.3). Der Benutzer beginnt dann unvollständig zu planen, vergisst Teilergebnisse, Teilziele und erwartete Zwischenergebnisse, bis er schließlich nur noch intuitiv oder zufällig arbeitet.

Zusammenfassend kann man davon ausgehen, dass es ein für das menschliche Gedächtnis und die Arbeitsleistung günstiges Zeitverhalten eines Systems gibt, das nicht wesentlich über- oder unterschritten werden sollte.

## 9.2.2 Einflüsse des Problemlöseverhaltens

Mit dem Anstieg der Antwortzeiten steigt auch die Angst der Benutzer vor Fehlern, da deren Behebung entsprechend aufwändig werden kann. Die Arbeitsgeschwindigkeit wird als Folge davon verringert. Die Behebung von Fehlern wird ebenfalls verlangsamt, was die gesamte Arbeitsleistung zusätzlich reduziert. Wenn Antwortzeiten und Ausgabezeiten kürzer werden, passen sich Benutzer meist an den Systemtakt an. Sie verstehen dann die Ausgaben nicht mehr vollständig, generieren unvollständige Pläne und machen mehr Fehler.

Hohe Arbeitsleistung, niedrige Fehlerraten und ein hohes Maß an Zufriedenstellung können nur dann auftreten, wenn (vgl. Shneiderman & Plaisant, 2005)

- der Benutzer über ausreichendes Wissen über die Objekte und Funktionen des Anwendungsbereichs  $B(A)$  verfügt;
- der Benutzer ein angemessenes und transparentes Modell des Anwendungssystems  $B(S(A))$  besitzt;
- der Grad der Zielerreichung ersichtlich ist;
- wenig Angst vorhanden ist;
- Fehler vermieden werden oder eine einfache Fehlerbeseitigung möglich ist;

- die Problemlösung ohne Verzögerungen ausgeführt werden kann;
- Ablenkungen ausgeschaltet sind.

Man sieht vor allem in den letzten beiden Punkten den Einfluss von Zeitaspekten. Zusätzlich zu diesen Faktoren können die folgenden *Präferenzen von Benutzern* eine Rolle bei der Wahl des günstigsten Zeitverhaltens spielen (vgl. Shneiderman & Plaisant, 2005):

- Unerfahrene Benutzer können mit etwas längeren Antwortzeiten erfolgreicher arbeiten;
- unerfahrene Benutzer bevorzugen es, langsamer als Routinebenutzer und Experten zu arbeiten;
- bei geringer Tragweite potentieller Fehler bevorzugen es Benutzer schneller zu arbeiten;
- leicht verständliche, einfache Tätigkeiten werden gerne schneller ausgeführt;
- Benutzer erwarten von einem System ein Zeitverhalten, das sie von früheren Erfahrungen mit demselben oder einem anderen Systemen her kennen.

All diese Faktoren sind schwer einzuschätzen. Sie genau zu quantifizieren ist kaum möglich. Trotz dieser Schwierigkeiten lassen sich diese Faktoren bei der Gestaltung interaktiver Systeme berücksichtigen, indem man sie qualitativ erfasst und in genauer definierten Situationen durch Evaluationen auch quantifiziert. Auf dieser Grundlage lassen sich dann die systembedingten Zeitabschnitte Ausgabezeit und Antwortzeit überprüfen und soweit wie möglich günstig beeinflussen.

## 9.3 Technische Randbedingungen

Die Leistungsfähigkeit der eingesetzten Computersysteme erzeugt bei interaktiven Systemen hinsichtlich des Zeitverhaltens vor allem zwei Effekte. Einerseits muss der Benutzer warten, bis das System auf eine Eingabe mit einer Antwort reagiert. Wir haben dies die *Antwortzeit* genannt. Andererseits dauert das Ausgeben der zu präsentierenden Ausgabeinformationen Zeit, die wir die *Ausgabezeit* genannt haben.

### 9.3.1 Antwortzeit

Die günstigste Antwortzeit ist eine Größe, die sich nicht unabhängig von bestimmten Benutzern und Anwendungsfällen festlegen lässt. Für viele Anwendungssituationen mag eine Antwortzeit von 2–4 sec eine gute Faustregel sein. Es gibt aber Aufgaben oder Teilaufgaben und Situationen, in denen eine derartige Verzögerung untragbar wäre, wie z. B. beim Eintippen eines Zeichens oder eines Wortes in einem Textsystem oder in computergesteuerten Cockpits von Fahrzeugen.

Es gibt eine Vielzahl von Parametern und nicht quantifizierbaren Einflüssen auf die Antwortzeit (vgl. Shneiderman & Plaisant, 2005):

- *Frühere Erfahrungen mit demselben oder ähnlichen Systemen verursachen Erwartungen beim Benutzer.*

Ist die Antwortzeit unerwartet lang, so werden Benutzer ungeduldig und unzufrieden. Die Akzeptanz des Systems und die Arbeitsleistung nehmen dabei ab.

Ist die Antwortzeit unerwartet kurz, so werden die Benutzer skeptisch, ob alles korrekt abgelaufen ist. Es werden dann oft Fehler im System oder eine falsch durchgeführte Aktion angenommen.

Benutzer können Abweichungen von etwa 10% bei Antwortzeiten von 2–4 sec feststellen. Störend werden im Allgemeinen Abweichungen von mehr als 50% der üblichen Antwortzeit empfunden.

- *Persönliche Präferenzen und kognitive Leistungsmerkmale bestimmen die untere und obere Grenze der Antwortzeit.*

Anfänger akzeptieren eher längere Antwortzeiten als Routinebenutzer. Andere bestimmende Faktoren sind Alter, Stimmung, Gesundheitszustand, Tageszeit, momentane Belastung sowie kulturspezifische Einflüsse.

- *Zeitkritische Aktivitäten beschränken die Antwortzeit nach oben.*

Bei manchen Anwendungen darf die Antwortzeit eine bestimmte Schwelle nicht überschreiten (Echtzeitfähigkeit). Derartige Anwendungen sind beispielsweise Editoren, Prozessführung (Herczeg, 2014) sowie direkt manipulative Anwendungen. Die erforderlichen Antwortzeiten liegen dabei im Bereich einiger hundert Millisekunden deutlich unterhalb einer Sekunde.

- *Rechnerleistung, Rechnernetze und der algorithmische Rechenaufwand beschränken die Antwortzeit nach unten.*

Derartige technische und problembedingte Randbedingungen begrenzen die Möglichkeiten oftmals in einer Weise, die es unmöglich macht, ein für den Benutzer befriedigendes Antwortzeitverhalten zu erreichen. In solchen Fällen ist es wichtig, den Benutzer von diesen Restriktionen und ihren Gründen in Kenntnis zu setzen. Dies kann entweder im Rahmen einer Schulung oder durch aktuelle Systemmeldungen erfolgen. Diese Information unterstützt die Bildung eines tragfähigen mentalen Modells  $B(S(A))$ .

Sofern es aufgrund der technischen und wirtschaftlichen Randbedingungen möglich ist, sollten Antwortzeiten im Allgemeinen möglichst unter 4 sec, im Idealfall unter 1 sec liegen. Längere Zeiten können zwar akzeptabel sein, sie müssen jedoch für den Benutzer im Voraus oder während des Dialogs transparent begründet werden.

Bei länger dauernden Systemaktionen können durch textuelle Systemmeldungen oder spezielle Indikatoren interaktive Zustandsmeldungen über den Ausführungszustand der Aktionen gegeben werden. Eine wichtige Rolle spielen dabei sogenannte *Fortschrittsanzeigen* (*Progress-Indicators*), die die noch abzuwartende Ausführungszeit des Systems im Verhältnis zur Gesamtausführungszeit visualisieren. Dies können grafische Darstellungen laufender Uhren

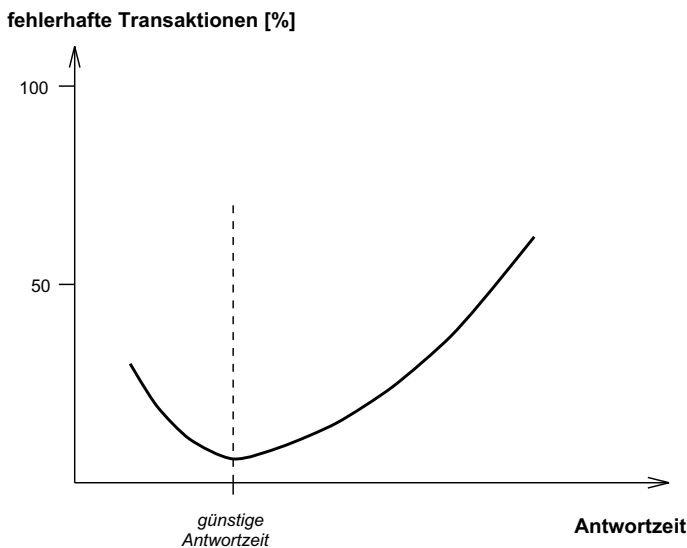


(Sanduhren) oder andere Informationsdarstellungen sein, am besten mit zu erwartender Gesamtzeit und bereits verbrauchter Zeit.

Wie bereits bezüglich kognitiver Randbedingungen in Abschnitt 9.2 festgestellt, gibt es für eine bestimmte Aufgabe und einen bestimmten Benutzer eine *günstige Antwortzeit*, die es dem Benutzer ermöglicht, seine präferierte Arbeitsgeschwindigkeit ungestört aufrechtzuerhalten (Abbildung 51). Antwortzeiten, die wesentlich unter oder aber vor allem über dieser günstigen Zeit liegen, führen zu mehr Fehlern und Unzufriedenheit der Benutzer.

Bei der Untersuchung des Antwortzeitverhaltens hat sich außerdem gezeigt, dass die *Denkzeit* etwa linear mit der Antwortzeit ansteigt, das heißt, dass Benutzer bei langsameren Systemen länger vor ihren Aktivitäten nachdenken als bei schnelleren Systemen. Langsamere Systeme haben demnach einen doppelt negativen Einfluss auf die Produktivität der Benutzer.

Zeitaspekte sind immer ein Ansatzpunkt für Leistungsmessungen. Die Produktivität eines Benutzers sollte in Evaluationen allerdings keinesfalls in Interaktionen (Transaktionen) pro Zeiteinheit gemessen werden, sondern in *korrekt ausgeführten Aufgaben pro Zeiteinheit*. Auf diese Weise kann sich durchaus herausstellen, dass eine günstige Antwortzeit länger als die technisch mögliche Antwortzeit ist.



**Abbildung 51** Qualitativer Verlauf fehlerhafter Interaktionen in Abhängigkeit von der Antwortzeit (nach Shneiderman & Plaisant, 2005)

Die Fehlerrate in Abhängigkeit von Antwortzeit zeigt eine günstigste Antwortzeit. Liegt die Antwortzeit darunter oder darüber zeigen sich mehr fehlerhafte Transaktionen. Hohe Antwortzeiten behindern effizientes Arbeiten durch das Stören des Kurzzeitgedächtnisses, während niedrige Antwortzeiten zu hastigem Arbeiten verleiten.

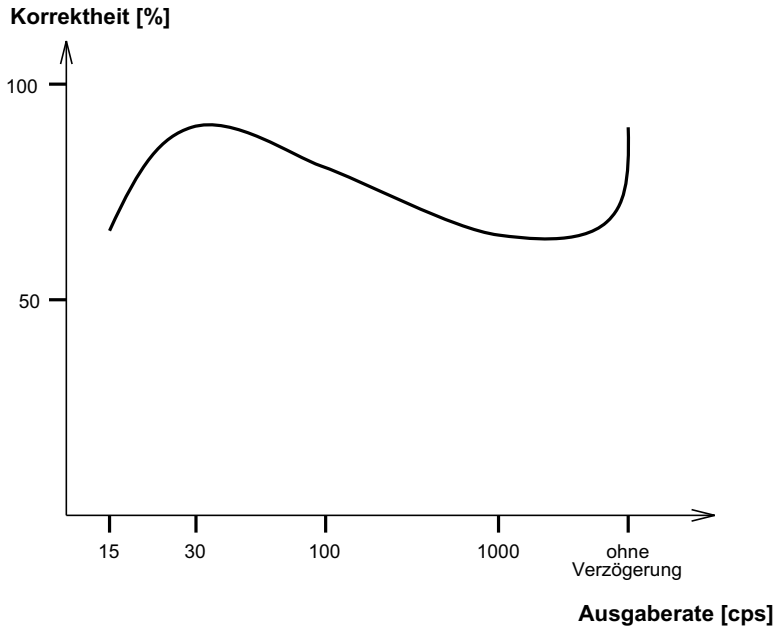
### 9.3.2 Ausgabezeit

Die Ausgaberate alphanumerischer Bildschirme lässt sich in Zeichen pro Sekunde (characters per second, cps) angeben. Die Ausgaberraten variieren bei Computersystemen von 30 cps bis einige 10.000 cps. Die Ausgabezeit errechnet sich demgemäß als Quotient der Anzahl der ausgegebenen Zeichen und der Ausgaberate.

Experimente haben ergeben, dass die für Benutzer besten Ausgaberraten bei etwa 30 cps sowie bei der unverzögerten Ausgabe liegen (Tombaugh et al., 1985) (Abbildung 52). Bei Ausgabe von etwa 30 cps waren die Benutzer in der Lage, die ausgegebenen Texte synchron zur Ausgabe ohne Mühe mitzulesen. Sie konnten dabei die Ausgaben sofort und vollständig erfassen, verstehen und verarbeiten. Bei der sehr schnellen und für den Benutzer subjektiv unverzögerten Ausgabe sind die Benutzer auf eine andere Strategie übergegangen und haben die Lesegeschwindigkeit selbst bestimmt. Die Benutzer scheuen sich dann nicht davor, in Texten hin- und herzublütern, da sie keine Verzögerungen befürchten müssen. Dies ist besonders dann günstig, wenn nicht die gesamte Ausgabe von Interesse ist. Bei dazwischenliegenden Ausgaberraten neigen die Benutzer dazu, ihre Lesegeschwindigkeit der Ausgaberate anzupassen, die dazu jedoch zu hoch ist. Dies führt zu fehlerträchtiger Bildschirmarbeit.

Bereits in umfangreichen Experimenten mit einem Timesharing-System hatte Cotton (1978) festgestellt, dass bei einer Steigerung der Ausgaberate von 10 cps auf 30 cps die mittlere Denkzeit von 2,3 sec auf 1,4 sec zurückgegangen war. Die Benutzer haben also ihre Arbeitsgeschwindigkeit bei höherer Ausgaberate deutlich erhöht. Des Weiteren zeigte sich, dass die Benutzer bei höherer Ausgaberate längere Ausgaben angefordert haben.

Bei anderen als Textdarstellungen können andere Maße für die Ausgabegeschwindigkeit gefunden werden, wie zum Beispiel die Anzahl von Vektoren und Polygonen bei grafischen Anwendungen. Durch Techniken wie *Double-Buffering* kann vermieden werden, dass die schrittweise Entwicklung von Darstellungen durch die Benutzer verfolgt werden kann. Der Bildaufbau erfolgt dann im Hintergrund und erst nach Fertigstellung der Darstellung wird diese für die Benutzer vollständig sichtbar. Dies ist insbesondere dann empfehlenswert, wenn der Darstellungsalgorithmus zu einem in der Entstehung unnatürlichen oder langsamen Bildaufbau führt.



**Abbildung 52** Qualitative Abhängigkeit zwischen Korrektheit der Interaktion und der Ausgaberate (nach Tombaugh et al., 1985)

Die günstigen Ausgaberraten liegen im Bereich der Lesegeschwindigkeit von ca. 30 cps (Zeichen pro Sekunde) sowie bei der subjektiv unverzögerten Ausgabe, die die individuelle Lesegeschwindigkeit fördert.

## 9.4 Zusammenfassung

Das *Zeitverhalten* der Interaktion mit einem Computersystem hat wesentlichen Einfluss auf die Produktivität und Zufriedenstellung von Benutzern.

Ein Interaktionsschritt lässt sich in mehrere zeitliche Phasen aufgliedern, die sich teilweise überlappen:

*Eingabezeit:* Dauer der Benutzereingabe

*Planungszeit:* Zeitraum zwischen Benutzereingabe und Systemausgabe

*Antwortzeit:* Reaktionszeit des Systems

*Ausgabezeit:* Dauer der Systemausgabe

*Denkzeit:* Zeitraum zwischen Systemausgabe und Benutzereingabe

Bei der Systemgestaltung ist darauf zu achten, dass die systemtechnisch beeinflussbaren Größen *Antwortzeit* und *Ausgabezeit* nicht einfach minimiert, sondern den Fähigkeiten und Fertigkeiten der Benutzer einerseits sowie den Zeitanforderungen der Anwendungen andererseits gerecht werden. Die günstigste Antwortzeit und Ausgabezeit eines Systems kann deutlich größer als die technisch mögliche Antwortzeit sein.

Entscheidend für die *Produktivität* eines Benutzers ist letztlich nicht die Anzahl der Interaktionen, sondern die *Anzahl der korrekt ausgeführten Aufgaben in einem Zeitraum*.

# 10 Menschzentrierte Entwicklungsprozesse

Die in den vorhergehenden Kapiteln thematisierten Eigenschaften und Qualitäten interaktiver Systeme müssen in ihrem Entwicklungsprozess systematisch eingeplant, entwickelt und geprüft werden (Herczeg, 2007). Die Software-Ergonomie hat schon früh diskutiert, dass zu diesem Zweck eine „benutzerzentrierte Systementwicklung“ zu erfolgen hat (Mayhew, 1999; Preece, Rogers & Sharp, 2002; Cooper, Reimann & Cronin, 2007). Dies war der Problematik geschuldet, dass im Bereich der Software-Entwicklung oft bis heute die funktionalen Eigenschaften in den Vordergrund rücken. Dabei geht es um die mehr oder weniger formale Realisierung der Anwendungsfunktionen oder der technisch notwendigen Plattformfunktionalitäten. Benutzer kommen im Prozess allenfalls dahingehend vor, dass sie einen Teil dieser Funktionen „benutzen“ oder „bedienen“ sollen. Diese eher technische Denkweise führt zwar zu den für die Arbeitsaufgabe notwendigen Funktionalitäten, berücksichtigt aber nicht, dass Menschen diese mit all ihren menschlichen Fähigkeiten, aber auch Schwächen, in spezifischen Kontexten nutzen werden.

Der *Entwicklungsprozess* kann sich auch bei benutzerzentrierter Vorgehensweise grundsätzlich an bekannten und erfolgreichen Konzepten der Systementwicklung anlehnen. In Abhängigkeit von der *Durchdringbarkeit* und *Spezifizierbarkeit* des vorgesehenen Anwendungsfeldes wird man sequentielle oder iterative Systementwicklungsprozesse wählen.

*Iterative Entwicklungsprozesse* eignen sich vor allem für neue, offene und komplexe Problemstellungen, bei denen sich Funktionsfähigkeit und Qualität einer Lösung erst mit der Nutzung des entwickelten Systems zeigen. Agile Entwicklungsprozesse, wie zum Beispiel SCRUM versuchen Benutzeraspekte und funktionale Fragestellungen zusammenzubringen.

In anderen Fällen, in denen Erfahrungen und Dokumentationen mit bereits entwickelten ähnlichen Systemen auf der Grundlage spezifischer Kontext-, Aufgaben- und Zielgruppenanalysen vorliegen, wird man ein System auch in einem weitgehend *sequenziellen Entwicklungsprozess* ohne aufwändige Iterationen konzipieren können. Dies zeigt die industrielle Praxis bei der Entwicklung interaktiver Systeme mit unterschiedlichen ergonomischen Qualitäten der Produkte seit vielen Jahren.

Neue Aspekte bei der Entwicklung multimedialer Systeme ergeben sich vor allem aus der Integration von zeitbasierten Medien sowie neuen Ein- und Ausgabegeräten, die eine starke Berücksichtigung wahrnehmungspsychologischer, insbesondere auch sensomotorischer Aspekte bei der Systementwicklung erfordern (Herczeg, 2006a).

In diesem Kapitel sollen wichtige Aspekte und Methoden bei der Entwicklung interaktiver Systeme und darauf aufbauenden Medien dargestellt werden. Dabei wird weniger auf spezifische technische Fragen und mehr auf von bestimmten Techniken unabhängigen Grundsatzüberlegungen eingegangen. Entsprechend wird bei den Entwicklungsphasen auch nur kurz auf die von den gewählten Techniken abhängige Realisierungsphase eingegangen. Die Beschreibung der Entwicklungsprozesse baut dabei auf langjährig erfolgreich praktizierte Methoden aus dem Bereich der allgemeinen System- und Software-Entwicklung auf. Die Besonderheiten bei der Entwicklung interaktiver Medien werden entsprechend hervorgehoben.

## 10.1 Prozessorientierte Entwicklung

Prozessorientierte Entwicklung von Produktion ist keine neue Vorgehensweise. In allen industriellen Bereichen muss prozessorientiert gearbeitet werden, um unter definierten Randbedingungen die mit den Produkten verbundenen Vorgaben zeit-, kosten- und qualitätsgerecht zu erfüllen.

In Abhängigkeit von der Art der zu entwickelnden Produkte wurden unterschiedliche Prozesse entwickelt, die eine grundlegende Bedeutung auch für die Entwicklung interaktiver Systeme und Medien besitzen (siehe auch Herczeg, 2006a).

### 10.1.1 Systems-Engineering

Die Theorie von Entwicklungsprozessen fundiert auf dem *Systems-Engineering*, bei dem meist technische Systeme durch hierarchische Gliederung in Teilsysteme und deren Verbindung durch Schnittstellen modelliert werden. Dies unterstützt die räumlich und zeitlich arbeitsteilige Entwicklung komplexer und großer Systeme, wie sie im Bereich industrieller Systementwicklung üblich ist. Systems-Engineering basiert letztlich auf *technischen Systemtheorien* (siehe z. B. Ropohl, 1979).

*Systems-Engineering-Prozesse* schaffen die Grundlage für eine systematische, ökonomische und zeitgerechte Systementwicklung. Diese Prozesse sind typischerweise zeitlich gegliedert in *Analyse*, *Entwurf*, *Realisierung* und *Test* eines Systems, wobei ein Zurückkehren in eine frühere Phase zu jedem Zeitpunkt notwendig werden kann.

Für die Entwicklung interaktiver Systeme sind Systems-Engineering-Prozesse von besonderer Bedeutung, da sie es erlauben, unterschiedlichste Komponenten bei der Entwicklung zu berücksichtigen. Interaktive Systeme definieren sich über physische Komponenten (z. B. Ein-/Ausgabehardware, Computersysteme, Leitungsnetze), software-technische Komponenten (Betriebssysteme, Kommunikationsprotokolle, Anwendungssoftware), gestalterische Komponenten (Bedienoberflächen, Handbücher, Verpackungen) sowie soziale und kulturelle Aspekte (Lebenskontexte, gesellschaftliche Trends, nationale Besonderheiten, Sprachen) und müssen daher von interdisziplinären Teams arbeitsteilig entwickelt werden. Jede der an der Entwicklung der Komponenten beteiligten Disziplinen hat üblicherweise ihre eigenen mehr

oder weniger formalen Entwicklungsprozesse.

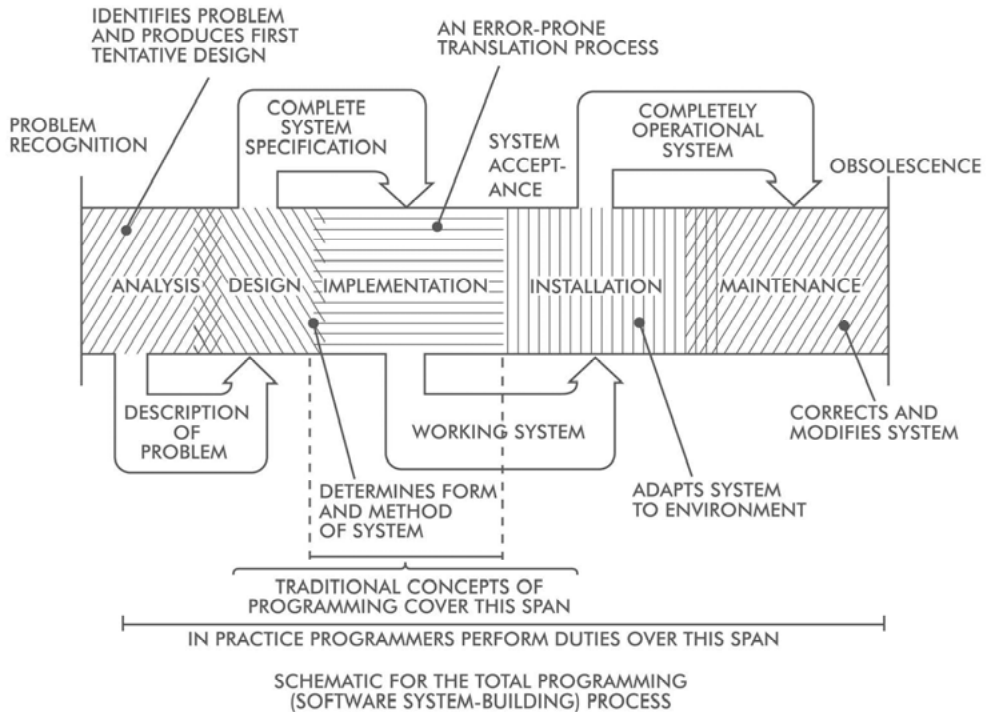
Mehr als bei der früheren Entwicklung interaktiver Anwendungssysteme kommen durch die Integration neuer multimedialer Ein-/Ausgabeperipherien wieder zunehmend ingenieurwissenschaftliche und hardware-ergonomische Fragen in die Systementwicklung. Dies zeigt sich beispielsweise bei der Realisierung von Virtual-Reality-Systemen, Fahr- und Flugzeugcockpits sowie bei speziellen haptischen Systemen. Selbst neue architektonische und bauliche Fragen stellen sich bei der Integration interaktiver Medien in einzelne Räume oder ganze Gebäude. Das Systems-Engineering bildet den Ausgangspunkt für die im Folgenden beschriebenen spezielleren Vorgehensweisen.

### 10.1.2 Software-Engineering

Mit zunehmender Komplexität von Software-Projekten entstand der Bedarf nach strukturierteren und systematischeren Methoden der Software-Entwicklung. Insbesondere im Bereich militärisch genutzter Systeme bemühte man sich sicherzustellen, dass Software stabil und zuverlässig auch das leistet, was mit ihrer Entwicklung beabsichtigt war.

1968 fand eine entsprechende Konferenz mit dem damals noch als provokativ gesehenen Titel „NATO Software Engineering Conference“ statt (Naur & Randell, 1969). Aus den Tatsachen, dass inzwischen allein in Europa mehrere 10.000 installierte Computersysteme existierten, Firmen wie IBM jährlich 5000 „Mannjahre“ allein in die Entwicklung des Betriebssystems OS/360 steckten und Softwarehersteller bis zu 2000 Personen beschäftigen, leiteten die damaligen Verantwortlichen und eingeladenen Wissenschaftler ab, dass man klar definierte Software-Entwicklungsprozesse benötigt, um der weiteren Entwicklung dieses Wirtschaftsbereichs gerecht werden zu können. Bei dieser und vielen folgenden Konferenzen zum Thema Software-Engineering, wurden aufgrund von Erfahrungsberichten erste *Phasenmodelle* entwickelt, die eine systematische Entwicklung auch großer und komplexer Softwaresysteme absichern sollten (siehe Abbildung 53).

Die grundlegenden Ideen, wie ein Software-Entwicklungsprozess beschaffen sein sollte, unterscheidet sich heute gegenüber den Konzepten aus der NATO Konferenz von 1968 nur in den Verfeinerungen, anwendungsspezifischen Besonderheiten sowie den praktischen Umsetzungen durch die heutige *Software-Technik*. Details der Gestaltung und Praktizierung dieser Prozesse finden sich u.a. bei Sommerville (2012).

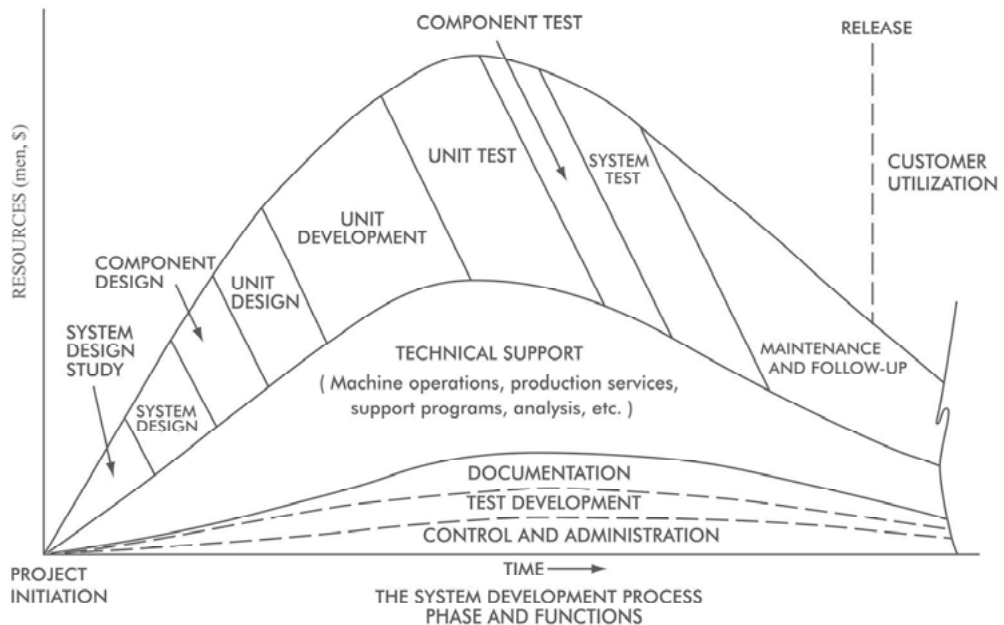


**Abbildung 53** Software-Entwicklungsprozess nach Selig (Naur & Randell, 1969)

Die grundlegende Form eines Software-Entwicklungsprozesses nach den Diskussionen der ersten Software-Engineering-Konferenz der NATO im Jahr 1968, führt von einer Analysephase in die Design- und Spezifikationsphase und von dort in Realisierung, Installation und Wartung. Das realisierte System wird bezogen auf die in der Spezifikation festgelegten Anforderungen geprüft und anschließend freigegeben oder überarbeitet. Im frühen Entwicklungsprozess war bereits der Aspekt der Formgebung enthalten, der bei medialen Systemen heute eine besondere Bedeutung erlangt. Interessanterweise wird die Maintenance-Phase wie bei aktuellen Software-Engineering-Prozessen (z. B. DevOps) auch als Korrektur- und Modifikationsphase verstanden (vgl. Abschnitt 10.5.2).

Bei der Software-Entwicklung im Großen stellte sich neben der methodischen Frage auch die Frage des Entwicklungsaufwandes und des ökonomischen Erfolgs. Dabei wurden auch solche Begrifflichkeiten wie der „Mann-Monat“ (Brooks, 1975) entwickelt und Aufwandsbetrachtungen über den ganzen Entwicklungszyklus eines Software-Produkts angestellt (siehe Abbildung 54).

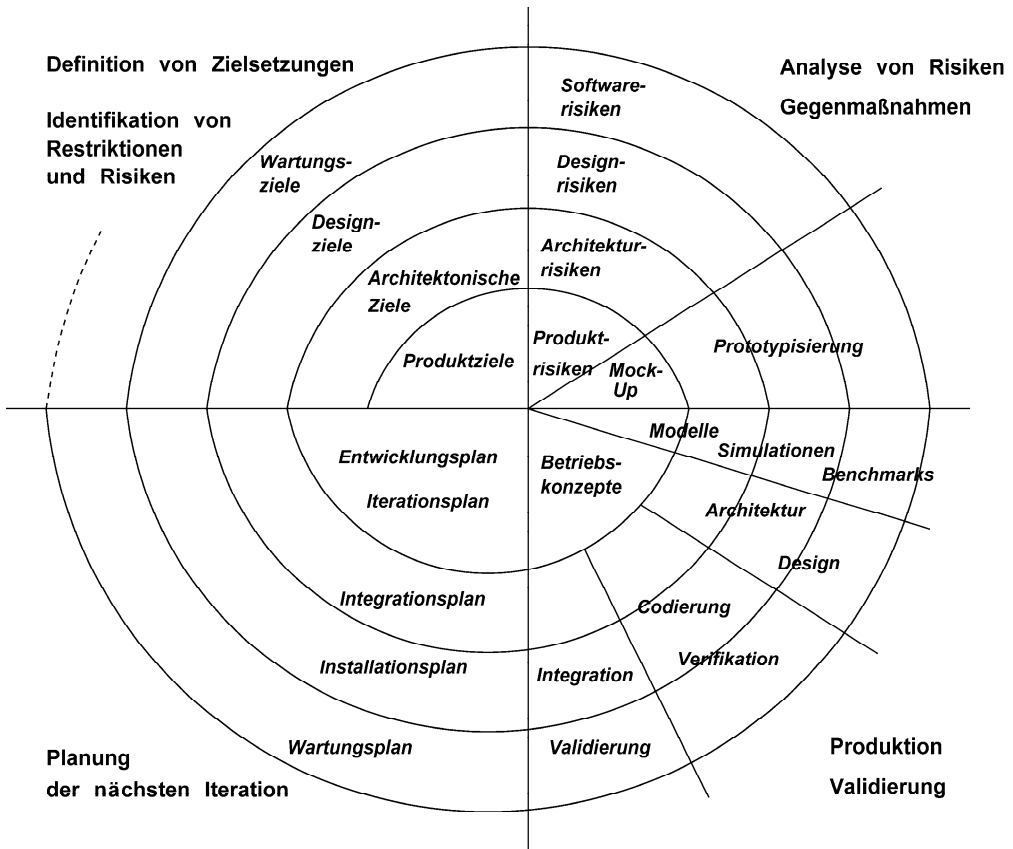




**Abbildung 54** Ressourcenbedarf im Software-Entwicklungsprozess nach Nash (Naur & Randell, 1969)

Die Darstellung aus dem NATO-Bericht zur Software-Engineering-Konferenz von 1968 zeigt, wie sich der Bedarf an Ressourcen, gemessen in Personen oder in Kosten, während eines Projekts entwickelt. Prinzipiell gilt ein ähnlicher Verlauf auch heute bei der Entwicklung interaktiver Systeme.

Eine wichtige, spätere Erkenntnis bei der Entwicklung komplexer Systeme, die insbesondere auch bei interaktiven Systemen gilt, ist die Tatsache, dass die Entwicklung selten sequenziell, häufig stattdessen iterativ verlaufen wird. Ein wichtiger Grund dafür ist die mangelnde Spezifizierbarkeit von komplexen Systemeigenschaften. Stattdessen führt man solche Systeme mehrfach durch den grundlegenden Entwicklungsprozess (siehe Abbildung 55) und beurteilt nach jeder Iteration, wie das System verbessert und erweitert werden kann (Boehm, 1988). Ein iterativer oder auch agiler Prozess darf allerdings nicht als Ersatz für eine sorgfältige Planung dienen, da er wenig ökonomisch und oft auch mit vorher nicht einschätzbaren Risiken verbunden ist.



**Abbildung 55** Spiralmodell der Software-Entwicklung (in Anlehnung an Boehm, 1988)

Der grundlegende Entwicklungsprozess wird bei iterativen Entwicklungsprozessen, z. B. beim Spiralmodell, mehrfach durchlaufen. Nach jedem Durchlauf wird das System evaluiert und in einer Folgeiteration optimiert und bei Bedarf auch erweitert. Viele Systeme durchlaufen solche Prozesse auch nach ihrer Auslieferung an die Kunden, die dann immer wieder neue Versionen erhalten. Für komplexe interaktive Medien bietet sich ein solcher Ansatz in vielen Fällen an.

### 10.1.3 Cognitive-Engineering

Aus den frühen Erfahrungen mit interaktiven Computersystemen war eines der Hauptprobleme dieser Systeme deutlich abzuleiten. Die Systeme waren im Allgemeinen in *Funktionalität* und *Benutzungsschnittstelle* nicht ausreichend an die Fertigkeiten, Fähigkeiten, Kenntnisse und Erwartungen ihrer Benutzer angepasst. Diese Fragestellung wird durch das Cognitive-(Systems)-Engineering (Norman, 1986; Woods & Roth, 1988; Rasmussen et al., 1994)

adressiert. Nach Norman dient Cognitive-Engineering im Rahmen des *User Centered System Design*<sup>21</sup> (Norman & Draper, 1986) dazu, um

1. die grundsätzlichen Prinzipien hinter menschlichen Handlungen und Leistungen zu verstehen, die notwendig sind, um Systeme zu gestalten und
2. Systeme zu entwickeln, deren Nutzung sich angenehm darstellt, deren Effizienz und Leistung zwar wünschenswert ist, aber nicht das Hauptziel darstellt.

Der Ausgangspunkt des Cognitive-Engineering ist eine detaillierte Aufgabenanalyse (siehe dazu Abschnitt 10.2.1). Die Ergebnisse dieser Analyse dienen auf Grundlage von Handlungs- und Wahrnehmungsmodellen (siehe Kapitel 5) als ständige Bezugspunkte während der Systementwicklung. So können Gestaltungsalternativen in den unterschiedlichsten Phasen der Systementwicklung auf ihre Eignung für spezifische Aufgaben der Benutzer verglichen und optimiert werden. Gerade die Abbildbarkeit der Intentionen und Aufgaben der Benutzer auf die Systemfunktionen wird dabei zur zentralen Frage.

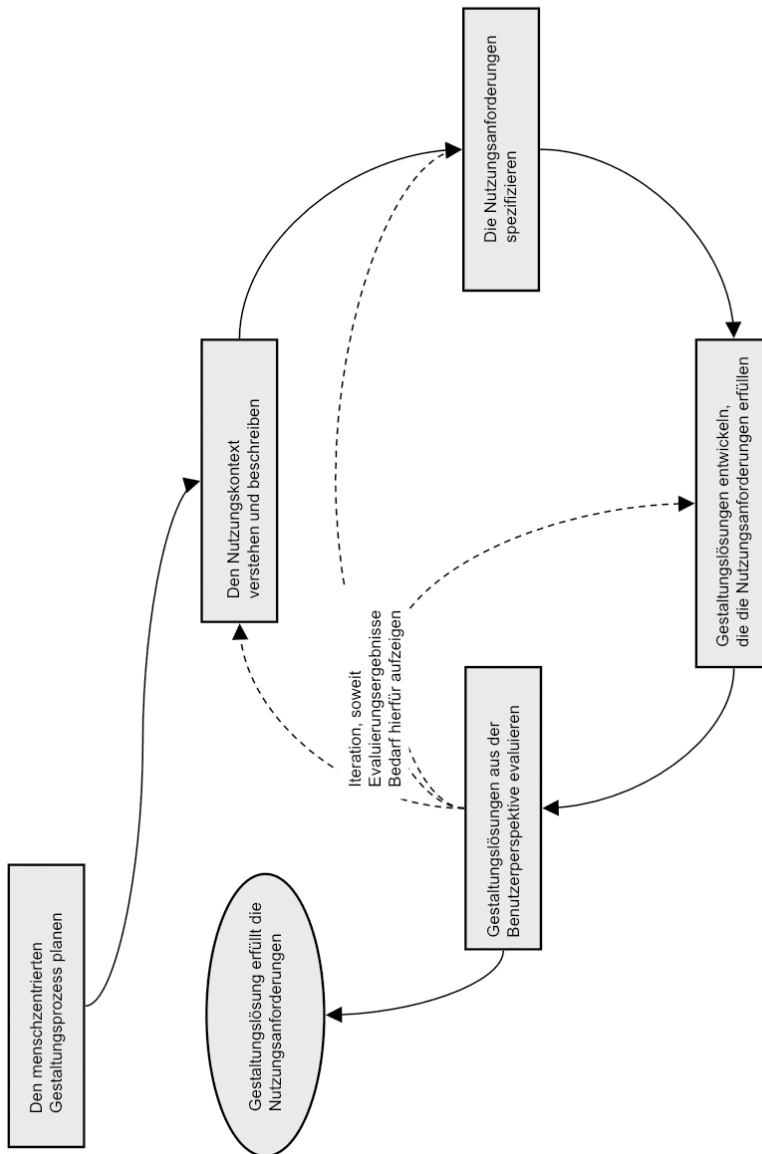
### 10.1.4 Usability-Engineering

Im Rahmen des *Usability-Engineering* wird Cognitive-Engineering und Software-Engineering zusammengeführt. Während im Software-Engineering viele Jahre ohne ausgeprägte Berücksichtigung der Mensch-Computer-Schnittstelle Entwicklungsprozesse durchgeführt und in vielen Software-Entwicklungsprojekten angewandt worden sind, versucht man im Rahmen des Usability-Engineering in der Tradition des Cognitive-Engineering die Benutzer und ihre Aktivitäten zum Ausgangs- und Bezugspunkt zu machen und die bestehenden Modelle des Software-Engineering dahingehend zu ändern, das heißt vor allem zu erweitern. Usability-Engineering wird inzwischen vielfältig, wenn auch nicht übereinstimmend charakterisiert (Nielsen, 1993; Winograd, 1996; Mayhew, 1999; Carroll, 2002). Die Methodik hat sich darüber hinaus in der internationalen Norm DIN EN ISO 9241-210 niedergeschlagen. Die Berücksichtigung der Zielgruppen und des Nutzungskontextes zeigt sich im Prozessmodell aus dieser Norm (siehe Abbildung 56).

Neben diesem Prozessmodell entstammen dem Usability-Engineering auch Konzepte und Gestaltungshinweise für *Interaktionsformen* der Mensch-Computer-Systeme. Dabei wird beispielsweise in diversen Teilen der DIN EN ISO 9241 vor allem die visuelle Benutzungsschnittstelle thematisiert und der Gestaltungsraum dargestellt (siehe Anhang). Technologischer Hintergrund sind dort eher klassische Computerterminals sowie grafische Workstations und Personal Computer. Multimediale Benutzungsschnittstellen finden in der DIN EN ISO 14915 Berücksichtigung.

---

<sup>21</sup> Heute oft auch kurz nur *User Centered Design (UCD)* genannt.



**Abbildung 56** Entwicklungsprozess nach ISO 9241-210

Das Modell zeigt die prinzipielle Abfolge von Prozessschritten bei der benutzerzentrierten Entwicklung interaktiver Systeme. Nach Analyse von Nutzungskontext und organisatorischen Anforderungen werden Systemlösungen produziert, die nach Evaluation entweder zurück in eine vertiefte Analyse oder zum erfolgreichen Abschluss der Systementwicklung führen.

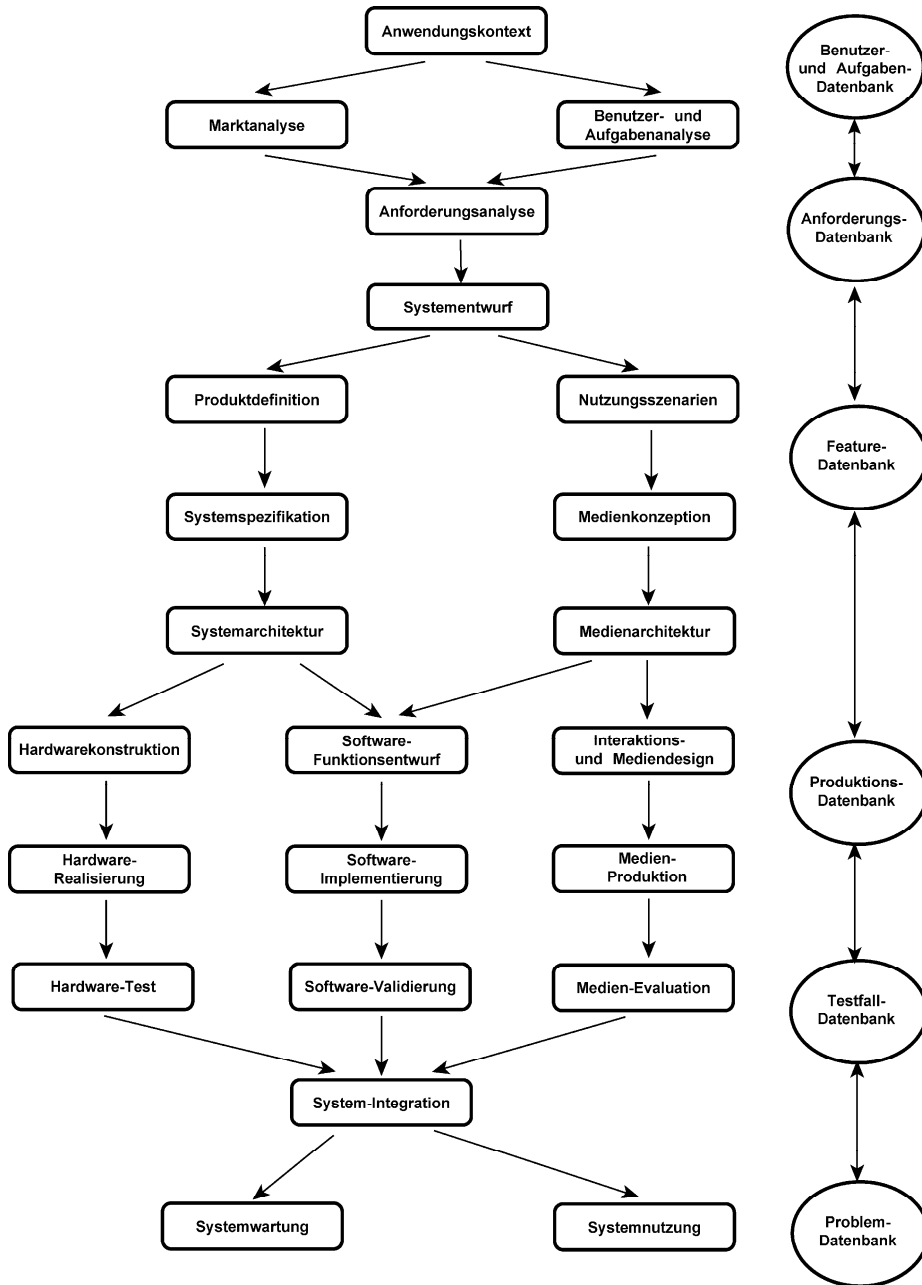
### 10.1.5 Medien-Engineering

Durch die zunehmende Integration multimedialer Elemente wie Audio, Video oder Animationen in Benutzungsschnittstellen benötigen wir Methoden über das Usability-Engineering hinaus. In Modellen des Usability-Engineering selbst finden sich keine allgemein eingeführten Methoden für die Konzeption und Gestaltung anderer als grafisch-textueller, statischer Medien. Die Entwickler erhalten Informationen aus der Benutzer-, Aufgaben- und Organisationsanalyse für die Realisierung, jedoch keine Hinweise, wie sich die interaktiven Systeme hinsichtlich der Multimedialität darstellen sollten. Dieser Aufgabe widmet sich das neuere Gebiet des *Medien-Engineering* (Herczeg, 2006a; Herczeg, 2007). Hier werden neben den dargestellten Vorgehensweisen des Usability-Engineering, das sich vor allem um die interaktiven Aspekte der Systemgestaltung bemüht, auch die multimedialen Ausprägungen, soweit wie möglich, systematisch analysiert und entwickelt. Im hier dargestellten Rahmen der Software-Ergonomie muss diese Betrachtung aber auf Aspekte eingegrenzt werden, die Auswirkungen auf die Gebrauchtauglichkeit eines Mensch-Computer-Systems haben.

In Disziplinen wie dem *Grafikdesign* sowie der Musik- und Filmproduktion existieren Konzepte zur Modellierung und Gestaltung komplexer zeitbasierter, visueller und auditiver Medien. Dies erfolgt durch Methoden wie Nutzungsszenarien, Drehbücher, Storyboards und Gestaltungsskizzen (Scribbles, Sketches). Den Produzenten ermöglichen diese Hilfsmittel vor der Entscheidung für eine Produktion frühzeitig die voraussichtliche Akzeptanz ihrer Produkte durch ihre Zielgruppe einzuschätzen.

Medien-Engineering erfordert Prozesse, die die Entwicklung interaktiver Systeme (Usability-Engineering) mit der Entwicklung multimedialer Systeme zusammenführt. Auch am Beispiel der inzwischen weit verbreiteten Entwicklung interaktiver, web-basierter Lernumgebungen im Bereich des E-Learning lassen sich die Besonderheiten interaktiver Medienentwicklung auf der Grundlage von Prozessen aus dem Usability-Engineering erkennen. Am Anwendungsfall des E-Learning wurde dies intensiv untersucht (z. B. Kritzenberger, Herczeg, 2001; Hartwig, Herczeg & Kritzenberger, 2002; Kritzenberger, 2005; Hartwig, 2007).

In Abbildung 57 wird ein *Medien-Engineering-Prozess* dargestellt. Dabei werden die klassischen Phasen des System- und Software-Engineering mit den Phasen aus der Analyse und Konzeption des Usability- und Medien-Engineering verknüpft. Prozessbegleitend finden sich mehrere verschränkte Dokumentationsbereiche (Prozess-Repositories), die Ergebnisse aus den einzelnen Phasen enthalten. Durch die durchgängige Verknüpfung der einzelnen Elemente zwischen den unterschiedlichen Repositories entsteht für alle Beteiligten am Entwicklungsprozess die Möglichkeit, die Vorgaben über eine Begründungs- und Abhängigkeitskette bis zur Analyse zurück zu verfolgen. So lassen sich Testfälle mit Storyboards, diese mit den Nutzungsszenarien und diese wiederum mit den Aufgaben der Benutzer in Bezug setzen. Solche, über den Gesamtprozess durchgängige Bezüge helfen insbesondere bei Gestaltungsentscheidungen die oft vielfältigen Optionen zu bewerten. Mittels Evaluationen identifizierte Systemschwächen lassen sich bis hin zu Vorgaben oder auch Lücken in den Design- und Analysephasen zurückverfolgen.



**Abbildung 57** Medien-Engineering-Prozess (Herczeg, 2006a; Herczeg, 2007)

Der Entwicklungsprozess verläuft in drei Hauptsäulen (Hardware, Anwendungssoftware, Interaktion und Medien). Die iterativen Abschnitte wurden in der Abbildung aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt.

Prozessbegleitende Hilfsmittel dieser Art vermeiden Defizite früherer Entwicklungsprozesse, die eine höhere Unabhängigkeit der Prozessphasen vorausgesetzt haben. Sie helfen bei der Konzeption und Realisierung, die meist großen Gestaltungsspielräume durch den Bezug auf die Anforderungen informiert zu nutzen. Entscheidungsprozesse bei der Gestaltung werden durch die zugrunde liegenden Analysen transparenter und nachvollziehbarer geleitet. Dies reicht von der Bezugnahme auf die Aufgabenstruktur bis hin zur Dramaturgie zeitbasierter Medien. Medien-Engineering berücksichtigt auch die ganzheitliche Wahrnehmung sowie die Erlebnishaftigkeit interaktiver und zeitbasierter Medien im Sinne des Experience Design (Shedroff, 2001).

## 10.2 Entwicklungsphase: Analyse

Die erste Phase eines Entwicklungsprozesses besteht aus einer Reihe von Analysen zur Bestimmung von Ausgangspunkt, Zielsetzungen und Realisierungsmöglichkeiten für ein System. Im Bereich der interaktiven Systeme fokussiert man im Rahmen der Arbeitssystemanalyse vor allem auf drei Analysebereiche:

- Aufgabenanalyse (Feststellung der Aktivitäten, die mit dem System vonstattengehen sollen);
- Benutzeranalyse (Identifikation und Charakterisierung der Zielgruppen);
- Kontextanalyse (organisatorische, zeitliche und räumliche Nutzungsumgebung).

Dies kann durch weitere Analysen ergänzt werden. Auch die Tiefe und der Umfang der Analyse hängen vom Anwendungsfeld und der erwarteten Bedeutung des Systems ab.

### 10.2.1 Aufgabenanalysen

Bei der Analyse von Arbeitssystemen stehen zunächst die einzelnen *Arbeitsaufgaben*, die ein Benutzer zu bewältigen hat, im Vordergrund. Arbeitsaufgaben definieren sich über eine Reihe von Charakteristika, die im Rahmen einer *Aufgabenanalyse* zu erfassen sind (Kirwan & Ainsworth, 1992; Dunckel et al., 1993; Hackos & Redish, 1998; Vicente, 1999; Herczeg, 2001). Näheres zu Aufgabenanalysen haben wir schon in Abschnitt 2.3 diskutiert.

Die internen Aufgaben, also die Aktivitäten, die durch die Realisierung des interaktiven Systems entstehen, können größtenteils erst nach Entwurf des Anwendungssystems festgestellt und untersucht werden. Die externen Aufgaben, also diejenigen, die der Problemstellung im Anwendungsfeld selbst entstammen, können bereits bei der ersten Aufgabenanalyse beschrieben werden. Der Unterschied zwischen internen und externen Aufgaben gibt Hinweise auf die mögliche *Effizienz* der Tätigkeit und damit auch auf die *Produktivität* der Benutzer. Interne Aufgaben gegenüber den externen Aufgaben sind gewissermaßen der Mehraufwand, der durch die Konstruktion des Systems entsteht.

### 10.2.2 Benutzeranalysen

Wir hatten bereits in Kapitel 7 ausführlich diskutiert, wie wir die Nutzer selbst, also die Zielgruppen für das interaktive System, erfassen können. Dabei wurde festgestellt, dass wir Information über unsere Benutzer brauchen. Typische Analysen betreffen dabei

- organisatorische Rollen,
- Erfahrungsstand,
- Marktsegmente,
- Lebenskontext und Lebensstil.

Jede dieser Klassifizierungen oder Modellierungen führt zu wichtigen Hinweisen, wie die Benutzungsschnittstelle eines Anwendungssystems zu gestalten ist. Die Berücksichtigung solcher Hinweise verbessert die Gebrauchstauglichkeit der Systeme.

### 10.2.3 Organisations- und Kontextanalysen

Aufgaben- und Benutzeranalysen allein liefern noch nicht die vollständige Grundlage für die Entwicklung eines interaktiven Systems. Die Benutzer und ihre Aufgaben sind eingebettet in einen Arbeitskontext und eine physische Arbeitsumgebung, die maßgeblich Randbedingungen für die Gestaltung der Systeme setzen. Wir haben dies bereits in Kapitel 4 eingehend untersucht.

Im Rahmen eines Entwicklungsprozesses werden Kontextanalysen im Bereich der Arbeitssysteme vor allem im Zusammenhang mit der *Organisationsanalyse* durchgeführt. Dabei klärt sich, wie zusammengearbeitet wird und wer, wem, wann, welche Informationen zuliefert. Dabei wird sowohl die *Aufbauorganisation* (statische Leitungsstruktur) als auch die *Ablauforganisation* (dynamische Abläufe, Workflow) hinsichtlich der Kooperationsprozesse untersucht.

Im allgemeinen Fall sind Kontextanalysen auf umfangreiche *Beobachtungen* und *Befragungen* gestützte Untersuchungen der Arbeitsweise und des Arbeitsumfeldes, in dem das zu realisierende oder zu verbessernde System Einsatz finden soll. Eine Darstellung einer umfassenden Methodik, die die Kontextanalyse für interaktive und multimediale Systeme in das Zentrum der Analysen rückt, findet sich bei Beyer und Holtzblatt (1998) unter der Bezeichnung *Contextual Design*, auch wenn im Prozess dem Design vor allem analytische Arbeiten vorausgehen.

## 10.3 Entwicklungsphase: Konzeption und Design

Nach sorgfältiger Durchführung und Dokumentation der notwendigen Analysen (siehe Abschnitt 10.2) kann die Entwicklung eines interaktiven Systems in die *Konzeptions- und Designphase* übergeführt werden.



*Konzeption*, gemeint ist hier eine *Systemkonzeption*, bedeutet, geeignete *Systemarchitekturen*, d. h. *Strukturmodelle* zu finden, die die Lösung ermöglichen und unter Berücksichtigung der zu verwendenden Technologien diese so einfach wie möglich gestalten.

*Design*, hier *Interaktions- und Mediendesign*, bedeutet *Dialoggestaltung* und *Formgebung*, das heißt die Gestaltung der Benutzungsschnittstelle unter Anbindung an die zu realisierende Funktionalität. Dies muss passend zu den Aufgaben und den Eigenschaften der Benutzer erfolgen. Die Analysen dazu liegen, wie beschrieben, aus der Analysephase vor.

### 10.3.1 Systemarchitekturen

Bei der Konzeption eines interaktiven Systems müssen *Systemarchitekturen* vorgesehen werden, die das System geeignet in eine *Struktur von Teilsystemen* gliedern. Die Teilsysteme sollen später auch von unterschiedlichen Entwicklern arbeitsteilig realisiert und dann wieder zu einem Gesamtsystem integriert werden können. Systemarchitekturen bilden das innere Gerüst eines Systems. Zwischen Teilsystemen können *Schnittstellen* definiert werden, die die Teilsysteme zu einem Ganzen zusammenbinden.

Systemarchitekturen müssen die vorgesehenen *Technologien*, die verwendeten *Entwicklungswerkzeuge*, die *Schnittstellen* zu anderen Systemen sowie die *Kompetenz* der Entwickler berücksichtigen. Sie entstehen meist auf einer Erfahrungsgrundlage in Form von bekannten *Entwurfsmustern*, die schon in ähnlichen Fällen erfolgreich zu Lösungen geführt haben.

### 10.3.2 Interaktionsdesign

Das *Interaktionsdesign* beschäftigt sich in seinem Kern mit der Entwicklung der *Interaktionsstrukturen*, handlungs- oder kommunikationsbasiert, zwischen Benutzer und Computersystem (siehe Kapitel 8). Dabei wird auf Grundlage meist bekannter und bewährter *Systemparadigmen* und *Gestaltungsmuster* interaktiver Systeme ein konkretes Interaktionsmodell für das System entwickelt (Herczeg, 2006).

Interaktionsdesign im Sinne der Entwicklung gebrauchstauglicher Mensch-Computer-Systeme muss in definierter Weise auf die oben genannten Analysen aufbauen. Das Gebiet hat sich in den letzten Jahren zu einer eigenen Disziplin entwickelt. Nähere methodische Ausführungen und teils prozessorientierte Vorgehensweisen dazu finden sich in Carroll, Mack & Kellog (1988), Preece, Rogers & Sharp (2002), Buurman (2005), Herczeg (2006), Moggridge (2007), Cooper et al. (2014) und anderen Quellen, die neben dem spezifischen Analyse- und Gestaltungsprozess für interaktive Systeme mehr oder weniger auch die Frage die Gebrauchstauglichkeit adressieren.

### 10.3.3 Mediendesign

Das *Mediendesign* ist letztlich der Teilprozess der medialen *Formgebung* des interaktiven Systems. Dabei werden die gewählten Interaktionsstrukturen mit medialen Elementen verknüpft, die für die Benutzer wahrnehmbar, also sichtbar, hörbar, tastbar und so weiter sein müssen.

Die Prozesse für das Mediendesign stammen vielfach aus dem *Grafik-* und *Kommunikationsdesign* und müssen mit den Konzepten des *Interaktionsdesigns* verknüpft werden. Da dies in der Vergangenheit von unterschiedlichen Disziplinen, vor allem von Informatik und Design, meist unabhängig voneinander geleistet worden ist, müssen die Arbeitsweisen und Prozesse durch die Verwendung gemeinsamer *Entwicklungsplattformen* und *Gestaltungswerkzeuge* heute enger denn je zusammengeführt werden.

### 10.3.4 Benutzermodellierung

In der Analysephase wurden Benutzeranalysen durchgeführt. Diese liefern eine detaillierte Informationsgrundlage, welche Eigenschaften die *Zielgruppen* für das System voraussichtlich haben werden. Diese Sammlung von *Benutzereigenschaften* oder auch *Benutzererwartungen* liefert noch kein besonders anschauliches Bild eines realen Benutzers.

Im Rahmen von Konzeption und Design benötigen die Systementwickler jedoch eine gute und vor allem konkrete Vorstellung von ihren künftigen Benutzern. Deshalb sollte vor allen anderen Teilaktivitäten eine Form der Benutzermodellierung vorgenommen werden. Alan Cooper empfiehlt hierbei das Verfahren der *Personas*, bei dem aus den Analyseinformationen eine kleine Zahl von *fiktiven aber repräsentativen Benutzern* beschrieben wird (Cooper, 1999; Cooper et al., 2014). Das Verfahren hat inzwischen viele Anhänger bei Herstellern interaktiver Systeme gefunden, da es recht einfach, aber außerordentlich hilfreich in der Anwendung ist. Andere Verfahren sind stärker formal orientiert und beschreiben Benutzer und deren Interaktionsverhalten mit Hilfe von Modellierungssprachen (siehe auch Abschnitt 12.2 und Herczeg, 2005).

Benutzermodelle, die in der Systementwicklung entwickelt und verwendet werden unterliegen häufig selbst wieder iterativer Verfeinerungs- und Korrekturprozessen. So wird beispielsweise auch von einem *Persona-Lifecycle* (Pruitt & Adlin, 2006) gesprochen, der im Entwicklungsprozess Niederschlag finden soll.

Den Begriff der Benutzermodellierung im Rahmen der Systemkonzeption darf man zu einem gewissen Grad auch so interpretieren, dass man die Benutzer auch nicht als gegeben hinnehmen muss, sondern Überlegungen anstellen kann, wie die Benutzer des Systems qualifiziert sein sollten und wie sie sich bei der Nutzung des Systems verhalten sollten. Durch *Selektion* und *Qualifizierung* können die Zielgruppen nicht nur als gegeben angenommen, sondern auch gezielt entwickelt werden.

## 10.4 Entwicklungsphase: Realisierung

Die *Realisierung* oder *Implementierung* eines interaktiven Systems ist die technische Umsetzung von Konzeption und Design in Form der *Software- und Medienproduktion*.

Diese Phase wird häufig als die zentrale Aufgabe einer Systementwicklung angesehen. Liegen jedoch gründliche Analysen und, darauf aufbauend, eine klare Konzeption sowie ein aussagekräftiges Design vor, ist diese Phase zwar durchaus ressourcenintensiv (siehe Abbildung 54), ansonsten aber vor allem eine konsequente Umsetzung bereits getroffener Konzepte und Designentscheidungen. Für die Implementierung wird viel handwerkliche Erfahrung im Umgang mit Produktionswerkzeugen für Software und Medien benötigt.

Weiterführende Literatur zu Methoden, Sprachen und Werkzeugen für die Realisierung interaktiver Medien sind vielfältig zu finden. Da sich die Hilfsmittel häufig sehr schnell in wenigen Monaten und Jahren weiterentwickeln, sollen hier keine spezifischen Quellen genannt werden. Trotzdem soll an dieser Stelle kurz auf die beiden Aspekte *Software- und Medienproduktion für gebrauchstaugliche Systeme* eingegangen werden.

### 10.4.1 Softwareproduktion

Die frühen Jahre der Entwicklung interaktiver Systeme war vor allem durch die Programmierung der Funktionalität mit einfachen Formen der Informationseingabe und Informationsausgabe gekennzeichnet. Inzwischen wird die Realisierung von Benutzungsschnittstellen für die zugrunde liegende Funktionalität als eigene Herausforderung und Kompetenz angesehen. Man nennt dies auch *User Interface Development* und hat dazu eigene Softwaretechnologien entwickelt. Entsprechend der Möglichkeiten sind auch die Aufwände für die Entwicklung der Benutzungsschnittstellen gewachsen. In der Größenordnung werden die Aufwände inzwischen als mindestens genauso hoch wie die der Funktionalität, wenn nicht sogar deutlich höher, angesehen. Entsprechend ist es auch von besonderer ökonomischer Bedeutung, die *User Interfaces*<sup>22</sup> effizient und in möglichst wenige Iterationen zu entwickeln. Dies setzt sorgfältige Analysen (Abschnitt 10.2) sowie aussagekräftige Konzepte und Designs voraus (Abschnitt 10.3). Unzulängliche Analysen oder ungeeignete Entwürfe von Benutzungsschnittstellen bedeuten im besten Fall hohe Zusatzaufwände für Korrekturen in vielen Iterationen in der Entwicklung von User Interfaces und im schlechtesten und leider häufigsten Fall nicht gebrauchstaugliche Systeme, deren Kosten die Nutzer und Anwender zu tragen haben, sofern die Systeme nicht abgelehnt werden. Das schnelle Iterieren im Sinne des *Rapid Prototyping* sollte nicht mit der eigentlichen Implementierung verwechselt werden, sondern ist ein Instrument in der Konzeptions- und Designphase.

Bei der Programmierung von interaktiven multimedialen Systemen wurden aus den bisherigen allgemeinen Programmiersprachen mit einfachen Softwarebibliotheken für die Ein- und

---

<sup>22</sup> *User Interface* soll hier als software-technischer Begriff für eine *Benutzungsschnittstelle* verwendet werden.

Ausgabe inzwischen spezialisierte *User-Interface- und Medienprogrammiersprachen* sowie entsprechende *Entwicklungsplattformen* und dazugehörige *Entwicklungsumgebungen*. Die neueren Programmierkonzepte und damit verbundenen Systemarchitekturen müssen insbesondere dem Umstand der Verteilung von Anwendungen auf verschiedene Computersysteme Rechnung tragen. Dabei sind schwierige Probleme zu lösen, wie z. B.:

- *Dynamische Generierung* von User Interfaces durch Veränderungen in den darzustellenden Daten (z. B. in E-Shops);
- *Zugriffsrechte und Personalisierungen (Individualisierungen)* auf den ausführenden Computersystemen (z. B. Ablage von Benutzerprofilen sowie Informationen wie Cookies auf den Zielsystemen);
- große *Serversysteme* (z. B. Datenbanksysteme, Suchmaschinen, Webserver; Adressserver) müssen wieder eine große Zahl von *Personal Computern oder mobilen Endgeräten* versorgen;
- *Synchronisation* verteilter Daten (gespeicherte vs. auf dem Bildschirm dargestellte Daten) auch in *Echtzeit*;
- Verarbeitung, Übertragung und Darstellung *komplexer und hochvolumiger Medieninhalte*.

Beim Übergang von Client-/Server-Lösungen auf Systeme, die aus dem Internet, speziell aus dem WWW heraus bedient werden können, sind dabei eine Vielzahl von neuen Softwaretechnologien entstanden, die laufend und auch schnell weiterentwickelt werden. Durch die Besonderheiten von mobilen Systemen und Cross-Plattform-Lösungen für diverse Endgeräte beim Nutzer verkompliziert sich die Situation weiter.

Durch die neuen Systemarchitekturen findet derzeit ein umfassender Umbau von fast allen laufenden Anwendungen statt mit dem Ziel, bisherige Anwendungen „internetfähig“ und „mobil“ zu machen, das heißt zu ermöglichen, diese Anwendungen über das WWW sowie mobile Endgeräte benutzen zu können. Dabei ist zu beobachten, dass diese flexiblen Architekturen teils auffällige Nachteile für die Gebrauchstauglichkeit von interaktiven Systemen aufweisen. Als Beispiele seien hier nur die aufwändige Prüfung oder Unterstützung von einzelnen Benutzereingaben, oder die mit den verteilten Datenbeständen oft nicht mehr synchronen und echtzeitfähigen Darstellungen auf den Bildschirmen erwähnt.

## 10.4.2 Medienproduktion

Die Generierung multimedialer Inhalte eines interaktiven Systems wie Audio, Video oder Animationen ergänzt zunächst die klassischen Methoden und Werkzeuge tradierter Hilfsmittel zur Gestaltung von Text und Grafik. Da diese nun zunehmend, wie am Beispiel von Webseiten oder Videoclips, verknüpft erstellt werden müssen, entstanden *Medienproduktionsumgebungen* mit zunehmend integrierten Teilwerkzeugen.

Als verknüpfende Werkzeuge entwickelten sich für interaktive Medien auch spezielle Programmiersprachen oder Makromechanismen. Auf diese Weise entstanden beispielsweise für

animierte, multimediale Webseiten sowie CD- oder DVD-Produktionen eigene Sprachen, die inzwischen auch für webbasierte- und mobile Systeme benötigt werden.

Zur Trennung von Inhalt und Präsentation (Funktionalität und Darstellung) von Webseiten entstanden *Markup-Sprachen* wie HTML, XML oder Derivate davon auf der Grundlage von SGML, das ursprünglich für ähnliche Anstrengungen im Bereich der klassischen Dokumentation entwickelt worden war.

Die enge Verknüpfung von interaktiven und multimedialen Elementen in der Implementierung spiegelt die beiden Dimensionen eines interaktiven multimedialen Systems wider, wie schon in Abbildung 34 dargestellt. Beide Dimensionen werden durch die technologischen Möglichkeiten immer weitergehender ausgeprägt, was letztlich die zunehmenden Aufwände genauso wie die teils auffälligen Schwächen in der Gebrauchstauglichkeit der neuen Systeme erklärt, wenn nicht ausreichende große oder kompetente Entwicklungsressourcen verfügbar sind.

## 10.5 Entwicklungsphase: Evaluation

Wie wir schon festgestellt haben, dienen menschenzentrierte Entwicklungsprozesse der Zusammenführung von Anforderungen und Fähigkeiten der Benutzer mit der Konzeption und technischen Lösung einer Benutzungsschnittstelle. Wie der grundlegende Prozess einer benutzerzentrierten Entwicklung zeigt (siehe Abbildung 56), muss dabei iterativ an mehreren Stellen des Prozesses die Übereinstimmung von Gestaltungslösungen mit den Anforderungen der Benutzer festgestellt werden. Dies leisten geeignete Methoden zur *Evaluation*. An dieser Stelle sollen nur kurz die prozessualen Ansätze für Evaluationsverfahren diskutiert werden. Näheres zu den methodischen Ansätzen findet sich dann in Kapitel 12. Spezifische Evaluationsmethoden müssen abhängig von Anwendungsfeld und Zielgruppe der weiterführenden Literatur entnommen werden.

### 10.5.1 Evaluationsmethoden

In der Software-Ergonomie haben sich vielfältige Evaluationsverfahren entwickelt. Keines dieser Verfahren ist uneingeschränkt einsetzbar oder liefert sichere Ergebnisse. Eine angemessene Evaluation wird in Abhängigkeit von den Benutzern, deren Aufgaben, dem zu evaluierenden System sowie den zu untersuchenden Kriterien das beste Evaluationsverfahren auswählen, anschließend geeignet an die besonderen Randbedingungen anpassen, in den Entwicklungsprozess integrieren und defensiv Schlussfolgerungen aus den Untersuchungen ableiten.

Es werden drei Grundtypen der Evaluation unterschieden (Karat, 1988):

1. *Theoriebasierte Evaluation*: Prüfung der Lösung mit Hilfe allgemeiner Erkenntnisse und Regeln zur Gestaltung gebrauchstauglicher Systeme, wie z.B. mit der ISO 9241 und den damit verbundenen theoretischen Grundlagen.
2. *Aufgabenbasierte Evaluation*: Überprüfung, ob die in der Aufgabenanalyse definierten Aufgaben mit dem System effektiv und effizient bearbeitet werden können.
3. *Benutzerbasierte Evaluation*: Beobachtung und Befragung von Benutzern bei der Nutzung des Systems.

Diese grundlegenden Ansätze für Evaluationen eignen sich zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Entwicklungsprozess. Theoriebasierte Methoden können an jeder Stelle eingesetzt werden, während aufgabenbasierte Evaluationen das Vorliegen einer ausreichend tiefen Analyse aus der Analysephase voraussetzt (Abschnitt 10.2.1). Benutzerbasierte Verfahren setzen entsprechend Benutzeranalyse und Benutzermodellierung voraus, die wenn möglich auch mit realen Benutzern abgeglichen und unter Beteiligung dieser Benutzer erfolgen können.

Diese Evaluationsverfahren können auch gemischt und damit multiperspektivisch angewandt werden. Evaluationsverfahren und Kriterien für deren Anwendung finden sich unter anderem auch in der Norm ISO/TR 16982.

## 10.5.2 Evaluationsprozesse

Evaluationen können zu unterschiedlichen Zeitpunkten während oder nach der Entwicklung interaktiver Systeme erfolgen. Wie bei anderen qualitätssichernden Maßnahmen kann man entweder ein erstelltes System auf seine Qualität prüfen oder eine gewünschte Qualität durch geeignete Entwicklungsmaßnahmen möglichst systematisch herbeiführen.

Führt man *am Ende einer Systementwicklung* in einer abschließenden und zusammenfassenden Bewertung eine Evaluation durch, nennt man diese Vorgehensweise *summative Evaluation*. Diese Methode entspricht der abschließenden *Qualitätsprüfung* eines Produkts, das anschließend entweder ausgeliefert werden kann oder nachbearbeitet werden muss. Stößt man bei dieser späten abschließenden Evaluation auf größere Probleme mit dem System, gibt es oft nur noch sehr aufwändige Möglichkeiten, diese wieder zu beseitigen, da man in frühere Phasen in der Entwicklung zurücksetzen muss. Die summative Evaluation ist daher für große und komplexe Systeme als einzig angewandte Vorgehensweise zur Evaluation nicht zu empfehlen.

Eine Prüfung von Gestaltungsentscheidungen in bereits frühen Prozessphasen verhindert ein bis zum Ende entwickeln suboptimaler Lösungen und erlaubt iteratives Arbeiten auch innerhalb der einzelnen Prozessphasen. So können erkannte Schwächen eines Systems früh und mit meist wenig Aufwand beseitigt werden. Da dies eine Vorgehensweise ist, bei der die gewünschte Qualität hergestellt, also das Produkt durch die Evaluation gewissermaßen „geformt“ wird, nennt man diese deshalb *formative Evaluation*.

Formative Evaluation kann bereits kurz nach den ersten Analysen von Aufgaben, Benutzern und Kontexten stattfinden, indem schon die ersten Systemkonzepte mit einer geeigneten Evaluationsmethode geprüft werden. Hierbei bieten sich vor allem aufgabenbasierte Verfahren sowie Reviews mit Benutzermodellierungen an. Hat man die Möglichkeit, Designskeizzen oder Prototypen zu realisieren, kann man schon von Beginn an auch benutzerbasierte Methoden mit realen Benutzern anwenden (Abschnitt 10.5.3).

Zum Abschluss der Systementwicklung sollte immer eine summative Evaluation als finale Qualitätssicherung mit Benutzern und bei entsprechend positiver Bewertung die Freigabe folgen. Dies kann durch Methoden wie *Continuous Deployment*, also laufende Verbesserungen und Nachlieferungen an die Kunden, aufgeweicht werden, um frühzeitig und laufend Weiterentwicklungen und Verbesserungen des Systems ins Feld und zu den Benutzern zu bringen. Phasen der testweisen Nutzung im Feld über geeignete Zeiträume mit Rückmeldungen oder Zwischenbewertungen (*Continuous Monitoring*) müssen entsprechend folgen. Auf diese Weise können die Evaluationen unter allen relevanten realen Randbedingungen durchgeführt werden. Man spricht hier auch von *DevOps Usability Testing*. *DevOps*, als Kunstwort aus *Development* (Entwicklung) und *Operations* (Betrieb), versteht sich als eine Erweiterung des Entwicklungsprozesses in den Realbetrieb hinein mit Feedback zurück in die Entwicklung. Man geht davon aus, dass auf diese Weise der zunehmenden Komplexität von IT-Systemen besser Rechnung getragen werden kann als durch aufwändige Spezifikationen, Modellierungen oder labortechnische und damit künstliche Nachbildungen der Nutzungssituationen (Scharma & Coyne, 2015; Kim et al., 2017).

### 10.5.3 Benutzerpartizipation

Viele, aus Sicht der Benutzer ungünstige Lösungen bei der Gestaltung von Benutzungsschnittstellen könnten verhindert werden, wenn man die Benutzer schon in der Analyse- oder spätestens der Konzeptions- und Designphase der Entwicklung einbeziehen würde. Sie hätten dann die Möglichkeit, ihre Anforderungen und ihre Erfahrungen in die Gestaltung einzubringen. Man nennt dies auch *partizipative Systemgestaltung* (*Participatory Design*), die letztlich eine besondere Variante der formativen benutzerbasierten Evaluation darstellt (Schuler & Namioka, 1993).

*Benutzerpartizipation* erzeugt den nicht unwichtigen Nebeneffekt, dass Benutzer ein System, das sie mitgestaltet haben, auch eher *akzeptieren*. Sie werden in solchen Fällen mit deutlich weniger Vorbehalten an die Nutzung gehen, was im Allgemeinen dann mit dem schnelleren und leichteren Erlernen des Systems verbunden sein kann. Darüber hinaus führt die Beteiligung von Benutzern zu einer besonderen *Qualifizierung* der Benutzer für ihre Tätigkeiten, da sie auf diese Weise ihre Arbeit, ihre Arbeitsmittel und sich selbst besser, vor allem systematischer kennen lernen. Sie analysieren so zu einem gewissen Grad ihr *eigenes Arbeitssystem* und sind in der Lage, dieses im Rahmen der Systementwicklung zu beeinflussen.

Benutzerpartizipation kann fester Bestandteil eines Systementwicklungsprozesses sein. Nur so kann sichergestellt werden, dass Benutzerpartizipation nicht nur zufällig stattfindet, weil

gerade ein Benutzer greifbar oder besonders interessiert ist. Das Problem liegt oft darin, dass zum Zeitpunkt der Systementwicklung weder der Kunde (z. B. das Unternehmen, das ein System anschafft) noch die Benutzer (Endbenutzer des Systems im Unternehmen) bekannt sind. Hier können ersatzweise repräsentative *Benutzerklassen* oder *Personas* definiert werden (Kapitel 7), die als *Zielgruppen* des Systems angesehen werden. Auf der Grundlage von Benutzerklassen lassen sich „Ersatzbenutzer“ finden, die in Anforderungen und Fähigkeiten ausreichende Ähnlichkeiten mit den späteren Endbenutzern zeigen.

Benutzerpartizipation mit realen Benutzern kann unterschiedliche Stufen und Ausprägungen aufweisen (Peschke, 1988):

1. Informationsaustausch zwischen Benutzern und Entwicklern,
2. Beteiligung der Benutzer an Entscheidungen über Gestaltungsmerkmale,
3. Beteiligung der Benutzer an der Gestaltung selbst oder auch
4. Entwurf der Benutzungsschnittstelle durch die Benutzer selbst.

Welche Form und Intensität der Beteiligung gewählt wird, hängt von vielen Faktoren ab, vor allem aber von der Art der Beauftragung der Software-Entwicklung sowie von der Qualifikation der beteiligten Benutzer. Bis heute findet partizipative Systementwicklung nur in Ausnahmefällen oder eher zufällig oder wenig geplant statt. Damit bleibt ein wichtiges Potential für menschengerechte Systemgestaltung ungenutzt.

Es muss allerdings davor gewarnt werden, Benutzerpartizipation als Ersatz für systematische und sorgfältige Analysen zu verstehen. Benutzer orientieren sich gerne an dem, was sie schon kennen und mangels Wissen nicht unbedingt daran, was sinnvoll und möglich wäre. Oft müssen Arbeitsweisen geändert werden, um das Potenzial von computergestützten Anwendungssystemen voll auszuschöpfen. Aber gerade der Vergleich einer sorgfältigen Analyse mit den Wünschen und Vorschlägen von Benutzern eröffnet viele interessante und oftmals wichtige Fragestellungen und Diskussionen, die sonst eher spät oder gar nicht erscheinen bzw. stattfinden würden.

## 10.6 Interdisziplinäre Entwicklung

Entwicklungsprozesse zur Entwicklung interaktiver Medien bieten Aufgabenstellungen für Fachleute unterschiedlicher Disziplinen. Dabei müssen diverse Methoden und Arbeitsweisen zu einem durchgängigen Prozess zusammengeführt und integriert werden. Sequentielle und parallele Arbeitsabläufe ermöglichen die optimale Nutzung der verfügbaren Zeit, ohne vorhandene Abhängigkeiten unberücksichtigt zu lassen. Soweit die Theorie. Die Praxis zeigt, dass es sehr schwierig ist, interdisziplinäre Arbeit zu praktizieren. Dazu einige Beobachtungen.



### 10.6.1 Fachübergreifende Kooperation

Interdisziplinäres Entwickeln zeichnet sich nicht nur durch Arbeitsteilung aus. Für eine erfolgreiche Entwicklung müssen auch überlappende Kompetenzen entstehen oder schon vorhanden sein. Dies heißt, dass Fachleute die Arbeitsweise und die Arbeitsmethoden benachbarter Disziplinen kennen und verstehen müssen. Dies ermöglicht eine intensive und fruchtbare Kommunikation sowie ein tieferes Verständnis der Möglichkeiten und Grenzen einer Systemgestaltung.

Im Bereich der Software-Ergonomie haben sich so in den letzten Jahrzehnten die Arbeitsweisen von Informatikern, Psychologen und Arbeitswissenschaftlern in vielfältiger Weise verknüpft (siehe auch Abschnitt 1.7). Im Bereich des Interaktionsdesigns gilt dasselbe für Informatiker und Designer. Im Usability-Engineering finden sich Arbeitsweisen des Software-Engineering sowie des Cognitive-Engineering. In der Software- und Medienproduktion haben Methoden und Werkzeuge aus Informatik, Design und Medientechnik zusammengefunden.

Alle diese Kombinationen benötigen Zeit und zunächst am besten experimentelle Projekte, die nicht zu empfindlich sind. Die Fachleute unterschiedlicher Disziplinen müssen eine gemeinsame Sprache finden und lernen, sich gegenseitig in ihren jeweiligen Domänen geeignet zu informieren und vor allem, sich gegenseitig ernst zu nehmen. Diese Kultivierung ist aufwändig und damit teuer und zeitraubend. Sie zahlt sich auf längere Sicht aber aus. Längerfristig führt ohnehin kein Weg an einer solchen Arbeitsweise vorbei.

### 10.6.2 Soziale Strukturen

Bei der Anwendung von organisatorischen Prozessen arbeiten Menschen in Arbeitsstrukturen, oftmals in engen Teams, zusammen. Neben den formalen Funktionen und Aufgaben finden dort aber auch vielfältige *informelle Kommunikations- und Kooperationsprozesse* statt. Diese sind Folge allgemeiner sozialer Strukturen und sozialer Prozesse und werden vom formalen Entwicklungsprozess meist gar nicht erfasst oder erwähnt. Diese informellen Prozesse zeigen vielfach Auswirkungen auf die formalen Prozesse und die zu entwickelnden Produkte.

Die sozialen Strukturen führen zu fachlichen und kommunikativen Aushandlungsprozessen, die für die Qualität der zu entwickelnden Produkte förderliche oder auch schädliche Reibungen erzeugen.

Es ist wichtig, soziale Strukturen und informelle Prozesse als Realität zu begreifen, sie wahrzunehmen und wenn nötig darauf einzuwirken. Diese Tatsache wird oft nicht akzeptiert und führt dann gerade bei interdisziplinären Teams, die ohnehin schon Kommunikationsprobleme zu bewältigen haben, zu unerwarteten und schädlichen Effekten bei der Systementwicklung.

### 10.6.3 Telekooperation

Die Zusammenarbeit von Teams, insbesondere auch von interdisziplinären Teams muss oft über auch größere Distanzen erfolgen, so dass die Teams nicht immer oder überhaupt nicht räumlich und zeitlich zusammenarbeiten können. So entstehen sogenannte *Virtuelle Teams*, die mit Hilfe arbeitsteiliger Prozesse gemeinsam räumlich und zeitlich versetzt arbeiten.

Eine erfolgreiche Telekooperation erfordert geeignete Führungsstrukturen, Planungsprozesse und gemeinsame Infrastrukturen. Näheres zu dieser Herausforderung findet sich bei Konradt und Hertel (2007).

## 10.7 Zusammenfassung

Komplexe interaktive Systeme können nicht ohne Systematik entwickelt werden. *Entwicklungsprozesse* helfen, die Komplexität zu bewältigen, und geben den Entwicklern und den für die Entwicklung Verantwortlichen abgestimmte Arbeitsweisen an die Hand, die in hohem Maße sicherstellen, dass die Systeme fach-, zeit-, kosten- und qualitätsgerecht entstehen.

Das *Systems-Engineering* bildet die Grundlage für alle Systementwicklungsprozesse. Bei der Systementwicklung werden Phasen wie beispielsweise *Analyse*, *Entwurf*, *Realisierung* und *Validierung* durchlaufen. Das System wird dabei meist hierarchisch in *Teilsysteme* gegliedert.

Das *Cognitive-Engineering* orientiert sich insbesondere an menschlichen Handlungen und Leistungen und versucht auf dieser Grundlage, möglichst (kognitiv) effiziente Systeme zu realisieren, also Systeme, die die Anforderungen, Fähigkeiten und Grenzen der Benutzer berücksichtigen.

Das *Software-Engineering* berücksichtigt die technischen Besonderheiten software-basierter Systeme. Spezifische Modellierungs- und Testverfahren ermöglichen eine möglichst effiziente, anforderungskonforme und so weit wie möglich fehlerfreie Implementierung zu realisieren.

Das *Usability-Engineering* ist gewissermaßen die Verbindung aus Cognitive-Engineering und Software-Engineering. Benutzer, ihre Aufgaben und ihre Arbeitskontexte werden dabei in besonderer Form während der Entwicklung berücksichtigt und in der Realisierung überprüft.

Mit dem *Medien-Engineering* tritt man in eine Verfahrensweise ein, die auch dem Usability-Engineering nahe liegt, aber die Besonderheiten von Entwicklungsmethoden und Entwicklungsumgebungen für Medien, zum Beispiel auch zeitbasierter Medien wie Animationen, Video und Audio, berücksichtigt. Medien-Engineering verknüpft die Arbeitsweisen von Informatikern und Ingenieuren mit denen von Kommunikations- und Produktdesignern sowie zunehmend auch Architekten.

Die wichtigsten *Phasen einer benutzer- und aufgabenzentrierten Systementwicklung* sind *Analyse, Konzeption und Design, Realisierung* sowie *Evaluation*.

Im Rahmen der *Analyse* entstehen *Aufgaben-, Benutzer- und Kontextanalysen*. Der Aufwand, den man in diese Analysen steckt, zahlt sich im Allgemeinen durch eine deutlich schneller zielführende und hinterfragbare Entwicklung vielfach aus.

Nach der *Analyse* finden *Konzeption* und *Design* des Systems statt. Die Analyseergebnisse werden in einem ersten Schritt einer *strukturellen und gestalterischen Lösungsstruktur* zugeführt, ohne dass diese unmittelbar realisiert werden muss. Es können noch Alternativen ausgelotet und mit geeigneten formativen Evaluationsverfahren überprüft werden.

Die *Realisierungsphase* ist in mancherlei Hinsicht der wichtigste Teil des ganzen Prozesses, weil hier letztlich das System erst entsteht. Allerdings werden die Realisierungen ohne sorgfältige Analysen und Konzepte leicht unbrauchbar. Mittels ausgereifter Methoden und Werkzeugen zur *Software- und Medienproduktion* werden in der Realisierungsphase die interaktiven Systeme effizient und nachvollziehbar realisiert.

Mit Hilfe der *Evaluation* wird geprüft, ob alle wichtigen Anforderungen an das System erfolgreich realisiert worden sind. An dieser Stelle ist zu prüfen, ob die Benutzer mit dem System effektiv, effizient und zufriedenstellend arbeiten können. Findet die Evaluation mit Hilfe eines oder mehrerer dieser Methoden am Ende der Systementwicklung statt, spricht man von *summativer Evaluation*. Praktiziert man sie jedoch während des Entwicklungsprozesses auch in früheren Phasen, nennen wir sie *formative Evaluation*.

Die ergonomische Qualität eines Systems sollte am besten formativ über die gesamte Systementwicklung und nicht erst summativ nach der Realisierung überprüft und gegebenenfalls verbessert werden. Am Ende der Systementwicklung wird normalerweise eine summative Evaluation benötigt. Im Falle sogenannter *DevOps* wird auch die ergonomische Evaluation teilweise in die Nutzungsphase verlängert. Durch *Continuous Deployment* wird das System laufend aktuell ins Feld gebracht und die Rückmeldungen durch *Continuous Monitoring* in die Entwicklung zurückgespiegelt.

Die Entwicklung komplexer interaktiver Systeme ist nicht aus einer Disziplin heraus realisierbar. Mit Hilfe *interdisziplinärer Teams* lassen sich hochfunktionale und damit auch hochkomplexe Systeme angemessen *fächerübergreifend* modellieren und realisieren. Es ist zu erwarten, dass sich die Interdisziplinarität in diesem Bereich weiter verstärkt.

Die Teamarbeit muss auch als *sozialer Prozess* verstanden werden, bei dem es kommunikative und fachliche Verhandlungspositionen gibt, die zu hilfreichen oder auch schwierigen Reibungen führen können. Durch räumlich und zeitlich verteilte *Virtuelle Teams* wird dies weiter erschwert.



# 11 Kriterien und Qualitätsmerkmale interaktiver Systeme

Eine wichtige Aufgabe der Software-Ergonomie ist die Entwicklung und methodische Bereitstellung von Kriterien zur *Spezifikation* sowie zur *Evaluation* (Kapitel 12) von Benutzungsschnittstellen.

Eine Vielzahl einzelner Kriterien muss dazu wieder in *Kriteriensysteme* eingeordnet werden, die die unterschiedlichen Aspekte der Benutzungsschnittstelle eines interaktiven Systems widerspiegeln. Die Kriteriensysteme können in die unterschiedlichen Modelle für Mensch-Computer-Systeme eingearbeitet oder aus ihnen abgeleitet werden (Kapitel 8). Die Orientierung an Kriteriensystemen macht die Software-Ergonomie zu einer vornehmlich analytischen Wissenschaft, während das Interaktionsdesign (Herczeg, 2006) eine anknüpfende, mehr konstruktive Disziplin ist, die sich an technischen Architekturen und Konstruktionsprinzipien orientiert.

Die in diesem Kapitel diskutierten Kriterien bewerten ein interaktives System auf unterschiedlichen Ebenen und aus unterschiedlichen Perspektiven. Sie erlauben eine differenzierte Analyse der Stärken und Schwächen eines interaktiven Systems. So können festgestellte Schwächen systematisch, also umfassend und an der richtigen Stelle eines Systems beseitigt werden. Dies vermeidet das „Lösen“ von Problemen durch „Übertünchen“ oder „Oberflächenkosmetik“ anstatt der Beseitigung von Ursachen. Die kriterienbasierte Evaluation eines Systems ist bereits in einem frühen Entwicklungsstadium eines Systems möglich, so dass Schwachstellen gar nicht realisiert werden, sondern bereits im Entwurf erkannt und vermieden werden können.

Viele Kriterien und Kriteriensysteme haben Eingang in *nationale und internationale Produktnormen (Standards)* gefunden, die die software-ergonomischen Erkenntnisse in eine Systematik und Pragmatik übersetzen, die für das Verständnis interaktiver Systeme sowie eine menschenzentrierte Entwicklung (Kapitel 10) von großem Nutzen sein können. Im Folgenden werden daher die Bezüge zu den entsprechenden Normen dargestellt und diskutiert. In weitergehender Bedeutung wurden einige kriterienbasierte Empfehlungen aus Theorien und Normen auch in *Gesetze und Verordnungen* übergeführt (Kapitel 13).

## 11.1 Kriteriensysteme

Im Rahmen der Software-Ergonomie wurden die unterschiedlichsten Kriterien und Kriteriensysteme erarbeitet. Ausgewählte Kriteriensysteme wurden in internationalen Standards sowie in gesetzlichen Verordnungen festgeschrieben, andere wurden einfach als Empfehlungen in diversen Publikationen formuliert.

So finden sich in der ISO 9241 einige Kriteriensysteme, vor allem in den Teilen ISO 9241-11 (Leitsätze an die Gebrauchstauglichkeit) und ISO 9241-110 (Grundsätze der Dialoggestaltung). Für multimediale Anwendungen wurden in der ISO 14915-1 Kriterien ergänzend zu den Kriterien der ISO 9241-110 dargestellt. In diversen Veröffentlichungen wurden Kriterien definiert und diskutiert und für bestimmte Analysen oder Anwendungskontexte vorgeschlagen (siehe z. B. Stry, Riesenecker-Caba & Flecker, 1995; Triebe & Wittstock, 1996).

Eine frühe Grundlage für die Ordnung von Kriterien der Software-Ergonomie entstand im Zusammenhang mit der Definition des sogenannten *IFIP-Modells* für Benutzungsschnittstellen (Dzida, 1983; Dzida, 1988; Dzida, 1989) (Abbildung 58). Das IFIP-Modell strukturiert die Benutzungsschnittstelle in

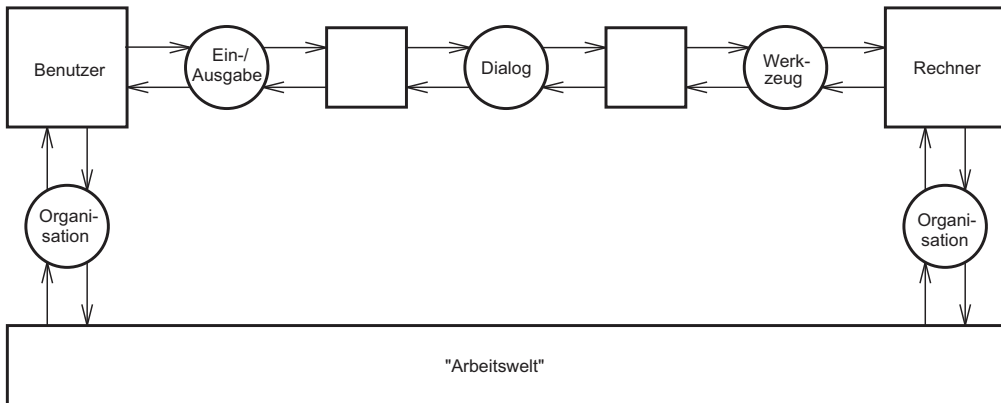
- *Werkzeugschnittstelle*,
- *Dialogschnittstelle* und
- *Ein-/Ausgabeschnittstelle*.

Darüber hinaus wurde als Schnittstelle zur Arbeitsumgebung und zum Betrieb die

- *Organisationsschnittstelle*

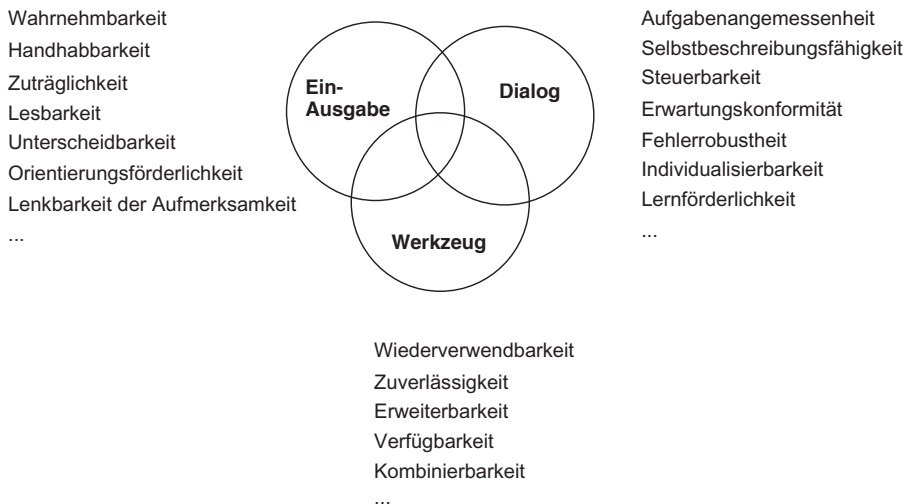
definiert. Das IFIP-Modell diene zunächst auch als Grundlage der Strukturierung einiger Normen, wie beispielsweise der ISO 9241 und ihrer Vorgängernorm, der DIN 66234. Bekannt wurden insbesondere die Kriterien zur Dialogschnittstelle, die sich inzwischen in der ISO 9241-110 wiederfinden.

Den einzelnen Schnittstellen des IFIP-Modells wurden diverse Kriterien zugeordnet, um diese Schnittstellen näher zu charakterisieren (Abbildung 59). Diese Gruppierung ist eine hilfreiche Struktur, die aus einer Sammlung von Einzelkriterien zu einem Kriteriensystem führt, das es erlaubt, differenziertere Untersuchungen und Bewertungen von Benutzungsschnittstellen vorzunehmen. Andere Gruppierungen und Zuordnungen können allerdings auch begründet werden. In Tabelle 7 werden die Kriterien dem 6-Ebenen-Modell der Mensch-Computer-Interaktion zugeordnet (vgl. Kapitel 8).



**Abbildung 58** IFIP-Modell für Benutzungsschnittstellen (nach Dzida, 1983/1989)

Das IFIP-Modell für Benutzungsschnittstellen verweist auf Teilaspekte einer Benutzungsschnittstelle, nämlich die *Ein-/Ausgabeschnittstelle*, die *Dialogschnittstelle*, die *Werkzeugschnittstelle* sowie die *Organisationsschnittstelle*. Diesen jeweiligen Schnittstellen wurden dann Kriterien zugeordnet.



**Abbildung 59** Kriteriensystem für das IFIP-Modell (angelehnt an Dzida, 1983)

Den Schnittstellen des IFIP-Modells wurden Kriterien zugeordnet. So entsteht ein *Kriteriensystem*, um einzelne Aspekte eines interaktiven Systems näher zu untersuchen und zu bewerten. Die Kriterien sind nicht als vollständig anzusehen, geben aber Orientierung und ermöglichen eine pragmatische Abdeckung für die Bedeutung der einzelnen Aspekte einer Benutzungsschnittstelle.

Die zentralen software-ergonomischen Kriterien wurden unabhängig von bestimmten Anwendungen entwickelt und versuchen, *generische*, das heißt, *anwendungsunabhängige Kriterien* für eine möglichst breite Anwendungsmöglichkeit zu bieten. Dies schwächt die Aussagekraft dieser Kriterien. So müssen für bestimmte Anwendungsbereiche, wie zum Beispiel den Bürobereich, mobile Anwendungen oder die Prozessführung spezieller Kriteriensysteme entwickelt oder zumindest die Standardkriterien durch spezifische Interpretation sowie durch Ergänzungen angepasst und erweitert werden.

Es gibt über das IFIP-Modell und die Normen hinaus inzwischen eine Vielzahl von software-ergonomischen Kriterien, die aus unterschiedlichsten theoretischen und praktischen Betrachtungen abgeleitet, genutzt und diskutiert worden sind. Ein Teil davon findet sich in Tabelle 7. In den darauf folgenden Abschnitten werden diese Kriterien dann näher erläutert und diskutiert. Diese Auswahl möchte aber keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben. Es finden sich dort aber die stärker verbreiteten Kriterien, die ein hohes Maß an Anwendungsneutralität aufweisen. Das heißt, ihre Umsetzung ist bei vielen Anwendungen möglich und sinnvoll. Anwendungsspezifische Kriterien sind dann produktorientiert zu ergänzen. In der Diskussion einzelner Kriterien finden sich teilweise weitere Kriterien, die synonym oder als Verfeinerung verstanden werden können.

## 11.2 Basiskriterien der Gebrauchstauglichkeit

Bevor wir die Kriterien zur Bewertung von Benutzungsschnittstellen im Detail betrachten werden, muss der übergeordnete Begriff der *Gebrauchstauglichkeit*, gewissermaßen das oberste summarische Kriterium für ergonomische Mensch-Computer-Systeme, weiter geklärt werden. *Gebrauchstauglichkeit* wurde in der ISO 9241-11 folgendermaßen definiert:

*"Das Ausmaß, in dem ein Produkt durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden kann, um bestimmte Ziele effektiv, effizient und zufriedenstellend zu erreichen."*

Das Kriterium wurde also in die drei Teilkriterien oder Maße der Gebrauchstauglichkeit

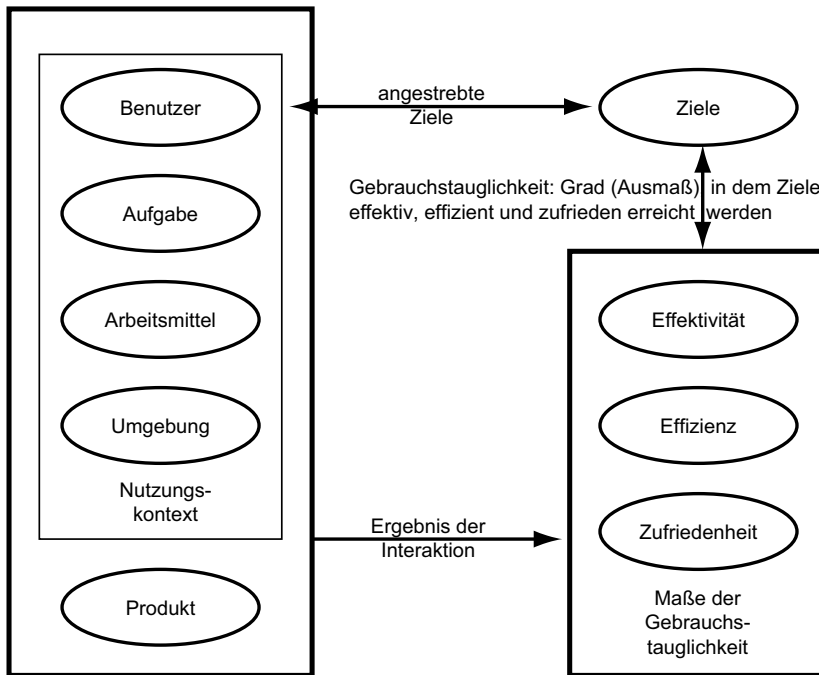
- *Effektivität*,
- *Effizienz* und
- *Zufriedenstellung*

untergliedert und in einen Anwendungsrahmen gestellt (Abbildung 60).



<b>Ebenen</b> <b>Kriterien</b>	<b>Intent.</b> <b>Ebene</b>	<b>Pragm.</b> <b>Ebene</b>	<b>Semant.</b> <b>Ebene</b>	<b>Syntakt.</b> <b>Ebene</b>	<b>Lexikal.</b> <b>Ebene</b>	<b>Sensomot.</b> <b>Ebene</b>
Effektivität	X					
Effizienz		X	X	X	X	X
Zufriedenstellung	X	X	X	X	X	X
Verfügbarkeit	X	X	X			
Zuverlässigkeit	X	X	X			
Wiederverwendbarkeit	X	X	X	X	X	X
Kombinierbarkeit	X	X	X	X	X	X
Erweiterbarkeit	X	X	X	X	X	X
Komplexität	X	X	X	X	X	X
Transparenz	X	X	X	X	X	X
Aufgabenangemessenheit	X	X	X	X	X	X
Selbstbeschreibungsfähigkeit	X	X	X	X	X	X
Erwartungskonformität		X	X	X	X	X
Lernförderlichkeit	X	X	X	X	X	X
Steuerbarkeit				X	X	X
Fehlertoleranz		X	X	X	X	X
Individualisierbarkeit		X	X	X	X	X
Wahrnehmbarkeit				X	X	X
Lesbarkeit				X	X	X
Unterscheidbarkeit					X	X
Übersichtlichkeit				X	X	
Orientierungsförderlichkeit				X	X	X
Lenkbarkeit d. Aufmerksamkeit			X	X	X	X
Handhabbarkeit		X	X	X	X	X
Zuträglichkeit						X
Multiple Kontexte	X	X	X	X		
Bediensicherheit				X	X	X
Direktheit		X	X	X	X	X
Einbezogenheit			X	X	X	X
Natürlichkeit			X	X	X	X
Intuitivität	X	X	X	X	X	X

**Tabelle 7** Auswahl software-ergonomischer Kriterien mit Bezug auf Interaktionsebenen



**Abbildung 60** Anwendungsrahmen für Gebrauchstauglichkeit (nach ISO 9241-11)

Die Leitkriterien oder Maße der Gebrauchstauglichkeit lassen sich im Anwendungsrahmen als Ergebnisse der Nutzung eines Produkts im Nutzungskontext verstehen. Gleichzeitig reflektieren sie den Grad oder das Ausmaß, in dem die mit der Nutzung des Produkts verbundenen Ziele erreicht werden.

Wir werden diese wichtigen drei Leitkriterien im Folgenden näher betrachten.

### 11.2.1 Effektivität (ISO 9241-11)

Ein wichtigstes Ziel bei der Nutzung eines interaktiven Systems ist es, die vorliegenden Aufgaben im Rahmen einer Tätigkeit möglichst vollständig und korrekt zu erfüllen. Man spricht dabei auch von *Effektivität*.

Die ISO 9241-11 definiert *Effektivität* als:

*„Die Genauigkeit und Vollständigkeit mit der Benutzer ein bestimmtes Ziel erreichen.“*

Die Effektivität wurde in der ISO 9241-11 als erstes der drei Leitkriterien der Gebrauchstauglichkeit festgelegt.

Obwohl die Effektivität in hohem Maße von der realisierten Funktionalität eines Systems abhängt, ist es letztlich dennoch entscheidend, dass die für eine Tätigkeit relevante Systemfunktionalität über die Benutzungsschnittstelle eines Anwendungssystems auch ge-

eignet für die Benutzer wahrnehmbar, zugreifbar und steuerbar ist. Die Effektivität im Sinne eines software-ergonomischen Kriteriums kann daher nicht auf die bloße Existenz einer geeigneten Systemfunktionalität zur Aufgabenbearbeitung reduziert werden.

Das Kriterium der Effektivität kann der *Werkzeugschnittstelle* im Sinne des IFIP-Modells zugeordnet werden (Abschnitt 11.1). Dort finden sich dann eine Reihe von funktionalen Kriterien (Abschnitt 11.3), die das Kriterium der Effektivität weiter verfeinern. Bezogen auf das 6-Ebenen-Modell (siehe Kapitel 8) bezieht sich die Effektivität auf die Intentionale Ebene, da sie ziel- oder zweckorientiert ist.

### 11.2.2 Effizienz (ISO 9241-11)

Ist die Effektivität eines interaktiven Systems gegeben, so stellt sich die Frage nach der *Effizienz* der Nutzung dieses Systems. Der Benutzer muss mit der vorhandenen Systemfunktionalität die anstehenden Aufgaben zuverlässig mit möglichst wenig Aufwand lösen können.

*Effizienz* bedeutet somit, dass die Benutzer so wenige Aktionen oder Artikulationen wie möglich tätigen müssen, um ihr Ziel zu erreichen. Die Effizienz setzt Effektivität im Hinblick auf die erreichte Genauigkeit und Vollständigkeit ins Verhältnis zum Aufwand an Ressourcen. Beispielsweise lässt sich dazu das Verhältnis von externen Aufgaben zu internen Aufgaben (Abschnitt 2.3) heranziehen, also das Verhältnis von hinsichtlich der Aufgabenstellung prinzipiell nötigen Aktionen zu den mit einem System konkret durchzuführenden Aktionen.

Die ISO 9241-11 definiert *Effizienz* als:

*„Der im Verhältnis zur Genauigkeit und Vollständigkeit eingesetzte Aufwand, mit dem Benutzer ein bestimmtes Ziel erreichen.“*

Effizienz wurde dort als zweites Leitkriterium der Gebrauchstauglichkeit festgelegt.

Die Effizienz eines interaktiven Systems kann mit Hilfe des 6-Ebenen-Modells (Kapitel 8) beginnend auf der Pragmatischen hinunter bis zur Sensomotorischen Ebene inklusive aller Zwischenebenen, differenziert betrachtet und optimiert werden. Während auf der Pragmatischen Ebene die Eignung und Ökonomie des Problemlöseverfahrens eine Rolle spielt, finden wir auf der Sensomotorischen Ebene Effizienz in Form der in hohem Maße vom Trainingszustand abhängigen Fertigkeiten (Skills) eines Benutzers, deren schnelle Aneignung von der Anpassung der Ein- und Ausgabeperipherie an menschliche physiologische Fähigkeiten abhängt.

Die software-ergonomische Effizienz ist ein Kriterium, das sich grundsätzlich auch gut als ökonomisches Optimierungskriterium eignen würde (siehe dazu auch Bias & Mayhew, 2005). Dazu wird es allerdings bislang wenig genutzt, das heißt Software-Ergonomie wird fälschlicherweise als vor allem der Beeinträchtigungsfreiheit und Zufriedenheit der Benutzer dienliche Disziplin betrachtet.

### 11.2.3 Zufriedenstellung (ISO 9241-11)

Neben der Effektivität und Effizienz wurde die *Zufriedenstellung* der Benutzer bei der Nutzung eines interaktiven Systems zum dritten Leitkriterium erhoben.

Die ISO 9241-11 definiert *Zufriedenstellung* so:

„*Freiheit von Beeinträchtigungen und positive Einstellungen gegenüber der Nutzung des Produkts.*“

Die Zufriedenstellung wird in der ISO 9241 als eine subjektive Reaktion der Benutzer auf die Interaktion mit dem Produkt beschrieben. Eine solche Reaktion findet als Folge eines komplexen psychischen Zustands statt, die von vielen Umständen beeinflusst wird. Gegenüber den beiden Kriterien Effektivität und Effizienz ist die Feststellung und Beschreibung eines solchen Zustandes schwierig, wenn nicht gar problematisch. Insbesondere sind die Schlussfolgerungen dann kritisch, wenn die Zufriedenstellung der Benutzer, die von vielen Lebensumständen gleichzeitig beeinflusst wird, als Grundlage für die Auswahl, Umgestaltung und Verbesserung von Systemen herangezogen wird. Benutzer neigen dazu, ihnen fremde Lösungen zunächst einmal mit Unbehagen zu begegnen, was sich im Laufe der Zeit durch besseres Verständnis des Systems und einigen Erfolgserlebnissen ins Gegenteil umkehren kann. Insofern ist das Kriterium der Zufriedenstellung in hohem Maße vom Erfahrungsstand der Benutzer und von der Einführungsstrategie eines Anwendungssystems abhängig.

Die Zufriedenstellung von Benutzern war immer wieder Ausgangspunkt für Kriterien, die auch in den emotionalen Bereich hineinreichen. Aus dem Kriterium der Zufriedenstellung werden heute immer wieder Kriterien wie vor allem *User Experience* (Hassenzahl et al., 2003; Law et al., 2009) und *Experience Design* (Shedroff, 2001) abgeleitet, die in den Zusammenhang mit Motivation, Freude, Erlebnishaftigkeit und Ästhetik gebracht werden (vgl. auch Abschnitt 11.7).

## 11.3 Funktionale Kriterien

Funktionale Kriterien versuchen die Konzeption und Strukturierung der Funktionalität eines interaktiven Computersystems anzusprechen, ohne dabei die anwendungsspezifischen Funktionen selbst zu thematisieren. Hierbei werden Verfügbarkeit und Zugreifbarkeit sowie das prinzipielle Wirken und Zusammenwirken von Anwendungsfunktionen aus Sicht der Benutzer bewertet.

Im IFIP-Modell für Benutzungsschnittstellen wurden diese Aspekte eines interaktiven Systems der sogenannten *Werkzeugschnittstelle* zugeschrieben (Abschnitt 11.1).

Im Folgenden werden einige immer wieder genannte funktionale Kriterien beschrieben und in ihrem Nutzen diskutiert:

1. Verfügbarkeit
2. Zuverlässigkeit
3. Wiederverwendbarkeit
4. Kombinierbarkeit
5. Erweiterbarkeit
6. Komplexität
7. Transparenz

Es gibt bislang keine Standardisierung oder andere allgemein akzeptierte Referenz zu diesen Kriterien. Für diese Liste kann deshalb kein Anspruch auf eine Reihung oder auf Vollständigkeit erhoben werden. Trotzdem finden sich die Kriterien seit vielen Jahren in Diskussionen von Wissenschaftlern und Praktikern im Hinblick auf die Gebrauchstauglichkeit interaktiver Systeme und sollen im Folgenden etwas vertiefter thematisiert werden.

### 11.3.1 Verfügbarkeit

In einem realen Anwendungssystem ist die realisierte Systemfunktionalität nicht zwangsläufig zu jedem Zeitpunkt oder in jedem Kontext *verfügbar*. Oft müssen Benutzer bestimmte Voraussetzungen in Form von Systemzuständen herstellen, bevor sie die gewünschte Funktionalität anwenden können. Darüber hinaus können technische Randbedingungen (z. B. Systemfehler, maximale Nutzerzahl), physikalische Umgebungssituationen (z. B. Temperatur) oder zeitliche Randbedingungen (z. B. Wochen- und Feiertage, Uhrzeiten) die Anwendung von Funktionen einschränken. Man kann diese Randbedingungen als *Einsatzbedingungen* für die Nutzung eines Werkzeugs verstehen.

Aus Sicht der Benutzer ist es im Allgemeinen wünschenswert, Funktionen *kontext- und modusfrei* anwenden zu können. Möglicherweise muss das System dazu selbst bestimmte Voraussetzungen automatisch herstellen. Ist es dem System nicht möglich, eine Funktion auszuführen beziehungsweise den dazu nötigen Systemzustand herzustellen, ist dies dem Benutzer zu erklären, so dass dieser gegebenenfalls selbst die Einsatzbedingungen herstellen oder berücksichtigen kann.

Die *Verfügbarkeit* von Funktionalität kann auf den drei obersten Ebenen des Mensch-Computer-Systems betrachtet werden: auf der Ebene des Gesamtsystems (*Intentionale Ebene*), auf der Ebene der Arbeitsverfahren (*Pragmatische Ebene*) sowie auf der Ebene der einzelnen Arbeitsobjekte und Operationen an diesen Objekten (*Semantische Ebene*). Die Verfügbarkeit im Sinne von *Zugreifbarkeit* definiert sich auf den unteren drei Ebenen des Mensch-Computer-Systems: auf der Ebene der formalen Anwendungsregeln (*Syntaktische Ebene*), der Ebene der Zeichen (*Lexikalische Ebene*) sowie der Ebene der Eingaben und Ausgaben (*Sensomotorische Ebene*).

### 11.3.2 Zuverlässigkeit

So wie Benutzer erwarten, dass sie im Sinne der Verfügbarkeit bei Bedarf Funktionalität aktivieren und nutzen können, erwarten sie auch, dass nach Aktivierung des Systems *zuverlässig* ein der gewählten Funktion entsprechender neuer Systemzustand erreicht wird.

Ist es dem System nicht möglich, den erwarteten Zustand herzustellen, ist der Benutzer mit Erklärungen davon in Kenntnis zu setzen. Dadurch wird die positive Erwartungshaltung aufgebaut, nach der durch Nutzung der entsprechenden Funktionalität von der erfolgreichen Herstellung eines intendierten Systemzustandes ausgegangen werden kann, sofern keine gegenteiligen Meldungen erscheinen. Dieses Kriterium steht daher in engem Zusammenhang mit dem Kriterium der *Erwartungskonformität* (Abschnitt 11.4.3).

### 11.3.3 Wiederverwendbarkeit

Hat ein Benutzer ein Anwendungssystem mit den Anwendungsobjekten und der Anwendungsfunktionalität kennengelernt, so wird er versuchen, das angeeignete Wissen möglichst vielfältig einzusetzen.

In diesem Sinne wird erwartet werden, dass erfolgreiche Arbeitsverfahren (z. B. Kopierfunktionen) auch in anderen Nutzungskontexten einsetzbar sind. Man spricht hierbei auch von *generischen Funktionen*, also solchen Funktionen, die bei unterschiedlichen Objekten eine ähnliche Wirkung verursachen. Dieses Prinzip wurde beispielsweise in Form des Vorläufersystems vieler Bürosysteme, dem XEROX Star, durchgängig angewandt (Seybold, 1981; Smith et al., 1982). Generische Funktionen waren dort das Verschieben, Duplizieren, Löschen von Büroobjekten sowie das Ändern ihrer Eigenschaften.

Ähnliche *Anwendungsobjekte* sollen sich in unterschiedlichen Anwendungssituationen ähnlich verhalten (z. B. Öffnen und Schließen von Dateien); erlernte syntaktische *Dialogstrukturen* sollen möglichst allgemeingültig sein (z. B. zuerst Objekte und dann die Operatoren auswählen); gleiche *Zeichen* sollen überall dieselbe Bedeutung haben (z. B. das Piktogramm „Scher“ soll einheitlich Ausschneiden von Objekten bzw. Informationen bedeuten); *sensomotorische Muster* sollen in verschiedenen Kontexten funktionieren (z. B. Ziehen von Objekten durch Anklicken mit der linken Maustaste und Verschieben mit gedrückter Maustaste).

Diese Transferierbarkeit von Wissen zieht sich also von der Pragmatischen bis zur Sensomotorischen Ebene. Auf der Intentionalen Ebene könnte es bedeuten, ein System für einen anderen als den vom Entwickler gedachten oder von den meisten Anwendern praktizierten Anwendungsbereich zu verwenden. Auf den anderen Ebenen bedeutet es, dass das jeweils in einer Anwendung erworbene und angewandte Wissen auf andere Anwendungen oder Anwendungskontexte übertragen werden kann.

Gerade in Zeiten der Bereitstellung vielfältigster Computeranwendungen und deren gleichzeitiger Nutzung an einem Arbeitsplatz ist es von besonderer Bedeutung, Anwendungssysteme und das Wissen darüber möglichst direkt auf andere Systeme und Kontexte übertragen zu können. Die Wiederverwendbarkeit funktionaler Elemente wird praktisch notwendig.

### 11.3.4 Kombinierbarkeit

Funktionalität kann aus der Kombination von einfacheren zu komplexeren Funktionen gebildet werden. Im Allgemeinen liegt dieses Prinzip in der Hand der Programmierer. Es ist aber möglich, den Benutzern gewisse Kombinationsmöglichkeiten auf den verschiedenen Ebenen eines Systems an die Hand zu geben.

So sollten Funktionen zu Verfahren (Prozeduren, Makros), Objekte zu komplexeren Objekten und Objekthierarchien (z. B. Gruppierung), syntaktische Strukturen zu Programmen, Zeichen zu Zeichenstrukturen und Zeichenhierarchien und sensomotorische Muster zu komplexeren Interaktionen zusammengesetzt und benannt werden können. Ganze Systeme können zu höherwertigen Systemen zusammengeschaltet werden (vgl. Service-orientierte Architekturen, SOA).

In der Kombinierbarkeit solcher Konstrukte liegt ein bedeutendes Problemlösungs- und Spezialisierungspotenzial für die Benutzer. Einfache generische Systeme werden auf diese Weise zu benutzer-, anwendungs- und kontextspezifischen Systemen.

Solche Formen der Kombination erfordern ein in hohem Maße korrektes Modell  $B(S(A))$  des Benutzers vom System. Die Kombinierbarkeit ist daher vor allem für Routinebenutzer und Experten, weniger jedoch für Gelegenheitsbenutzer und unerfahrene Benutzer relevant.

### 11.3.5 Erweiterbarkeit

Die Kombinierbarkeit von Elementen eines Systems zu neuen höherwertigen Elementen ist eine spezifische Form der *Erweiterung und Anpassung eines Systems an die vorliegenden Aufgaben*. Dabei werden aber nur vorhandene Funktionalitäten kombiniert. In manchen Fällen möchten Benutzer völlig neue Anwendungsobjekte, Funktionalitäten, Dialogstrukturen, Piktogramme oder sensomotorische Muster definieren und erzeugen. Dies resultiert in einer grundlegenden Erweiterung des Gesamtsystems.

Mit Hilfe der Programmierung lässt sich jedes softwaretechnisch hergestellte Anwendungssystem erweitern. Dies ist für die meisten Benutzer nicht möglich. Deshalb entwickelt man andere Formen der Programmierung, die auch für „normale Endbenutzer“ ohne Programmierkenntnisse geeignet sind. Man spricht daher auch von *Endbenutzerprogrammierung*. Im Unterschied zur normalen Form der Programmierung mit symbolischen Programmiersprachen setzt man im Falle der Endbenutzerprogrammierung grafische und auch funktional reduzierte Programmiertechniken ein. Derartige grafisch unterstützte Methoden nennt man gelegentlich auch *Visuelle Programmierung*. In anderen Fällen werden die Benutzer von Unterstützungssystemen durch solche Programmierschritte geführt und müssen selbst nur partielle Kenntnisse der Syntax der zugrunde liegenden Programmiersprache besitzen.

### 11.3.6 Komplexität

Die in der Aufgabenstellung und dem Anwendungsfeld vorhandene Komplexität muss in einem interaktiven Anwendungssystem mit geeigneten Mitteln bewältigt werden.

Unabhängig von der Qualität einer Benutzungsschnittstelle ist eine hohe *Komplexität* eines Anwendungsbereiches ein Merkmal, das die Benutzung eines Systems erschwert. Um aber Missverständnisse mit dem Begriff „Komplexität“ zu vermeiden, gelten folgende Definitionen:

*Komplexität*: inhärente Eigenschaft eines Anwendungsbereichs, bedingt durch Umfang, Struktur und Funktionalität der Arbeitsobjekte und Arbeitsaufgaben;

*Kompliziertheit*: über die aus dem Anwendungsbereich resultierende Komplexität hinausgehende Überfrachtung eines Systems mit zusätzlichen, aber unnötigen Funktionen, Strukturen und Eigenschaften.

Aus diesen Definitionen im Kontext der Software-Ergonomie geht hervor, dass wir abhängig vom Anwendungsbereich eventuell mit hoher Komplexität umgehen müssen. Was in jedem Fall zu vermeiden ist, ist das Hinzufügen zusätzlicher Schwierigkeiten (Kompliziertheit) durch eine ungeeignete Gestaltung oder Überfrachtung von Benutzungsschnittstelle oder Systemfunktionalität. Durch das Durchlaufen von Lernprozessen und die Überführung von explizitem Wissen in regelbasiertes oder automatisiertes Wissen (vgl. Abschnitt 8.3.3) können Individuen die objektive Komplexität nur so lange wahrnehmen und kommentieren, wie die Handlungen auf explizitem Wissen beruhen (Abschnitt 6.4).

Zum Begriff der Komplexität und Kompliziertheit in interaktiven Systemen siehe auch Abschnitt 12.2.1 sowie Norman (1999, S. 167). Norman nennt dieses aus der Gestaltung des Systems resultierende Nutzungskriterium „*Difficulty*“ (*Schwierigkeit*).

#### Beispiel: Komplexität

3D-CAD-Systeme sind komplexe Systeme zur dreidimensionalen Konstruktion mechanischer Produkte mit einer Vielzahl von Strukturen und Attributen für die Modellierung von Objekten und einer hohen Zahl von Operatoren zur Manipulation der Objekte. Die Komplexität solcher Systeme spiegelt die Komplexität des Anwendungsbereiches wider.

#### Beispiel: Kompliziertheit

Komplizierte Systeme sind beispielsweise die mit für viele Nutzer unwichtigen Funktionen überfrachteten Textsysteme, deren komplette Funktionalität der Benutzer ständig in Menüs oder Piktogrammen präsentiert und zur Auswahl gestellt bekommt, ohne dass diese Funktionalität für die Zielgruppe von Bedeutung wäre.



### 11.3.7 Transparenz

Menschen sprechen gerne von *Transparenz* im Zusammenhang mit Technologien, die sie handhaben. Dabei übertragen sie metaphorisch die umgangssprachliche Bedeutung von „Durchsichtigkeit“ auf die Struktur und das Verhalten von technischen Systemen. Man kann dies auch als Wunsch verstehen, das „Innere“ von Systemen so wahrnehmen zu können, dass die Funktionsweise, vor allem auch die Reaktionen des Systems auf Handlungen der Benutzer und andere Ereignisse, offenbar und damit auch vorhersehbar werden.

Das „Innere“ eines interaktiven Systems besteht sowohl aus seiner funktionalen Struktur und seinem Verhalten hinsichtlich seiner Anwendungsfunktionalität als auch seiner Bedienfunktionalität. Daher resultiert Transparenz letztlich aus Eigenschaften aller sechs betrachteten Ebenen eines Mensch-Computer-Systems (Kapitel 8).

Wenn Benutzer sagen, dass ein System transparent ist, drücken sie auch aus, dass sie das System „verstanden“ oder „begriffen“ haben und sich prinzipiell in der Lage sehen, sein Verhalten zu antizipieren und erfolgreich zu benutzen. Sie besitzen also ein angemessenes mentales Modell  $B(S(A))$  vom System. Sehen diese Benutzer Probleme in der Nutzung, so sehen sie sich zumindest in der Lage, diese zu artikulieren und näher zu erläutern. Daher ist das Vermitteln des Eindrucks von Transparenz ein wichtiges Ziel bei der Gestaltung interaktiver Mensch-Computer-Systeme.

An dieser Stelle sollte noch angemerkt werden, dass Transparenz gewissermaßen kontrastiv zum technologischen Konzept einer „*Black Box*“ steht. Dort soll gerade verborgen bleiben, wie ein System funktioniert. Wichtig ist bei einer Black Box nur die Reaktion auf Eingaben. Transparenz und definiertes Verbergen unwichtiger funktionaler Eigenschaften müssen sich nicht widersprechen. Ganz im Gegenteil setzt Transparenz voraus, dass an einer geeigneten Stelle die Erklärungskette, mit der erklärt werden kann, wie ein System funktioniert, abgebrochen werden kann, ohne dass dadurch der Eindruck der Verständlichkeit des Systems verloren geht. Transparente Systeme zeigen also kontextabhängig die gerade wichtigen und verbergen die unwichtigen Systemeigenschaften.

## 11.4 Dialogkriterien

Dialogkriterien beziehen sich auf die Interaktion des Benutzers mit den Objekten und Funktionen der Anwendung und seine damit verbundene Wahrnehmung (Dzida et al, 1978). Im Rahmen der Standardisierung werden solche Kriterien in der ISO 9241-110 (früher DIN 66233/66234 sowie ISO 9241-10) beschrieben. Auch wenn sich diese Kriterien begrifflich teilweise vermeintlich auf die Anwendungsfunktionalität beziehen, ist doch die dialogtechnische Abbildung der Funktionalität und nicht die Funktionalität selbst adressiert. Dabei wird allerdings von spezifischen Dialogtechniken (Interaktionsformen) abstrahiert.

Im IFIP-Modell für Benutzungsschnittstellen wurden diese Aspekte eines interaktiven Systems der sogenannten *Dialogschnittstelle* zugeschrieben (Abschnitt 11.1).

Als Dialogkriterien werden in der ISO 9241-110 die Folgenden genannt:

1. Aufgabenangemessenheit
2. Selbstbeschreibungsfähigkeit
3. Erwartungskonformität
4. Lernförderlichkeit
5. Steuerbarkeit
6. Fehlertoleranz
7. Individualisierbarkeit

Diese Kriterien sind nicht völlig unabhängig voneinander, ließen sich jedoch mittels Faktorenanalyse als ausreichend differenziert und bedeutungsvoll charakterisieren und anwenden (Dzida et al., 1978). Inzwischen haben sie für die Analyse und Evaluation von Benutzungsschnittstellen eine große Bedeutung erlangt. Im Folgenden werden die sieben oben genannten Dialogkriterien in Bezug auf die ISO 9241-110 dargestellt. Zitate stammen, wenn nichts anderes vermerkt wurde, aus dieser Norm. An dieser Stelle muss angemerkt werden, dass beim Übergang von der ISO 9241-10:1996 auf die ISO 9241-110:2006 teilweise der Rahmen von Arbeitstätigkeiten verlassen wurde und jetzt allgemeiner auf die Dialogeigenschaften interaktiver Systeme Bezug genommen wird. Die Ausführungen überschreiten daher gelegentlich den Kontext der Software-Ergonomie. Es kann daher noch nützlich sein, auch die als Norm nicht mehr offiziell gültige ISO 9241-10 zu konsultieren.

### 11.4.1 Aufgabenangemessenheit (ISO 9241-110)

In der ISO 9241-110 wird für die Dialoggestaltung das Kriterium der *Aufgabenangemessenheit* definiert. Dazu wird formuliert:

*„Ein interaktives System ist aufgabenangemessen, wenn es den Benutzer unterstützt, seine Arbeitsaufgabe zu erledigen, d. h., wenn Funktionalität und Dialog auf den charakteristischen Eigenschaften der Arbeitsaufgabe basieren, anstatt auf der zur Aufgabenerledigung eingesetzten Technologie.“*

Dieses Kriterium stützt also letztlich die beiden Kriterien *Effektivität* und *Effizienz* in Bezug auf die Bearbeitung von Aufgaben.

Dieser Grundsatz wird in der ISO 9241-110 darüber hinaus in weitere Empfehlungen verfeinert und damit näher erläutert:

*„Der Dialog sollte dem Benutzer solche Informationen anzeigen, die im Zusammenhang mit der erfolgreichen Erledigung der Arbeitsaufgabe stehen.“*

Die Aufgabenerfordernisse sollen daher bestimmend sein für die Qualität, Quantität und die Art der dargestellten Informationen.

Beispiele:

*„In einem Nutzungskontext, in dem die Verarbeitung einiger eingehender Mitteilungen zeitkritisch ist, zeigt das Dialogsystem die einzuhaltenden Termine an, die von Bedeutung sind.“*

*„Im Nutzungskontext eines Online-Shops bietet das Dialogsystem kontextsensitive Hilfe an, die die Schritte beschreibt, um die Bestellung zu vervollständigen.“*

*„Der Dialog sollte dem Benutzer keine Informationen anzeigen, die nicht für die erfolgreiche Erledigung relevanter Arbeitsaufgaben benötigt werden.“*

Beispiel:

*„In einem Nutzungskontext, in dem Reisende ein Hotelzimmer für ein bestimmtes Datum buchen möchten, zeigt das Dialogsystem lediglich Hotels mit freien Zimmern für dieses bestimmte Datum an. Informationen über ausgebuchte Hotels dieser Region oder zusätzliche Reiseinformationen, z. B. besondere Sehenswürdigkeiten, werden erst auf Anforderung angezeigt.“*

Die Darstellung unnötiger Informationen führt zu unnötiger mentaler Belastung und reduziert daher die Arbeitsleistung. In zeitkritischen Situationen behindert sie die schnelle Fokussierung auf das Wesentliche.

Die ISO 9241-110 führt weiter aus:

*„Die Form der Eingabe und Ausgabe sollte der Arbeitsaufgabe angepasst sein.“*

Beispiele:

*„Eine Anwendung zur Umrechnung von Währungen für Reisende zeigt die Beträge mit einer Genauigkeit an, die zur Zielwährung passt (z. B. zwei Dezimalstellen für die meisten Europäischen Währungen).“*

*„Ein Dialog, der ausschließlich für den einheimischen Markt gedacht ist, weist den Benutzer hierauf eindeutig hin.“*

Die Informationseingabe und die Informationsausgabe sollen sich an der Arbeitsaufgabe orientieren. In unserem Modell von der Mensch-Computer-Kommunikation haben wir im 6-Ebenen-Modell die mentalen Umsetzungsschritte festgehalten, wie sich die Informations-eingabe letztendlich aus der Arbeitsaufgabe ableitet (Abschnitt 8.3.4). Die Informationsausgabe sollte auch die Eingabe widerspiegeln, um einen klaren Bezug dazu herzustellen und die Wiederverwendung von Ausgaben als Eingaben zu ermöglichen. Wir haben dies im Zusammenhang mit dem Konzept der *Direkten Manipulation* auch *Interreferenzielle Ein- und Ausgabe* genannt (Abschnitt 8.3.6).

Weiterhin sagt die ISO 9241-110:

*„Wenn für eine Arbeitsaufgabe ganz bestimmte Eingabewerte typisch sind, sollten diese Werte dem Benutzer automatisch als voreingestellte Werte verfügbar sein.“*

Beispiele:

*„Bei einem Fahrkartenautomaten in einem Bahnhof, bei dem festgestellt wurde, dass Bahnreisende üblicherweise ihre Reise dort beginnen, ist dieser Bahnhof als Abfahrtsbahnhof zum Dialogbeginn voreingestellt.“*

*„Bei einer Büro-Anwendung, bei der sich der Benutzer mit Benutzernamen und Passwort angemeldet hat, stellt das System automatisch die e-Mail-Adresse des Benutzers für die Weiterverarbeitung zur Verfügung, wo immer diese im Dialog gebraucht wird.“*

*„Die vom interaktiven System verlangten Dialogschritte sollten zum Arbeitsablauf passen, d. h., notwendige Dialogschritte sollten enthalten sein und unnötige Dialogschritte sollten vermieden werden.“*

Beispiele:

*„Ein Mobiltelefon für Geschäftskunden, die häufig auf ihren Anrufbeantworter (ihre Sprachbox) zugreifen, hält eine solche Auswahlmöglichkeit unmittelbar bereit, um unnötige Dialogschritte zu vermeiden.“*

*„Ein Softwarepaket für die Verwaltung von Geschäftskontakten, das Eingabefelder sowohl für Postleitzahlen wie auch für Städte hat, zeigt automatisch die Stadt auf der Grundlage der Postleitzahl an und umgekehrt, um unnötige Dialogschritte zu vermeiden.“*

*„Ein Dialog, der offen ist für einheimische und internationale Benutzer, fragt nicht nach Daten, die lediglich für den einheimischen Gebrauch relevant sind.“*

Unnötige Dialogschritte sind unter anderem diejenigen, die ein System selbst durchführen kann. Aufgaben, die sich unabhängig vom verwendeten Werkzeug aus der Arbeitsaufgabe ergeben, haben wir *externe Aufgaben* genannt (vgl. Abschnitt 2.3). Die oben erwähnten unnötigen Dialogschritte können auf Grundlage von Aufgaben entstehen, die aus der technischen Eigenart des interaktiven Systems und nicht aus den externen Aufgaben abgeleitet werden können. Wir haben diese daher als *interne Aufgaben* bezeichnet. Wenn man derartige systembedingte interne Aufgaben vom Computersystem selbst und automatisch erledigen lässt, bleibt für den Benutzer wieder die Bearbeitung der eigentlichen, also externen Aufgaben übrig. Dies führt zu einer effizienten und transparenten Arbeitsweise. Das mentale Modell, das sich der Benutzer vom Computersystem bildet, kann in diesem Fall aus dem Wissen über den Anwendungsbereich abgeleitet werden. Insofern bezieht sich die Aufgabenangemessenheit auch auf das Beschränken eines Systems auf die gegebene Anwendungskomplexität, ohne unnötige weitere Aufgaben- und Problemstellungen zu erzeugen (vgl. Abschnitt 11.3.6).

Auch die Ausführung wiederkehrender oder direkt wiederholter Dialogschritte kann vom System unterstützt werden. Wir haben diese Information deshalb bei der Aufgabenanalyse erfasst (Abschnitt 2.3). Mit Hilfe von *Makros* kann der Benutzer in Form einfacher Pro-

grammierung in manchen Fällen das aufgabenbedingte Wiederholen von Aktivitäten vereinfachen. Auch das benutzer- oder aufgabenspezifische Bereitstellen häufiger oder wahrscheinlicher Eingabewerte in Form von individuellen *Voreinstellungen (Defaults)* kann die Durchführung von Routineaufgaben erleichtern und die Effizienz im Dialog steigern.

Hinsichtlich der Besonderheiten bei der Bearbeitung von Dokumenten stellt die ISO 9241-110 fest:

*„Wenn bei einer Arbeitsaufgabe Quelldokumente verwendet werden, sollte die Benutzungsschnittstelle kompatibel zu den charakteristischen Eigenschaften der Quelldokumente sein.“*

Beispiel:

*„In einer Versicherungsgesellschaft wird ein Papierdokument als Vorlage für Computereingaben verwendet. Die Bildschirmanzeige ist für Dialogführung mittels Bildschirmformularen so gestaltet, dass sie mit der Struktur des Papierdokumentes hinsichtlich der Anordnung, der Gruppierung und der Einheiten für die Eingabe von Werten übereinstimmt.“*

Zur Aufgabenangemessenheit der Ein- und Ausgabemedien wird in der ISO 9241-110 festgestellt:

*„Die Eingabe- und Ausgabemedien des interaktiven Systems sollten aufgabenangemessen sein.“*

Beispiel:

*„In einer Computer-Aided-Design-(CAD-)Anwendung, bei der die Hände des Benutzers für die Positionierung des Zeigers gebraucht werden, können einfache Handlungen durch Sprachkommandos ausgelöst werden.“*

Das Kriterium der Aufgabenangemessenheit versucht ein verbreitetes Missverständnis zu beseitigen. Software-Ergonomie beschäftigt sich nicht nur mit der Anpassung von Systemen an die zu erwartenden Benutzer. Die wirkungsvolle Nutzung eines Anwendungssystems ist nur möglich, wenn das System an die spezifischen *Aufgaben der Benutzer* angepasst worden ist. Die Realisierung einer *aufgabenangemessenen Benutzungsschnittstelle* ist nur auf der Basis einer sorgfältigen *Aufgabenanalyse* möglich (siehe dazu Abschnitt 2.3).

Zu kritisieren wäre an der ISO 9241-110 hinsichtlich der Aufgabenangemessenheit, dass dieses als „Dialogkriterium“ bzw. „Grundsatz zur Dialoggestaltung“ eingeordnet wurde, obwohl mehrfach funktionale Aspekte und Aspekte der Ein- und Ausgabe angesprochen werden. Dies könnte fälschlicherweise den Eindruck erwecken, dass auf Grundlage einer vorhandenen Systemfunktionalität durch eine geeignete Dialoggestaltung die Aufgabenangemessenheit hergestellt werden kann. Es ist vielmehr wichtig, wie in Tabelle 7 dargestellt, dieses Kriterium auf allen Ebenen interaktiver Systeme zu begreifen und anzuwenden.

## 11.4.2 Selbstbeschreibungsfähigkeit (ISO 9241-110)

Benutzungsschnittstellen sind im Idealfall *unmittelbar verständlich*, das bedeutet man benötigt zu ihrer Bedienung kein besonderes Vorwissen oder keine besonderen Hilfestellungen. Für die meisten Benutzungsschnittstellen werden jedoch Schulungen oder interaktive Unterstützungsinformationen (interaktive Hilfe) während der Benutzung benötigt. Die Erklärungen sollen dem Benutzer dabei helfen, ein korrektes und transparentes Bild vom Anwendungssystem B(S(A)) zu entwickeln (vgl. Abschnitt 6.1.4).

In der ISO 9241-110 wurde dazu die Selbstbeschreibungsfähigkeit definiert:

*„Ein Dialog ist in dem Maße selbstbeschreibungsfähig, in dem für den Benutzer zu jeder Zeit offensichtlich ist, in welchem Dialog, an welcher Stelle im Dialog sie sich befinden, welche Handlungen unternommen werden können und wie diese ausgeführt werden können.“*

Zu diesem Kriterium werden in der ISO 9241-110 eine Reihe von Empfehlungen und Beispielen gegeben:

*„Die dem Benutzer bei jedem Dialogschritt angezeigten Informationen sollten handlungsbegleitend sein, um den Dialog erfolgreich abzuschließen.“*

Die dargestellten Informationen sollen zu diesem Zweck Anleitungen, Rückmeldungen oder Zustandsinformationen enthalten.

Beispiel:

*„Ein Hotelreservierungssystem erlaubt es dem Benutzer, die notwendigen Daten einzugeben und bietet eine [Nächste]-Taste und eine [Zurück]-Taste an, um den Benutzer durch die Dialogschritte zu leiten.“*

Die ISO 9241-110 weist darauf hin, dass es zwar im Normalfall auch externe Informationen zur Nutzung geben wird, dass diese aber so wenig wie möglich benötigt werden sollen:

*„Während der Interaktion mit dem System sollte die Notwendigkeit, Benutzer-Handbücher und andere externe Informationen heranzuziehen, minimiert sein.“*

Beispiele:

*„Ein Bürotelefon mit Anrufbeantworter und Rufumleitung bietet eindeutig beschriftete Tasten, um Aktivitäten auszuführen wie ‚Ansagetext aufnehmen‘ oder ‚Rufumleitungsnummer eingeben‘.“*

*„Ein Softwarepaket bietet Menüpunkte an, deren Titel sich ausdrücklich auf die üblichen Benutzeraufgaben beziehen, die durch das Softwarepaket unterstützt werden.“*

Die Benutzer sollen sich zu jedem Zeitpunkt über den Zustand des Systems bewusst sein, um gegebenenfalls die nächsten Schritte vorbereiten zu können. Deshalb müssen Benutzer auf dafür wichtige Zustandsänderungen hingewiesen werden.

*„Der Benutzer sollte über Änderungen des Zustandes des interaktiven Systems informiert werden, z. B.*

- wann Eingaben erwartet werden,*
- durch Bereitstellung eines Überblickes über die nächsten Dialogschritte.“*

Beispiele:

*„Ein Bürotelefon mit Anrufbeantworter und Rufumleitung zeigt eindeutig an, ob der Anrufbeantworter oder die Rufumleitung aktiviert ist oder nicht.“*

*„Eine e-Commerce-Anwendung zeigt dem Benutzer deutlich alle erforderlichen Schritte an, die ausgeführt werden müssen, um ein Produkt zu bestellen. Der Dialog zeigt dem Benutzer stets eindeutig an, in welchem Dialogschritt er sich gerade befindet.“*

Die Anforderungen von Eingaben sollen nach ISO 92141-110 von Informationen über Art und Form, also über die Syntax der erwarteten Eingaben begleitet sein:

*„Wenn eine Eingabe verlangt wird, sollte das interaktive System dem Benutzer Informationen über die erwartete Eingabe bereitstellen.“*

Beispiel:

*„In einer e-Commerce-Anwendung zeigt das Eingabefeld für das Ablaufdatum einer Kreditkarte das erwartete Format an, z. B. „TT / MM / JJJJ“.“*

*„Das interaktive System sollte dem Benutzer Informationen über die erforderliche Formate und Einheiten bereitstellen.“*

Beispiel:

*„Ein Bestellsystem für Schreib- und Papierwaren zeigt an, dass 1000 Blatt Papier eine bestellbare Einheit darstellen, um eindeutig die gewünschte Gesamtmenge für den Benutzer anzuzeigen.“*

Als Idealsituation soll die *unmittelbare Verständlichkeit* einer Benutzungsschnittstelle angestrebt werden:

*„Dialoge sollten so gestaltet sein, dass die Interaktion für den Benutzer offensichtlich ist.“*

Beispiel:

*„Ein Softwarepaket zum Abspielen von DVDs auf Computern stellt Schaltflächen mit Symbolen zur Verfügung, die die eingeführten Tasten für ‚Abspielen‘, ‚Stopp‘, ‚Pause‘, ‚schneller Vorlauf‘ usw. darstellen.“*

Die die Interaktion begleitenden Unterstützungsinformationen im Sinne der Selbstbeschreibungsfähigkeit müssen an die Kenntnisse der Benutzer angepasst sein. Deshalb ist auch die *Fachsprache* aus dem Arbeitsgebiet der Benutzer zu verwenden.

Erklärungen sollen *kontextabhängig* sein, das heißt sie sollen am jeweils aktuellen Zustand des Dialogs beziehungsweise der Anwendung orientiert sein. Die angebotene Hilfeinformation wird auf diese Weise auf die momentan wichtige Information eingeschränkt. Der Umfang der Hilfeinformation sollte vom Benutzer beeinflussbar sein.

Hilfestellungen können passiver oder aktiver Art sein. *Passive Hilfe* ist die durch einen Benutzer abrufbare Hilfestellung. *Aktive Hilfe* besteht aus Erklärungen des Systems, die der Benutzer automatisch nach Bedienfehlern oder ungeschickter Bedienung erhält. Da die Normen Mindestanforderungen festlegen, wird aktive Hilfe nicht gefordert. Weitere Informationen zu den *Gestaltungsdimensionen von Hilfesystemen* finden sich im Bereich des *Interaktionsdesigns* (Herczeg, 2006).

### 11.4.3 Erwartungskonformität (ISO 9241-110)

Bei der Arbeit mit Computersystemen entstehen Erfahrungen in Form von mentalen Modellen der Benutzer und damit auch Erwartungen an die benutzten Systeme (Kapitel 6.1.1). Ein wichtiges Kriterium und Qualitätsmerkmal von interaktiven Anwendungssystemen ist daher der Grad, wie gut die Systeme die Erwartungen von Benutzern erfüllen. In diesem Zusammenhang ist das Kriterium *Erwartungskonformität* von Systemen zu sehen. Erwartungskonformität wird auch auf den Begriff der *Konsistenz* abgestützt. Nicht erwartungskonforme bzw. inkonsistente Systeme behindern die Bildung eines stabilen und transparenten mentalen Modells vom System und erschweren die *Vorhersehbarkeit* (*Antizipation*) des Dialogverlaufes.

In der ISO 9241-110 wird Erwartungskonformität folgendermaßen definiert:

*„Ein Dialog ist erwartungskonform, wenn er den aus dem Nutzungskontext heraus vorhersehbaren Benutzerbelangen sowie allgemein anerkannten Konventionen entspricht.“*

Als nähere Empfehlung wird dazu weiter ausgeführt:

*„Das interaktive System sollte das Vokabular verwenden, das dem Benutzer bei der Ausführung der Arbeitsaufgabe vertraut ist oder von ihm auf Grund seiner Kenntnisse und Erfahrungen verwendet wird.“*

Beispiele:

*„Eine Anwendung für die Abwicklung von Bankgeschäften nutzt bankenübliche Begriffe wie ‚Überweisung‘ und ‚Girokonto‘.“*

*„Für internationale Benutzer einer Anwendung mit Kreditkartenzahlung werden die Eingabefelder zur Angabe des vollständigen Eigennamens eher bezeichnet mit ‚Nachname‘ und ‚Vorname‘ als mit ‚Name‘ und ‚Rufname‘.“*

*„Auf Handlungen des Benutzers sollte eine unmittelbare und passende Rückmeldung folgen, soweit dies den Erwartungen des Benutzers entspricht.“*



Beispiel:

*„Beim Installieren eines Softwarepaketes bekommt der Benutzer eine Rückmeldung über den erfolgreichen Abschluss des Installationsvorganges.“*

Neben den Erwartungen hinsichtlich der strukturellen, funktionalen, medialen und begrifflichen Eigenschaften eines Anwendungssystems reagieren Benutzer sehr empfindlich auf schwankendes Antwortzeitverhalten eines Systems (Kapitel 9). Längere oder kürzere Antwortzeiten mit einer Abweichung von mehr als 50% der bekannten Antwortzeit erzeugen bei den Benutzern Verunsicherungen (Shneiderman & Plaisant, 2005). Die ISO 9241-110 empfiehlt daher für größere Abweichungen, die vom System erkannt werden können:

*„Kann vorhergesehen werden, dass erhebliche Abweichungen von der vom Benutzer erwarteten Antwortzeit entstehen, sollte der Benutzer hiervon unterrichtet werden.“*

Beispiel:

*„Wenn ein Benutzer auf Internetseiten eines Reisebüros nach verfügbaren Flügen sucht und die Suchen-Taste betätigt, wird angezeigt, dass der Suchvorgang läuft, aber bedingt durch die große Zahl von Kunden, die gerade online sind, 60 s bis zur Anzeige der Suchergebnisse vergehen können.“*

Insbesondere die Informationsdarstellung trägt wesentlich zur Erwartungskonformität bei. Die ISO 9241-110 sieht hierzu Folgendes vor:

*„Informationen sollten so strukturiert und organisiert sein, wie es vom Benutzer als natürlich empfunden wird.“*

Beispiel:

*„Der Online-Shop eines Kaufhauses organisiert das Warenangebot (Zusammenstellung und Anordnung) in einer Weise, die der physischen Anordnung der Waren im Kaufhaus entspricht.“*

*„Formate sollten geeigneten kulturellen und sprachlichen Konventionen entsprechen.“*

*„Art und Länge von Rückmeldungen oder Erläuterungen sollten den Benutzerbelangen entsprechen.“*

Beispiele:

*„Art von Rückmeldungen oder Erläuterungen: zum Ausschalten eines Video-Projektors bietet dieser zusätzlich Hinweis unterhalb der Ein-/Aus-Taste an ‚Zum Ausschalten zweimal drücken‘, um hierbei nicht auf die Projektionsfläche schauen zu müssen.“*

*„Länge von Rückmeldungen oder Erläuterungen: Hilfe-Informationen in einem Softwarepaket, das eine komplexe Arbeitsaufgabe unterstützt, sind umfassend und beschreiben, wie die Arbeitsaufgabe mit dem Softwarepaket erledigt wird,*

*während Hilfe-Informationen zu einem erforderlichen Format einfach das erforderliche Format anzeigen.“*

*„Wenn eine bestimmte Eingabeposition auf der Grundlage von Benutzererwartungen vorhersehbar ist, dann sollte diese Position für die Eingaben voreingestellt sein.“*

*„Rückmeldungen oder Mitteilungen, die dem Benutzer angezeigt werden, sollten in einer objektiven und konstruktiven Art formuliert sein.“*

*„Dialogverhalten und Informationsdarstellung eines interaktiven Systems sollten innerhalb von Arbeitsaufgaben und über ähnliche Arbeitsaufgaben hinweg konsistent sein.“*

Beispiele:

*„Innerhalb eines Softwarepaketes sind die Tasten „OK“ und „Entfernen“ immer an derselben Stelle platziert.“*

*„Innerhalb eines Softwarepaketes, welches das Komprimieren und Dekomprimieren von Dateien unterstützt, sind die Dialogschritte für beide Aufgaben vergleichbar gestaltet.“*

Man muss über die ISO 9241-110 hinaus im Zusammenhang mit Erwartungskonformität vor allem drei Ausprägungen von *Konsistenz* unterscheiden:

*Innere Konsistenz:* Konsistenz der Dialoge innerhalb eines bestimmten Anwendungssystems;

*Äußere Konsistenz:* Konsistenz der Dialoge über verschiedene Anwendungssysteme hinweg;

*Metaphorische Konsistenz:* Konsistenz der Dialoge mit der realen, physikalischen Arbeitswelt (Abschnitt 6.4.8).

Das Kriterium der Konsistenz kann als ein Unterkriterium von Erwartungskonformität eingeordnet werden.

#### 11.4.4 Lernförderlichkeit (ISO 9241-110)

In der ISO 9241-110 werden auch Aussagen zur Wirkung von interaktiven Systemen hinsichtlich ihrer Erlernbarkeit getroffen. Es wird dazu definiert:

*„Ein Dialog ist lernförderlich, wenn er den Benutzer beim Erlernen der Nutzung des interaktiven Systems unterstützt und anleitet.“*

Im Einzelnen werden darüber hinaus folgende Anforderungen mit Beispielen formuliert:

*„Regeln und zugrunde liegende Konzepte, die für das Erlernen nützlich sind, sollten dem Benutzer zugänglich gemacht werden.“*

Beispiel:

*„Ein Softwarepaket zum Komprimieren von Dateien erklärt dem Benutzer das Konzept eines Archivs (z. B. als Teil einer einführenden Lehreinheit).“*

*„Wenn ein Dialog selten gebraucht wird oder charakteristische Eigenschaften des Benutzers es erfordern, den Dialog erneut zu erlernen, dann sollte geeignete Unterstützung dafür bereitgestellt werden.“*

Beispiel:

*„Ein Softwarepaket für Buchhaltung stellt ein Hilfe-System bereit, das den Benutzer durch die erforderlichen Dialogschritte zum Aufstellen der Jahresbilanz leitet.“*

*„Geeignete Unterstützung sollte bereitgestellt werden, damit der Benutzer mit dem Dialog vertraut wird.“*

Beispiel:

*„Ein Softwarepaket erklärt die Benutzung einzelner Menüpunkte, wenn der Benutzer die zugehörige Hilfetaste drückt.“*

*„Rückmeldung und Erläuterungen sollten den Benutzer unterstützen, ein konzeptionelles Verständnis vom interaktiven System zu bilden.“*

Beispiel:

*„Eine Software zum Scannen zeigt die verschiedenen Schritte (einschließlich ihrer Reihenfolge und der Zusammenhänge), um Papierdokumente einzuscannen und diese in elektronische Text-Dateien umzuwandeln, und es zeigt den aktuellen Schritt an, in dem sich der Benutzer gerade befindet.“*

Wir hatten die Bildung eines konzeptionellen Verständnisses vom interaktiven System differenziert als die Entstehung unterschiedlicher mentaler Modelle diskutiert und strukturiert (Abschnitt 6.1). Darauf aufbauend haben wir die Anforderungen und Besonderheiten unterschiedlicher Benutzerklassen betrachtet (Kapitel 7). Gerade für die Lernförderlichkeit eines interaktiven Systems ist es entscheidend, diese Differenzierungen heranzuziehen. Ein unerfahrener Benutzer befindet sich im Stadium des Bildens und Korrigierens eines mentalen Modells, während ein Routinebenutzer sein Modell im Wesentlichen zur effizienten Arbeit nutzt und nur noch verfeinert.

Die ISO 9241-110 empfiehlt weiter:

*„Der Dialog sollte ausreichende Rückmeldung über Zwischen- und Endergebnisse von Handlungen bereitstellen, damit die Benutzer von erfolgreich ausgeführten Handlungen lernen.“*

Beispiel:

*„Wenn ein Benutzer ein Zimmer mit einem Hotelzimmer-Buchungssystem bucht, bekommt er Schritt für Schritt Rückmeldungen, um Angaben und Einzelheiten zur erfolgreichen Zimmerbuchung ändern zu können.“*

*„Falls es zu den Arbeitsaufgaben und den Lernzielen passt, sollte das interaktive System dem Benutzer erlauben, Dialogschritte ohne nachteilige Auswirkungen neu auszuprobieren.“*

Beispiele:

*„Ein Zeitplanungssystem für die Auslieferung von Waren erlaubt es dem Benutzer, Änderungen im Zeitplan auszuprobieren und nachhaltige Auswirkungen erkennen zu können, ohne die Änderungen im System zu übernehmen.“*

*„In einer Software zur Fotobearbeitung kann eine Folge von Änderungen an einem Bild durch wiederholte Betätigung der UNDO-Funktion rückgängig gemacht werden.“*

*„Das interaktive System sollte es dem Benutzer ermöglichen, die Arbeitsaufgabe mit minimalem Lernaufwand auszuführen, indem es den Dialog mit minimaler Eingabe von Informationen ermöglicht, jedoch zusätzliche Information auf Anforderung zur Verfügung stellt.“*

Beispiel:

*„Ein Softwarepaket für das Scannen von Dokumenten stellt eine Schaltfläche „Scannen“ zur Verfügung, die es dem Benutzer erlaubt, ohne notwendige Konfiguration durch den Benutzer ein Dokument zu scannen, indem es sinnvoll voreingestellte Werte für alle Konfigurationsmöglichkeiten verwendet.“*

Die Lernförderlichkeit von interaktiven multimedialen Systemen führt uns auch in den sehr schwierigen und hinsichtlich interaktiver Medien immer noch wenig erforschten Bereich des *Instruktionsdesigns* und der *Medienpädagogik* (Niegemann, 2001; Issing & Klimsa, 2002). Nur wenige interaktive Systeme weisen heute eine vorher konzipierte Form von Lernförderlichkeit auf. Im Idealfall finden wir weitgehend *unmittelbar verständliche Systeme* (Abschnitt 11.4.2) oder Systeme, die eine hohe *Direktheit* aufweisen (Abschnitt 8.3.6). Kenntnisse des Anwendungsbereiches können bei einer isomorphen Systemstruktur das schrittweise Erlernen des Anwendungssystems erleichtern. Ist dies aus bestimmten Gründen nicht der Fall, müssen *Hilfesysteme*, *Tutorielle Systeme* oder am besten *Präsenzs Schulungen* das Erlernen ermöglichen. Auf diese Weise bildet sich das Kriterium der *Lernförderlichkeit* teilweise auf das Kriterium der *Selbstbeschreibungsfähigkeit* ab (Abschnitt 11.4.2).

### 11.4.5 Steuerbarkeit (ISO 9241-110)

Bei der Interaktion zwischen Benutzer und Computer kann die *Initiative (Dialogkontrolle)* entweder beim Benutzer oder beim System liegen. Die Initiative kann auch wechseln. Somit lassen sich drei Dialogtypen unterscheiden:

*Systemgesteuerter Dialog:* Die Dialogkontrolle liegt beim System. Dabei fordert das System immer Eingaben vom Benutzer an und verarbeitet diese. Der Benutzer hat dabei keinen direkten Einfluss auf die nächste geforderte Eingabe oder auf die als nächstes auszuführenden Aktivitäten.

*Benutzergesteuerter Dialog:* Die Dialogkontrolle liegt beim Benutzer. Der Benutzer initiiert Aktionen, die nach ihrer Durchführung Ergebnisse bzw. die Fertigstellung zurückmelden. Das System kann bei dieser Art von Kontrolle keine Initiative ergreifen.

*Gemischter (hybrider) Dialog:* Bei Mischformen der Dialogkontrolle wechselt diese während der Arbeit mit dem System. Der Wechsel der Initiative kann wiederum system- oder benutzerinitiiert sein.

In fast allen interaktiven Systemen liegt gemischte Kontrolle vor. Im Allgemeinen überwiegt aber deutlich entweder system- oder benutzerorientierte Kontrolle. In den ersten dialogfähigen Computersystemen bestanden Dialoge hauptsächlich aus einfachen Abfragen durch die Systeme oder aus benutzergesteuerter Kommandoeingabe. Ausgeprägte Mischformen entwickelten sich vor allem durch *Menü-/Maskensysteme*. Bei diesen aktiviert der Benutzer durch Menüauswahl die Arbeitsmaske, die dann mehr oder weniger unter Systemkontrolle ausgefüllt wird. Ein hohes Maß an Benutzersteuerung liegt heute bei *Direkt Manipulativen Systemen* (Abschnitt 8.3.6) vor, bei denen die Benutzer *Objekte* und *Operatoren* zu Aktivitäten zusammensetzen.

In der ISO 9241-110 versteht man unter Steuerbarkeit:

*„Ein Dialog ist steuerbar, wenn der Benutzer in der Lage ist, den Dialogablauf zu starten sowie seine Richtung und Geschwindigkeit zu beeinflussen, bis das Ziel erreicht ist.“*

Der Benutzer soll keinem Arbeitstakt ausgesetzt sein, sondern die *Geschwindigkeit des Systems* an seine persönliche Arbeitsgeschwindigkeit anpassen können. Der Arbeitsweg und die Arbeitsmittel sollen durch den Benutzer frei gewählt werden können. Systemmeldungen dürfen nicht zeitgesteuert automatisch vom Bildschirm gelöscht werden. Zum Zeitverhalten interaktiver Systeme siehe Kapitel 9. Die ISO 9241-110 formuliert hierzu:

*„Die Geschwindigkeit der Interaktion sollte nicht durch das interaktive System vorgegeben werden. Sie sollte vom Benutzer steuerbar sein, und zwar unter Berücksichtigung der Benutzerbelange und der charakteristischen Eigenschaften des Benutzers.“*

Beispiel:

*„Ein Mobiltelefon, mit dem ein Benutzer Textmeldungen versenden kann, hält teilweise fertig gestellte Mitteilungen sichtbar und änderbar, bis der Benutzer entscheidet, die Mitteilung zu senden, zu speichern oder zu löschen, unabhängig von der Zeit, die der Benutzer sich zur Fertigstellung der Meldung nimmt.“*

Der Dialogablauf sollte also, solange nichts dagegen spricht, *benutzergesteuert* sein. Dies gibt dem Benutzer eine möglichst hohe Freiheit in der Abarbeitung von Arbeitsaufgaben. Das Kriterium der Steuerbarkeit entspricht hinsichtlich einer solchen Empfehlung dem Unterkriterium der *Autonomie*. Dies ist allerdings nicht immer günstig. Bei sicherheitskritischen Tätigkeiten (Herczeg, 2014), wie der Überwachung oder Steuerung sicherheitskritischer Systeme (z. B. Fahrzeuge, Kraftwerke, Produktionsanlagen) sowie bei Tätigkeiten mit komplexen Abhängigkeiten zwischen mehreren Aktionen ist bei vorgegebenen Abläufen der systemgesteuerte Dialog vorzuziehen, ohne den Operateuren die Freiheit zu nehmen, die Kontrolle wieder zu übernehmen (Herczeg, 2002). Hier wirkt die Forderung der ISO 9241-110 nach benutzergesteuerten Dialogen ohne Berücksichtigung der Besonderheiten von Anwendungsbereichen zu wenig differenziert.

Bei der Kontrolle oder weiteren Planung des Arbeitsablaufs sollen dafür relevante Informationen ohne Verlust des momentanen Arbeitskontextes einsehbar sein. Aus diesem Grund sollten mehrere *unterbrechbare und wiederaufsetzbare Teildialoge* möglich sein. Die ISO 9241-110 stellt hierzu fest:

*„Der Benutzer sollte die Steuerung darüber haben, wie der Dialog fortgesetzt wird.“*

Beispiele:

*„Ein Telefon, das die Telefonnummer eines ankommenden Rufs anzeigt, bietet die Möglichkeit, diese Nummer – gemeinsam mit dem Namen des Anrufers – direkt dem Telefonverzeichnis hinzuzufügen.“*

*„Beim Registrieren einer eingehenden Zahlung mit einer Buchhaltungssoftware wählt das interaktive System automatisch die ältesten unbezahlten Rechnungen dieses Kunden für den Ausgleich durch diese Zahlung aus. Es erlaubt dem Benutzer aber auch, andere Rechnungen dieses Kunden für den Ausgleich durch diese Zahlung auszuwählen.“*

*„Ist der Dialog unterbrochen worden, sollte der Benutzer die Möglichkeit haben, den Wiederaufnahmepunkt der Fortsetzung des Dialoges zu bestimmen, falls es die Arbeitsaufgabe erlaubt.“*

Beispiel:

*„Eine betriebswirtschaftliche Software erlaubt es dem Benutzer, unvollständig eingegebene Bestellungen zu speichern, um mit einer anderen Bestellung, die mit Vorrang abgeschlossen werden muss, weiterzumachen, und später mit der Vervollständigung der unvollständig eingegebenen Bestellung fortzufahren.“*

Im Rahmen der Steuerbarkeit fordert man in der ISO 9241-110 die *Rücknehmbarkeit von Aktionen (Undo)*:

*„Wenigstens der letzte Dialogschritt sollte zurückgenommen werden können, soweit Handlungsschritte reversibel sind und falls es der Nutzungskontext erfordert.“*

Beispiel:

*„In einem Texteditor wird gezielt eine Möglichkeit angeboten, um den letzten Änderungsschritt rückgängig zu machen.“*

Hinsichtlich der Ein- und Ausgabe empfiehlt die ISO 9241-110:

*„Wenn die Datenmenge, die für eine Arbeitsaufgabe von Bedeutung ist, groß ist, dann sollte der Benutzer die Möglichkeit haben, die Anzeige der dargestellten Datenmenge zu steuern.“*

Beispiel:

*„Eine Geschäftskalender-Anwendung ermöglicht es dem Benutzer, Einträge anzuzeigen nach Tag, Woche, Monat oder nach vom Benutzer vorgegebenen Kriterien, z. B. ‚alle Verabredungen mit einem bestimmten Kunden‘.“*

*„Der Benutzer sollte dort, wo es geeignet ist, die Möglichkeit haben, jedes verfügbare Eingabe-/Ausgabemittel benutzen zu können.“*

Beispiel:

*„In einem Such-Formular kann die Such-Taste aktiviert werden, indem die Maus benutzt wird oder indem die Eingabe-Taste auf der Tastatur gedrückt wird.“*

*„Wenn es für die Arbeitsaufgabe zweckmäßig ist, sollte der Benutzer voreingestellte Werte ändern können.“*

Beispiel:

*„In einer e-Mail-Anwendung kann die voreingestellte Stelle für die Ablage von Anhängen entsprechend den Benutzerbedürfnissen geändert werden.“*

*„Wenn Daten verändert wurden, sollten die Originaldaten für den Benutzer verfügbar bleiben, wenn dies für die Arbeitsaufgabe erforderlich ist.“*

Beispiel:

*„In einem Kunden-Informationssystem, in der vorhandene Kundendaten geändert und amtliche Aufzeichnungen gebraucht werden, bleiben Original-Kundendaten (d. h. diejenigen vor der Änderung) für den Benutzer auch nach der Änderung einsehbar.“*

Diese Forderungen zur Ein- und Ausgabe sind Empfehlungen, die helfen sollen, Systeme mit hoher *Komplexität* erfolgreich handhaben zu können (vgl. Abschnitt 11.3.6). Die Steuerung

von Ein- und Ausgabe erlaubt bedarfs- und kontextabhängig ein hohes Informationsvolumen und eine hohe Komplexität von Information auf das zu reduzieren, was gerade benötigt wird. Die Steuerbarkeit sollte unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Benutzerklassen oder der Belange spezifischer Benutzer und Aufgaben ausgeprägt werden (siehe Kapitel 7).

#### 11.4.6 Fehlertoleranz (ISO 9241-110)

Bei der Mensch-Computer-Kommunikation können Benutzungsfehler auftreten. Genauer betrachtet gibt es unterschiedlichste *Fehlerarten*. Ausführliche Darstellungen zur Klassifizierung, Entstehung und Behandlung menschlicher Fehler finden sich u.a. bei Norman (1981), Rasmussen (1982) sowie Reason (1990). Anhand unseres Modells der Interaktionsebenen lassen sich Handlungsfehler auch auf den sechs Handlungs- bzw. Wahrnehmungsebenen einstufen (Abschnitt 8.3.4).

Fehler haben Ursachen. Sie müssen entsprechend ihrer Entstehungsursache unterschiedlich behandelt werden. Wenn sich trotzdem allgemeine Maßnahmen zur Fehlerbehandlung beschreiben lassen, so liegt dies vor allem daran, dass einige Fehlersituationen und Fehlertypen besonders häufig und in vielen Kontexten auftreten und in Form von *Fehlerarten* abstrahierbar sind.

Die ISO 9241-110 beschreibt einige Grundsätze für fehlertolerante Systeme:

*„Ein Dialog ist fehlertolerant, wenn das beabsichtigte Arbeitsergebnis trotz erkennbar fehlerhafter Eingaben entweder mit keinem oder mit minimalem Korrekturaufwand seitens des Benutzers erreicht werden kann. Fehlertoleranz wird mit den Mitteln erreicht:*

- Fehlererkennung und -vermeidung (Schadensbegrenzung);*
- Fehlerkorrektur oder*
- Fehlermanagement, um mit Fehlern umzugehen, die sich ereignen.“*

Dazu werden in der Norm folgende Empfehlungen gegeben:

*„Das interaktive System sollte den Benutzer dabei unterstützen, Eingabefehler zu entdecken und zu vermeiden.“*

Beispiel:

*„Eine e-Commerce-Anwendung weist den Benutzer auf Pflichtfelder, die vom Benutzer noch nicht ausgefüllt wurden.“*

*„Das interaktive System sollte verhindern, dass irgendeine Benutzer-Handlung zu undefinierten Systemzuständen oder zu Systemabbrüchen führen kann.“*

Beispiel:

*„Ein Druck-Dialog für ein Dokument mit 35 Seiten erlaubt es dem Benutzer, lediglich Seitenzahlen im Bereich 1 bis 35 einzugeben.“*



Für das Verständnis des Fehlers und die Fehlerbeseitigung werden Hinweise gegeben:

*„Wenn sich ein Fehler ereignet, sollte dem Benutzer eine Erläuterung zur Verfügung gestellt werden, um die Beseitigung des Fehlers zu erleichtern.“*

Beispiel:

*„Ein DVD-Player gibt dem Benutzer einen Hinweis: „Sie haben die ‚Play-Taste‘ gedrückt, aber es ist keine DVD eingelegt. Legen Sie eine DVD ein, wenn Sie eine abspielen möchten.““*

*„Aktive Unterstützung zur Fehlerbeseitigung sollte dort, wo typischerweise Fehler auftreten, zur Verfügung stehen.“*

Beispiel:

*„Die Positionsmarke ist auf die Stelle positioniert, an der Korrektur erforderlich ist.“*

Führt das System *automatische Korrekturen* durch (z. B. automatische Tippfehlerkorrektur), so sollte der Benutzer ohne Behinderung der weiteren Arbeit darauf hingewiesen werden. Dies verhindert, dass es in späteren Dialogsituationen zu unerwarteten Ergebnissen oder zu unerwartetem Systemverhalten kommt.

*„Wenn das interaktive System Fehler automatisch korrigieren kann, sollte es den Benutzer über die Ausführung der Korrektur informieren und ihm Gelegenheit geben, zu korrigieren.“*

Beispiel:

*„In einer Rechtschreibprüfung werden fehlerhafte Wörter markiert. Die Rechtschreibprüfung bietet die Auswahl eines oder mehrerer Versionen des falsch geschriebenen Wortes, wobei der Benutzer die Möglichkeit hat, eine andere korrigierte Version des Wortes einzugeben.“*

Zum Zeitpunkt und Ablauf der Fehlerbehebung wird Folgendes empfohlen:

*„Der Benutzer sollte die Möglichkeit haben, die Fehlerkorrektur zurückzustellen oder den Fehler unkorrigiert zu lassen, es sei denn, eine Korrektur ist erforderlich, um den Dialog fortsetzen zu können.“*

Beispiel:

*„In einer Datenbank-Anwendung, in der Postleitzahlen bei der Eingabe geprüft werden, darf der Benutzer die Eingabe anderer Eingabefelder fortsetzen, auch wenn das Postleitzahl-Eingabefeld eine ungültige Postleitzahl enthält.“*

*„Wenn möglich, sollten dem Benutzer auf Anfrage zusätzliche Informationen zum Fehler und dessen Beseitigung zur Verfügung gestellt werden.“*

Beispiel:

*„Fehlermeldungen eines Softwarepaketes geben einen Hinweis auf den Fehler und wie der Benutzer ihn korrigieren kann. Ergänzend zu diesem Hinweis führt ein Hyperlink zu ausführlicheren Hintergrundinformationen zur Fehlersituation.“*

*„Die Prüfung auf Gültigkeit und Korrektheit von Daten sollten stattfinden, bevor das interaktive System die Eingabe verarbeitet.“*

Beispiele:

*„Ein e-Mail-Client prüft die korrekte Schreibweise einer e-Mail-Adresse, bevor er diese im Adressbuch speichert.“*

*„In einem Nutzungskontext, in dem Benutzer dazu neigen zu vergessen, Dateien anzuhängen, die sie eigentlich anhängen wollten, prüft ein e-Mail-Client die Mitteilung auf die Wörter ‚anhängen‘, ‚angehängt‘ und ‚Anhang‘ und bietet vor der Absendung der Mitteilung einen Hinweis an: ‚Wollen Sie Ihrer Mitteilung eine Datei anhängen?‘“*

*„Die zur Fehlerbehebung erforderlichen Schritte sollten minimiert sein.“*

Beispiel:

*„In einer Formblatt-Anwendung wird der Positionszeiger, nachdem ein Fehler erkannt wurde, automatisch auf das Eingabefeld mit der fehlerhaften Eingabe positioniert und der Feldinhalt kann unmittelbar geändert werden.“*

Man kann sich auch vorstellen, dass bei weitreichenden Benutzeraktionen schon im Vorfeld Hinweise gegeben werden, durch die sich schwere Fehler vermeiden lassen:

*„Falls sich aus einer Benutzerhandlung schwerwiegende Auswirkungen ergeben können, sollte das interaktive System Erläuterungen bereitstellen und Bestätigung anfordern, bevor die Handlung ausgeführt wird.“*

Beispiel:

*„Beim Löschen von Dateien innerhalb einer Anwendung wird der Benutzer aufgefordert, jede Löschung zu bestätigen.“*

Fehlermeldungen sollten so dargestellt werden, dass sie die *Aufmerksamkeit* des Benutzers auf sich ziehen. Vor allem Farbe und Blinken als sehr wirksame Kodierungstechniken werden für schwerwiegende Fehlermeldungen eingesetzt. Unwichtige Fehlermeldungen sollten abschaltbar sein.

Eine in *Stufen wählbare Ausführlichkeit* von Fehlermeldungen erlaubt es, die Fehleranalyse dem Erfahrungsstand des Benutzers anzupassen.

Im Idealfall sollten Fehler gar nicht erst möglich sein. Beispielsweise sind bei *metaphorischen Systemen* kaum syntaktische Fehler möglich (Abschnitt 6.4.8). Semantische Fehler,

das heißt Fehler auf der Ebene der Anwendung, lassen sich allerdings auch damit nicht vermeiden.

### 11.4.7 Individualisierbarkeit (ISO 9241-110)

Benutzungsschnittstellen werden von Personen benutzt, die spezifische Aufgaben haben und individuelle Fähigkeiten und Erwartungen besitzen (vgl. dazu Kapitel 7). Da Systeme für vielen Nutzer realisiert werden, können Besonderheiten individueller Benutzer nicht berücksichtigt werden. Stattdessen sollen die Systeme von den Benutzern in begrenztem Rahmen individualisiert werden können. Aus diesem Grund wird die *Individualisierbarkeit* von Dialogsystemen in der ISO 9241-110 definiert:

*„Ein Dialog ist individualisierbar, wenn Benutzer die Mensch-System-Interaktion und die Darstellung von Informationen ändern können, um diese an ihre individuellen Fähigkeiten und Bedürfnisse anzupassen.“*

Es wird in dieser Norm in einer Anmerkung darauf hingewiesen, dass die spätere Möglichkeit zur Individualisierung kein Ersatz für ein ergonomisch konzipiertes System ist:

*„Obwohl es oft wünschenswert ist, dem Benutzer Möglichkeiten zu individuellen Einstellungen zur Verfügung zu stellen, ist dies kein Ersatz für ergonomisch gestaltete Dialoge. Außerdem sollen die Möglichkeiten zu individuellen Einstellungen nur innerhalb bestimmter Grenzen möglich sein, so dass Änderungen keine vorhersehbaren Beeinträchtigungen oder Schädigungen des Benutzers hervorrufen können (z. B. unannehmbare Lautstärken in Folge der vom Benutzer eingestellten akustischen Rückmeldungen).“*

Außerdem wird auf die Möglichkeit, durch Individualisierung zu barrierefreien Systemen zu kommen, eingegangen (zu gesetzlichen Grundlagen siehe Abschnitt 13.3):

*„Individualisierbarkeit kann ein Mittel sein, die Barrieren für die Zugänglichkeit zu senken, indem man den besonderen Erfordernissen und/oder Fähigkeiten eines möglichst großen Benutzerkreises entgegenkommt.“*

In der Norm wird empfohlen, die Möglichkeiten zur Individualisierung vom konkreten Bedarf abhängig zu machen und die Anpassungsmöglichkeiten geeignet zu lokalisieren:

*„Das interaktive System sollte dem Benutzer dort, wo unterschiedliche Benutzerbe-lange typischerweise vorkommen, Techniken zur Anpassung an die charakteristischen Eigenschaften von Benutzern bereitstellen.“*

Beispiel:

*„In einer textbasierten Anwendung können von einem Benutzerkreis mit eingeschränkten Lesefertigkeiten Bildzeichen und Grafiken benutzt werden.“*

Weiterhin wird hinsichtlich der Darstellungsformen und Ausführlichkeit empfohlen:

*„Das interaktive System sollte es dem Benutzer erlauben, zwischen verschiedenen Formen der Darstellung zu wählen, wenn es für die individuellen Bedürfnisse unterschiedlicher Benutzer zweckmäßig ist.“*

Beispiele:

*„Ein Benutzer mit einer Sehschwäche hat die Möglichkeit, durch Bildschirmanzeigen zu navigieren, indem er eine Software zum Vorlesen der Bildschirm Inhalte („Screenreader“) benutzt.“*

*„Ein Bestell-Eingabe-System wird von mehreren Angestellten benutzt. Wenn der vorhergehende Benutzer eine gewohnte Einstellung per Individualisierbarkeit geändert hat und der nächste Benutzer das System mit verändertem Verhalten vorfindet, kann er die Voreinstellungen wieder laden.“*

*„Der Umfang von Erläuterungen (z. B. Details in Fehlermeldungen, Hilfeinformationen) sollte entsprechend dem individuellen Wissen des Benutzers veränderbar sein.“*

Beispiel:

*„Eine Geschäftsanwendung ermöglicht es, eine system-initiierte Hilfe abzuschalten.“*

*„Benutzer sollten, soweit zweckmäßig, die Möglichkeit haben, eigenes Vokabular einzubinden, um Objekte und Funktionen („Werkzeuge“) individuell zu benennen.“*

Beispiel:

*„In einer Geschäftsanwendung können Benutzer Menü-Optionen umbenennen, um die Begrifflichkeit zu verwenden, die typisch für ihren Wirtschaftszweig ist.“*

*„Der Benutzer sollte, soweit zweckmäßig, die Geschwindigkeit von dynamischen Eingaben und Ausgaben einstellen können, um sie an seine individuellen Bedürfnisse anzupassen.“*

Beispiel:

*„Die Empfindlichkeit eines Zeigegerätes kann nach den individuellen Benutzerbedürfnissen eingestellt werden.“*

Zu unterschiedlichen Interaktionsformen wird empfohlen:

*„Die Benutzer sollten, soweit zweckmäßig, die Möglichkeit haben, zwischen unterschiedlichen Dialogtechniken zu wählen.“*

Beispiel:

*„Ein Fahrkartenautomat in einem Bahnhof erlaubt es dem Benutzer, Bahnhofsnamen entweder direkt einzugeben oder aus einer Liste auszuwählen.“*

*„Der Benutzer sollte die Möglichkeit haben, das Niveau und die Methoden der Mensch-System-Interaktion so auszuwählen, dass sie am besten seinen Bedürfnissen entsprechen.“*

Beispiel:

*„Ein Textverarbeitungssystem bietet dem Benutzer die Funktion zur Speicherung eines Dokumentes sowohl über eine Menü-Option, ein Symbol als auch über eine Tastatur-Kurzwahl.“*

*„Der Benutzer sollte die Möglichkeit haben, die Art zu wählen, in der Eingabe-/Ausgabe-Daten dargestellt werden (Format und Typ).“*

Beispiele:

*„Eine Textverarbeitung bietet die Möglichkeit der Hintergrund- und der Zeichenfarbwahl. Dem Benutzer werden jedoch nur die Farbkombinationen angeboten, die Lesen nicht verlangsamen und die Fehlerrate nicht erhöhen.“*

*„Eine Geschäftsanwendung erlaubt es dem Benutzer, die Schriftgröße entsprechend seinen Bedürfnissen einzustellen.“*

*„Soweit zweckmäßig, sollte es den Benutzern möglich sein, Dialogelemente oder Funktionen hinzuzufügen oder neu zu ordnen, insbesondere, um individuelle Bedürfnisse bei der Ausführung von Arbeitsaufgaben zu unterstützen.“*

Beispiel:

*„Eine Textverarbeitungssoftware erlaubt es, in der Werkzeugleiste ein Werkzeug für das Durchstreichen von Buchstaben hinzuzufügen, vergleichbar den Werkzeugen ‚fett‘, ‚kursiv‘ und ‚unterstrichen‘.“*

Solche Individualisierungsmöglichkeiten funktionaler Art beziehen sich natürlich auch auf die Aufgabenangemessenheit (Abschnitt 11.4.1).

Nicht immer werden Individualisierungen erfolgreich und nützlich sein. Daher ist es wichtig, zu einem Grundzustand zurückkehren zu können.

*„Individuelle Einstellungen eines Dialoges sollten rückgängig gemacht werden können und es dem Benutzer erlauben, zu den ursprünglichen Einstellungen zurückzugehen.“*

Beispiel:

*„In einem Betriebssystem wird es dem Benutzer erlaubt, selbst durchgeführte Änderungen von Farbeinstellungen bis hin zum ursprünglichen Farbensatz rückgängig zu machen.“*

Unabhängig von den Gestaltungsrichtlinien und Empfehlungen der ISO 9241-110 muss festgestellt werden, dass in vielen betrieblichen Situationen die benutzerspezifische Individualisierung unerwünscht oder praktisch nicht möglich ist. Individualisierung führt dazu,

dass jeder Benutzer sein spezifisches System hat, was neben der Verwaltung dieser Unterschiede die Problematik der beeinträchtigten Kommunikationsfähigkeit unter Benutzern sowie zwischen Benutzern und Ausbildern oder zwischen Benutzern und Hotlines (Servicezentren) mit sich bringt. Es wird oft besser sein, eine gute Standardlösung für jede Benutzerklasse zu entwickeln. Außerdem ist zu beobachten, dass Benutzer eher selten in der Lage sind, ihre Systeme zu ihrem Vorteil zu individualisieren. Oftmals sind es nur ästhetische Manipulationen, die nicht zwangsläufig die wichtigen Kriterien wie Effizienz, Erwartungskonformität und Selbstbeschreibungsfähigkeit positiv beeinflussen.

## 11.5 Ein- und Ausgabekriterien

Ein- und Ausgabekriterien beziehen sich auf die Eingaben des Benutzers sowie auf die Ausgaben des Systems. Sie beurteilen insofern die Wahrnehmbarkeit und die Handhabbarkeit eines interaktiven Computersystems.

Im IFIP-Modell für Benutzungsschnittstellen wurden diese Aspekte eines interaktiven Systems der sogenannten *Ein-/Ausgabeschnittstelle* zugeschrieben (Abschnitt 11.1).

### 11.5.1 Wahrnehmbarkeit

Die *Wahrnehmbarkeit* von Informationen ist eine unabdingbare Voraussetzung für die höheren Verarbeitungsleistungen. Auf den unteren Ebenen unseres 6-Ebenen-Modells für die Mensch-Computer-Interaktion laufen komplexe Wahrnehmungsprozesse ab (siehe dazu für Kommunikationsprozesse die Abbildung 37 und für Handlungsprozesse die Abbildung 44). Die Wahrnehmung von Information läuft auf diesen Ebenen weitgehend in Form von unbewussten psychophysischen Prozessen ab, die wir nur ansatzweise modellieren können (siehe Kapitel 5). Wir haben bei der Betrachtung der menschlichen Gedächtnisleistungen in Abschnitt 6.3 einige solcher Modelle diskutiert (siehe den *Model Human Processor* von Card, Moran und Newell in Abbildung 30). Andere Empfehlungen leiten sich auch ohne komplexe Modellbildungen aus empirischen Erkenntnissen und praktischen Erfahrungen ab. Auch einfache psychophysische Grenzwerte der Wahrnehmung, wie zum Beispiel Helligkeiten, Kontraste, Lautstärken oder Kräfte lassen sich heranziehen, um Vorgaben für Mindestwerte bei der Darstellung von Information zu geben.

Aus den vorhandenen Modellen, wie auch den praktischen Erhebungen zur menschlichen Wahrnehmung und Kognition in Bezug auf Mensch-Computer-Interaktion, lassen sich Mindestanforderungen und Empfehlungen zur Gestaltung interaktiver Systeme für eine angemessene Wahrnehmbarkeit der Systemausgaben für die Benutzer ableiten. Unter anderen finden sich in den folgenden Normen solche Hinweise:

- ISO 9241-3: Visuelle Anzeigen
- ISO 9241-7: Vermeidung von Reflektionen
- ISO 9241-8: Farbgestaltung

- ISO 9241-12: Informationsdarstellung
- ISO 9241-300 bis ISO 9241-307: Elektronische optische Anzeigen

Diese Anforderungen und Empfehlungen sind letztlich immer anwendungs- und kontextspezifisch, gelegentlich auch benutzerspezifisch auszuprägen.

## 11.5.2 Lesbarkeit

Auf Grundlage der Wahrnehmbarkeit lassen sich spezifische Wahrnehmungsleistungen wie *Lesbarkeit* von Zeichen und Texten betrachten. Einzelzeichen bzw. Text als Ein- und Ausgabemedium in praktisch allen Anwendungskontexten besitzt eine zentrale Bedeutung für die Mensch-Computer-Interaktion. Die Lesbarkeit von Zeichen und Texten resultiert neben grundlegenden Wahrnehmungsgesetzmäßigkeiten für kleine Strukturen (siehe Ortsfrequenz in Abbildung 20) aus den Zeichengrößen, Zeichenformen sowie aus den Zeichen- und Zeilenabständen. Es gibt eine Reihe von Grundregeln aus der *Computertypografie*, deren Berücksichtigung eine gute Grundlage für gebrauchstaugliche Textdarstellungen bilden.

Zur Textdarstellung auf noch gröber gerasterten Bildschirmen ist zur angemessenen Lesbarkeit und Unterscheidbarkeit der Zeichen Folgendes zu empfehlen:

- Die Zeichen müssen bezüglich ihrer Gestalt und Darbietung verwechslungssicher sein.
- Die Höhe von Großbuchstaben soll für eine geeignete Formgebung mindestens 7 Pixel und deren Breite mindestens 5 Pixel betragen, wobei es für einige Buchstaben Sonderregeln gibt.
- Die Schrifthöhe soll unter einem Schwinkel von mindestens 18' (Bogenminuten) erscheinen. Die Zeichenbreite soll etwa 70%, mindestens aber 50% der Schrifthöhe betragen. Ausnahmen sind die Buchstaben „I“, „f“, „i“, „j“, „l“ und „t“.
- Übereinander oder nebeneinander stehende Zeichen dürfen sich einschließlich ihrer Ober- und Unterlängen nicht berühren. Der Abstand soll mindestens 1 Pixel oder 15% der Schrifthöhe oder typischen Schriftbreite betragen.
- Der Abstand zwischen zwei Wörtern soll mindestens der Breite eines Zeichens entsprechen (bei Proportionalchrift die Breite des Buchstabens „N“).
- Die Anzahl der Zeichen pro Zeile sollte höchstens 60 Zeichen betragen.
- Die relativen Zeilenabstände (Verhältnis der Buchstabenhöhe zu den absoluten Zeilenabständen) sollten für maximale Lesegeschwindigkeit bei etwa 1:2 bis 1:2,7 liegen.

Weitere Hinweise zur Darstellung von Zeichen auf Bildschirmen finden sich in ISO 9241-3.

Während auf normalen Computerbildschirmen sowie Tablets und Smartphones die Auflösung ein weitgehend akzeptables Niveau erreicht hat, kommen durch den zunehmenden Einsatz von kleinen und auch grob gerasterten Bildschirmen auf allen möglichen Geräten mit eingebetteten Computern die eigentlich teilweise schon überflüssig gewordenen Empfehlungen zu Zeichendarstellungen, wie oben beschrieben, wieder zum Tragen.

Grundlagen der Typografie, speziell der *Lesetypografie*, finden sich u.a. bei Willberg und Forssmann (1997).

### 11.5.3 Unterscheidbarkeit

Unterschiedliche Informationen auf Ausgabegeräten müssen für die Benutzer unterscheidbar sein. Wir haben dies im vorhergehenden Abschnitt bereits für den Fall von Zeichen- und Textdarstellungen gesehen. Die Unterscheidbarkeit reicht aber über alle Formen der Präsentation von Information, also auch für

- visuelle Darstellungen wie Farbdarstellungen und grafische Darstellungen (Linien, Muster),
- auditive Ausgaben (Töne) oder auch
- haptische Ausgaben (tastbare Unterschiede).

Die Unterscheidbarkeit ist dabei nicht nur eine Frage der prinzipiellen Wahrnehmbarkeit von Unterschieden durch das menschliche Wahrnehmungssysteme (Abschnitt 11.5.1), sondern vor allem eine Frage der individuellen und kontextspezifischen Wahrnehmbarkeit. Daraus leiten sich im Zusammenspiel von Wahrnehmbarkeit und Unterscheidbarkeit auch die Frage der Barrierefreiheit von Computeranwendungen (Abschnitt 13.3) oder auch Fragen der Sicherheit insbesondere in Prozessführungsanwendungen (Abschnitt 8.3.3) ab.

Die Unterscheidbarkeit kann durch ausreichende Abstände in den Informationsdarstellungen und Informationskodierungen herbeigeführt werden. Zur Sicherheit können auch Mehrfachkodierungen (z. B. Form und Farbe, Text und Hintergrundfarbe) die Unterscheidbarkeit in hohem Maße sicherstellen.

### 11.5.4 Übersichtlichkeit

Die Übersichtlichkeit beschreibt die Darstellung und Anordnung von Information auf den Ausgabegeräten, vor allem dem Bildschirm. Auch hier trägt der geeignete Einsatz der verschiedenen Formen der Informationskodierung (Layout, Farbe, Form usw.) entscheidend bei. Übersichtlichkeit eines Systems ist eine Voraussetzung für *Transparenz* (Abschnitt 11.3.7). Es beschreibt vor allem die Transparenz auf der Syntaktischen und Lexikalischen Ebene. Der Darstellungsraum wird geordnet, und so dient der Darstellungsort selbst der Informationskodierung.

Die Übersichtlichkeit wirkt sich auf ein gelegentlich genanntes weiteres Dialogkriterium, die *Orientierungsförderlichkeit* aus (siehe nächster Abschnitt). Orientierung ist nur dort möglich, wo ein Überblick über ein Ganzes gefördert werden kann und Gesuchtes schnell gefunden wird.

### 11.5.5 Orientierungsförderlichkeit

Das Kriterium der Orientierungsförderlichkeit soll die Frage thematisieren, inwieweit eine Systemgestaltung Benutzer befähigt, den Überblick über Funktions- und Objektstrukturen zu gewinnen und zu erhalten. Orientierungsförderlichkeit hängt daher eng mit dem Kriterium der Übersichtlichkeit zusammen, bedeutet aber nicht dasselbe (siehe vorhergehender Ab-



schnitt). Wichtig für die Orientierung sind Platzierung der Information, Informationsumfeld und Präsentationsform sowie die Konsistenz der Darstellungen.

Typische Beispiele der Orientierungsförderlichkeit finden wir in der Gestaltung von großen hierarchischen Navigations- und Informationsstrukturen, meist präsentiert als Menüstrukturen. Dies gilt auf der einen Seite für große Anwendungssysteme, mit denen Routinebenutzer ihre Aufgaben effizient abarbeiten müssen. Auf der anderen Seite müssen insbesondere bei Web-Anwendungen oder Informationsterminals Benutzer große Informationsstrukturen durchsuchen. Da sie diese Strukturen möglicherweise nur einmal oder zumindest selten sehen, gelten sie als Gelegenheitsbenutzer, die keine Routine mit diesen Anwendungssystemen entwickeln werden.

Auch bei kleinen mobilen Systemen ist die Orientierungsförderlichkeit eine große Herausforderung, da diese Bildschirme wenig Möglichkeit der Darstellung eines Informationsumfeldes, also eines visuellen Kontextes bieten. Durch Maßnahmen wie hierarchische Strukturen, Filtern, Panning (Verschieben des Inhaltes) oder Zooming (Vergrößern und Verkleinern) versucht man Orientierungshilfen zu geben.

### 11.5.6 Lenkbarkeit der Aufmerksamkeit

Eine besondere Form der Wahrnehmung ist die Konzentration auf bestimmte Bereiche, Objekte oder Ereignisse im Wahrnehmungsraum. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von der *Aufmerksamkeit*.

In vielen Anwendungssystemen und Anwendungssituationen ist es wichtig, die Aufmerksamkeit der Benutzer auf bestimmte Objekte beziehungsweise damit verbundene Ereignisse zu lenken. Deshalb wird gelegentlich die *Lenkbarkeit der Aufmerksamkeit* zu einem eigenen Kriterium für interaktive Systeme erhoben. Dieses Kriterium ist insbesondere dann relevant, wenn Benutzer dynamische Systeme überwachen und steuern müssen. Bei Anwendungssystemen zur Prozessführung muss sichergestellt werden, dass die Benutzer jederzeit ein aktuelles und relevantes Modell vom Systemzustand haben, das es ihnen erlaubt, künftige Zustände zu antizipieren und präventiv zu handeln. Man bezeichnet dies als *Situation Awareness* (Endsley & Garland, 2000; Herczeg, 2014) (siehe auch Abschnitt 8.3.3).

Hinsichtlich der Wahrnehmung sind bei multimedialen Systemen auch andere menschliche Wahrnehmungskanäle als das Sehen (Rock, 1998) zu berücksichtigen, wie vor allem das Hören und Tasten. Zur Lenkung der Aufmerksamkeit werden bestimmte Formen der Informationskodierung, wie zum Beispiel Farbe, Blinken oder auffällige Platzierung, gewählt.

### 11.5.7 Handhabbarkeit

Während wir bei den bisher genannten Kriterien der Ein-/Ausgabeschnittstelle bisher die Ausgabeseite betrachtet haben, stellt sich natürlich umgekehrt auch die Frage, wie gut ein System eingabeseitig zu „handhaben“ ist. Man kann dieses Kriterium auch auf die Frage konzentrieren, wie gut die Eingabesysteme und die damit verbundenen Feedbacks geeignet sind, die anste-

henden Aufgaben zu unterstützen. Bei den meisten Anwendungen werden wir es hierbei mit der Standardlösung Tastatur und Maus zu tun haben. Es gibt aber eine steigende Zahl von Anwendungen, die sich nicht mehr auf diese Standardeingabegeräte beschränken, sondern spezialisierte Eingabeinstrumente bereitstellen.

Über die Handhabbarkeit von Eingabegeräten gibt es ausführliche Darstellungen, wie z. B.:

- ISO 9241-4: Tastaturen;
- ISO 9241-400 und -410: Physikalische Eingabegeräte;
- ISO 9241-910 und -920: Taktile und haptische Interaktion.

Auch wenn wir hier die Handhabbarkeit gewissermaßen wörtlich auf die Sensomotorik bezogen haben, könnte man auch verallgemeinernd auf allen Ebenen der Mensch-Computer-Interaktion, insbesondere aber in der objektorientierten Semantischen Ebene eine Art von Handhabbarkeit definieren. Die Handhabung von Anwendungsobjekten und ihre Manipulation werden hierbei zur Herausforderung. Hierzu bieten sich die Forschungsarbeiten zur Direkten Manipulation gut an (vgl. die Abschnitte 8.3.6 und 11.6.3).

### 11.5.8 Zuträglichkeit.

Wie wir bereits in Kapitel 3 gesehen haben, zeigt Arbeit, insbesondere auch Computerarbeit, positive und negative Wirkungen auf den Menschen. Im Zusammenhang mit der Ein-/Ausgabe-Schnittstelle im IFIP-Modell (Abbildung 58) wurde eine solche Wirkung thematisiert, nämlich die Zuträglichkeit der gewählten Arbeitsplätze und ihrer Umgebung sowie der eingesetzten Ein-/Ausgabetechnik insbesondere auf der Sensomotorischen Ebene. So werden beispielsweise schlechte Bildschirmdarstellungen das Sehvermögen und schlechte auditive Ausgaben das Hörvermögen belasten.

Die besondere Wirkung von Bildschirmarbeit war Anlass für den Gesetzgeber, im Rahmen der Arbeitsschutzgesetze in § 3 (Beurteilung der Arbeitsbedingungen) und § 6 (Untersuchung der Augen und des Sehvermögens) und im Besonderen in der Arbeitsstättenverordnung (Abschnitt 13.2 und Anhang) auf die Sicherheits- und Gesundheitsbedingungen der Benutzer abzuheben und festzuschreiben, dass mögliche Gefährdungen zu ermitteln und zu beurteilen sind

Es wäre naiv anzunehmen, dass Bildschirmarbeit so gestaltet werden kann, dass sie keine negativen Wirkungen zeigt. Durch unbedachte oder billige Lösungen kann die Zuträglichkeit der Nutzung von Computersystemen zusätzlich in Frage gestellt werden. Letztlich sind akzeptable, dem Stand des Wissens und der Technik entsprechende Lösungen anzustreben.

## 11.6 Weitere ergonomische Kriterien

Neben den dargestellten Kriterien, die wir am IFIP-Modell für Benutzungsschnittstellen orientiert haben (Abschnitt 11.1), gibt es eine Reihe weiterer Kriterien, die sich bislang we-

der in den Normen, noch in der allgemeinen Praxis der Software-Ergonomie fest etablieren konnten. Diese Kriterien finden sich jedoch in diversen wissenschaftlichen Publikationen und Diskussionen und können die schon dargestellten ergonomischen Kriterien bedarfsweise ergänzen. Es gibt teils hohe Abhängigkeiten zwischen den Kriterien, so dass sie keine idealen Kriterien darstellen.

### 11.6.1 Multiple Kontexte

Computersysteme werden nicht mehr einfach für eine Aufgabe zu einem Zeitpunkt genutzt. Stattdessen sind viele Anwendungssysteme aktiv und werden in oft schnellen Wechsels genutzt. Dies resultiert einerseits aus dem Bedarf an Hilfsmitteln für Teilaufgaben einer oder mehrerer Gesamtaufgaben, also für die quasi-gleichzeitige Bearbeitung unterschiedlicher Teilaufgaben, und andererseits aus der parallelen Nutzung von Informations- und Kommunikationsanwendungen.

Es ist daher ein wichtiges Kriterium für Computersysteme, insbesondere für die Basissoftware (Betriebssystem, Kommunikationssystem), wie gut die Nutzung dieser parallelen Anwendungskontexte durch geeignete Dialogtechniken unterstützt wird. Die wichtigsten Anforderungen an eine solche Arbeitsumgebung für solche *multiple Aktivitäten* sind:

- Übersicht über die aktiven Kontexte und deren Zustände;
- Stoppen, Einfrieren und Reaktivieren von Kontexten;
- Datenaustausch zwischen Kontexten (z. B. Cut&Paste, Copy&Paste, Drag&Drop);
- getrennte flexible Darstellungsbereiche für Kontexte (z. B. Bildschirmfenster, Bildschirmmasken, umschaltbare logische Bildschirme);
- flexibles Umschalten der Eingabeinstrumente auf die Kontexte (z. B. Tastatur- und Mausezuordnung).

Das Kriterium der Unterstützung multipler Kontexte steht in engem Zusammenhang mit dem Kriterium der *Steuerbarkeit* von Dialogen (Abschnitt 11.4.5).

### 11.6.2 Bediensicherheit

*Risikoreiche Anwendungssituationen*, und damit verbunden sogenannte *sicherheitskritische Systeme*, wie wir sie im Bereich der *Prozessführung* vorfinden (Abschnitt 8.3.3 und Herczeg, 2014), erfordern nicht nur im Sinne der allgemeinen Gebrauchstauglichkeit *Effizienz*, *Effektivität* oder *Zufriedenstellung* der Benutzer, sondern darüber hinaus auch die möglichst *sichere Bedienbarkeit* eines Systems. In derartigen Anwendungen kann es teuer, unkomfortabel, vor allem aber auch gefährlich werden, Bedienfehler zu begehen.

*Bediensicherheit* soll bedeuten, dass ein interaktives System nach geeigneter *Qualifizierung* eines Operators routiniert benutzt werden kann und es definierte, zu erwartende Fehlhandlungen ohne Gefährdung von Mensch und Umwelt zulässt. Fällt der Operator völlig aus, fällt ein solches System automatisch in einen sicheren Zustand, soweit dies technisch möglich ist.

Die bekannten und definierten Fehlhandlungen müssen vom System erkannt, abgefangen und entweder automatisch oder unter Einbezug des Benutzers korrigiert bzw. reguliert werden. Dies ist vor allem auf den unteren drei Ebenen, der Sensomotorischen, Lexikalischen und Syntaktischen Ebene, gut realisierbar. Auf den oberen, bedeutungstragenden Ebenen ist es deutlich schwieriger zu realisieren, da das System die Intentionen, Verfahren und Operationen eines Benutzers nur bedingt erkennen, antizipieren oder gar verstehen kann. Hier öffnet sich ein weites Feld für „intelligente“ Mensch-Computer-Systeme.

Unter dem Konzept „*Design for Error*“ sollen Systeme Eigenschaften erhalten, die menschliche Fehler nicht nur erkennen, sondern so reagieren, dass die Anwendung immer in einem definierten, stabilen und sicheren Zustand verbleibt oder auf einen solchen zurückfällt (*Fail-Safe-Prinzip*). Die Anwendung eines solchen Prinzips führt zu einer neuen Bedeutung und Qualität der überholten Kategorien „*menschliches versus technisches Versagen*“ (Herczeg, 2004a; Herczeg, 2014). Es geht davon aus, dass naturgemäß Menschen und Systeme fehleranfällig sind. Es antizipiert und transformiert solche Abweichungen in den Bereich des normalen Betriebs.

Aus einem Konzept „*Design for Error*“ wird darüber hinaus ein „*Design for Responsibility*“ (Herczeg, 2014a), wenn sicherheitskritische Systeme so konzipiert wurden, dass durch die Kongruenz von mentalem und technischem Modell (siehe nächstes Kriterium Direktheit) sowie durch die Antizipation und Regulierung von Fehlern Gefährdungen minimiert werden.

Ein hohes Maß an Bediensicherheit wird vor allem im Bereich der Prozessführung benötigt. Grundsätzlich ist ein solches Konzept für alle Anwendungen sinnvoll, sofern der Aufwand nicht den Nutzen übersteigt.

### 11.6.3 Direktheit

Wir haben in Abschnitt 8.3.6 im Zusammenhang mit dem Konzept von *Direkter Manipulation* bereits das Kriterium der *Direktheit* kennen gelernt. Direktheit beschreibt, wie gut die Abbildung mentaler Modelle auf das einem interaktiven System zugrunde liegende konzeptuelle Modell gelingt.

Die Direktheit definiert sich über fünf Ebenen der Interaktion von der Pragmatischen Ebene bis zur Sensomotorischen Ebene. Arbeitsverfahren, Objektstrukturen, syntaktische Dialogmodelle, Zeichenstrukturen und die sensomotorischen Ein- und Ausgabemechanismen sollen so geartet sein, dass die Benutzer diese Konzepte verstehen und erwarten. Das Kriterium der Direktheit hängt somit stark mit den Kriterien der *Aufgabenangemessenheit*, *Selbstbeschreibungsfähigkeit* und der *Erwartungskonformität* zusammen.

### 11.6.4 Einbezogenheit und Immersion

Wie wir im Zusammenhang mit der Direkten Manipulation in Abschnitt 8.3.6 gesehen haben, kommt *Direktheit* häufig in der interessanten Kombination mit der *Einbezogenheit* des Benutzers vor.

*Einbezogenheit* ist der Eindruck von Benutzern, selbst Teil eines Handlungsraumes zu werden. Fühlt sich ein Benutzer bei *Virtuellen Welten* in die Anwendungswelt versetzt, spricht man von *Immersion*. Man differenziert unter anderem *physische*, *mentale* und *vollständige Immersion* (Sherman & Craig, 2003).

An interaktive Systeme ein Kriterium wie Einbezogenheit oder Immersion anzulegen, muss gute Gründe haben. Ein solcher Grund kann gegeben sein, wenn es sich bei dem Anwendungssystem um ein Computerspiel oder die Simulation bestimmter Situationen zur Erlangung von Handlungskompetenzen handelt (Trainingssysteme). Auch die Führung hochdynamischer Prozesse (z. B. Fahrzeugführung) erfordert eine hohe Direktheit und Einbezogenheit, um die Aufgabe überhaupt präzise regulieren und zeitgerecht bewältigen zu können.

Die Einbezogenheit tritt auch in Verbindung mit dem Kriterium der *Natürlichkeit* auf (siehe nächster Abschnitt).

### 11.6.5 Natürlichkeit

Ein selten genanntes, aber zunehmend bedeutungsvolles Kriterium ist die *Natürlichkeit* von Benutzungsschnittstellen. Zu Zeiten der ersten Stereoanlagen sprach man von *High Fidelity (HiFi)* und wollte damit ausdrücken, dass die Musikanlagen in der Lage waren, auditive Quellen, beispielsweise Orchester, in hoher *Naturtreue* wiederzugeben. Die menschlichen Sinne, in diesem Fall vor allem der komplexe auditive Sinn, sollten einen natürlichen Höreindruck erhalten beziehungsweise einen solchen auf den höheren Wahrnehmungsebenen erzeugen.

Bei multimedialen computergrafischen Anwendungssystemen kommt jetzt noch die Naturgetreue der visuellen Wahrnehmung hinzu. So sollen dreidimensionale Landschaften, Gebäude, Objekte oder Geschöpfe naturgetreu in Form, Oberfläche, Bewegung, Beleuchtung und Geräuschen wiedergegeben werden.

Insbesondere in Anwendungsfällen wie Computerspielen, Architektur oder industriellen Virtuellen Realitäten (z. B. Maschinenbau, Fahrzeugbau) sollen die visuellen Darstellungen, die auditiven Elemente sowie die haptischen Erlebnisse möglichst naturgetreu wirken. Auf diese Weise entsteht unter anderem auch eine hohe Form der *Einbezogenheit* und *Immersion*.

Die Natürlichkeit einer multimedialen Benutzungsschnittstelle kann nur auf einem hohen Niveau an *Synästhesie* gegründet werden (Abschnitt 8.3.7). Die einzelnen Medien verschmelzen dann zu einem konsistenten Gesamteindruck. Damit erreichen wir ein entsprechendes Maß an *Erwartungskonformität* mit Bezug auf Wahrnehmungserfahrungen aus der realen Welt.

### 11.6.6 Intuitivität

Das Kriterium, das im Zusammenhang mit der Gebrauchstauglichkeit von interaktiven Systemen wahrscheinlich am häufigsten genannt, aber am wenigsten geklärt wurde, ist die *Intuitivität* einer Benutzungsschnittstelle. Genau genommen existiert in der deutschen Sprache nicht einmal das Substantiv „Intuitivität“.

Eine Definition für „intuitive Systeme“ im Kontext der Software-Ergonomie wird von Hurtienne et al. (2006) diskutiert:

*„Ein technisches System ist intuitiv benutzbar, wenn es durch nicht bewusste Anwendung von Vorwissen durch den Benutzer zu effektiver Interaktion führt.“*

Ein Grund für die wiederholte Nennung dieses Kriteriums im Zusammenhang mit der Gebrauchstauglichkeit von Benutzungsschnittstellen ist wahrscheinlich seine Bedeutung in der Umgangssprache. „Intuitiv“ ist „was keiner Erklärung bedarf“, und das ist genau das, was sich viele Benutzer von interaktiven Systemen wünschen.

Ein ähnliches Unterkriterium finden wir bereits in der „unmittelbaren Verständlichkeit“ im Dialogkriterium *Selbstbeschreibungsfähigkeit* (Abschnitt 11.4.2). Möglicherweise wird künftig unter Intuitivität in einer wissenschaftlichen Bedeutung aber mehr subsumiert. Intuitivität muss sich zwangsläufig an der Übereinstimmung zwischen mentalem Modell eines Benutzers und dem Systemmodell eines interaktiven Systems orientieren (Kapitel 6.1).

Intuitivität hat sicherlich auch Bezug zum Kriterium der *Natürlichkeit* (siehe vorhergehender Abschnitt), wobei Natürlichkeit sich an den menschlichen Sinnen und der natürlichen Wahrnehmung orientiert. Intuitiv kann aber auch etwas Künstliches sein, das wir allerdings bereits kennen und nutzen gelernt haben. Insofern ist davon auszugehen, dass Intuitivität etwas mit Lernen und Wiedererkennen zu tun hat (vgl. *Recognition*, Abschnitt 6.3.3). „Intuitiv“ nutzbar sind Dinge, die wir bereits kennen und mit denen wir mehr oder weniger selbstverständlich, vielleicht sogar automatisiert umzugehen gelernt haben. Bei der Nutzung wird uns nicht mehr bewusst, dass wir dabei einen Problemlösungsprozess durchlaufen. Wir „kennen“ die Lösung bereits.

Inwiefern *Intuitivität* zu einem formalen Kriterium der Software-Ergonomie werden wird, ist immer noch nicht einschätzbar. Einerseits gab es schon intensive Diskussionen dazu (Hurtienne et al., 2006; Naumann et al., 2008). Andererseits lassen sich Aspekte der Intuitivität auf bereits definierte und eingeführte Kriterien abbilden. Inwieweit die vorhandenen Kriterien hierbei Lücken hinterlassen, sollte weiter untersucht und geklärt werden.

## 11.7 Kriterien der User Experience

Wie schon im Vorwort und beim Kriterium der *Zufriedenstellung* (Abschnitt 11.2.3) angedeutet, wird zunehmend der Begriff „*User Experience*“ bei interaktiven Systemen gerade auch im Zusammenhang mit Gebrauchstauglichkeit verwendet. Diese „*User Experience*“ führt zu einem Bündel von Bewertungskriterien, bei denen sich ergonomische Kriterien mit anderen Kriterien mischen, die unter anderem *Attraktivität*, *Ästhetik* oder sogar *Identität* einer Benutzungsschnittstelle oder *Freude* und *Stimulation* in der Nutzung eines interaktiven Systems ausdrücken.

Anders als bei den Kriterien für Arbeitssysteme, die begrifflich und inhaltlich von arbeitspsychologischen und arbeitswissenschaftlichen Grundlagen abgeleitet worden sind, scheint User Experience sich neben „*pragmatischen Qualitäten*“ in hohem Maße an emotionalen Faktoren zu orientieren. Vor allem der Aspekt der „*hedonischen Qualitäten*“, also einer Beziehung zu Gefälligkeit, Lust und Freude (*Joy of Use*) in der Nutzung eines Systems scheint an Erkenntnisse der *Emotionspsychologie* angelehnt (Hassenzahl et al., 2003; Law et al., 2009). Als Methodik wurde mit *Attrakdiff* inzwischen auch eine der wenigen Methoden in Form eines Fragebogens entwickelt und in ersten Schritten validiert (Hassenzahl, 2003).

Viele sehen den Begriff der User Experience und der damit verbundenen Methodik kritisch. Der Bezug zu Gebrauchstauglichkeit und verfeinerten ergonomischen Kriterien bleibt immer noch weitgehend offen. Insofern scheint es grundsätzlich nicht sehr hilfreich, Gebrauchstauglichkeit eng mit User Experience zu verknüpfen. Als über die ergonomischen Qualitäten hinausgehend können emotionale Faktoren im Sinne einer Ganzheitlichkeit der Nutzungsaspekte interaktiver Systeme aber durchaus sinnvoll und hilfreich sein. Dies gilt insbesondere für Consumerprodukte oder Lernsysteme, die keinen festen Tätigkeitsbezug aufweisen und daher im Allgemeinen nicht explizit hinsichtlich Effektivität und Effizienz untersucht werden (Herczeg, 2004). Natürlich wäre es jederzeit möglich, auch Systeme wie Computerspiele oder interaktive Systeme des täglichen Gebrauchs diesbezüglich zu erfassen. Praktiziert wird dies im Allgemeinen nur mittels praktischer Methoden ohne klaren Bezug auf wissenschaftliche Grundlagen. Motivatorische Aspekte sollten jedoch vertieft im Kontext der Mensch-Computer-Interaktion auch in Bezug auf Leistungs- und Qualitätskriterien untersucht werden (siehe dazu auch Herczeg & Stein, 2012).

## 11.8 Zusammenfassung

Im Rahmen der Software-Ergonomie wurden Kriteriensysteme entwickelt, die es erleichtern sollen, interaktive Systeme zu analysieren, zu konzipieren und zu evaluieren. Die Kriterien sind vielfältig und man sollte unterscheiden, welche Kriterien generell und welche Kriterien anwendungsspezifisch verwendbar sind. In diesem Kapitel haben wir vor allem generelle Kriterien kennen gelernt, die für praktisch alle, zumindest für ein großes Spektrum interaktiver Anwendungssysteme geeignet sind.

Zu den zentralen Kriterien *gebrauchstauglicher Systeme* hat man im Rahmen der ISO 9241-11 die

- *Effektivität*,
- *Effizienz* sowie die
- *Zufriedenstellung* der Benutzer

erhoben.

Andere Kriterien haben ihren Ausgangspunkt in der *Funktionalität* von Systemen, wirken aber auch in die Ebenen der Benutzungsschnittstelle hinein. Im Rahmen des IFIP-Modells für Benutzungsschnittstellen spricht man auch von der *Werkzeugschnittstelle*. Dazu gehören:

- *Verfügbarkeit*
- *Zuverlässigkeit*
- *Wiederverwendbarkeit*
- *Kombinierbarkeit*
- *Erweiterbarkeit*
- *Komplexität*
- *Transparenz*

Eine Reihe weiterer Kriterien beschreibt von allem die Qualität von Systemen hinsichtlich der Interaktivität. Man spricht im IFIP-Modell von der *Dialogschnittstelle*. Diese Kriterien wurden auch in der ISO 9241-110 als *Grundsätze der Dialoggestaltung* zusammen mit Beispielen beschrieben:

- *Aufgabenangemessenheit*
- *Selbstbeschreibungsfähigkeit*
- *Erwartungskonformität*
- *Lernförderlichkeit*
- *Steuerbarkeit*
- *Fehlertoleranz*
- *Individualisierbarkeit*



Als Kriterien für die *Ein-/Ausgabeschnittstelle* nach dem IFIP-Modell kann man u.a. einsetzen:

- *Wahrnehmbarkeit*
- *Lesbarkeit*
- *Unterscheidbarkeit*
- *Übersichtlichkeit*
- *Orientierungsförderlichkeit*
- *Lenkbarkeit der Aufmerksamkeit*
- *Handhabbarkeit*
- *Zuträglichkeit*

Begleitend zu diesen Kriterien gibt es eine Reihe weiterer Kriterien, die ergänzend dazu als *Verfeinerungen* sowie in bestimmten *Anwendungssituationen* oder bei bestimmten *Benutzerklassen* angebracht sind, auch wenn sie erst in Ansätzen wissenschaftlich definiert und untersucht worden sind:

- *Multiple Kontexte*
- *Bediensicherheit*
- *Direktheit*
- *Einbezogenheit*
- *Natürlichkeit*
- *Intuitivität*

Alle genannten Kriterien wurden mit einem Anspruch auf praktische Anwendbarkeit entwickelt und erlauben die ursprünglich unspezifische Forderung nach „*Benutzerfreundlichkeit*“ oder „*Bedienfreundlichkeit*“ nicht nur in Frage zu stellen, sondern durch konkretere Kriterien und Aspekte vollständig zu ersetzen.

Die genannte Liste von Kriterien kann nicht vollständig sein. Ergänzungen und weitere Differenzierungen können für Analysen notwendig und sinnvoll sein. Gerade auch emotionale Aspekte sollten stärker untersucht und einbezogen werden, um zu ganzheitlicheren Bewertungen zu kommen.

Im Rahmen der Software-Ergonomie werden ständig neue Kriterien diskutiert und definiert. Hilfreich sind Faktorenanalysen, um die möglichst hohe Unabhängigkeit der Kriterien zu prüfen und die Kriterien danach für Designziele und Evaluationen auszuwählen.



## 12 Evaluation interaktiver Systeme

Die Entwicklung menschengerechter interaktiver Systeme ist von einer so hohen Komplexität, dass es keinen sicheren Weg von der Problemstellung zum gebrauchstauglich realisierten System geben kann. Viele Faktoren, wie die Eigenschaften der Benutzer oder die Struktur und Eigenschaften der Anwendungsbereiche, Arbeitskontexte und Umgebungsbedingungen, führen zu defizitären oder gar ungeeigneten Systemlösungen. Nachdem eine Benutzungsschnittstelle konzipiert oder schon realisiert wurde, muss sie deshalb auf ihre *software-ergonomische Qualität*, das heißt vor allem auf ihre Eignung bezüglich der vorgesehenen Benutzer und deren Aufgaben überprüft werden. Man nennt diese Art von Qualitätsprüfungen in diesem Zusammenhang auch *Evaluationen*.

Die Qualität einer Benutzungsschnittstelle objektiv zu bestimmen ist schwierig, da wir einer Vielfalt nur teilweise formal fassbarer Einflussfaktoren ausgesetzt sind. Dies sind vor allem die Benutzer selbst, die sehr unterschiedliche und schwer zu bestimmende Eigenschaften haben, die sich darüber hinaus auch schnell ändern können. Aber auch die *Aufgaben* und das *Arbeitsumfeld* lassen sich in vielen Fällen nur schwer und aufwändig analysieren. Trotzdem lohnt sich der Aufwand einer geeigneten Evaluation, da es meist nur über diesen Weg zu anforderungsgerechten interaktiven Anwendungssystemen kommt. Der Aufwand für die Evaluation wird sich nach den daraus abgeleiteten Verbesserungen meist in bereits kurzer Zeit durch effizientere Nutzung und durch zufriedенere Benutzer bzw. Kunden auszahlen.

Für eine Evaluation benötigen wir zunächst geeignete *software-ergonomische Evaluationskriterien*, um von vornherein zu klären, welche Aspekte einer Benutzungsschnittstelle bewertet werden sollen. Solche Kriterien haben wir im vorausgehenden Kapitel kennengelernt. Sind die zu untersuchenden Kriterien festgelegt, können wir aus einer Reihe von *Evaluationsverfahren* ein für diese Kriterien und die Art des Systems geeignetes Verfahren auswählen und dieses im Rahmen des Systementwicklungsprozesses in Form einer konkreten *Evaluationsmethode* ausprägen und anwenden.

Durch die genannten schwierigen Randbedingungen und Freiheitsgrade bei der Entwicklung interaktiver Systeme empfiehlt es sich, gut ausgewählte Repräsentanten zukünftiger Benutzer schon in einer frühen Entwicklungsphase des Systems direkt oder indirekt in die Evaluationen einzubeziehen. Man spricht hierbei von *Benutzerpartizipation (Benutzerbeteiligung)*.

Die einzelnen spezifischen Evaluationsmethoden werden im Folgenden nur generisch beschrieben, da die genaue methodische Anwendung in den Bereich des *Usability-Engineering* fällt und sehr stark von den konkreten Anwendungsbereichen, Zielgruppen und Kontexten abhängt. Es gibt inzwischen eine Vielzahl von Evaluationsmethoden, die in einer noch größeren Zahl von praxisorientierten Varianten entwickelt und erprobt worden sind. An dieser

Stelle sollen daher nur die grundsätzlichen Eigenschaften der jeweiligen Methoden diskutiert werden. Weiterführende Beschreibungen einzelner Methoden finden sich u.a. in Stanton et al. (2005) oder Tullis & Albert (2008) sowie in den in den folgenden Abschnitten referenzierten Methodenbeschreibungen.

Im Rahmen der Software-Ergonomie wurden vielfältige grundlegende *Vorgehensweisen* zur Evaluation entwickelt, die wir im Folgenden *Evaluationsverfahren* nennen wollen. Keines dieser Verfahren zur Feststellung der ergonomischen Qualität eines interaktiven Systems ist uneingeschränkt einsetzbar oder liefert sichere Untersuchungsergebnisse. Die „Kunst der Evaluation“ besteht darin, in Abhängigkeit von den *Benutzern*, deren *Aufgaben*, dem zu evaluierendem *System* und den zu untersuchenden *Kriterien* die jeweils geeignetsten Verfahren auszuwählen, methodisch an die Randbedingungen anzupassen und angemessene, das heißt meist vorsichtige Schlussfolgerungen aus den Untersuchungsergebnissen abzuleiten. So entstehen konkrete, einsatzfähige *Evaluationsmethoden*, die dann wertvolle Erkenntnisse für die Systemauswahl oder auch die Systemgestaltung liefern können.

Wir werden im Folgenden drei *Grundtypen von Evaluationsverfahren* unterschieden (vgl. auch Karat, 1988):

1. *Theoriebasierte Evaluation*
2. *Aufgabenbasierte Evaluation*
3. *Benutzerbasierte Evaluation*

Konkrete Methoden, basierend auf diesen grundlegenden Verfahrensansätzen zur Evaluation, können kombiniert angewandt werden. Details zu den Verfahren und ihrer Anwendung findet sich u.a. in der ISO 16982, der spezifischen Fachliteratur zur Evaluation (z. B. Rubin, 2005; Stanton et al., 2005; Tullis & Albert, 2013) sowie in der ganzen Breite software-ergonomischer Fachliteratur, in der Testverfahren mit verschiedensten Prüfzielen beschrieben und oft exemplarisch angewandt werden.

## 12.1 Theoriebasierte Evaluation

Geht man davon aus, dass man *Theorien* und daraus abgeleitete *Gestaltungsprinzipien* und *Gestaltungsregeln* gefunden hat, deren Einsatz für die Mensch-Computer-Interaktion klar und deren Wirkungen vorhersehbar sind, so lassen sich Benutzungsschnittstellen am realisierten System evaluieren, indem man die Einhaltung solcher Prinzipien und Regeln überprüft und bewertet. Zur Entwicklung und Prüfung der Kriterien dienen vor allem die theoretischen Modelle für die Mensch-Computer-Interaktion, wie wir sie in Kapitel 8 diskutiert haben.

Die theoriebasierte Evaluation findet ihre Grenzen einerseits an fehlenden oder nur oberflächlichen Aufgabenmodellen, die neben den allgemeinen Eigenschaften eine beträchtliche Bedeutung für die Gestaltung haben können. Andererseits werden mehr oder weniger abstrakte Benutzer (Benutzerklassen) angenommen. Diese Vorgehensweise sollte also am besten nur

zusätzlich zu benutzer- und aufgabenbasierten Verfahren eingesetzt werden. Man kann jedoch theoriebasierte Evaluation zur Feststellung der Einhaltung von *Mindeststandards* verstehen und einsetzen. Dies hilft zumindest, grundsätzliche Systemschwächen zu vermeiden.

### 12.1.1 Kognitive Reviews

Als *kognitive Reviews* sollen hier qualitative Analysemethoden bezeichnet werden, die Systementwürfe oder realisierte Systeme daraufhin untersuchen, ob sie generell zu den kognitiven Fähigkeiten von Menschen passen, also ob sie den menschlichen Kognitionszyklus geeignet unterstützen (vgl. Abschnitt 5.1 und Abbildung 9). Dies betrifft die Prüfung der sensorischen Wahrnehmbarkeit einer Benutzungsschnittstelle, die Erkennbarkeit und Verständlichkeit der Problemstellung in Form von Begrifflichkeiten und Arbeitsweisen sowie die Umsetzbarkeit von Plänen und Arbeitsschritten in Handlungen bis hin zur menschlichen Motorik, die dann wieder Teil eines sensomotorischen Regulationsprozesses im Zusammenwirken mit Wahrnehmung ist.

Eine derartige, sehr grundlegende Analyse eines Systems scheint auf den ersten Blick schwierig. Durch entsprechende, meist langjährige Erfahrung von Fachleuten, die mit Hilfe von theoretischem Wissen und daraus allgemein abgeleiteten Empfehlungen arbeiten, sind solche Evaluationen nicht nur praktisch möglich, sondern auch außerordentlich hilfreich. So können oft „auf den ersten Blick“ eine Vielzahl von Defiziten im System identifiziert werden, die dann auch auf Nachfrage bei den Entwicklern keine besonderen Erklärungen oder Begründungen finden. Solche Auffälligkeiten können dann oft ohne großen Aufwand verändert oder durch andere, bewährte Lösungen ersetzt werden.

Eine Voraussetzung dieser Methodik ist also ein hohes Maß an Erfahrung seitens der evaluierenden Fachleute (Evaluatoren). Da hier subjektive Einschätzungen eine tragende Rolle spielen, kann es im Einzelfall auch zu Fehlbewertungen kommen. Die grundlegenden Grenzen dieser Methodik finden sich aber eher in unserem begrenzten Wissen, was menschliche Kognition, Wahrnehmung, Denkvermögen und Motorik angeht. Wir haben hierzu naturgemäß keine vollständigen und gesicherten Modelle, sondern eher Erfahrungswissen, das seine Erklärungen in den vorhandenen Theorien und Modellen findet. Die Weiterentwicklung der Theorien führt über die Zeit zu Verbreiterung oder Verstärkung dieser Methodik. Die genannten grundlegenden Schwächen dieser Vorgehensweise sollen nicht darüber hinwegtäuschen, dass dies eine der wertvollsten Vorgehensweisen in der Evaluation von interaktiven Systemen darstellt, da mit wenig Aufwand schon sehr deutliche Verbesserungen hergestellt werden können.

### 12.1.2 Reviews mit Regelwerken und Normen

Diese Art der Qualitätssicherung kann bereits im *Software-Entwicklungsprozess* vorbereitet werden, indem geeignet vorgegeben wird, nach welchen Regeln eine Benutzungsschnittstelle gestaltet werden soll. Solche Regeln können unter anderem auch die Gestaltungsrichtlinien sein, wie wir sie in den genannten allgemeinen *Normen und Standards* finden (siehe Kapitel 10 sowie im Anhang).

Das wichtigste Normensystem zur Gestaltung (Gestaltungsregeln), aber eben auch zur Prüfung (Prüfregeln) der Gebrauchstauglichkeit von Entwürfen oder schon realisierten Systemen, ist die ISO EN DIN 9241. Mit ihren in den letzten mehr als 35 Jahren entstandenen, umfangreichen und thematisch sehr detailliert aufgefächerten Teilen (siehe Anhang auf Seite 309) adressiert sie viele relevante Aspekte einer Mensch-Computer-Schnittstelle und erläutert die erwarteten Eigenschaften anhand einer Vielzahl von kleinen *Beispielen* und *Szenarien*. Für Evaluation können aus diesem Normensystem *Checklisten* abgeleitet werden, nach der eine konkrete Benutzungsschnittstelle geprüft und qualitätsgesichert werden kann. Natürlich sind solche tendenziell atomisierten und eher kontextfreien Eigenschaften nicht der Idealfall von Anforderungen für interaktive Systeme, sie helfen aber, Defizite einigermaßen systematisch zu identifizieren und auch zu beheben.

Es finden sich viele weitere Beispiele solcher normengestützter Reviewverfahren in Form von anwendungsspezifischen Checklisten und auch sogenannten *Human Factors Guidelines* (HF-Guidelines), die meist innerhalb bestimmter Anwendungsdomänen entstanden sind. Beispiele dafür sind HF-Guidelines, wie die militärischen Standards MIL-STD-1472G oder MIL-STD-2525C.

### 12.1.3 Reviews mit Styleguides

Eine sehr pragmatische anwendungsspezifische Form von Regelwerk finden wir als sogenannte *Styleguides*, auch *User Interface Styleguides* genannt, die, üblicherweise innerhalb von Unternehmen, sowohl Herstellern wie auch Anwendern definiert und für die Entwicklung von Systemen oft auch vertraglich festgelegt vorgegeben werden.

Inwieweit ein solcher Entwicklungs- und Evaluationsprozess unter Zuhilfenahme solcher Styleguides funktioniert, hängt von vielen Faktoren ab. Es wird umso besser gelingen, je standardisierter die Aufgaben sind und je einheitlicher die Benutzergruppe zusammengesetzt ist. Je stärker hier Abweichungen auftreten, desto schlechter lassen sich geeignete Gestaltungs- und Prüfregeln finden beziehungsweise desto schwieriger ist die standardisierte Ausprägung solcher Regeln im konkreten System. Im besten Fall erhält man eine Einheitlichkeit und Konsistenz der Realisierung, die grundsätzlich ein hilfreiches Qualitätsmerkmal darstellen kann (siehe auch Abschnitt 11.4.3).

Die Evaluation mit Hilfe von Styleguides ist eine wirksame Evaluationsmethode, die also vor allem eine einheitliche Form, Funktion und Qualität von Benutzungsschnittstellen fördert.

Der Aufwand für die Entwicklung eines Styleguides lohnt sich spätestens bei der Überarbeitung oder Erweiterung eines interaktiven Anwendungssystems, besser aber gleich vor Beginn der ersten Implementierung. Auch die Entwicklung einer Anwendungsfamilie oder Anwendungssuite durch verschiedene Teams oder Hersteller kann nur auf einer solchen Grundlage erfolgreich werden. Anwendungsfamilien, die ohne detailliert ausgeprägte Styleguides entstanden sind, lassen sich schnell an ihren Inkonsistenzen im Aussehen oder den Dialogeigenschaften erkennen.

## 12.2 Aufgabenbasierte Evaluation

Neben den theoriebasierten Evaluationsmethoden gibt es eine Reihe von Verfahren, die ebenfalls ohne Benutzerbeobachtungen arbeiten. Diese orientieren sich an den Aufgaben, die die Benutzer mit dem System zu erledigen haben (Abschnitt 2.3). Solche Aufgabenbeschreibungen entstehen im Rahmen der Organisations- und Personalplanung in Betrieben. Von der Arbeitsstättenverordnung (Näheres siehe Abschnitt 13.2 und Anhang Seite 279) werden indirekt über den Bezug auf Arbeitsaufgaben solche Beschreibungen gefordert und können dann auch als Grundlage für aufgabenbasierte Evaluationen dienen.

### 12.2.1 Modellbasierte Evaluation

Es wurden über bereits viele Jahrzehnte diverse Modellierungsverfahren entwickelt, die es erlauben, aufgabenbasierte Modellierung von Benutzungsschnittstellen durchzuführen, die dann wieder die Grundlage für eine aufgabenbasierte Evaluation bilden kann. Dazu werden die Modellierungen zur qualitativen und quantitativen Analyse von Handlungsabläufen, Aufwänden und möglichen Fehlhandlungen genutzt.

#### **GOMS-Modellierung**

Eine verbreitete Methode, die für die modellbasierte aufgabenbasierte Evaluation geeignet ist, ist *GOMS (Goals, Operators, Methods, Selection Rules)*. Aus der allgemeinen Theorie des Problemlösens wurden für die GOMS-Modellierung die Begriffe *Ziel*, *Operator*, *Methode* und *Auswahlregeln* übernommen. Damit werden die Aufgaben der Benutzer durch schrittweise hierarchische Zerlegung modelliert. Eine hierarchische Aufgabenanalyse (HTA), wie in Abschnitt 2.3 beschrieben, kann hierbei eine hilfreiche Grundlage bilden. Der GOMS-Ansatz wurde in seinen Grundzügen von Card, Moran und Newell (1983) beschrieben. Viele Verfeinerungen und Varianten folgten über die Jahre.

Die Modellierung definiert zunächst ein Ziel auf oberster Ebene, das in Unterziele zerlegt wird. Aktivitäten werden als die Anwendung von Operatoren, wie das Drücken von Tasten oder die Bewegung eines Zeigeelements, beschrieben. Dies sind die elementaren sensorischen Aktivitäten des Benutzers. Hinzu kommen elementare kognitive Elemente, wie beispielsweise das Speichern eines Namens im Langzeitgedächtnis. Kontrollstrukturen er-

lauben die Sequenzierung, die bedingte Anwendung oder die Wiederholung von Operationen. Auf diese Weise entstehen wie bei Programmiersprachen komplexe und damit höherwertige Operationen, die bei der GOMS-Modellierung *Methoden (Methods)* genannt werden. Methoden können wieder in beliebiger Schachtelungstiefe auf andere Methoden verweisen. Sie können jederzeit auch textuelle Beschreibungen von Aktivitäten enthalten, wenn diese nicht formal durchleuchtet werden sollen. Durch *Auswahlregeln (Selection Rules)* wird beschrieben, welche Methoden für welches Ziel verwendet werden.

Ziel der GOMS-Modellierung ist vor allem, das mentale Modell eines Benutzers dahingehend anzunähern, dass Aussagen über einige *Qualitätsmerkmale* sowie *Leistungsmerkmale* in der Nutzung eines interaktiven Systems getroffen werden können (Kieras, 1988), insbesondere bezüglich

- *Natürlichkeit* des Systems für einen mit dem System unerfahrenen Benutzer durch Vergleich der Problemlösungsstrategie des Benutzers und den Aufgabenmodellen des Systems (vgl. externe und interne Aufgaben in Abschnitt 2.3);
- Abschätzungen für den *Lernaufwand* und den *Wissenstransfer* durch die Identifikation von generischen, d. h. problemunabhängigen Methoden sowie von Methoden, die ein Benutzer bereits von anderen Systemen kennt;
- *Vollständigkeit* des Anwendungssystems durch Prüfung, ob für jedes Arbeitsziel eine Methode vorhanden ist;
- *Effizienz* des Systems durch Prüfung, ob die wichtigsten und häufigsten Aufgaben durch nach Möglichkeit kurze und schnell durchführbare Methoden unterstützt werden;
- Abschätzung von *Ausführungszeiten* für Aufgaben durch Summierung der Zeitaufwände für die einzelnen Operationen (Methoden) der GOMS-Beschreibung.

GOMS-Modelle sind hierarchisch gegliederte, prozedurale Beschreibungen von Aktivitäten. Sie ähneln in ihrer Notation Programmiersprachen. Ihre Stärke liegt im leicht anwendbaren Formalismus und in der relativ einfachen Ableitung von Leistungsmerkmalen, vor allem bei klar definierten Routineanwendungen. Die prozedurale Modellierung des mentalen Modells eines Benutzers weist jedoch auch auf eine Schwäche hin. Eine GOMS-Modellierung stellt keine konzeptuelle Benutzermodellierung dar. Was modelliert wird, ist im Wesentlichen ein Verhaltens- und Problemlösungsmodell, das die Dynamik des Problemlösungsvorgangs widerspiegelt. Die Konzepte eines Problembereichs, dessen Strukturen und Abhängigkeiten werden in der Modellierung nicht deutlich sichtbar. Auch sollte GOMS nicht bei neuen Anwendungen benutzt werden, deren genaue Handhabung und Nutzbarkeit überhaupt noch nicht eingeschätzt werden kann.

Aus dem ursprünglichen GOMS-Ansatz wurden vielfältige Varianten und Formalismen entwickelt. Eine Übersicht über die Entwicklung, die verschiedenen Varianten und deren Anwendbarkeit findet sich u.a. bei John (1995).



Beispiel: GOMS-Beschreibung

Das folgende Beispiel beschreibt zwei Varianten, ein Fenster auf dem Bildschirm zu schließen. Dabei zeigt sich, dass diese unterschiedlich aufwändig sind. Das Schließen per Menü erfordert zwei Auswahlhandlungen mit je zwei Aktionen, während das Schließen per Piktogramm nur eine Auswahlhandlung mit zwei Aktionen erfordert.

Goal: Close-Window

[Select

Goal: Use-Menu-Close-Method  
Move-Mouse Window-Menu  
Click-Mouse Left  
Move-Mouse Close-Option  
Click-Mouse Left

Goal: Use-Icon-Close-Method  
Move-Mouse Close-Icon  
Click-Mouse Left

]

**CLG-Modellierung**

*Command-Language-Grammars (CLGs)* wurden zur Modellierung interaktiver kommando-basierter Systeme auf mehreren Aktivitätsebenen entwickelt (Moran, 1981). Es werden dabei vier Ebenen unterschieden (vgl. 6-Ebenen-Modell in Abschnitten 8.2.3 und 8.2.4):

*Aufgabenebene:* Ebene der externen Aufgaben;

*Semantische Ebene:* Ebene der internen Aufgaben, beschrieben durch konzeptuelle Objekte, Operationen und semantische Methoden.

*Syntaktische Ebene:* Ebene der syntaktischen Konzepte (Kontexte, Zustandsvariable, Darstellungsbereiche), Kommandos und syntaktischen Methoden;

*Interaktionsebene:* Ebene der physikalischen Methoden, Aktionen und Darstellungen.

Auf jeder Ebene erlaubt die CLG-Methodik die formale Beschreibung von Aktivitäten in strukturierter Form. Die formalen Beschreibungen können bei Bedarf durch informelle, freie Texte zusätzlich erläutert werden.

Die CLG-Methodik erlaubt zu beschreiben und einzuschätzen:

- Was weiß der Benutzer über das System?
- Wie benutzt der Benutzer dieses Wissen?
- Woher erhält der Benutzer dieses Wissen?
- Wie effizient ist die Nutzung des Systems?

CLGs sind kein vollständiger und abgeschlossener Formalismus wie GOMS-Sprachen. Sie stellen aber einen Ansatz dar, der in vielfältiger Weise an konkrete Anwendungssituationen oder Entwicklungsprinzipien angepasst werden kann und muss. Dort, wo der Formalismus endet, kann eine Vervollständigung durch informelle Texte erfolgen. Der Formalismus selbst kann leicht durch weitere Beschreibungselemente ergänzt werden. CLGs stellen einen durchgängigen, fein gestuften Formalismus dar. Dieser reicht von der Beschreibung der Aufgaben bis hin zu physischen Aktivitäten oder Systemausgaben. Auf diese Weise lassen sich Kommandosprachen und ähnliche Systemkonzepte benutzer- und anwendungsorientiert entwickeln und hinsichtlich ihrer Eignung durch diese mentale Modellierung analysieren.

### Beispiel: CLG-Beschreibung

Die folgende CLG-Beschreibung spezifiziert das Kommando, ein Fenster zu schließen. Das Kommando hat einen Namen und benötigt ein vom Benutzer auszuwählendes Objekt, nämlich das zu schließende Fenster. Die nähere syntaktische Beschreibung der Kommandoeingabe kann bei Bedarf auch beschrieben werden.

Close-Window = (A Window-Command  
                  Name = "Close Window"  
                  Object = (An Argument  
                              Form = (A Window))  
                  does (Close-Window (The Object)))

## **TAG-Modellierung**

*Task-Action-Grammars (TAGs)* dienen der Modellierung mentaler Repräsentationen von Aktivitäten (Payne & Green, 1983; Payne, 1984). Die TAG-Modellierung erfolgt mittels *Aufgabenbeschreibungssprachen (Task-Languages)*. Diese Sprachen dienen zur Beschreibung der mentalen Modelle, die sich Benutzer von den Objekten und Operatoren der Anwendungssysteme bilden (vgl. Abschnitt 6.1.1). Der TAG-Formalismus selbst stellt eine Metasprache zur Verfügung, mit deren Hilfe *Task-Languages* (Aufgabenbeschreibungssprachen) gebildet werden können.

Nachteile der Methoden wie GOMS und TAG sind, dass sie es nicht erlauben, Benutzerfehler sowie die Konzepte der Anwendung direkt zu modellieren.

### Beispiel: TAG-Beschreibung

Die folgende TAG-Beschreibung modelliert die Realisierung des Schließens eines Fensters durch ein Menü. Auch der erreichte Zustand (Effect) kann dabei beschrieben werden.

T      (Unit = Window; Effect = closed) :=  
         Menu [Window]  
         + Move-to [“Close Window”]  
         + Click-Mouse-Button [Left]

## **CCT-Modellierung**

Die *Cognitive Complexity Theory (CCT)* wurde von Kieras und Polson (1985) ausgehend von der GOMS-Modellierung entwickelt. Die prozeduralen GOMS-Beschreibungen wurden in die Bedingungs-/Aktionsregeln eines *Produktionssystems* übersetzt, die der mentalen Repräsentation *regelbasierten Wissens (Bedingungs-Aktions-Regeln)* entsprechen sollen (vgl. Abschnitt 6.4.4).

Mit Hilfe der CCT sollen folgende Informationen analysiert, abgeschätzt und vorhergesagt werden können:

- *Lernzeiten*,
- *Ausführungszeiten* sowie
- *Wissenstransfer* zwischen verschiedenen Systemen.

Die *kognitive Komplexität* eines Systems wird dabei bestimmt durch Umfang, Inhalt und Struktur des zur Nutzung des Systems benötigten Wissens. Zur Abschätzung der Ausführungszeit einer Aktion wird die Gesamtzahl der *Recognize-Act-Zyklen* des Produktionssystems herangezogen. Der *Lernaufwand* wird als lineare Funktion der Zahl der zu erlernenden *Produktionsregeln* abgeschätzt. Somit kann auch der *Wissenstransfer* als Verhältnis der sich überdeckenden Regeln zweier Tätigkeiten zur Anzahl der Gesamtregeln für die neue Tätigkeit abgeschätzt werden.

Besser als die anderen beschriebenen Methoden erlaubt die CCT-Modellierung durch Simulation auch quantitative Aussagen über Leistungsmerkmale. Dazu ist der CCT-Beschreibungsformalismus in einigen Anwendungsbereichen so vervollständigt worden, dass CCT-Modelle programmiert werden und über einen entsprechenden Regelinterpretier maschinell abgearbeitet und gemessen werden können. Die höhere Komplexität und Striktheit der formalen Beschreibungen kann allerdings auch zum Nachteil werden. Auch Fehlmodellierungen sind angesichts der Komplexität des Ansatzes leicht möglich. Trotzdem ist dieser Ansatz sehr leistungsfähig und orientiert sich im Sinne der bekannten Rolle von Produktionssystemen an mentalen Repräsentationen.

### Beispiel: CCT-Beschreibung

Im Folgenden wird die Produktionsregel für das Schließen eines Fensters dargestellt.

(Close-Window

    (If (Test-Goal Close-Window)

        Then ((Move-Cursor to <Close Icon>

            (Click-Mouse-Button)

            (Delete-Goal Close-Window)

            (Add-Goal Get-Next-Unit-Task))))

## 12.2.2 Design Reviews

Neben den dargestellten formalen modellbasierten Evaluationsmethoden lassen sich als aufgabenbasierte Verfahren auch *informelle Design Reviews* durchführen.

Beim Design Review sollen die Entwickler (Designer) eines Anwendungssystems zusammen mit Anwendungsexperten schrittweise durch die vorgesehenen Aufgaben der Benutzer gehen und diese auf die Funktionalität des Anwendungssystems abbilden. Hierbei zeigen sich Lücken, Schwächen oder auch fehlerträchtige Eigenschaften des Systems. Die Voraussetzung für erfolgreiche Design Reviews ist das Vorliegen von Aufgabenanalysen, zum Beispiel in Form von HTAs mit entsprechenden Aufgabenbeschreibungen zumindest auf den höheren Aufgabenebenen (vgl. Abschnitt 2.3).

Design Reviews durchzuführen ist ein einfaches, aber hilfreiches Verfahren, das anstatt der formalen Modellierungsverfahren angewendet werden kann. Es ist deutlich weniger aufwändig und liefert trotzdem in den meisten Fällen wertvolle und schlüssige Erkenntnisse. Durch die weniger systematische Vorgehensweise werden allerdings später bei den Benutzern auftretende kognitive Probleme und Transfereffekte nicht zwangsläufig erkannt. Letztlich hängt der Erfolg von Design Reviews von der Erfahrung der beteiligten Personen und von der Qualität der Aufgabenanalyse ab. Es wird auch als ein „Common-Sense-Verfahren“ beschrieben, das heißt die Evaluation findet gewissermaßen auf Grundlage von „Allgemeinwissen“ und dem „gesunden Menschenverstand“ statt. So werden auffällige Schwächen von erfahrenen Entwicklern oder Anwendungsexperten im Allgemeinen schnell identifiziert. Unerfahrene Reviewer werden die Schwachstellen leicht übersehen oder falsch einschätzen.

Design Reviews sind ein qualitatives Verfahren. Eine Quantifizierung von Systemeigenschaften lässt sich damit nicht vornehmen.

## 12.3 Benutzerbasierte Evaluation

Die wichtigsten und wirkungsvollsten Evaluationsmethoden beziehen Benutzer in die Evaluation mit ein. Hierbei gibt es unterschiedliche Vorgehensweisen.

### 12.3.1 Reviews mit Benutzermodellierungen

Die im Rahmen einer Benutzeranalyse beschriebenen Benutzerklassen oder Personas lassen sich für die benutzerbasierte Evaluation einsetzen. Die Modellierungen ersetzen hierbei gewissermaßen die „echten Benutzer“ (siehe hierzu Kapitel 7). Diese Art der Evaluation erfolgt am besten in Form von Reviews, an denen mehrere Personen beteiligt sind. In einer Runde werden die Systemlösungen auf ihre Eignung für die modellierten Benutzer oder Benutzerklassen diskutiert. Bestimmte Teilnehmer des Reviews sollten dabei die Position der Benutzer einnehmen (z. B. Paten der Personas).

Der Vorteil dieser Reviews ist, dass keine realen Benutzer benötigt werden. Diese Reviews sind dadurch bedarfsweise jederzeit und schnell anwendbar. Der Vorteil wird zum Nachteil, wenn die Benutzermodellierungen wenig ausführlich oder wenig realistisch sind. Diese Art der benutzerbasierten Evaluation sollte daher am besten mit aufgabenbasierten Methoden, vor allem Design Reviews kombiniert werden. Da die modellierten Benutzer jederzeit präsent sein können, kann man sie über den gesamten Systementwicklungszyklus einsetzen. Die Herausforderung besteht allerdings darin, die Präsenz der künstlichen Benutzer für die Entwicklungsteams herzustellen und aufrechtzuerhalten. So sollten *Personas* auch einem *Persona Lifecycle* unterliegen, in dem sie im Verlauf der Weiterentwicklung des Anwendungssystems ebenfalls weiterentwickelt werden (Pruitt & Adlin, 2006).

### 12.3.2 Interviews, Questionnaires und Surveys

Die einfachsten benutzerbasierten Verfahren mit realen Benutzern sind *Benutzerbefragungen*, auch *Questionnaires* oder *Surveys* genannt. Hierbei werden Benutzer auf systematische Art nach ihren *Erwartungen*, *Eindrücken*, *Erlebnissen* und *Erfahrungen* hinsichtlich der Nutzung eines Systems oder einer Systemfamilie befragt. Die Antworten können in freier Form mündlich (*Interviews*) oder durch Auswahl aus vorformulierten Antworten mit oder ohne Skalen (z. B. Likert-Skalen) in *Fragebögen* gegeben werden.

Benutzerbefragungen sind im Vergleich zu Modellierungen relativ einfach und auch mit geringem Aufwand durchzuführen. Entscheidend für den Nutzen sind die Qualität und Verständlichkeit der Fragen, der Erfahrungsstand der Benutzer und die Bereitschaft der Benutzer, die Fragen bedacht und ehrlich zu beantworten.

Derartige Benutzerbefragungen können jederzeit während des Entwicklungsprozesses durchgeführt werden, sobald klare und relevante Fragen zur Systementwicklung formulierbar und

durch die verfügbaren Benutzer beantwortbar sind. Regelmäßige Befragungen während der späteren regulären Nutzung sollten aber ebenfalls Teil der Methodik sein (z. B. in DevOps vgl. Abschnitt 10.5.2).

Die Befragungen sollten mit wenig Aufwand seitens der Befragten durchführbar sein. Neben papierbasierten Befragungen (Fragebögen) werden inzwischen viel häufiger Online-Befragungen durchgeführt, die im Allgemeinen eine deutlich höhere Reichweite aufweisen und selbst bei prozentual geringen Rückläufen zu substanziellen Teilnehmerzahlen führen können, wodurch die Güte der Befragung<sup>23</sup> erhöht werden kann.

### 12.3.3 Action Logging und Dialogprotokolle

Ergänzendes Verfahren zu Befragungen basieren auf software-technischen Protokollen, die das Benutzerverhalten auf verschiedenen Ebenen der Benutzungsschnittstelle speichern (*automatische Logs, Dialogprotokolle*). Mit diesen Protokollen kann man sehr genau Benutzerfehler oder suboptimales Benutzerverhalten feststellen. Die Speicherung der Protokolle geht automatisch und ist Teil des Anwendungssystems oder seiner Plattform, jedoch ist die Auswertung der meist langen Protokolle im Allgemeinen äußerst aufwändig.

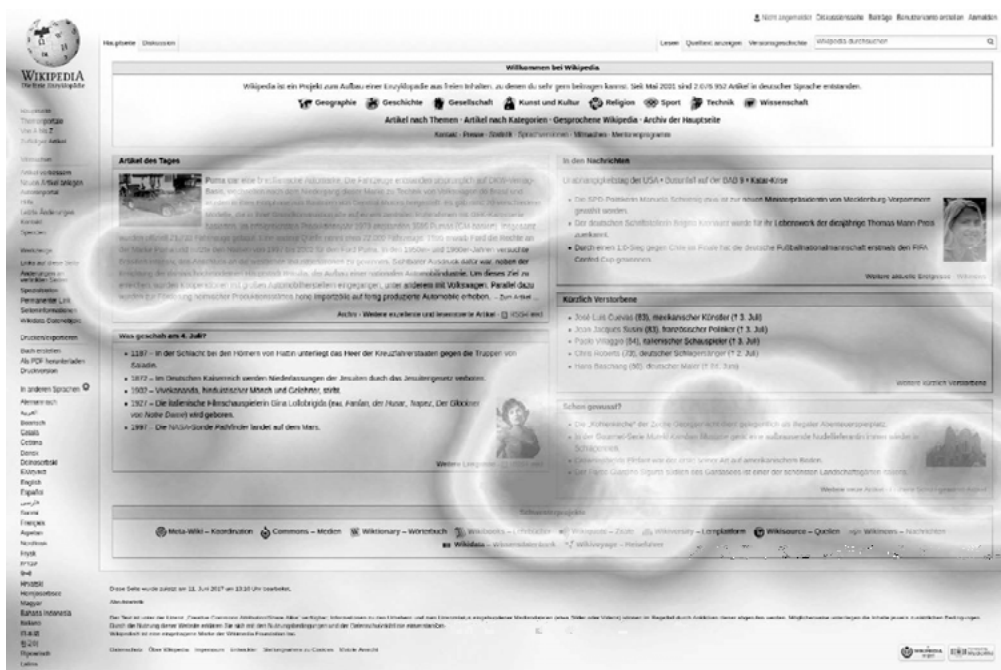
Den Benutzern eines solchen Systems muss vor der Nutzung mitgeteilt werden, dass das System das Nutzungsverhalten protokolliert. Dies gilt insbesondere auch rechtlich aufgrund Ziffer 6.5.5 des Anhangs der Arbeitsstättenverordnung (siehe Seite 279).

### 12.3.4 Aufzeichnung von Blickbewegungen (Eye Tracking)

Eine besondere Art des Loggings ist die Aufzeichnung und Auswertung von *Blickbewegungen* von Benutzern während der Nutzung des Systems (*Eye Tracking*) mittels eines Kamerasystems (*Eye Tracker*) und dazugehörigen Auswertungssystemen. Hierbei werden anvisierte *Bereiche im Sehfeld* (vgl. Abschnitt 5.4.1), die jeweilige Betrachtungsdauer (*Fixationen*) sowie einzelne *Blickbewegungen* (*Sakkaden, Regressionen*) festgehalten und in meist farbige Darstellungen der Dauer oder Häufung von Fixationen sowie der damit verbundenen Blickverläufe mit der Kodierung von kürzeren oder längeren Blickaufenthalten aufbereitet. Es entstehen sogenannte *Heatmaps* (Abbildung 61), *Gaze Plots* (Abbildung 62) oder auch *Area-of-Interest-Analysen* (AOI-Analysen).

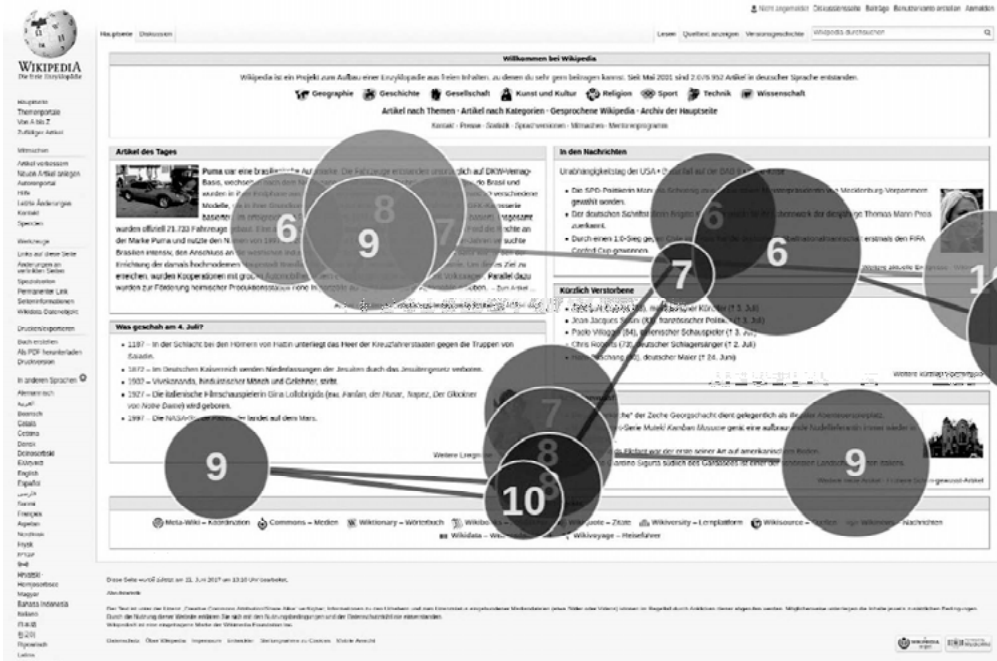
---

<sup>23</sup> Näheres zur Methodik und Vorgehensweise siehe z.B. auch <http://www.gesis.org/gesis-survey-guidelines/>.



**Abbildung 61** Eye Tracking Heatmap (Wikipedia, CC-BY-4.0, Autor: Tschneidr; im Original farbig mit blauen bis roten Flächen je nach Fixationsdichte)

Kumulierte Darstellung der Fixationen mit farbiger Kodierung (im Originalbild) der Fixationshäufigkeit bzw. gesamten Fixationsdauer (Fixationsdichte) zur Darstellung der Aufmerksamkeitsstärke für grafische oder textuelle Elemente im Blickfeld. Auf diese Weise können unterschiedliche Aufmerksamkeitsstärken bei unterschiedlichen Zielgruppen verglichen oder auch Designvarianten untersucht werden.



**Abbildung 62** Eye Tracking Gaze Plot (Wikipedia, CC-BY-4.0, Autor: Tschneidr; im Original farbig)

Darstellung des Blickbewegungsverlaufes (nummerierte Folge) unterschiedlicher Betrachter oder wiederholter Experimente (im Originalbild farbkodiert) mit der jeweiligen Fixationsdauer. Je länger die Fixationen desto größer die Kreise. So kann untersucht werden, was am Anfang der Betrachtung liegt und wie die Blickverläufe über die einzelnen Elemente oder Bereiche bei mehreren Benutzern aussehen.

Die Aufzeichnung von Blickbewegungen kann unter anderem wertvolle Aufschlüsse darüber liefern, was Benutzer besonders attraktiv, interessant oder wichtig finden, in welchen Reihenfolgen sie eine Darstellung visuell absuchen oder abarbeiten, ob sie visuell abgelenkt werden oder auch, ob sie tendenziell orientierungslos sind und das Blickfeld absuchen. Mehrere Benutzer oder Wiederholungen eines Experiments lassen sich dabei statistisch kombinieren oder auch vergleichen.

*Eye Tracking Heatmaps* können auch gut mit *Mouse Movement Maps* oder gewichtet als *Mouse Move Heatmaps* samt Auswahlhandlungen (*Mouse Clicks*) kombiniert werden, um zu untersuchen, wie visuelle und motorische Aktivitäten zusammenwirken, ob zum Beispiel Objekte korrekt und zeitgerecht gefunden und ausgewählt werden können. Auf diese Weise lässt sich die sonst schwer erfassbare Handlungsregulation empirisch nachvollziehen.



Bevor ein solches Verfahren mit teils erheblichem technischen Aufwand eingesetzt wird, sollte vorher geklärt werden, was damit erkannt oder erreicht werden soll und wie die anfallenden umfangreichen Daten ausgewertet werden sollen. Das häufig zu beobachtende Aufzeichnen auf Vorrat oder das unspezifische Sondieren von in Experimenten entstandenen Heatmaps oder visuellen Bewegungsabläufen, vielleicht nur, weil die Technologie vorhanden ist, ist kein probates Mittel der Evaluation und führt bestenfalls zu Zufallsentdeckungen. Schon die Auswahl eines Systems aus den technisch sehr vielfältigen und unterschiedlichen Eye Trackern setzt ein klares Evaluationsziel voraus.

### 12.3.5 Beobachtungen, Verbal-Reports und Think-Aloud-Protokolle

Bei Benutzerbefragungen liegt im Allgemeinen ein größerer zeitlicher Abstand zwischen Nutzung und Befragung. Dadurch werden Probleme mit dem System leicht vergessen oder deren Bedeutung abgeschwächt. Eine bessere Vorgehensweise ist deshalb, die Benutzer gleich während der Nutzung des Systems ihre physischen und mentalen Aktivitäten kommentieren zu lassen. Man nennt dies *Verbal-Reports* oder *Think-Aloud-Protokolle*.

Die Kommentare der Benutzer werden während der Systemnutzung aufgezeichnet. Am besten werden gleichzeitig die Benutzeraussagen, die Benutzeraktivitäten und der jeweilige Bildschirminhalt auf Video mitgeschnitten, so dass später festgestellte Problemsituationen genauer untersucht werden können. Der Aufwand solcher Analysen ist sowohl bezüglich der technischen Ausstattung (z. B. *Ergonomie-Labor*) als auch bezüglich der späteren Auswertung der Aufzeichnungen beträchtlich. Gerade der Mitschnitt von Videos führt zu umfangreichen Aufzeichnungen, deren Auswertung ein Vielfaches der eigentlichen Aufzeichnungszeit dauert. Dies ist vorher zu bedenken und methodisch zu planen. Allerdings können solche Beobachtungen zu deutlich weitergehenden Erkenntnissen als Reviews und Befragungen führen, da das System benutzt wird.

Für solche Beobachtungen muss das System allerdings noch nicht zwangsläufig vollständig nutzbar sein. Im Vorfeld der Implementierung helfen *Prototypisierungen* (Moggridge, 2007), vor allem Systemmockups, also oberflächliche Simulationen des Systems. Hierzu haben sich insbesondere *Papierprototypen* (*Paper-Prototypes*, *Paper-Mockups*), auf Papier oder Folien aufgemalte Bedienoberflächen, als hilfreich erwiesen. Natürlich können auch in Teilen realisierte Systeme mit Teilfunktionalitäten verwendet werden, die allerdings von den Probanden schlechter eingeschätzt werden können als Papierprototypen, da man solchen schon fast funktionierenden Systemen leicht mehr Eigenschaften unterstellt, als sie bereits haben. So kann es leicht zu falschen Bewertungen einer Konzeption kommen, wenn die Systeme noch unvollständig oder in Details falsch reagieren.

Beobachtungen können anstatt als Verbal-Report oder Think-Aloud-Protokoll auch mit Befragungen kombiniert werden (siehe oben). Man lässt die Benutzer das System schrittweise benutzen und hinterfragt die Eindrücke.

### 12.3.6 Kontrollierte Experimente

Die prinzipiell aussagekräftigsten und objektivsten Ergebnisse in einer Evaluation erhalten wir durch die Durchführung sogenannter *kontrollierter Experimente*. Hierbei werden bestimmte Hypothesen in einer genau definierten Umgebung mit ausgewählten Benutzergruppen untersucht und dabei auch Beobachtungen und Messungen durchgeführt. Beispielsweise kann untersucht werden, wie lange die Durchführung einer bestimmten Aufgabe mit unterschiedlichen Systemlösungen dauert (*Time to Completion, TTC*) oder mit welcher Häufigkeit Fehler bei einer bestimmten Aufgabe auftreten (*Fehlerraten, Error Rates*).

Kontrollierte Experimente sind eher aufwändig, liefern aber bei geeigneter Durchführung die Evaluationsergebnisse mit dem höchsten Maß an *Validität, Reliabilität* und *Objektivität*. Sie lohnen sich vor allem bei der Bearbeitung kritischer oder häufiger Aufgaben mit wichtigen Anwendungssystemen beziehungsweise bei der Entwicklung häufig verwendeter Interaktionskonzepte.

Häufiger werden hierzu die sogenannten *A/B-Tests* durchgeführt, der Vergleich von Lösungsalternativen in System A und System B. Diese sollten am besten von unterschiedlichen Probandengruppen oder in mehreren Durchläufen mit wechselnden Reihenfolgen der Nutzung beider Systeme durchgeführt werden, da es sonst zur Beeinflussung der Probanden bei Nutzung eines Systems mit Erfahrungen und Erwartungen aus einem anderen System und damit zu verfälschten Ergebnissen kommt.

## 12.4 Zusammenfassung

Nach der Realisierung eines interaktiven Systems muss unter anderem die ergonomische Qualität des Systems überprüft werden. Zu diesem Zweck führt man Evaluationen durch. Man kann drei grundsätzliche Klassen von Evaluationsmethoden unterscheiden:

*Theoriebasierte Evaluation:* Hierbei geht man von Theorien zur ergonomischen Gestaltung aus. Diese Theorien schlagen sich in Gestaltungsregeln (z. B. *Gesetzen, Normen, Styleguides*) nieder, die bei der Systementwicklung anzuwenden sind. Vor allem *Expertenreviews* und *Checklisten* dienen zur theoriebasierten Evaluation.

*Aufgabenbasierte Evaluation:* Mit Hilfe von *formalen Modellierungsmethoden* für Benutzungsschnittstellen wie GOMS, CLG, TAG und CCT lassen sich geplante oder existierende Systeme modellieren und deren ergonomische Qualität einschätzen, in bestimmten Fällen sogar messen. Mittels *informeller Design Reviews* durch Entwickler und Anwendungsexperten können typische Anwendungssituationen auf das System projiziert und die Nutzbarkeit und Nützlichkeit des Systems überprüft werden.

*Benutzerbasierte Evaluation:* Diese Evaluationsmethoden beziehen die Benutzer in die Evaluation mit ein. Mittels *Interviews*, *Questionnaires* oder *Surveys*, *automatischen Logs* (*Dialogprotokolle*), *Blickbewegungsanalysen* und *Zeigebewegungsanalysen*, *Beobachtungen* (*Verbal-Reports*, *Think-Aloud-Protokolle*) und *kontrollierten Experimenten* lassen sich sehr detaillierte Benutzerbefragungen und auch formale Benutzer-tests durchführen. Der Aufwand für diese Evaluationsmethoden kann beträchtlich ausfallen. Dies kann sich allerdings durch aussagekräftigere und auch objektivere Ergebnisse wieder auszahlen. Anstatt realer Benutzer kann man in der Analyse hergestellte Benutzermodelle zu Rate ziehen, die eine Sensibilität für die Interessen und Fähigkeiten von Benutzern herstellen sollen.

Insbesondere durch die frühzeitige Beteiligung von Endbenutzern an der Systementwicklung lassen sich Fehler und schlechte Lösungen von vornherein vermeiden. Man nennt diese formative benutzerbasierte Evaluationsform *Benutzerpartizipation* (*Benutzerbeteiligung*). Die Beteiligung von Benutzern kann verschiedene Stufen annehmen und von der Befragung bis zur Mitgestaltung des Systems durch die Benutzer reichen.



# 13 Gesetzliche Rahmenbedingungen

Der Betrieb und die Nutzung interaktiver Systeme befinden sich teilweise auch im Regelungsbereich von *Gesetzen, Verordnungen, Richtlinien und Verwaltungsvorschriften*.

Gesetzliche Vorgaben gibt es in erster Linie für Computeranwendungen, die an Arbeitsplätzen (auch Telearbeitsplätze und tragbare Geräte für ortsveränderliche Verwendung) im Sinne von Arbeitsmitteln eingesetzt werden. Dort gelten das *Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)* und verschiedene, auf dieser Grundlage erlassene Verordnungen. Für unsere Betrachtungen ist die *Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)* von besonderer Bedeutung.

Über Arbeitsplätze hinaus gibt es Regelungen im Rahmen des *Behindertengleichstellungsgesetzes* für den sogenannten *barrierefreien Zugang* zu öffentlich zugänglichen Internet- und Intranetauftritten und -angeboten sowie öffentlich zugänglicher Anwendungen für mobile Endgeräte. Hier gilt die *Barrierefreie-Informationstechnik-Verordnung (BITV 2.0)*.

Die gesetzlichen Regelungen stützen sich auf die in den vorausgehenden Kapiteln besprochenen software-ergonomischen Empfehlungen und Normen ab.

## 13.1 Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)

Die wesentlichen gesetzlichen Regelungen zu *Arbeitsbedingungen* an Arbeitsplätzen finden sich in Gesetzen und Verordnungen zu *Arbeits- und Gesundheitsschutz*. Dort wird festgelegt, welche Rechte und Pflichten Arbeitgeber und Arbeitnehmer haben, um die *Sicherheits- und Gesundheitsbedingungen* an Arbeitsplätzen hinsichtlich möglicher körperlicher und psychischer Gefährdungen zu untersuchen, zu bewerten und bedarfsweise geeignete Maßnahmen zu ergreifen.

In Deutschland wurde das „Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit“ vom 07.08.1996 am 21.08.1996 in Kraft gesetzt. Es heißt in seiner Kurzbezeichnung einfach *Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)*.

Das Arbeitsschutzgesetz dient folgenden *Schutzziele*n (§ 1 Abs. 1 Satz 1 ArbSchG):

„Dieses Gesetz dient dazu, Sicherheit und Gesundheitsschutz der Beschäftigten bei der Arbeit durch Maßnahmen des Arbeitsschutzes zu sichern und zu verbessern.“

Das Arbeitsschutzgesetz ist eine Umsetzung der EU-Richtlinien 89/391/EWG und 91/383/EWG und liefert neben allgemeinen Grundsätzen des Arbeitsschutzes auch die Grundlage für die national verbindlichen Regelungen zum *Arbeits- und Gesundheitsschutz an Bildschirmarbeitsplätzen*.

In § 3 Abs. 1 des ArbSchG heißt es zu den *Grundpflichten des Arbeitgebers*:

*„Der Arbeitgeber ist verpflichtet, die erforderlichen Maßnahmen des Arbeitsschutzes unter Berücksichtigung der Umstände zu treffen, die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten bei der Arbeit beeinflussen. Er hat die Maßnahmen auf ihre Wirksamkeit zu überprüfen und erforderlichenfalls sich ändernden Gegebenheiten anzupassen. Dabei hat er eine Verbesserung von Sicherheit und Gesundheitsschutz der Beschäftigten anzustreben.“*

Als *allgemeine Grundsätze* werden in § 4 ArbSchG formuliert:

*„Der Arbeitgeber hat bei Maßnahmen des Arbeitsschutzes von folgenden allgemeinen Grundsätzen auszugehen:*

- 1. Die Arbeit ist so zu gestalten, daß eine Gefährdung für das Leben sowie die physische und die psychische Gesundheit möglichst vermieden und die verbleibende Gefährdung möglichst gering gehalten wird;*
- 2. Gefahren sind an ihrer Quelle zu bekämpfen;*
- 3. bei den Maßnahmen sind der Stand von Technik, Arbeitsmedizin und Hygiene sowie sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse zu berücksichtigen;*
- 4. Maßnahmen sind mit dem Ziel zu planen, Technik, Arbeitsorganisation, sonstige Arbeitsbedingungen, soziale Beziehungen und Einfluß der Umwelt auf den Arbeitsplatz sachgerecht zu verknüpfen;*
- 5. individuelle Schutzmaßnahmen sind nachrangig zu anderen Maßnahmen;*
- 6. spezielle Gefahren für besonders schutzbedürftige Beschäftigtengruppen sind zu berücksichtigen;*
- 7. den Beschäftigten sind geeignete Anweisungen zu erteilen;*
- 8. mittelbar oder unmittelbar geschlechtsspezifisch wirkende Regelungen sind nur zulässig, wenn dies aus biologischen Gründen zwingend geboten ist.“*

Durch sogenannte Verordnungsermächtigungen (§§ 18 bis 20 ArbSchG) wird die Bundesregierung ermächtigt, durch Rechtsverordnungen zu regeln, welche Maßnahmen Arbeitgeber und die sonstigen verantwortlichen Personen zu treffen haben und wie sich die Beschäftigten zu verhalten haben, um ihre jeweiligen Pflichten, die sich aus diesem Gesetz ergeben, zu erfüllen. Auf dieser Grundlage wurde unter anderem die im Folgenden erläuterte *Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)* erlassen, die unter anderem. auch die Besonderheiten von Bildschirmarbeit regelt.

## 13.2 Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)

Viele Jahre diente die *Bildschirmarbeitsverordnung (BildscharbV)* in Verbindung mit dem *Arbeitsschutzgesetz* der Umsetzung der EU-Richtlinie 90/270/EWG. Mit Wirkung vom 3.12.2016 ist die BildscharbV in die *Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)* integriert worden. Diese regelt grundsätzlich, was der Arbeitgeber beim Einrichten und Betreiben von Arbeitsstätten in Bezug auf die Sicherheit und den Schutz der Gesundheit der Beschäftigten zu beachten hat. Insbesondere in Anhang 6 der ArbStättV finden sich neben allgemeinen Hinweisen zum *Arbeitsschutz* die *Anforderungen an Bildschirmarbeitsplätze*, insbesondere an Bildschirme, Tastaturen, sonstige Arbeitsmittel und die Arbeitsumgebung. Hierbei werden *betriebliche Arbeitsplätze* und *Telearbeitsplätze* sowie die Nutzung *mobiler Computersysteme (tragbare Geräte)* behandelt. Die Grundstruktur der Verordnung sieht *Schutzziele* vor, die durch die dargestellten Anforderungen erreicht werden sollen. Die eher allgemein gefassten Anforderungen müssen vom Arbeitgeber im realen Arbeitskontext konkret ausgeprägt werden. Das Ziel ist dabei, ausreichende Spielräume für die spezifischen Anforderungen und Situationen in Betrieben zu schaffen. Dies kommt den Anforderungen der Software-Ergonomie entgegen, da wir hier grundsätzlich von kontext- und nutzerspezifischen Lösungen ausgehen. Im Besonderen werden in der ArbStättV auch Aussagen zum Zusammenwirken von Mensch und Arbeitsmittel, und hier insbesondere zur Anwendung von softwarebasierten Arbeitsmitteln getroffen (siehe vollständigen Text von Anhang 6 im Anhang dieses Buchs auf Seite 279ff.):

„6.5 Anforderungen an die Benutzerfreundlichkeit von Bildschirmarbeitsplätzen

- (1) Beim Betreiben der Bildschirmarbeitsplätze hat der Arbeitgeber dafür zu sorgen, dass der Arbeitsplatz den Arbeitsaufgaben angemessen gestaltet ist. Er hat insbesondere geeignete Softwaresysteme bereitzustellen.
- (2) Die Bildschirmgeräte und die Software müssen entsprechend den Kenntnissen und Erfahrungen der Beschäftigten im Hinblick auf die jeweilige Arbeitsaufgabe angepasst werden können.
- (3) Das Softwaresystem muss den Beschäftigten Angaben über die jeweiligen Dialogabläufe machen.
- (4) Die Bildschirmgeräte und die Software müssen es den Beschäftigten ermöglichen, die Dialogabläufe zu beeinflussen. Sie müssen eventuelle Fehler bei der Handhabung beschreiben und eine Fehlerbeseitigung mit begrenztem Arbeitsaufwand erlauben.
- (5) Eine Kontrolle der Arbeit hinsichtlich der qualitativen oder quantitativen Ergebnisse darf ohne Wissen der Beschäftigten nicht durchgeführt werden.“

In der Verordnung finden wir diverse Hinweise auf die besondere Rolle von *Aufgaben* an Computerarbeitsplätzen. Leider finden wir neben wichtigen Bezugnahmen auf die Dialogkriterien der ISO 9241-110 in der ArbStättV, wie schon vorher in der BildscharbV, immer noch den wenig hilfreichen Begriff der „Benutzerfreundlichkeit“. In der wissenschaftlichen Fundierung der Software-Ergonomie bemüht man sich seit langem darum, wenig aussagekräftige Begriffe wie „Benutzerfreundlichkeit“ durch differenzierte Begriffe und Kriterien zu ersetzen (siehe dazu Kapitel 10) und diese bereits in der Konzeption von Anwendungssystemen und deren Benutzungsschnittstellen einzusetzen. „Gebrauchstauglichkeit“ wäre ein angemessener und gut definierter Begriff gewesen.

Die betriebliche Umsetzung der Arbeitsstättenverordnung liegt im Verantwortungsbereich der *Arbeitgeber*. Die ArbStättV formuliert dazu in § 3a Abs. 1:

*„Der Arbeitgeber hat dafür zu sorgen, dass Arbeitsstätten so eingerichtet und betrieben werden, dass Gefährdungen für die Sicherheit und die Gesundheit der Beschäftigten möglichst vermieden und verbleibende Gefährdungen möglichst gering gehalten werden. Beim Einrichten und Betreiben der Arbeitsstätten hat der Arbeitgeber die Maßnahmen nach § 3 Absatz 1 durchzuführen und dabei den Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Hygiene, die ergonomischen Anforderungen sowie insbesondere die vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales nach § 7 Absatz 4 bekannt gemachten Regeln und Erkenntnisse zu berücksichtigen.“*

Als Grundlage der Arbeitsgestaltung und ihrer Bewertung dient eine sogenannte *Gefährdungsbeurteilung*. Dies gilt in besonderer Weise auch für Bildschirmarbeitsplätze. Hierzu regelt § 3 Abs. 1 ArbStättV:

*„Bei der Beurteilung der Arbeitsbedingungen nach § 5 des Arbeitsschutzgesetzes hat der Arbeitgeber zunächst festzustellen, ob die Beschäftigten Gefährdungen beim Einrichten und Betreiben von Arbeitsstätten ausgesetzt sind oder ausgesetzt sein können. Ist dies der Fall, hat er alle möglichen Gefährdungen der Sicherheit und der Gesundheit der Beschäftigten zu beurteilen und dabei die Auswirkungen der Arbeitsorganisation und der Arbeitsabläufe in der Arbeitsstätte zu berücksichtigen. Bei der Gefährdungsbeurteilung hat er die physischen und psychischen Belastungen sowie bei Bildschirmarbeitsplätzen insbesondere die Belastungen der Augen oder die Gefährdung des Sehvermögens der Beschäftigten zu berücksichtigen. Entsprechend dem Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung hat der Arbeitgeber Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten gemäß den Vorschriften dieser Verordnung einschließlich ihres Anhangs nach dem Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Hygiene festzulegen. Sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse sind zu berücksichtigen.“*

*Hersteller* von Computeranwendungen können Arbeitgeber durch die konsequente Anwendung software-ergonomischer Vorgehensmodelle unterstützen, wie in *Prozessnormen* zu menschenzentrierten Entwicklungsprozessen beschrieben (z. B. ISO 9241-210). Entsprechend sollten in einem solchen Rahmen dann auch Kriteriensysteme benutzt werden, wie sie in *Produktnormen* für gebrauchstaugliche Systeme empfohlen werden (z. B. ISO 9241-110). Es



ist aber grundsätzlich nicht möglich, Anwendungssoftware im Sinne eines nur für sich stehenden Produkts in irgendeiner Weise als „konform“ mit den Anforderungen der ArbStättV zu erklären oder gar zu zertifizieren, auch wenn dies immer wieder angestrebt oder sogar praktiziert wird. Dies ergibt sich allein schon aus dem wichtigen geforderten Anwendungsbezug in der ArbStättV, wonach bei der Gestaltung von Arbeitsplätzen und Arbeitsmitteln (hier Software), die Aufgaben der Beschäftigten zu berücksichtigen sind. Darüber hinaus resultiert indirekt aus Anhang 6.1 (1) ArbStättV über die dort genannten „Grundsätze der Ergonomie“ die Forderung, computerbasierte Arbeitsmittel als Teil eines konkreten Arbeitssystems (siehe Kapitel 2) zu verstehen, in dem neben den bestimmten Benutzern (siehe Kapitel 7) auch bestimmte Kontextbedingungen (siehe Kapitel 4) zu berücksichtigen sind:

*„Bildschirmarbeitsplätze sind so einzurichten und zu betreiben, dass die Sicherheit und der Schutz der Gesundheit der Beschäftigten gewährleistet sind. Die Grundsätze der Ergonomie sind auf die Bildschirmarbeitsplätze und die erforderlichen Arbeitsmittel sowie die für die Informationsverarbeitung durch die Beschäftigten erforderlichen Bildschirmgeräte entsprechend anzuwenden.“*

Ohne geeignete Benutzer-, Aufgaben- und Kontextanalysen sowie damit verbundenen Gefährdungsbeurteilungen kann die Gebrauchstauglichkeit von Computeranwendungen für Arbeitssituationen und damit auch die Konformität mit der ArbStättV also nicht festgestellt werden. Die Gesetze beziehen sich somit auf das computergestützte Anwendungssystem am Arbeitsplatz und nicht alleine auf ein davon losgelöstes Softwareprodukt. Der Bezug auf das gesamte *Arbeitssystem* wäre noch umfassender gewesen.

Für die konkretere Ausgestaltung der Arbeitsplätze selbst findet man in den sogenannten *Technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR)*<sup>24</sup> der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) viele konkrete Umsetzungs- bzw. Prüfregele. Desweiteren finden sich detaillierte Informationen auch zur Ausgestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen beispielsweise im Leitfaden *DGUV Information 215-410 für die Gestaltung von Bildschirm- und Büroarbeitsplätzen* der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV).

---

<sup>24</sup> <https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/ASR/ASR.html>

### 13.3 Barrierefreie-Informationstechnik-Verordnung (BITV 2.0)

Bei der benutzerzentrierten Gestaltung interaktiver Systeme wird vor Beginn der Entwicklung eine Benutzeranalyse durchgeführt. Sie soll sicherstellen, dass die Systemrealisierung möglichst gut zu den späteren Benutzern, ihren Fähigkeiten und Aufgaben passt.

Bei Benutzeranalysen wird im Allgemeinen übersehen, dass neben, aber auch innerhalb der betrachteten Benutzerklassen Individuen oder speziellere Benutzerklassen existieren, die unter anderem durch Alter, Krankheit, Armut, Sprache oder Geschlecht unter benachteiligenden Randbedingungen leben, die sie in Einzelaspekten von der Mehrheit der Benutzer unterscheiden. So treten beispielsweise vielfältige und erhebliche Einschränkungen des Sehvermögens oder der Sensomotorik auf. Neben diesen physiologischen Einschränkungen existieren ökonomische Einschränkungen, die vielen Menschen die Möglichkeit vorenthalten, überhaupt Zugriff auf digitale Angebote zu erhalten, da sie sich weder Computersysteme noch den Zugang zu Computern und Netzen leisten können. Im besten Fall werden sie zu Gelegenheitsbenutzern bei Verwandten, Freunden oder bei Computeranwendungen im mehr oder weniger öffentlichen Bereich.

Viele öffentliche Computeranwendungen und -systeme sind ohne geeignete Individualisierungsmöglichkeiten praktisch nur für die Hauptbenutzerklasse gestaltet, was vor allem für die Benutzer mit besonderen Eigenschaften Einschränkungen bedeuten kann. So können sie bei der Nutzung der Systeme mit unterschiedlich hohen *Hürden des Einstiegs* oder *Barrieren der Nutzung* konfrontiert werden, die eine geeignete Nutzung im Sinne der Gebrauchstauglichkeit nur ansatzweise oder oftmals auch gar nicht möglich machen. Die Benutzer werden in der Nutzung behindert und so gesellschaftlich letztlich erst zu „*Behinderten*“ gemacht. „*Behinderte*“ sind nach diesem Verständnis keine eigene Klasse von Menschen, sondern ein kulturtechnisches Konstrukt der ungewollten Ausgrenzung oder in manchen Fällen sogar der bewussten Diskriminierung. Sie sind die Folge der technisch bedingten Trennung von „*normalen Benutzern*“ und „*nicht normalen Benutzern*“. Körperliche und geistige Einschränkungen verwandeln sich somit erst durch entsprechend begrenzt nutzbare Technologien des Alltags in Behinderungen. In der Wahrnehmung dieses Problems versucht man mit privaten und öffentlichen Initiativen sowie gesetzlichen Regelungen die Realisierung sogenannter „*barrierefreier Systeme*“ zu motivieren oder auch vorzuschreiben.

Für ursprünglich den Bereich der Bundesverwaltungen (heute für alle „Träger öffentlicher Gewalt“) in Deutschland wurde deshalb in ähnlicher Weise wie in vielen anderen Nationen die „*Verordnung zur Schaffung barrierefreier Informationstechnik nach dem Behindertengleichstellungsgesetz (Barrierefreie-Informationstechnik-Verordnung – BITV 2.0)*“ erlassen (siehe Auszüge aus der Verordnung im Anhang auf Seite 285). Dabei wurden Anforderungen für die Realisierung von externen Internetangeboten, öffentlich zugänglichen internen Webdiensten sowie auch öffentlichen mobilen Apps formuliert.

Die breite Zugänglichkeit interaktiver Systeme und damit realisierter Anwendungen und Dienste wurde in den letzten Jahren auch unter den Begriffen „*Usability for All*“ (*Gebrauchstauglichkeit für Alle*) oder „*Accessibility*“ (*Barrierefreiheit*) motiviert und mit diversen Regelungen, Empfehlungen und technischen Ansätzen operationalisiert. Durch technische Standards und Funktionalitäten, wie zum Beispiel besondere Markup-Sprachen und Browser, kann die Realisierung barrierefreier Systeme wesentlich vereinfacht werden. Deshalb ist es wichtig, nicht nur gesetzliche Verordnungen zu formulieren und in Kraft zu setzen, sondern am besten mit zeitlichem Vorlauf geeignete Hilfsmittel bereitzustellen, um solche Umsetzungen leichter bewerkstelligen zu können.

Gerade im Bereich der multimedialen Systeme zeigen sich die Barrieren in deutlich komplexerer Form als in früheren, vor allem textbasierten Systemen, da bei vielen Menschen einzelne Sinnesmodalitäten (vor allem Sehbehinderungen, Hörschwächen, sensomotorische und taktile Einschränkungen) mehr oder weniger stark beeinträchtigt sind. Umgekehrt ist es gerade die Nutzung alternativer, redundanter oder flexibler Medien, die es erlauben, Beeinträchtigungen zu überwinden. So können auditive Ausgaben textuelle Darstellungen ersetzen und umgekehrt, wie etwa schon seit langer Zeit die Untertitel bei Filmen. Tastbare Oberflächen (z. B. Braille-Displays) erlauben es, mit den Fingern zu lesen. Zusatzdarstellungen mit Gebärdensprache ermöglichen es, Hörschwächen zu kompensieren. Klickgeräusche und visuelle Feedbacks ersetzen taktile Empfindungen. Frei skalierbare Schriften und Grafiken erlauben Weitsichtigkeit und Alterssichtigkeit auszugleichen. Die Trennung von Inhalt und Präsentation ist die Grundlage für solche alternativen, veränderlichen und individuellen Präsentationsformen.

Für die Software-Ergonomie ist der Gedanke der Barrierefreiheit von zentraler Bedeutung, damit die technischen Potenziale nicht nur zur Erweiterung der funktionalen Möglichkeiten, sondern auch zur Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit von interaktiven Computersystemen für möglichst viele Menschen genutzt werden. Hier schließt sich auch der Kreis zu den in Kapitel 5 dargestellten Randbedingungen der menschlichen Wahrnehmung und Motorik.

Viele praktische Hinweise zur Realisierung barrierefreier IT-Systeme findet man im Anhang der BITV 2.0<sup>25</sup>, den *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0*<sup>26</sup> des *World Wide Web Consortiums (W3C)* oder auch den Empfehlungen der *Aktion Mensch e.V.*<sup>27</sup>. Diese Empfehlungen wurden neben einigen allgemeinen rahmengebenden Erläuterungen in Form von mehr oder weniger konkret ausgelegten Gestaltungsregeln auf meist software-ergonomischer Grundlage formuliert. Sie gehören allerdings eher zum *Interaktionsdesign* für computergestützte Anwendungssysteme (Herczeg, 2006) und nicht mehr zu den Grundregeln der Software-Ergonomie.

---

<sup>25</sup> [www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bitv\\_2\\_0/gesamt.pdf](http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bitv_2_0/gesamt.pdf)

<sup>26</sup> [www.w3.org/Translations/WCAG20-de](http://www.w3.org/Translations/WCAG20-de)

<sup>27</sup> [www.einfach-fuer-alle.de](http://www.einfach-fuer-alle.de)

## 13.4 Zusammenfassung

Die Nutzung interaktiver Computersysteme findet teilweise auch unter gesetzlichen Rahmenbedingungen statt.

Im Bereich der Arbeit dient das *Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)* zur Klärung von Rechten und Pflichten von Arbeitgebern und Arbeitnehmern. Auf diese Weise sollen Sicherheits- und Gesundheitsbedingungen an Arbeitsplätzen hinsichtlich körperlicher und psychischer Gefährdungen untersucht und bewertet sowie gegebenenfalls geeignete Maßnahmen zur Verbesserung getroffen werden.

Über die allgemeinen Arbeitsbedingungen hinaus beschreibt die *Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)* die spezifischen Anforderungen an Bildschirmarbeitsplätze, Telearbeit und auch mobile Computersysteme. Dabei werden insbesondere hardware- und software-ergonomische Anforderungen formuliert. Die ArbStättV bezieht sich dabei auf das ganze Arbeitssystem und nicht nur auf das computergestützte Anwendungssystem oder Arbeitsmittel. Aus diesem Grund ist es nicht möglich, ein Softwareprodukt als konform zur ArbStättV zu erklären. Stattdessen müssen die Besonderheiten, die aus den Aufgaben und den konkreten Rahmenbedingungen am Arbeitsplatz resultieren, berücksichtigt werden.

Das Angebot an web-basierten interaktiven Computeranwendungen durch Bundesbehörden ist durch die *Barrierefreie-Informationstechnik-Verordnung (BITV 2.0)* geregelt. Sie dient zur Schaffung barrierefreier Informationstechnik nach dem Behindertengleichstellungsgesetz und soll sicherstellen, dass zumindest öffentlich zugängliche Internetauftritte und mobile Anwendungen unter Berücksichtigung verbreiteter physiologischer Einschränkungen, insbesondere des Seh- und Hörvermögens, so weit wie möglich ohne besondere Hürden nutzbar sind.

Die gesetzlichen Regelungen basieren unter anderem auf software-ergonomischen Grundlagen und Modellen sowie den daraus abgeleiteten software-ergonomischen Normen, insbesondere der ISO 9241.

# Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)

**nur Auszüge** (vollständiger Text und Anhänge im Wortlaut unter [www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/arbst\\_ttv\\_2004/gesamt.pdf](http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/arbst_ttv_2004/gesamt.pdf))

## Verordnung über Arbeitsstätten

Arbeitsstättenverordnung vom 12. August 2004 (BGBl. I S. 2179), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 30. November 2016 (BGBl. I S. 2681) geändert worden ist.

Stand: Zuletzt geändert durch Art. 1 V v. 30.11.2016 I 2681

Fußnote: Die V wurde als Artikel 1 d. V v. 12.8.2004 I 2179 von der Bundesregierung und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit mit Zustimmung des Bundesrates erlassen. Sie ist gem. Artikel 4 Satz 1 dieser V am 25.8.2004 in Kraft getreten.

### § 1 Ziel, Anwendungsbereich

- (1) Diese Verordnung dient der Sicherheit und dem Schutz der Gesundheit der Beschäftigten beim Einrichten und Betreiben von Arbeitsstätten.
- (2) Für folgende Arbeitsstätten gelten nur § 5 und der Anhang Nummer 1.3:
  1. Arbeitsstätten im Reisegewerbe und im Marktverkehr,
  2. Transportmittel, die im öffentlichen Verkehr eingesetzt werden,
  3. Felder, Wälder und sonstige Flächen, die zu einem land- oder forstwirtschaftlichen Betrieb gehören, aber außerhalb der von ihm bebauten Fläche liegen.
- (3) Für Telearbeitsplätze gelten nur
  1. § 3 bei der erstmaligen Beurteilung der Arbeitsbedingungen und des Arbeitsplatzes,
  2. § 6 und der Anhang Nummer 6, soweit der Arbeitsplatz von dem im Betrieb abweicht. Die in Satz 1 genannten Vorschriften gelten, soweit Anforderungen unter Beachtung der Eigenart von Telearbeitsplätzen auf diese anwendbar sind.
- (4) Der Anhang Nummer 6 gilt nicht für
  1. Bedienerplätze von Maschinen oder Fahrerplätze von Fahrzeugen mit Bildschirmgeräten,
  2. tragbare Bildschirmgeräte für die ortsveränderliche Verwendung, die nicht regelmäßig an einem Arbeitsplatz verwendet werden,
  3. Rechenmaschinen, Registrierkassen oder andere Arbeitsmittel mit einer kleinen Da-

ten- oder Messwertanzeigevorrichtung, die zur unmittelbaren Benutzung des Arbeitsmittels erforderlich ist und

4. Schreibmaschinen klassischer Bauart mit einem Display.

## **§ 2 Begriffsbestimmungen**

- (1) Arbeitsstätten sind:

1. Arbeitsräume oder andere Orte in Gebäuden auf dem Gelände eines Betriebes,
2. Orte im Freien auf dem Gelände eines Betriebes,
3. Orte auf Baustellen, sofern sie zur Nutzung für Arbeitsplätze vorgesehen sind.

- (2) Zur Arbeitsstätte gehören insbesondere auch:

1. Orte auf dem Gelände eines Betriebes oder einer Baustelle, zu denen Beschäftigte im Rahmen ihrer Arbeit Zugang haben,
2. Verkehrswege, Fluchtwege, Notausgänge, Lager-, Maschinen- und Nebenräume, Sanitärräume, Kantinen, Pausen- und Bereitschaftsräume, Erste-Hilfe-Räume, Unterkünfte sowie
3. Einrichtungen, die dem Betreiben der Arbeitsstätte dienen, insbesondere Sicherheitsbeleuchtungen, Feuerlöscheinrichtungen, Versorgungseinrichtungen, Beleuchtungsanlagen, raumlufttechnische Anlagen, Signalanlagen, Energieverteilungsanlagen, Türen und Tore, Fahrsteige, Fahrtreppen, Laderampen und Steigleitern.

- (3) Arbeitsräume sind die Räume, in denen Arbeitsplätze innerhalb von Gebäuden dauerhaft eingerichtet sind.

- (4) Arbeitsplätze sind Bereiche, in denen Beschäftigte im Rahmen ihrer Arbeit tätig sind.

- (5) Bildschirmarbeitsplätze sind Arbeitsplätze, die sich in Arbeitsräumen befinden und die mit Bildschirmgeräten und sonstigen Arbeitsmitteln ausgestattet sind.

- (6) Bildschirmgeräte sind Funktionseinheiten, zu denen insbesondere Bildschirme zur Darstellung von visuellen Informationen, Einrichtungen zur Datenein- und -ausgabe, sonstige Steuerungs- und Kommunikationseinheiten (Rechner) sowie eine Software zur Steuerung und Umsetzung der Arbeitsaufgabe gehören.

- (7) Telearbeitsplätze sind vom Arbeitgeber fest eingerichtete Bildschirmarbeitsplätze im Privatbereich der Beschäftigten, für die der Arbeitgeber eine mit den Beschäftigten vereinbarte wöchentliche Arbeitszeit und die Dauer der Einrichtung festgelegt hat. Ein Telearbeitsplatz ist vom Arbeitgeber erst dann eingerichtet, wenn Arbeitgeber und Beschäftigte die Bedingungen der Telearbeit arbeitsvertraglich oder im Rahmen einer Vereinbarung festgelegt haben und die benötigte Ausstattung des Telearbeitsplatzes mit Mobiliar, Arbeitsmitteln einschließlich der Kommunikationseinrichtungen durch den Arbeitgeber oder eine von ihm beauftragte Person im Privatbereich des Beschäftigten bereitgestellt und installiert ist.

### **§ 3 Gefährdungsbeurteilung**

- (1) Bei der Beurteilung der Arbeitsbedingungen nach § 5 des Arbeitsschutzgesetzes hat der Arbeitgeber zunächst festzustellen, ob die Beschäftigten Gefährdungen beim Einrichten und Betreiben von Arbeitsstätten ausgesetzt sind oder ausgesetzt sein können. Ist dies der Fall, hat er alle möglichen Gefährdungen der Sicherheit und der Gesundheit der Beschäftigten zu beurteilen und dabei die Auswirkungen der Arbeitsorganisation und der Arbeitsabläufe in der Arbeitsstätte zu berücksichtigen. Bei der Gefährdungsbeurteilung hat er die physischen und psychischen Belastungen sowie bei Bildschirmarbeitsplätzen insbesondere die Belastungen der Augen oder die Gefährdung des Sehvermögens der Beschäftigten zu berücksichtigen. Entsprechend dem Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung hat der Arbeitgeber Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten gemäß den Vorschriften dieser Verordnung einschließlich ihres Anhangs nach dem Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Hygiene festzulegen. Sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse sind zu berücksichtigen.
- (2) Der Arbeitgeber hat sicherzustellen, dass die Gefährdungsbeurteilung fachkundig durchgeführt wird. Verfügt der Arbeitgeber nicht selbst über die entsprechenden Kenntnisse, hat er sich fachkundig beraten zu lassen.
- (3) Der Arbeitgeber hat die Gefährdungsbeurteilung vor Aufnahme der Tätigkeiten zu dokumentieren. In der Dokumentation ist anzugeben, welche Gefährdungen am Arbeitsplatz auftreten können und welche Maßnahmen nach Absatz 1 Satz 4 durchgeführt werden müssen.

## **Anhang Anforderungen und Maßnahmen für Arbeitsstätten nach § 3 Absatz 1**

### **6 Maßnahmen zur Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen**

#### **6.1 Allgemeine Anforderungen an Bildschirmarbeitsplätze**

- (1) Bildschirmarbeitsplätze sind so einzurichten und zu betreiben, dass die Sicherheit und der Schutz der Gesundheit der Beschäftigten gewährleistet sind. Die Grundsätze der Ergonomie sind auf die Bildschirmarbeitsplätze und die erforderlichen Arbeitsmittel sowie die für die Informationsverarbeitung durch die Beschäftigten erforderlichen Bildschirmgeräte entsprechend anzuwenden.
- (2) Der Arbeitgeber hat dafür zu sorgen, dass die Tätigkeiten der Beschäftigten an Bildschirmgeräten insbesondere durch andere Tätigkeiten oder regelmäßige Erholungszeiten unterbrochen werden.
- (3) Für die Beschäftigten ist ausreichend Raum für wechselnde Arbeitshaltungen und -bewegungen vorzusehen.
- (4) Die Bildschirmgeräte sind so aufzustellen und zu betreiben, dass die Oberflächen frei von störenden Reflexionen und Blendungen sind.

- (5) Die Arbeitstische oder Arbeitsflächen müssen eine reflexionsarme Oberfläche haben und so aufgestellt werden, dass die Oberflächen bei der Arbeit frei von störenden Reflexionen und Blendungen sind.
- (6) Die Arbeitsflächen sind entsprechend der Arbeitsaufgabe so zu bemessen, dass alle Eingabemittel auf der Arbeitsfläche variabel angeordnet werden können und eine flexible Anordnung des Bildschirms, des Schriftguts und der sonstigen Arbeitsmittel möglich ist. Die Arbeitsfläche vor der Tastatur muss ein Auflegen der Handballen ermöglichen.
- (7) Auf Wunsch der Beschäftigten hat der Arbeitgeber eine Fußstütze und einen Manuskripthalter zur Verfügung zu stellen, wenn eine ergonomisch günstige Arbeitshaltung auf andere Art und Weise nicht erreicht werden kann.
- (8) Die Beleuchtung muss der Art der Arbeitsaufgabe entsprechen und an das Sehvermögen der Beschäftigten angepasst sein; ein angemessener Kontrast zwischen Bildschirm und Arbeitsumgebung ist zu gewährleisten. Durch die Gestaltung des Bildschirmarbeitsplatzes sowie der Auslegung und der Anordnung der Beleuchtung sind störende Blendungen, Reflexionen oder Spiegelungen auf dem Bildschirm und den sonstigen Arbeitsmitteln zu vermeiden.
- (9) Werden an einem Arbeitsplatz mehrere Bildschirmgeräte oder Bildschirme betrieben, müssen diese ergonomisch angeordnet sein. Die Eingabegeräte müssen sich eindeutig dem jeweiligen Bildschirmgerät zuordnen lassen.
- (10) Die Arbeitsmittel dürfen nicht zu einer erhöhten, gesundheitlich unzuträglichen Wärmebelastung am Arbeitsplatz führen.

## **6.2 Allgemeine Anforderungen an Bildschirme und Bildschirmgeräte**

- (1) Die Text- und Grafikdarstellungen auf dem Bildschirm müssen entsprechend der Arbeitsaufgabe und dem Sehabstand scharf und deutlich sowie ausreichend groß sein. Der Zeichen- und der Zeilenabstand müssen angemessen sein. Die Zeichengröße und der Zeilenabstand müssen auf dem Bildschirm individuell eingestellt werden können.
- (2) Das auf dem Bildschirm dargestellte Bild muss flimmerfrei sein. Das Bild darf keine Verzerrungen aufweisen.
- (3) Die Helligkeit der Bildschirmanzeige und der Kontrast der Text- und Grafikdarstellungen auf dem Bildschirm müssen von den Beschäftigten einfach eingestellt werden können. Sie müssen den Verhältnissen der Arbeitsumgebung individuell angepasst werden können.
- (4) Die Bildschirmgröße und -form müssen der Arbeitsaufgabe angemessen sein.
- (5) Die von den Bildschirmgeräten ausgehende elektromagnetische Strahlung muss so niedrig gehalten werden, dass die Sicherheit und die Gesundheit der Beschäftigten nicht gefährdet werden.



### **6.3 Anforderungen an Bildschirmgeräte und Arbeitsmittel für die ortsgebundene Verwendung an Arbeitsplätzen**

- (1) Bildschirme müssen frei und leicht dreh- und neigbar sein sowie über reflexionsarme Oberflächen verfügen. Bildschirme, die über reflektierende Oberflächen verfügen, dürfen nur dann betrieben werden, wenn dies aus zwingenden aufgabenbezogenen Gründen erforderlich ist.
- (2) Tastaturen müssen die folgenden Eigenschaften aufweisen:
  1. sie müssen vom Bildschirm getrennte Einheiten sein,
  2. sie müssen neigbar sein,
  3. die Oberflächen müssen reflexionsarm sein,
  4. die Form und der Anschlag der Tasten müssen den Arbeitsaufgaben angemessen sein und eine ergonomische Bedienung ermöglichen,
  5. die Beschriftung der Tasten muss sich vom Untergrund deutlich abheben und bei normaler Arbeitshaltung gut lesbar sein.
- (3) Alternative Eingabemittel (zum Beispiel Eingabe über den Bildschirm, Spracheingabe, Scanner) dürfen nur eingesetzt werden, wenn dadurch die Arbeitsaufgaben leichter ausgeführt werden können und keine zusätzlichen Belastungen für die Beschäftigten entstehen.

### **6.4 Anforderungen an tragbare Bildschirmgeräte für die ortsveränderliche Verwendung an Arbeitsplätzen**

- (1) Größe, Form und Gewicht tragbarer Bildschirmgeräte müssen der Arbeitsaufgabe entsprechend angemessen sein.
- (2) Tragbare Bildschirmgeräte müssen
  1. über Bildschirme mit reflexionsarmen Oberflächen verfügen und
  2. so betrieben werden, dass der Bildschirm frei von störenden Reflexionen und Blendungen ist.
- (3) Tragbare Bildschirmgeräte ohne Trennung zwischen Bildschirm und externem Eingabemittel (insbesondere Geräte ohne Tastatur) dürfen nur an Arbeitsplätzen betrieben werden, an denen die Geräte nur kurzzeitig verwendet werden oder an denen die Arbeitsaufgaben mit keinen anderen Bildschirmgeräten ausgeführt werden können.
- (4) Tragbare Bildschirmgeräte mit alternativen Eingabemitteln sind den Arbeitsaufgaben angemessen und mit dem Ziel einer optimalen Entlastung der Beschäftigten zu betreiben.
- (5) Werden tragbare Bildschirmgeräte ortsgebunden an Arbeitsplätzen verwendet, gelten zusätzlich die Anforderungen nach Nummer 6.1.

### **6.5 Anforderungen an die Benutzerfreundlichkeit von Bildschirmarbeitsplätzen**

- (1) Beim Betreiben der Bildschirmarbeitsplätze hat der Arbeitgeber dafür zu sorgen, dass der Arbeitsplatz den Arbeitsaufgaben angemessen gestaltet ist. Er hat insbesondere geeignete Softwaresysteme bereitzustellen.
- (2) Die Bildschirmgeräte und die Software müssen entsprechend den Kenntnissen und Erfahrungen der Beschäftigten im Hinblick auf die jeweilige Arbeitsaufgabe angepasst werden können.
- (3) Das Softwaresystem muss den Beschäftigten Angaben über die jeweiligen Dialogabläufe machen.
- (4) Die Bildschirmgeräte und die Software müssen es den Beschäftigten ermöglichen, die Dialogabläufe zu beeinflussen. Sie müssen eventuelle Fehler bei der Handhabung beschreiben und eine Fehlerbeseitigung mit begrenztem Arbeitsaufwand erlauben.
- (5) Eine Kontrolle der Arbeit hinsichtlich der qualitativen oder quantitativen Ergebnisse darf ohne Wissen der Beschäftigten nicht durchgeführt werden.

# Barrierefreie-Informationstechnik-Verordnung (BITV 2.0)

**nur Auszüge** (vollständiger Text und Anhänge im Wortlaut unter [www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bitv\\_2\\_0/gesamt.pdf](http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bitv_2_0/gesamt.pdf))

## **Verordnung zur Schaffung barrierefreier Informationstechnik nach dem Behindertengleichstellungsgesetz**

Barrierefreie-Informationstechnik-Verordnung vom 12. September 2011 (BGBl. I S. 1843), die zuletzt durch Artikel 4 der Verordnung vom 25. November 2016 (BGBl. I S. 2659) geändert worden ist

Stand: Zuletzt geändert durch Art. 4 V v. 25.11.2016 I 2659

### **Eingangsformel**

Auf Grund des § 11 Absatz 1 Satz 2 des Behindertengleichstellungsgesetzes, das zuletzt durch Artikel 12 des Gesetzes vom 19. Dezember 2007 (BGBl. I S. 3024) geändert worden ist, verordnet das Bundesministerium für Arbeit und Soziales:

### **§ 1 Sachlicher Geltungsbereich**

Die Verordnung gilt für:

1. Internetauftritte und -angebote,
2. Intranetauftritte und -angebote, die öffentlich zugänglich sind, und
3. mittels Informationstechnik realisierte grafische Programmoberflächen einschließlich Apps und sonstige Anwendungen für mobile Endgeräte, die öffentlich zugänglich sind.

### **§ 2 Einzubeziehende Gruppen von Menschen mit Behinderungen**

Die Gestaltung der in § 1 genannten Angebote der Informationstechnik ist dazu bestimmt, Menschen mit Behinderungen im Sinne des § 3 des Behindertengleichstellungsgesetzes, denen ohne die Erfüllung zusätzlicher Bedingungen die Nutzung der Informationstechnik nur eingeschränkt möglich ist, den Zugang dazu zu eröffnen.

### **§ 3 Anzuwendende Standards**

- (1) Die in § 1 genannten Angebote der Informationstechnik sind nach der Anlage 1 so zu gestalten, dass alle Angebote die unter Priorität I aufgeführten Anforderungen und Bedingungen erfüllen. Weiterhin sollen zentrale Navigations- und Einstiegsangebote zusätzlich die unter Priorität II aufgeführten Anforderungen und Bedingungen berücksichtigen.
- (2) Auf der Startseite des Internet- oder Intranetangebotes (§ 1 Nummer 1 und 2) eines Trägers öffentlicher Gewalt im Sinne des § 1 Absatz 2 Satz 1 des Behindertengleichstellungsgesetzes sind gemäß Anlage 2 folgende Erläuterungen in Deutscher Gebärdensprache und in Leichter Sprache bereitzustellen:
  1. Informationen zum Inhalt,
  2. Hinweise zur Navigation sowie
  3. Hinweise auf weitere in diesem Auftritt vorhandene Informationen in Deutscher Gebärdensprache oder in Leichter Sprache.

Die Anforderungen und Bedingungen der Anlage 1 bleiben unberührt.

- (3) Das Informationstechnikzentrum Bund berät und unterstützt die Träger öffentlicher Gewalt bei ihrer Aufgabe, ihre Internet- und Intranetangebote nach Maßgabe dieser Rechtsverordnung zugänglich zu gestalten.

### **§ 4 Folgenabschätzung**

Die Verordnung ist unter Berücksichtigung der technischen Entwicklung regelmäßig zu überprüfen.

#### **Anlage (zu § 3 Abs. 1)**

Die aktuelle Anlage mit konkreten Gestaltungsempfehlungen und Glossar findet sich in [www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bitv\\_2\\_0/gesamt.pdf](http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bitv_2_0/gesamt.pdf).

# Abbildungen

<b>Abbildung 1</b>	Bedienbarkeit versus Vielseitigkeit von Werkzeugen .....	4
<b>Abbildung 2</b>	Komponenten eines Arbeitssystems nach Ulich.....	18
<b>Abbildung 3</b>	Beispiel einer hierarchischen Aufgabenanalyse (HTA).....	24
<b>Abbildung 4</b>	Ursachen und Wirkungen von Belastungen und Beanspruchungen .....	38
<b>Abbildung 5</b>	Wirkung von Pausen nach Ulich .....	41
<b>Abbildung 6</b>	Kognitives Stressmodell nach Orendi und Ulich.....	47
<b>Abbildung 7</b>	Schalenmodell körperlich-räumlicher Kontexte der Computernutzung .....	55
<b>Abbildung 8</b>	Schalenmodell mit Beispielen .....	62
<b>Abbildung 9</b>	Menschlicher Kognitionszyklus .....	68
<b>Abbildung 10</b>	Wahrnehmung als Prozess.....	73
<b>Abbildung 11</b>	Horizontales Sehfeld.....	74
<b>Abbildung 12</b>	Vertikales Sehfeld.....	75
<b>Abbildung 13</b>	Adaptionsfähigkeit des helladaptierten Auges (Dunkeladaptation).....	76
<b>Abbildung 14</b>	Sehschärfe im Gesichtsfeld für das linke Auge .....	77
<b>Abbildung 15</b>	Sehschärfe in Abhängigkeit von der Leuchtdichte des betrachteten Objekts .....	78
<b>Abbildung 16</b>	Akkomodationsfähigkeit des Auges in Abhängigkeit von Lebensalter .....	78
<b>Abbildung 17</b>	Nahpunkt in Abhängigkeit vom Lebensalter (statistisch).....	79
<b>Abbildung 18</b>	Relative Farbempfindlichkeit des helladaptierten Auges .....	81
<b>Abbildung 19</b>	Relative summative Farbempfindlichkeit des Auges.....	82
<b>Abbildung 20</b>	Farbempfindlichkeit des Auges in Abhängigkeit von der Ortsfrequenz .....	83
<b>Abbildung 21</b>	Gesetz der guten Gestalt (hier auch Gesetz der guten Fortsetzung) .....	84
<b>Abbildung 22</b>	Gesetz der Gleichheit.....	84
<b>Abbildung 23</b>	Gesetz der Nähe.....	85

<b>Abbildung 24</b>	Verstärkung und Abschwächung von Wirkungen .....	85
<b>Abbildung 25</b>	Isolation von Darstellungselementen.....	86
<b>Abbildung 26</b>	Typisches Auslöseverhalten einer Taste (Auslösehysteresis).....	88
<b>Abbildung 27</b>	Inkompatible mentale und technische Modelle .....	103
<b>Abbildung 28</b>	Zeitliche Entwicklung von System und mentalem Modell.....	104
<b>Abbildung 29</b>	Modell des menschlichen Gedächtnisses.....	106
<b>Abbildung 30</b>	Model Human Processor von Card, Moran und Newell.....	107
<b>Abbildung 31</b>	Semiotische Triade der Zeichen nach Peirce und Morris .....	111
<b>Abbildung 32</b>	Beispiele für Assoziationen .....	115
<b>Abbildung 33</b>	Schichtenmodell menschlichen Wissens .....	122
<b>Abbildung 34</b>	Interaktivität und Multimedialität.....	142
<b>Abbildung 35</b>	Kommunikationsmodell von Shannon und Weaver .....	145
<b>Abbildung 36</b>	Kommunikationsmodell nach dem Modell von Shannon und Weaver .....	145
<b>Abbildung 37</b>	6-Ebenen-Modell für menschliche Kommunikation (mentales Modell) .....	148
<b>Abbildung 38</b>	6-Ebenen-Modell für kommunizierende Systeme (technisches Modell).....	149
<b>Abbildung 39</b>	Handlungsmodell nach Leontjew .....	154
<b>Abbildung 40</b>	Entitäten der Aktivitätstheorie nach Cole, Engeström und Nardi.....	155
<b>Abbildung 41</b>	Gulf of Execution und Gulf of Evaluation nach Norman .....	156
<b>Abbildung 42</b>	Verfeinertes Handlungsmodell von Norman .....	157
<b>Abbildung 43</b>	Prozessführungsmodell nach Rasmussen .....	158
<b>Abbildung 44</b>	6-Ebenen-Modell für menschliche Handlungen (mentales Modell).....	162
<b>Abbildung 45</b>	6-Ebenen-Modell für Handlungssysteme (technisches Modell).....	163
<b>Abbildung 46</b>	Direktheit und Einbezogenheit nach Hutchins, Hollan und Norman.....	166
<b>Abbildung 47</b>	Direktheit und Einbezogenheit (Systembeispiele).....	167
<b>Abbildung 48</b>	Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum nach Milgram .....	169
<b>Abbildung 49</b>	zweidimensionaler Gestaltungsraum Realität – Virtualität .....	169
<b>Abbildung 50</b>	Zeitliche Phasen eines Interaktionsschritts .....	174
<b>Abbildung 51</b>	Qualitativer Verlauf fehlerhafter Interaktionen .....	179

<b>Abbildung 52</b>	Qualitative Abhängigkeit zw. Korrektheit d. Interaktion und Ausgaberate.	181
<b>Abbildung 53</b>	Software-Entwicklungsprozess nach Selig.....	186
<b>Abbildung 54</b>	Ressourcenbedarf im Software-Entwicklungsprozess nach Nash .....	187
<b>Abbildung 55</b>	Spiralmodell der Software-Entwicklung nach Boehm.....	188
<b>Abbildung 56</b>	Entwicklungsprozess nach ISO 9241-210 .....	190
<b>Abbildung 57</b>	Medien-Engineering-Prozess.....	192
<b>Abbildung 58</b>	IFIP-Modell für Benutzungsschnittstellen nach Dzida.....	209
<b>Abbildung 59</b>	Kriteriensystem für das IFIP-Modell nach Dzida .....	209
<b>Abbildung 60</b>	Anwendungsrahmen für Gebrauchstauglichkeit nach ISO 9241-11 .....	212
<b>Abbildung 61</b>	Eye Tracking Heatmap .....	265
<b>Abbildung 62</b>	Eye Tracking Gaze Plot.....	266





# Literatur

- Allen, J. (1989). Natural Language Understanding. In Barr, A., Cohen, P.R. & Feigenbaum, E.A. (Eds.) *The Handbook of Artificial Intelligence*, Vol. IV. Reading: Addison-Wesley, 193–239.
- Andersen, J.R. (1983). *The Architecture of Cognition*. Cambridge: Harvard University Press.
- Andersen, J.R. (1993). *Rules of Mind*. Hillsdale: Erlbaum.
- Andersen, P.B. (1997). *A Theory of Computer Semiotics*. New York: Cambridge University Press.
- Atkinson, R.C. & Shiffrin, R. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. In Spence, K.W. & Spence, J.T. (Eds.) *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*, Vol. 2. New York: Academic Press.
- Atkinson, R.C. & Shiffrin, R.M. (1971). The control of short-term memory. *Scientific American*, August 1971, 82–90.
- Baecker, R.M. & Buxton, W.A.S. (Eds.) (1987). *Readings in Human-Computer-Interaction*. San Francisco: Morgan Kaufmann.
- Baecker, R.M., Grudin, J., Buxton, W.A.S. & Greenberg, S. (Eds.) (1995). *Readings in Human-Computer-Interaction: Towards the Year 2000* (2<sup>nd</sup> Ed.). San Francisco: Morgan Kaufmann.
- Balzert, H., Hoppe, H.U., Oppermann, R., Peschke, H., Rohr, G. & Streitz, N.A. (Hrsg.) (1988). *Einführung in die Software-Ergonomie*. Berlin: Walter de Gruyter.
- Barfield, W. & Caudell, T. (2001). *Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Barr, A., Cohen, P.R. & Feigenbaum, E.A. (Eds.) (1981–1989). *The Handbook of Artificial Intelligence*. Vol. I–III: Los Altos: Kaufmann, Vol. IV. Reading: Addison-Wesley.
- Bass, L., Kasabach, C., Martin, R., Siewiorek, D., Smailagic, A. & Stivoric, J. (1997). The Design of a Wearable Computer, *Proceedings of CHI 1997*. New York: ACM Press, 141–146.
- Baudrillard, J. (1981). *Simulacra and Simulation*. Ann Arbor: The University of Michigan Press.

- Baudrillard, J. (1996). *The System of Objects*. London: Verso, (Originalfassung: *Le système des objets*, Edition Gallimard, 1968).
- Bearne, M., Jones, S. & Sapsford-Francis, J. (1994). Towards Usability Guidelines for Multimedia Systems. *Proceedings of the Second ACM International Conference on Multimedia*. New York: ACM Press, 105–110.
- Beyer, H. & Holtzblatt, K. (1998). *Contextual Design*. San Diego: Academic Press.
- Bias, R.G. & Mayhew, D.J. (2005). *Cost-Justifying Usability*. San Francisco: Morgan Kaufmann.
- Birbaumer, N. & Schmidt, R. (2010). *Biologische Psychologie*. Berlin: Springer.
- Boehm, B.W. (1988). A Spiral Model of Software Development and Enhancement. *IEEE Computer*, 21(5), 61–72.
- Bogaschewsky, R. (1992). Hypertext-/Hypermedia-Systeme – Ein Überblick. *Informatik Spektrum*, 15(3), 127–143.
- Bolt, R. (1980). Put That There: Voice and Gesture at the Graphics Interface. *ACM Computer Graphics*, 14(3), 262–270.
- Brami, R. (1997). Icons: A Unique Form of Painting. *ACM Interactions*. September/October 1997. New York: ACM Press, 15–28.
- Brewster, S.A. (1998). Using Nonspeech Sounds to Provide Navigation Cues. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 5(3), 224–259.
- Brewster, S.A., Wright, P.C. & Edwards, A.D.N. (1993). An Evaluation of Earcons in Auditory Human-Computer Interfaces. *Proceedings of INTERCHI 1993*. New York: ACM Press, 222–227.
- Brooks, F.P. (1975). *The Mythical Man Month. Essays on Software Engineering*. Reading: Addison-Wesley.
- Bush, V. (1945). As we may think. *Atlantic Monthly*, 176(1), 101–108.
- Buurman, G.M. (Ed.) (2005). *Total Interaction*. Basel: Birkhäuser.
- Çakir, A. (2004). *RSI oder Mausarm – ein Standard macht krank!* Computer-Fachwissen, 9/2004, 4–8.
- Card, S.K., Moran, T.P. & Newell, A. (1983). *The Psychology of Human-Computer-Interaction*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Carroll, J.M. (Ed.) (2002). *Human-Computer Interaction in the New Millennium*. New York: ACM Press.

- Carroll, J.M., Mack, R.L. & Kellog W.A. (1988). Interface Metaphors and User Interface Design. In Helander, M. (Ed.) *Handbook of Human Computer Interaction*. Amsterdam: Elsevier, 67–85.
- Carroll, J.M. & Olson, J.R. (1988). Mental Models in Human-Computer Interaction. In Helander, M. (Ed.) *Handbook of Human Computer Interaction*. Amsterdam: Elsevier, 45–65.
- Cassell, J., Sullivan, J., Prevost, S. & Churchill, E. (Eds.) (2000). *Embodied Conversational Agents*. Cambridge: MIT Press.
- Chaiklin, S., Hedegaard, M. & Jensen, U.J. (Eds.) (1999). *Activity Theory and Social Practice*. Aarhus: Aarhus University Press.
- Charwat, H.J. (1994). *Lexikon der Mensch-Maschine-Kommunikation*. München: Oldenbourg.
- Clarke, A.C. (1968). *2001: A Space Odyssey*. New York: New American Library.
- Cole, M. & Engeström, Y. (1993). A cultural-historical approach to distributed cognition. In Salomon, G. (Ed.) *Distributed Cognitions: Psychological and educational considerations*. Cambridge: Cambridge University Press, 1–45.
- Cooper, A. (1999). *The Inmates are Running the Asylum*. Indianapolis: SAMS.
- Cooper, A., Reimann, R. & Cronin, D. (2007). *About Face 3.0 – The Essentials of Interaction Design*. 3<sup>rd</sup> Edition. Indianapolis: Wiley.
- Cooper, A., Reimann, R., Cronin, D. & Noessel, C. (2014). *About Face – The Essentials of Interaction Design*. 4<sup>th</sup> Edition. Indianapolis: Wiley.
- Cotton, I.W. (1978). *Measurement of Interactive Computing: Methodology and Application*. National Bureau of Standards Special Publication, 500–548.
- Cytowic, R.E. (2002). *Synaesthesia: A Union of the Senses*. Cambridge: MIT Press.
- Dahm, M. (2006). *Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion*. München: Pearson.
- Dix, A., Finlay, J., Abouwd, G.D. & Beale, R. (2004). *Human-Computer Interaction*. Harlow: Pearson Education Ltd./Prentice Hall.
- Dodsworth, C. (Ed.) (1998). *Digital Illusion – Entertaining the Future with High Technology*. Reading: Addison-Wesley.
- Dourish, P. (2001). *Where the Action Is*. Cambridge: MIT Press.
- Draper, S.W. (1986). Display Managers as the Basis for User-Machine Communication. In Norman, D.A. & Draper S.W. (Eds.) *User Centered System Design*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 339–352.

- Dunckel, H., Volpert, W., Zölch, M., Kreutner, U., Pleiss, C. & Hennes, K. (1993). *Kontrastive Aufgabenanalyse im Büro – Der KABA-Leitfaden: Grundlagen und Manual*. Zürich: vdf-Hochschulverlag.
- Dutke, S. (1994). *Mentale Modelle. Konstrukte des Wissens und Verstehens – Kognitionspsychologische Grundlagen für die Software-Ergonomie*. Göttingen: Verlag für angewandte Psychologie.
- Dwivedi, A. & Clarke S. (Eds.) (2012). *End-User Computing, Development, and Software Engineering: New Challenges*. Hershey: Information Science Reference.
- Dzida, W. (1983). Das IFIP-Modell für Benutzungsschnittstellen. *Office Management*. Sonderheft 31, Baden-Baden: FBO, 6–8.
- Dzida, W. (1988). Modellierung und Bewertung von Benutzerschnittstellen. In: *Software-Kurier*, (1), 13–28.
- Dzida, W. (1989). The Development of Ergonomic Standards. *SIGCHI Bulletin*, January, 1989. New York: ACM Press, 35-43.
- Dzida, W., Herda, S. & Itzfeldt, W.D. (1978). User-Perceived Quality of Interactive Systems. *IEEE Transactions of Software Engineering*. Vol. SE-4 (4), July 1978. New York: IEEE, 270-276.
- Eco, U. (1972). *Einführung in die Semiotik*. München: Wilhelm Fink.
- Endsley, M.R. & Garland, D.J. (Ed.) (2000). *Situation Awareness – Analysis and Measurement*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Fischer, G. & Herczeg, M. (1986). Wissensbasierte Systeme und Mensch-Computer-Kommunikation. In Bullinger, H.-J. & Gunzenhäuser, R. (Hrsg.), *Software-Ergonomie*. Sindelfingen: Expert, 103–120.
- Fitts, P.M. (1951). *Human engineering for an effective air navigation and traffic control system*. Ohio State University Research Foundation Report. Columbus: Ohio State University.
- Fitts, P.M. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, 47(6), 381–391.
- Flusser, V. (1993). *Dinge und Undinge*. München: Carl Hanser Verlag.
- Foley, H.J. & Matlin, M.W. (2010). *Sensation & Perception*, Fifth Ed.. Boston: Pearson.
- Funge, J. (2000). Cognitive Modelling for Games and Animation. *Communications of the ACM*, 43(7), 40–48.
- Geiser, G. (1990). *Mensch-Maschine-Kommunikation*. München: Oldenbourg.
- Gentner, D. & Stevens, A.L. (Eds.) (1983). *Mental Models*. New York: Psychology Press.

- Görz, G. (Hrsg.). (1995). *Einführung in die Künstliche Intelligenz*. Bonn: Addison-Wesley.
- Green, D.M. & Swets, J.A. (1966). *Signal detection theory and psychophysics*. New York: Wiley.
- Greenstein, J.S. & Arnaut, L.Y. (1987). Human Factor Aspects of Manual Computer Input Devices. In G. Salvendy (Ed.) *Handbook of Human Factors*, Chapter 11.4, New York: Wiley, 1450–1489.
- Greif, S. (1978). Intelligenzabbau und Dequalifizierung durch Industriearbeit? In Frese, M., Greif, S. & Semmer, N. (Hrsg.) *Industrielle Psychopathologie*. Bern: Huber, 232–256.
- Greif, S. (1989). Stress. In Greif, S., Holling, H. & Nicholson, N. (Hrsg.). *Arbeits- und Organisationspsychologie. Internationales Handbuch in Schlüsselbegriffen*. München: Psychologie Verlags Union, 142–159.
- Gross, T. & Koch, M. (2007). *Computer-Supported Cooperative Work*. München: Oldenbourg.
- Grunwald, M. (2008). *Human Haptic Perception: Basics and Applications*. Basel: Birkhäuser Verlag.
- Haack, J. (2002). Interaktivität als Kennzeichen von Multimedia und Hypermedia. In Issing, L.J. & Klimsa, P. (Hrsg.), *Information und Lernen mit Multimedia und Internet*. Weinheim: Beltz – Psychologische Verlags Union, 127–136.
- Habel, C., Herweg, M. & Pribbenow, S. (1995). Wissen über Zeit und Raum. In Görz, G. (Hrsg.), *Einführung in die Künstliche Intelligenz*. Bonn: Addison-Wesley, 129–202.
- Hacker, W. (1986). *Arbeitspsychologie*. Bern: Hans Huber.
- Hackos, J.T. & Redish, J.C. (1998). *User and Task Analysis for Interface Design*. New York: Wiley.
- Hartwig, R. (2007). *Ergonomie interaktiver Lernmedien*. München: Oldenbourg.
- Hartwig, R., Herczeg, M. & Kritzenberger, H. (2002). Aufgaben- und benutzerzentrierte Entwicklungsprozesse für web-basierte Lernumgebungen. *i-com – Zeitschrift für interaktive und kooperative Medien*, 1/2002, 18–24.
- Hartwig, R., Triebe, J.K. & Herczeg, M. (2002). Software-ergonomische Evaluation im Kontext der Entwicklung multimedialer Lernmodule für die virtuelle Lehre. In Herczeg, M., Prinz, W. & Oberquelle, H. (Hrsg.), *Mensch & Computer 2002: Vom interaktiven Werkzeug zu kooperativen Arbeits- und Lernwelten*. Stuttgart: Teubner, 313–322.
- Hassenzahl, M., Burmester, M. & Koller, F. (2003). AttrakDiff: Ein Fragebogen zur Messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer Qualität. In Szwillus, G. & Zieg-

- ler, J. (Hrsg.): *Mensch & Computer 2003: Interaktion in Bewegung*. Stuttgart: Teubner, 187–196.
- Hayles, N.K. (1999). *How we became Posthuman – Virtual Bodies in Cybernetics, Literature, and Informatics*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Hayward, V. (2008). Haptic shape cues, invariants, priors and interface design. In Grunwald, M. (Ed.) *Human Haptic Perception: Basics and Applications*. Basel: Birkhäuser Verlag.
- Helander, M. (Ed.) (1988). *Handbook of Human Computer Interaction*. Amsterdam: Elsevier.
- Heinecke, A.M. (2004). *Mensch-Computer-Interaktion*. München: Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag.
- Herczeg, M. (1988). ELAB: Direkt manipulative Simulation elektrischer Schaltungen. In Gunzenhäuser, R. & Böcker, H.-D. (Hrsg.), *Prototypen benutzergerechter Computersysteme*. Berlin: Walter de Gruyter, 19–34.
- Herczeg, M. (1994). *Software-Ergonomie*. Bonn: Addison-Wesley.
- Herczeg, M. (2000). Sicherheitskritische Mensch-Maschine-Systeme. *FOCUS MUL*, 17(1), 6–12.
- Herczeg, M. (2001). A Task Analysis Framework for Management Systems and Decision Support Systems. *ACIS International Journal of Computer & Information Science*, 2(3), 127–138.
- Herczeg, M. (2002). Intention-Based Supervisory Control - Kooperative Mensch-Maschine-Kommunikation in der Prozessführung. In Grandt, M. & Gärnter, K.-P. (Hrsg.), *Situation Awareness in der Fahrzeug- und Prozessführung*, DGLR-Bericht 2002-04. Bonn: Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt, 29–42.
- Herczeg, M. (2004). Experience Design for Computer-Based Learning Systems: Learning with Engagement and Emotions. In Cantoni, L. & McLoughlin, C. (Eds.) *Proceedings of ED-MEDIA 2004*, Norfolk: AACE, 275–280.
- Herczeg, M. (2004a). Interaktions- und Kommunikationsversagen in Mensch-Maschine-Systemen als Analyse- und Modellierungskonzept zur Verbesserung sicherheitskritischer Technologien. In Grandt, M. (Hrsg.), *Verlässlichkeit der Mensch-Maschine-Interaktion*, DGLR-Bericht 2004-03. Bonn: Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt, 73–86.
- Herczeg, M. (2006). *Interaktionsdesign*. München: Oldenbourg.
- Herczeg, M. (2006a). Analyse und Gestaltung multimedialer interaktiver Systeme. In Konradt, U. & Zimolong, B. (Hrsg.), *Ingenieurpsychologie, Enzyklopädie der Psychologie*, Serie III, Band 2, 531–562.

- Herczeg, M. (2006b). Differenzierung mentaler und konzeptueller Modelle und ihrer Abbildungen als Grundlage für das Cognitive Systems Engineering. In Grandt, M. (Hrsg.), *Cognitive Engineering in der Fahrzeug- und Prozessführung*, DGLR-Bericht 2006-02. Bonn: Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt, 1–14.
- Herczeg, M. (2007). *Einführung in die Medieninformatik*. München: Oldenbourg.
- Herczeg, M. (2008). Vom Werkzeug zum Medium: Mensch-Maschine-Paradigmen in der Prozessführung. In Grandt, M. & Bauch, A. (Hrsg.) *Beiträge der Ergonomie zur Mensch-System-Integration*, DGLR-Bericht 2008-04. Bonn: Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt, 1–11.
- Herczeg, M. (2009). *Software-Ergonomie. Theorien, Modelle und Kriterien für gebrauchstaugliche interaktive Computersysteme*. 3. Auflage. München: Oldenbourg.
- Herczeg, M. (2009a). Zusammenwirken von Mensch, Technik und Organisation in Kernkraftwerken. In *Zur Sicherheit von Kernkraftwerken*. Kiel: Ministerium für Soziales, Gesundheit, Familie, Jugend und Senioren des Landes Schleswig-Holstein, 33–40.
- Herczeg, M. (2009b). Medieninformatik NXG – Die nächste Generation: Wie Kinder und Jugendliche heute die Medien von morgen erlernen können. *it Information Technology*, Vol. 51, 6, 303–308.
- Herczeg, M. (2010). Die Rückkehr des Analogen: Interaktive Medien in der Digitalen Prozessführung. In Grandt, M. & Bauch, A. (Eds.) *Innovative Interaktionstechnologien für Mensch-Maschine-Schnittstellen*. Bonn: Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt e.V., 13–28.
- Herczeg, M. (2010a). The Smart, the Intelligent and the Wise: Roles and Values of Interactive Technologies. In *Proceedings of the First International Conference on Intelligent Interactive Technologies and Multimedia (IITM 2010), Dec. 27–30, 2010, IIIT Allahabad, India*. ACM, 17–26.
- Herczeg, M. (2012). Mixed Reality Learning. In Seel, N.M. (Ed.) *Encyclopedia of the Sciences of Learning*. Vol. 5: M–N, 1. Auflage. Berlin: Springer, US 2284–2287.
- Herczeg, M. (2013). Risiken beim Betrieb von Kernkraftwerken: Die Kernkraft nach Fukushima und der Faktor Mensch. In *Wendepunkt Fukushima – Warum der Atomausstieg richtig ist*. Kiel: Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (MELUR) des Landes Schleswig-Holstein, 23–32.
- Herczeg, M. (2014). *Prozessführungssysteme: Sicherheitskritische Mensch-Maschine-Systeme und interaktive Medien zur Überwachung und Steuerung von Prozessen in Echtzeit*. Berlin, München: de Gruyter, Oldenbourg-Verlag.

- Herczeg, M. (2014a). Design for Responsibility: Die Rolle des Operators zwischen Automation und Verantwortung. In Grandt, M & Schmerwitz, S (Eds.) *Der Mensch zwischen Automatisierung, Kompetenz und Verantwortung: 56. Fachausschusssitzung Anthropotechnik*. DGLR-Bericht 2014-01. Ottobrunn: Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt e.V., 1–15.
- Herczeg M. & Koch M. (2015). *Allgegenwärtige Mensch-Computer-Interaktion: Dienste für alle nutzbar und beherrschbar machen*. Informatik Spektrum, Vol. 38, 290-295.
- Herczeg, M. & Stein, M. (2012). Human Aspects of Information Ergonomics. In Stein, M. & Sandl, P. (Eds.) *Information Ergonomics: A Theoretical Approach and Practical Experience in Transportation*. Berlin: Springer, 59–98.
- Hone, G. & Stanton, N. (2004). *HTA: The development and use of tools for Hierarchical Task Analysis in the Armed Forces and elsewhere*. HFIDTC/WP2.2.1/1, Human Factors Integrations Defense Technology Centre, UK.
- Hoyos, C. (1987). Motivation. In Salvendy, G. (Ed.) *Human Factors*. New York: Wiley, 108–123.
- Hoyos, C. (1990). Menschliches Handeln in technischen Systemen. In Hoyos, C. & Zimolong, B. (Hrsg.), *Ingenieurpsychologie. Enzyklopädie der Psychologie, Band 2*. Göttingen: Hogrefe, 1–30.
- Hüttig A. & Herczeg M. (2015). Tool-based gradual User Modeling for Usability Engineering. In *ECCE 2015, Proceedings of the European Conference on Cognitive Ergonomics*.
- Hüttig A. & Herczeg M. (2016). Tool-Supported Usability Engineering for Continuous User Analysis. In Kurosu, M (Ed.) *HCI International 2016*, Toronto, Canada, 302-312.
- Hüttig A. & Herczeg M. (2016a). Seamless User Analysis with Integrated User Models in a Usability Engineering Repository. In Soares, M, Falcão, C. & Ahram, T.Z. (Eds.) *Proceedings of the AHFE 2016*, International Conference on Ergonomics Modeling, Usability & Special Populations, 2016, Walt Disney World, Florida, USA. Springer, 103-113.
- Hurtienne, J., Mohs, C., Meyer, H.A., Kindsmüller, M.C. & Israel, J.H. (2006). Intuitive Use of User Interfaces – Definition und Herausforderungen. *i-com: Zeitschrift für interaktive und kooperative Medien*, 3/2006, 38–41.
- Hutchins, E.L., Hollan, J.D. & Norman, D.A. (1986). Direct Manipulation Interfaces. In Norman, D.A. & Draper S.W. (Eds.) *User Centered System Design*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 87–124.
- Ishii, H. & Ullmer, B. (1997). Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms. *Proceedings of CHI 1997*. New York: ACM Press, 234–241.



- Ishii, H., Underkoffler, B., Chak, D., Piper, B., Ben-Joseph, E., Yeung, L. & Kanji, S. (2002). Augmented Urban Planning Workbench: Overlaying Drawings, Physical Models, and Digital Simulation. *Proceedings of IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, ISMAR '02*, 2–9.
- Issing, L.J. & Klimsa, P. (Hrsg.). (2002). *Information und Lernen mit Multimedia und Internet*. Weinheim: Beltz – Psychologische Verlags Union.
- Iwata, H, Yano, H, Uemura, T & Moriya, T. (2004). Food simulator: A Haptic Interface for Biting. *Proceedings of IEEE Virtual Reality 2004*, New York: IEEE.
- Jastrzebowski, W. (1857). *Rys Ergonomiji czyli Nauki o Pracy opartej na prawdach poczerpnietych z Nauki Przyrody*. [in polnischer Sprache; dt.: *Grundriss der Ergonomie oder Lehre von der Arbeit, gestützt auf die aus der Naturgeschichte geschöpfte Wahrheit*.], *Przyroda i Przemysl*, 2(29), Poznan [Nachdruck in: *Ergonomia*, Polska Akademia Nauk, tom 2, nr 1, 13–29, 1979, Krakow sowie durch: Centralny Instytut Ochrony Pracy, Warszawa, 1998].
- Johannsen, G. (1993). *Mensch-Maschine-Systeme*. Berlin: Springer.
- John, B.E. (1995). Why GOMS. *ACM Interactions*. October 1995, 80–89.
- Johnson-Laird, P.N. (1986). *Mental Models*. Cambridge: Harvard University Press.
- Johnson-Laird, P.N. (1989). Mental Models. In Posner, M.I. (Ed.) *Foundations of Cognitive Science*. Cambridge: MIT Press.
- Johnson-Laird, P.N. (1992). Mental models. In: Shapiro, S.C. (Ed.) *Encyclopedia of Artificial Intelligence*, (2nd Ed.). New York: Wiley, 932–939.
- Karat, J. (1988). Software Evaluation Methodologies. In Helander, M. (Ed.) *Handbook of Human Computer Interaction*. Amsterdam: Elsevier, 891–903.
- Kay, A. (1977). Microelectronics and the Personal Computer. *Scientific American*, September 1977, 230–244.
- Kay, A. & Goldberg, A. (1976). Personal Dynamic Media. *IEEE Computer*, 10(3), 31–42.
- Keller, J. (1987). Development and Use of the ARCS Model of Instructional Design. *Journal of Instructional Development*, 10(3), 2–10.
- Kieras, D.E. (1988). Towards a Practical GOMS Model Methodology for User Interface Design. In Helander, M. (Ed.) *Handbook of Human Computer Interaction*. Amsterdam: Elsevier, 135–157.
- Kieras, D.E. & Polson, P. (1985). An Approach to the Formal Analysis for User Complexity. *International Journal of Man-Machine-Studies*, 22, 365–394.

- Kim, G., Humble, J. & Debois, P. (2017). *Das DevOps-Handbuch: Teams, Tools und Infrastrukturen erfolgreich umgestalten*. Sebastopol, CA: O'Reilly.
- Kirwan, B. & Ainsworth, L.K. (Eds.) (1992). *A Guide to Task Analysis*. London: Taylor & Francis.
- Klimsa, P. (2002). Multimediane Nutzung aus psychologischer und didaktischer Sicht. In Issing, L.J. & Klimsa, P. (Hrsg.), *Information und Lernen mit Multimedia und Internet*. Weinheim: Beltz – Psychologische Verlags Union, 5–17.
- Kobsa, A. & Wahlster, W. (Eds.) (1989). *User Models in Dialog Systems*. Berlin: Springer.
- Koegel Buford, J.F. (1994). *Multimedia Systems*. Reading: Addison-Wesley.
- Konradt, U. & Hertel, G. (2007). *Telekooperation und virtuelle Teamarbeit*. München: Oldenbourg.
- Kopp, S., Jung, B., Leßmann, N. & Wachsmuth, I. (2003). *Max – A Multimodal Assistant in Virtual Reality Construction*. Gesellschaft für Informatik, KI, 4/03, 11–17.
- Knight, J.L. (1987). Manual Control and Tracking. In G. Salvendy (Ed.) *Handbook of Human Factors*, Chapter 2.7, New York: Wiley, 182–218.
- Kritzenberger, H. & Herczeg, M. (2001). Knowledge and Media Engineering for Distance Education. In Stephanidis, C. (Ed.) *Universal Access in HCI. Towards an Information Society for All*. Proceedings of HCI International 2001. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 229–231.
- Kritzenberger, H. (2005). *Multimediale und Interaktive Lernräume*. München: Oldenbourg.
- Kyllonen, P.C. & Alluisi, E.A. (1987). Learning and Forgetting Facts and Skills. In Salvendy, G. (Ed.) *Human Factors*. New York: Wiley, 124–153.
- Laird, J.E. (2012). *The Soar Cognitive Architecture*. Cambridge: MIT Press.
- Lanc, O. (1975). *Ergonomie*. Urban Taschenbücher, Band 197. Stuttgart: Kohlhammer.
- Laurel, B. (1993). *Computers as Theatre*. Reading: Addison-Wesley.
- Law, E.L.-C., Roto, V., Hassenzahl, M., Vermeeren, A.P.O.S. & Kort, J. (2009). Understanding, Scoping and Defining User Experience: A Survey Approach. In *Proceedings of CHI 2009*. Boston: ACM Press, 719–728.
- Leakey, R. (1994). *The Origin of Humankind*. New York: Basic Books.
- Leontjew, A. N. (1979). *Tätigkeit, Bewusstsein, Persönlichkeit*. Berlin: Volk und Wissen.
- Lurija, A.R. (1992). *Das Gehirn in Aktion. Einführung in die Neuropsychologie*. Hamburg: Rowohlt.

- Marcus, A. (2003). Icons, Symbols, and Signs: Visible Languages to Facilitate Communication. *ACM Interactions*. May + June 2003, 37–43.
- Matheson, C., Pelachaud, C., de Rosis, F. & Rist, T. (2003). *MagiCster: Believable Agents and Dialogue*. Gesellschaft für Informatik, KI, 4/03, 24–29.
- Mayhew, D.J. (1999). *The Usability Engineering Lifecycle*. San Francisco: Morgan Kaufmann.
- MacKenzie, I.S. & Buxton, B. (1993). A Tool for the Rapid Evaluation of Input Devices using Fitts' Law Models. *SIGCHI Bulletin*, Band 25(3), July 1993, 58–63.
- McLuhan, M. (1964). *Understanding Media – The Extensions of Man*. Cambridge: MIT Press.
- Mentler, T., Herczeg, M., Jent, S., Stoislow, M. & Kindsmüller, M.C. (2012). Routine Mobile Applications for Emergency Medical Services in Mass Casualty Incidents. In *Biomed Tech - Proceedings BMT 2012*. Vol. 57 (Suppl. 1). Walter de Gruyter, 784–787.
- Mentler T. & Herczeg M. (2013). Routine- und Ausnahmehetrieb im mobilen Kontext des Rettungsdienstes. In Boll, S, Maaß, S & Malaka, R (Eds.) *Mensch & Computer 2013*. München, 109–118.
- Mentler T. & Herczeg M. (2013a). Ein benutzer- und aufgabenzentriertes mobiles Anwendungssystem für den Massenanfall von Verletzten. In Handels, H & Ingenerf, J (Eds.) *Abstractband GMDS 2013: Im Focus das Leben - Interdisziplinäre Forschung für die Patientenversorgung der Zukunft*. Lübeck: Universität zu Lübeck, 53–54.
- Mentler T. & Herczeg M. (2013b). Applying ISO 9241-110 Dialogue Principles to Tablet Applications in Emergency Medical Services. In Comes, T, Fiedrich, F, Fortier, S, Geldermann, J & Müller, T (Eds.) 10th International ISCRAM Conference. Baden-Baden, 502–506.
- Mentler T. & Herczeg M. (2013c). Ein mobiles computerbasiertes Dokumentations- und Informationssystem für den Massenanfall von Verletzten. *Der Notarzt*, Vol. 29, A4.
- Mentler T. Jent S., & Herczeg M. (2013). Ein interaktives Trainingssystem zur Nutzung mobiler computerbasierter Werkzeuge bei rettungsdienstlichen Großeinsätzen. In Grandt, M & Schmerwitz, S (Eds.) *Ausbildung & Training in der Fahrzeug- und Prozessführung: 55. Fachausschusssitzung Anthropotechnik*. DGLR, 103–117.
- Mentler T. & Herczeg M. (2014). Human Factors and Ergonomics in Mobile Computing for Emergency Medical Services. In Ahram, T, Karwowski, W & Marek, T (Eds.) *Proceedings of the 5th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics AHFE*. Krakau, Poland: AHFE, 4149–4160.

- Mentler T. & Herczeg M. (2014a). Mensch-Maschine-Systeme im resilienten Krisenmanagement. In Koch, M, Butz, A & Schlichter, J (Eds.) *Mensch und Computer 2014 - Workshopband*. de Gruyter Oldenbourg, 105–110.
- Mentler T. & Herczeg M. (2014b). Interactive Cognitive Artifacts for Enhancing Situation Awareness of Incident Commanders in Mass Casualty Incidents. In *ECCE 2014 Proceedings of the 2014 European Conference on Cognitive Ergonomics*. Vienna, Austria: ACM.
- Milgram, P. & Kishino, F. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Transactions on Information Systems*, Vol. E77-D, No. 12.
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A. & Kishino, F. (1994). Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum. *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, SPIE, Vol. 2351, 282–292.
- Miller, G.A. (1956). The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on our Capacity for Processing Information. *Psychological Review*, 63(2), 81–97.
- Moggridge, B. (2007) (Ed.). *Designing Interactions*. Cambridge: MIT-Press.
- Moran, T.P. (1981). The Command Language Grammar: A Representation for the User Interface for Interactive Computer Systems. *International Journal of Man-Machine-Studies*, 15, 3–50.
- Moran, T.P. (1983). Getting into a System: External-Internal Task Mapping Analysis. In *Proceedings of CHI 1983*. New York: ACM, pp. 45-49.
- Münch, S. & Dillmann, R. (1997). Haptic Output in Multimodal User Interfaces. *Proceedings of the Second International Conference on Intelligent User Interfaces*, New York: ACM Press, 105–112.
- Mulder, S. & Yaar, Z. (2007). *The User Is Always Right*. Berkeley: Riders.
- Murray, J.H. (1997). *Hamlet on the Holodeck – The Future of Narrative in Cyberspace*. Cambridge: MIT Press.
- Myers, B.A. (1998). A Brief History of Human-Computer Interaction Technology. *ACM Interactions*, March/April 1998, 44–54.
- Nake, F. (2001). Das algorithmische Zeichen. In Bauknecht, W., Brauer, W. & Mück, T. (Hrsg.), *Tagungsband der GI/OCG Jahrestagung 2001, Bd. II*, Universität Wien, 736–742.
- Nardi, B. (Ed.) (1996). *Context and Consciousness – Activity Theory and Human-Computer Interaction*. Cambridge: MIT Press.

- Naumann, A., Pohlmeier, A., Hußlein, S., Kindsmüller, M.C., Mohs, C. & Israel, J.H. (2008). Design for Intuitive Use: Beyond Usability. *Proceedings of CHI 2008*. New York: ACM, 2375–2378.
- Naur, P. & Randell, B. (Eds.) (1969). *Software Engineering*. Report on a conference sponsored by the NATO Science Committee, 7.-11.10.1968 in Garmisch, Brussels: NATO Scientific Affairs Division.
- Newell, A. & Simon, H. (1972). *Human Problem Solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Newell, A. (1973). *Production Systems: Models of Control Structures*. Technical Report, Carnegie-Mellon University, Department of Computer Science, Pittsburgh.
- Newell, A. (1990). *Unified Theories of Cognition*. Cambridge: Harvard University Press.
- Niegemann, H. (2001). *Neue Lernmedien*. Bern: Hans Huber.
- Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. San Francisco: Morgan Kaufmann.
- Norman, D.A. (1981). Categorization of Action Slips. *Psychological Review*, 88(1), 1–15.
- Norman, D.A. (1986). Cognitive Engineering. In Norman, D.A. & Draper S.W. (Eds.) *User Centered System Design*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 31–61.
- Norman, D.A. (1999). *The Invisible Computer*. Cambridge: MIT Press.
- Norman, D.A. & Draper, S.W. (Eds.) (1986). *User Centered System Design*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Norman, D.A. (2004). *Emotional Design*. New York: Basic Books.
- Nöth, W. (2000). *Handbuch der Semiotik*. Stuttgart-Weimar: Metzler.
- Oviatt, S., Cohen, P., Wu, L., Vergo, J., Duncan, L., Suhm, B., Bers, J., Holzman, T., Winograd, T., Landay, J., Larson, J. & Ferro, D. (2002). On Designing the User Interface for Multimodal Speech and Pen-Based Gesture Applications: State-of-the-Art Systems and Future Directions. In Carroll, J.M. (Ed.) *Human-Computer Interaction in the New Millennium*. New York: ACM Press, 421–456.
- Paterson, M. (2007). *The Senses of Touch: Haptics, Affects and Technologies*. Oxford: Berg.
- Patten, J., Ishii, H., Hines, J. & Pangaro, G. (2001). Sensetable: A Wireless Object Tracking Platform for Tangible User Interfaces. *Proceedings of CHI 2001*. New York: ACM Press, 253–260.
- Payne, S.J. (1983). Task-Action Grammars. *Proceedings of INTERACT 1984*. IFIP, 139–144.
- Payne, S.J. & Green, T.R.G. (1983). The User's Perception of the Interaction Language: A Two-Level Model. *Proceedings of CHI 1983*. New York: ACM Press, 202–206.

- Peschke, H. (1988). Partizipative Entwicklung und Einführung von Informationssystemen. In Balzert, H. et al. (Hrsg.), *Einführung in die Software-Ergonomie*. Berlin: Walter de Gruyter, 299–322.
- Piper, B., Ratti, C. & Ishii, H. (2001). Illuminating Clay: A 3D Tangible Interface for Landscape Analysis. *Proceedings of CHI 2001*. New York: ACM Press, 355–362.
- Preece, J., Rogers, Y. & Sharp, H., (2002). *Interaction Design*. New York: Wiley.
- Preece, J., Rogers, Y., Sharp, H., Benyon, D., Holland, S. & Carey, T. (1994). *Human-Computer Interaction*. Reading: Addison-Wesley.
- Pruitt, J. & Adlin, T. (2006). *The Persona Lifecycle*. San Francisco: Morgan Kaufmann.
- Quek, F., McNeill, D., Bryll, R., Duncan, S., Ma, X.-F., Kirbas, C., McCullough, K.E. & Ansari, R. (2002). Multimodal Human Discourse: Gesture and Speech. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 9(3), 171–193.
- Rasmussen, J. (1982). Human Errors – Taxonomy for describing Human Malfunction in Industrial Installations. *Journal of Occupational Accidents*, 4/1982, 311–333.
- Rasmussen, J. (1983). Skills, Rules, and Knowledge; Signals, Signs, and Symbols, and Other Distinctions in Human Performance Models. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-13(3), 257–266.
- Rasmussen, J. (1984). Strategies for State Identification and Diagnosis. In Rouse, W.B. (Ed.) *Advances in Man-Machine Systems*, Vol.1, 139–193.
- Rasmussen, J. (1985). The Role of Hierarchical Knowledge Representation in Decision-making and System Management. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-15(2), 234–243.
- Rasmussen, J., Pejtersen, A.M. & Goodstein, L.P. (1994). *Cognitive Systems Engineering*. New York: Wiley.
- Rauterberg, M., Strohm, O. & Ulich, E. (1993). *Ergonomie & Informatik*, Vol. 20, 7–21.
- Reason, J. (1990). *Human Error*. New York: Cambridge University Press.
- Rich, E. & Knight, K. (1991). *Artificial Intelligence*. Columbus: McGraw-Hill.
- Rock, I. (1998). *Wahrnehmung*. Heidelberg: Spektrum.
- Ropohl, G. (1979). *Eine Systemtheorie der Technik*. München: Carl Hanser Verlag.
- Rouse, W.B. & Morris, N. (1986). On looking into the black box: Prospects and limits in the search for mental models. *Psychological Bulletin*, 100 (3), 349–363.
- Rubin, J. & Chisnell, D. (2008). *Handbook of Usability Testing. How to Plan, Design, and Conduct Effective Tests*. Second Edition. New York: Wiley.

- Schank, R. & Abelson, R.P. (1977). *Scripts, Plans, Goals and Understanding*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Scharma, S. & Coyne, B. (2015). *DevOps for Dummies*. 2<sup>nd</sup> IBM Limited Edition. Hoboken: Wiley.
- Schelske, A. (2007). *Soziologie vernetzter Medien – Grundlagen computervermittelter Vergesellschaftung*. München: Oldenbourg.
- Scholz, J. (2001). Ubiquitous Computing Goes Mobile. *ACM Mobile Computing and Communications Review*, 5(3), 32–38.
- Schuler, D. & Namioka, A. (Eds.) (1993). *Participatory Design: Principles and Practices*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Seamster, T.L., Redding, R.E., Cannon, J.R., Ryder, J.M. & Purcell, J.A. (1993). Cognitive Task Analysis of Expertise in Air Traffic Control. *The International Journal of Aviation Psychology*, 3(4), 257–283.
- Selker, T. (1996). New Paradigms for Using Computers. *Communications of the ACM*, 39(8), 60–69.
- Seybold, J. (1981). *XEROX's Star*. Seybold Report, 10(16), San Francisco: MediaLive International.
- Shannon, C.E. & Weaver, W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana: University of Illinois Press – Dt. (1976). *Mathematische Grundlagen der Informationstheorie*. München: Oldenbourg.
- Shedroff, N. (2001). *Experience Design*. Indianapolis: New Riders.
- Sherman, W.R. & Craig A.B. (2003). *Understanding Virtual Reality*. San Francisco: Morgan Kaufmann.
- Shneiderman, B. (1983). Direct Manipulation: A Step beyond Programming Languages, *IEEE Computer*, 16(8), 57–69.
- Shneiderman, B. & Plaisant, C. (2005). *Designing the User Interface*. Boston: Pearson/Addison-Wesley.
- Smith, B., Bass, L. & Siegel, J. (1995). On Site Maintenance Using a Wearable Computer System. *Conference Companion of CHI 1995*, New York: ACM Press, 119–120.
- Smith, D.C., Irby, C., Kimball, R. & Harslem, E. (1982). *Designing the Star User Interface*. Byte, 7(4), 242–282.
- Sommerville, I. (2012). *Software-Engineering*. München: Pearson.
- Stachowiak, H. (1973). *Allgemeine Modelltheorie*. Berlin: Springer.

- Stange-Elbe, J. (2015). *Computer und Musik: Grundlagen, Technologien und Produktionsumgebungen der digitalen Musik*. Berlin: de Gruyter.
- Stanton, N.A. (2006). Hierarchical task analysis: developments, applications and extensions. *Applied Ergonomics*, 37, (1), pp. 55-79.
- Stanton, N.A., Salmon, P.M., Walker, G.H., Baber, C. & Jenkins, D.P. (2005). *Human Factors Methods. A Practical Guide for Engineering and Design*. Aldershot: Ashgate Publishing.
- Stary, C., Riesenecker-Caba, T. & Flecker, J. (1995). *EU-konforme Bewertung von Bildschirmarbeit – Schritte zur Operationalisierung*. Zürich: vdf-Hochschulverlag.
- Stillings, N.A., Weisler, S.E., Chase, C.H., Feinstein, M.H., Garfield, J.L. & Rissland, E.L. (1995). *Cognitive Science – An Introduction*. Cambridge: MIT Press.
- Stork, D.G. (Ed.) (1997). *HAL's Legacy*. Cambridge: MIT Press.
- Streitz, N. (1990). Psychologische Aspekte der Mensch-Computer-Interaktion. In Hoyos, C.G. & Zimolong, B. (Hrsg.), *Ingenieurpsychologie*. Göttingen: Verlag für Psychologie, Hogrefe, 240–284.
- Sutcliffe, A. (2002). On the Effective Use and Reuse of HCI Knowledge. In Carroll, J.M. (Ed.) *Human-Computer Interaction in the New Millennium*. New York: ACM Press, 3–29.
- Taylor, F.W. (1913). *Die Grundsätze wissenschaftlicher Betriebsführung*. München: Oldenbourg, (Originalfassung: *The Principles of Scientific Management*. New York: Harper & Bros., 1911).
- Tenner, E. (2003). *Our own Devices*. New York: Vintage Books.
- Ting-pat So, A. & Chan, W.L. (Ed.) (1999). *Intelligent Building Systems*. Norwell: Kluwer Academic Publishers.
- Tombaugh, J.W., Arkin, M.D. & Dillon, R.F. (1985). The Effect of VDU Text-Presentation Rate on Reading Comprehension and Reading Speed. *Proceedings of CHI 1985*. New York: ACM Press, 1–6.
- Tullis, T. & Albert, B. (2013). *Measuring the User Experience. Collecting, Analyzing, and Presenting Usability Metric*. Second Edition. San Francisco: Morgan Kaufmann.
- Triebe, J.K. & Wittstock, M. (1996). *Anforderungskatalog für Softwareentwicklung – Auswahl und Anwendung*. Forschungsbericht Nr. 743 der Bundesanstalt für Arbeitsschutz. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- Ulich, E. (1994). *Arbeitspsychologie*. 3. Auflage. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Ulich, E. (2001). *Arbeitspsychologie*. 5. Auflage. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.



- Vicente, K.J. (1999). *Cognitive Work Analysis*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Vince, J. (1995). *Virtual Reality Systems*. Reading: Addison-Wesley.
- Wahlster, W. (2000). *Verbmobil: Foundations of Speech-to-Speech Translation*. Berlin: Springer.
- Wandmacher, J. (1993). *Software-Ergonomie*. Berlin: Walter de Gruyter.
- Watzlawick, P. (1976). *Wie wirklich ist die Wirklichkeit?* München: Piper-Verlag.
- Weiser, M. (1991). The Computer for the Twenty-First Century. *Scientific American*, September 1991, pp. 94–104.
- Weizenbaum, J. (1976). *Computer Power and Human Reason*. San Francisco: W.H. Freeman and Company.
- Welford, A.T. (1968) Fundamentals of Skill. London: Methuen.
- Wertheimer, M. (1923). Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt. *Psychologische Forschung*, Band 4, 301–350.
- Whelan, R. (1995). *Smart Highways, Smart Cars*. Boston: Artech House.
- Willberg, H.P. & Forssman, F. (1997). *Lesetypographie*. Mainz: Verlag Hermann Schmidt.
- Winkler, T., Ide, M. & Herczeg, M. (2012). InteractiveSchoolWall: A Digital Enriched Learning Environment for Systemic-Constructive Informal Learning Processes. In Maddux, C.D. & Gibson, D. (Eds.) *Research Highlights in Technology and Teacher Education*. AACE. 117–126.
- Winkler T., Scharf F., Herczeg M. (2014). Ambiente Lernräume – Ambient Learning Spaces. *Informatik Spektrum, Sonderheft: Interaction Beyond the Desktop*, Vol. 37, 445–448.
- Winkler, T., Scharf, F., Hahn, C. & Herczeg, M. (2011). Ambient Learning Spaces. In Méndez-Vilas, A. (Ed.) *Education in a Technological World: Communicating Current and Emerging Research and Technological Efforts*. Badajoz, Spain: Formatex Research Center. 56–67.
- Winkler T., Scharf F., Hahn C., Wolters C. & Herczeg M. (2014). Tangicons: Ein bereifbares Lernspiel mit kognitiven, motorischen und sozialen Aktivitäten. *i-com : Zeitschrift für interaktive und kooperative Medien*, Vol. 12, 47–56.
- Winograd, T. (1972). *Understanding Natural Language*. San Diego: Academic Press.
- Winograd, T. (1996). *Bringing Design to Software*. Reading: Addison-Wesley.
- Winston, P.H. (1992). *Artificial Intelligence*. Reading: Addison-Wesley.
- Wöhe, G. (2008). *Einführung in die allgemeine Betriebswirtschaftslehre*. 23. Auflage. München: Verlag Vahlen.

- Woods, D.D. & Roth, E.M. (1988). Cognitive Systems Engineering. In Helander, M. (Ed.) *Handbook of Human Computer Interaction*. Amsterdam: Elsevier, 3–43.
- Young, R.M. (1983). Surrogates and Mappings: Two Kinds of Conceptual Models for Interactive Devices. In Gentner, D. & Stevens, A.L. (Eds.) *Mental Models*. New York: Psychology Press, 35–52.
- Zimbardo, P.G. & Gerrig, R. (2008). *Psychologie*. Berlin: Springer.

# Normen

Im Folgenden werden nur Endfassungen freigegebener Normen genannt und keine Normen im Entwurfs- oder anderem Stadium.

## ISO: International Organization for Standardization

mit EN: Europäische Norm (durch CEN oder CENELEC)

und DIN: Deutsches Institut für Normung

DIN EN ISO 6385:2016. *Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen.*

DIN EN ISO 9241:1993–2009. *Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten.*

DIN EN ISO 9241-1:1997. *Allgemeine Einführung.*

DIN EN ISO 9241-2:1993. *Anforderungen an die Arbeitsaufgaben; Leitsätze.*

DIN EN ISO 9241-3:1993. *Anforderungen an visuelle Anzeigen.*

DIN EN ISO 9241-4:1998. *Anforderungen an die Tastatur.*

DIN EN ISO 9241-5:1999. *Anforderungen an Arbeitsplatzgestaltung und Körperhaltung.*

DIN EN ISO 9241-6:1999. *Anforderungen für die Arbeitsumgebung.*

DIN EN ISO 9241-7:1998. *Anforderungen an visuelle Anzeigen bezüglich Reflektionen.*

DIN EN ISO 9241-8:1997. *Anforderungen an die Farbdarstellungen.*

DIN EN ISO 9241-9:2001. *Anforderungen an Eingabemittel, ausgenommen Tastaturen.*

DIN EN ISO 9241-11:1998. *Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit; Leitsätze.*

DIN EN ISO 9241-12:1998. *Informationsdarstellung.*

DIN EN ISO 9241-13:1998. *Benutzerführung.*

DIN EN ISO 9241-14:1999. *Dialogführung mittels Menüs.*

DIN EN ISO 9241-15:1997. *Dialogführung mittels Kommandosprachen.*

DIN EN ISO 9241-16:1999. *Dialogführung mittels direkter Manipulation.*

- DIN EN ISO 9241-20:2009. *Leitlinien für die Zugänglichkeit der Geräte und Dienste in der Informations- und Kommunikationstechnologie.*
- DIN EN ISO: 9241:2006–2016. *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion.*
- DIN EN ISO 9241-110:2006. *Grundsätze der Dialoggestaltung.*
- DIN EN ISO 9241-129:2010. *Leitlinien für die Individualisierung von Software.*
- DIN EN ISO 9241-143:2012. *Formulardialoge.*
- DIN EN ISO 9241-151:2008. *Leitlinien zur Gestaltung von Benutzungsschnittstellen für das World Wide Web.*
- DIN EN ISO 9241-154:2013. *Sprachdialoge.*
- DIN EN ISO 9241-161:2016. *Leitfaden zu visuellen User-Interface-Elementen.*
- DIN EN ISO 9241-171:2008. *Leitlinien für die Zugänglichkeit von Software.*
- DIN EN ISO 9241-210:2010. *Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme.*
- DIN EN ISO 9241-300:2008. *Einführung in Anforderungen und Messtechniken für elektronische optische Anzeigen.*
- DIN EN ISO 9241-302:2008. *Terminologie für elektronische optische Anzeigen.*
- DIN EN ISO 9241-303:2011. *Anforderungen an elektronische optische Anzeigen.*
- DIN EN ISO 9241-304:2008. *Prüfverfahren zur Benutzerleistung.*
- DIN EN ISO 9241-305:2008. *Optische Laborprüfverfahren für elektronische optische Anzeigen.*
- DIN EN ISO 9241-306:2008. *Vor-Ort-Bewertungsverfahren für elektronische optische Anzeigen.*
- DIN EN ISO 9241-307:2008. *Analyse- und Konformitätsverfahren für elektronische optische Anzeigen.*
- DIN EN ISO 9241-400:2007. *Grundsätze und Anforderungen für physikalische Eingabegeräte.*
- DIN EN ISO 9241-410:2008. *Gestaltungskriterien für physikalische Eingabegeräte.*
- DIN EN ISO 9241-910:2011. *Rahmen für die taktile und haptische Interaktion.*
- DIN EN ISO 9241-920:2008. *Anleitung zu taktilen und haptischen Interaktionen.*
- DIN EN ISO 10075:2000–2004. *Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung.*
- DIN EN ISO 10075-1:2000. *Allgemeines und Begriffe.*
- DIN EN ISO 10075-2:2000. *Gestaltungsgrundsätze.*
- DIN EN ISO 10075-3:2004. *Grundsätze und Anforderungen an Verfahren zur Messung und Erfassung psychischer Arbeitsbelastung.*

DIN EN ISO 14915:2002–2003. *Software-Ergonomie für Multimedia-Benutzungsschnittstellen.*

DIN EN ISO 14915-1:2002. *Gestaltungsgrundsätze und Rahmenbedingungen.*

DIN EN ISO 14915-2:2003. *Multimedia-Navigation und Steuerung.*

DIN EN ISO 14915-3:2003. *Auswahl und Kombination von Medien.*

ISO/TR 16982:2002. *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion. Methoden zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit, die eine benutzer-orientierte Gestaltung unterstützen.*

DIN 33402:1984-2008. *Ergonomie – Körpermaße des Menschen.*

DIN 33402-1:2008. *Begriffe, Messverfahren.*

DIN 33402-2:2005. *Werte.*

DIN 33402-3:1984. *Bewegungsraum bei verschiedenen Grundstellungen und Bewegungen.*

## MIL: Militärische Standards

MIL-STD-1472G:2012. *Department of Defense Design Criteria Standard: Human Engineering.*

MIL-STD-2525C:2008. *Department of Defense Interface Standard: Common Warfighting Symbolology*



# Organisationen und Verbände

Im Folgenden werden Organisationen und Verbände genannt, die sich direkt oder indirekt mit der Erforschung und Anwendung gebrauchstauglicher Mensch-Computer-Systeme auseinandersetzen. Diese Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die Verantwortlichkeit für die Inhalte der Webseiten liegt allein bei den Anbietern, die die Inhalte bereithalten. Der Autor hat keinen Einfluss auf Gestaltung und Inhalte der Webseiten der aufgelisteten Organisationen und macht sich deren Inhalte nicht zu eigen. Der Autor schließt jegliche Haftung für Schäden materieller oder immaterieller Art aus, die direkt oder indirekt aus der Nutzung der genannten Websites entstehen.

- ACM.....Association for Computing Machinery  
[www.acm.org](http://www.acm.org)
- BAuA .....Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin  
[www.baua.de](http://www.baua.de)
- BGBL. ....Bundesgesetzblatt (Bundesanzeiger Verlag)  
[www.bgbl.de](http://www.bgbl.de)
- BMJ .....Bundesministerium der Justiz und Verbraucherschutz  
[bundesrecht.juris.de](http://bundesrecht.juris.de) und [www.gesetze-im-internet.de](http://www.gesetze-im-internet.de)
- DESTATIS...Statistisches Bundesamt  
[www.destatis.de](http://www.destatis.de)
- DIN.....Deutsches Institut für Normung e.V.  
[www.din.de](http://www.din.de)
- DGUV .....Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung  
[www.dguv.de](http://www.dguv.de)
- DIVSI .....Deutsches Institut für Vertrauen und Sicherheit im Internet  
[www.divsi.de](http://www.divsi.de)
- FEES .....Federation of European Ergonomics Societies  
[www.fees-network.org](http://www.fees-network.org)
- GESIS.....Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften  
[www.gesis.org](http://www.gesis.org)
- GfA.....Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.  
[www.gfa-online.de](http://www.gfa-online.de)

---

GI .....	Gesellschaft für Informatik e.V. <a href="http://www.gi-ev.de">www.gi-ev.de</a>
HFES .....	Human Factors and Ergonomics Society <a href="http://www.hfes.org">www.hfes.org</a>
IEA .....	International Ergonomics Association <a href="http://www.iea.cc">www.iea.cc</a>
IEC .....	International Electrotechnical Commission <a href="http://www.iec.ch">www.iec.ch</a>
IEEE .....	Institute of Electrical and Electronics Engineers <a href="http://www.ieee.org">www.ieee.org</a>
IFIP .....	International Federation for Information Processing <a href="http://www.ifip.org">www.ifip.org</a>
IMIS .....	Institut für Multimediale und Interaktive Systeme <a href="http://www.imis.uni-luebeck.de">www.imis.uni-luebeck.de</a>
ISO .....	International Organization for Standardization <a href="http://www.iso.org">www.iso.org</a>
NATO .....	North Atlantic Treaty Organization <a href="http://www.nato.int">www.nato.int</a>
VBG .....	Verwaltungs-Berufsgenossenschaft <a href="http://www.vbg.de">www.vbg.de</a>
W3C .....	World Wide Web Consortium <a href="http://www.w3.org">www.w3.org</a>



# Abkürzungen

Im Folgenden finden sich einige wichtige Abkürzungen, die im Buch und im Fachgebiet häufiger verwendet werden. Weitere Abkürzungen und Informationen zu den Begriffen finden sich im Verzeichnis von Organisationen und Verbänden, im Glossar sowie im Index.

3D .....	3-dimensional
ACT .....	Adaptive Character of Thought
ArbSchG .....	Arbeitsschutzgesetz
ArbStättV .....	Arbeitsstättenverordnung
ARCS .....	Attention, Relevance, Confidence, Satisfaction (Modell)
ASR .....	Technische Regeln für Arbeitsstätten (der BAuA)
BAN .....	Body Area Network
BAuA .....	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
BDE .....	Betriebsdatenerfassung
BGBI. ....	Bundesgesetzblatt
BildscharbV ..	Bildschirmarbeitsverordnung
BITV .....	Barrierefreie-Informationstechnik-Verordnung
BPR .....	Business Process Engineering
CAD .....	Computer-Aided Design
CCT .....	Cognitive Complexity Theory
CD .....	Compact Disc
CHI .....	Computer-Human Interaction
CLG .....	Command Language Grammar
cps .....	characters per second
CSCW .....	Computer Supported Collaborative/Cooperative Work
DGUV .....	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
DVD .....	Digital Versatile Disc
ECA .....	Embodied Conversational Agent
EN .....	Europäische Norm
ETIT .....	External-Internal Task Mapping (External Task Internal Task)

---

EU .....	Europäische Union
HCI.....	Human-Computer Interaction
HF .....	Human Factors
HTA .....	Hierarchical Task Analysis (Hierarchische Aufgabenanalyse)
HTML .....	Hypertext Markup Language
GOMS .....	Goals, Operators, Methods, Selection Rules
GUI .....	Graphical User Interface
IoT.....	Internet of Things
IT.....	Informationstechnik
IuK .....	Information und Kommunikation
KI .....	Künstliche Intelligenz
KZG .....	Kurzzeitgedächtnis
LAN .....	Local Area Network
LZG.....	Langzeitgedächtnis
MAN .....	Metropolitan Area Network
MCI.....	Mensch-Computer-Interaktion
MCK .....	Mensch-Computer-Kommunikation
MEA.....	Means-Ends-Analysis
MMI .....	Mensch-Maschine-Interface
MMK.....	Mensch-Maschine-Kommunikation
MPEG .....	Moving Picture Experts Group
MTO.....	Mensch-Technik-Organisation
NL .....	Natural Language (Natürliche Sprache)
PC.....	Personal Computer
PDA.....	Personal Digital Assistant
PIM .....	Personal Information Management
PRP .....	Psychological Refractory Period
RSI .....	Repetitive Strain Injury
SDT .....	Signaldetektionstheorie
SGML .....	Standard Generalized Markup Language
SOA.....	Service-Orientierte Architektur
TAG .....	Task Action Grammars
TSR .....	Technische Regeln für Arbeitsstätten
TTC .....	Time to Completion

---

TUI .....	Tangible User Interface
UCD .....	User Centered Design
UCSD .....	User Centered System Design
UE .....	Usability Engineering
UI.....	User Interface
UX.....	User Experience
VR .....	Virtual Reality (Virtuelle Realität)
WCAG.....	Web Content Accessibility Guidelines
WLAN .....	Wireless Local Area Network
XML .....	Extensible Markup Language



# Glossar

Die nachfolgend beschriebenen Fachbegriffe werden hinsichtlich ihrer Bedeutung im Gebiet der Software-Ergonomie erläutert. Die Begriffe können in anderen Fachgebieten auch andere Bedeutungen besitzen. Teilweise finden sich ausführlichere Definitionen der Begriffe an anderen Stellen im vorliegenden Buch. Definitionen für Kriterien der Gebrauchstauglichkeit wurden hier nicht wiederholt, da diese in Kapitel 10 aufgelistet und definiert werden. *Kursiv* gedruckte Begriffe sind selbst wieder im Glossar beschrieben.

<b>Akteur:</b>	eine <i>Aktion</i> durchführende Person (hier <i>Benutzer</i> ); gelegentlich werden auch menschliche Akteure (Benutzer) und maschinelle Akteure (Computersysteme) unterschieden
<b>Aktion:</b>	einzelner Handlungsschritt eines <i>Benutzers</i>
<b>Aktivität:</b>	Folge von <i>Aktionen</i> eines <i>Benutzers</i>
<b>Anwendungssystem:</b>	Softwaresystem, mit dem <i>Aufgaben</i> bearbeitet werden
<b>App:</b>	mobile <i>Applikation</i> (oft auch einfach Kurzform für <i>Applikation</i> )
<b>Applikation:</b>	<i>Anwendungssystem</i>
<b>Antwortzeit:</b>	Zeitraum zwischen der Benutzereingabe und der daraus resultierenden Systemausgabe
<b>Arbeitsmittel:</b>	Werkzeuge, einschließlich Hardware und Software, Maschinen, Fahrzeuge, Geräte, Möbel, Einrichtungen und andere im Arbeitssystem benutzte (System-)Komponenten (ISO 6385)
<b>Arbeitssystem:</b>	System, welches das Zusammenwirken eines einzelnen oder mehrerer Arbeitender/ Benutzer mit den <i>Arbeitsmitteln</i> umfasst, um die Funktion des Systems innerhalb des Arbeitsraumes und der Arbeitsumgebung unter den durch die <i>Arbeitsaufgaben</i> vorgegebenen Bedingungen zu erfüllen (ISO 6385:2004)
<b>Ästhetik:</b>	Lehre vom Wahrnehmen
<b>auditiv:</b>	hörbar
<b>Aufgabe:</b>	zur Zielerreichung erforderliche <i>Aktivitäten</i> (ISO 9241-11)

<b>Augmented Reality:</b>	computerbasierte, meist visuelle Erweiterung (optische Überlagerung) der realen Welt durch zusätzliche, virtuelle Eigenschaften
<b>Augmented-Reality-System:</b>	<i>multimediales interaktives System zur Realisierung von Augmented Reality</i>
<b>Ausgabe:</b>	Übermittlung von Information von einem <i>interaktiven System</i> an die <i>Benutzer</i>
<b>Ausgabegerät:</b>	<i>Computerperipherie</i> zur Ausgabe von Daten durch den Computer für den <i>Benutzer</i>
<b>Ausgabetechnik:</b>	Methode zur <i>Ausgabe</i> von Information mit Hilfe von <i>Ausgabegeräten</i>
<b>Ausgabezeit:</b>	Zeitraum zwischen dem Beginn und dem Abschluss einer Systemausgabe
<b>Automatik:</b>	autonom ablaufende Systemfunktion
<b>Automation:</b>	Konzepte, Architekturen und Technologien für die Realisierung von <i>Automatiken</i> im Rahmen der <i>Automatisierung</i>
<b>Automatisierung:</b>	Entwicklung und Einführung von <i>Automation</i>
<b>Beanspruchung:</b>	die unmittelbare (nicht langfristige) Auswirkung der psychischen <i>Belastung</i> im Individuum in Abhängigkeit von seinen jeweiligen überdauernden und augenblicklichen Voraussetzungen, einschließlich der individuellen Bewältigungsstrategien (ISO 10075-1:2000)
<b>Bedienoberfläche:</b>	für <i>Benutzer</i> sichtbare Teile einer <i>Benutzungsschnittstelle</i>
<b>Beeinträchtigung:</b>	negative Wirkungen auf den Menschen durch übermäßige <i>Beanspruchung</i> .
<b>Belastung:</b>	Gesamtheit aller erfassbaren Einflüsse, die von außen auf den Menschen zukommen und psychisch auf ihn einwirken (ISO 10075-1:2000)
<b>Benutzer:</b>	Person, die mit einem interaktiven <i>Anwendungssystem</i> arbeitet
<b>Benutzerklasse:</b>	Zielgruppe von <i>Benutzern</i> mit ähnlichen Eigenschaften
<b>Benutzungsoberfläche:</b>	der vom <i>Benutzer</i> wahrnehmbare und bedienbare Teil einer <i>Benutzungsschnittstelle</i>

<b>Benutzungsschnittstelle:</b>	die den <i>Benutzern</i> angebotenen und benutzbaren Interaktionsmöglichkeiten eines <i>Anwendungssystems</i> sowie den dazugehörigen <i>Unterstützungssystemen</i>
<b>Bildschirmarbeitsplatz:</b>	Arbeitsplatz für Tätigkeiten unter Verwendung von Computersystemen mit separaten Bildschirmen
<b>Cognitive-Engineering:</b>	auch Cognitive-Systems-Engineering genannt; systematisches, benutzerzentriertes Entwickeln von Mensch-Maschine-Systemen unter besonderer Berücksichtigung der menschlichen kognitiven Fähigkeiten und Grenzen
<b>Computerarbeit:</b>	Arbeit unter Einsatz von Computern als <i>Arbeitsmittel</i>
<b>Computerperipherie:</b>	externe Zusatzgeräte eines Computersystems wie <i>Eingabegeräte</i> , <i>Ausgabegeräte</i> , externe Speicher und Netzwerkkomponenten
<b>Daten:</b>	technisch kodierte <i>Information</i>
<b>Denkzeit:</b>	Zeitraum zwischen der Systemausgabe und der Benutzereingabe
<b>Design:</b>	Lehre von der Gestaltung; oft auch das Gestaltungsergebnis selbst
<b>Dialog:</b>	Kommunikationsverlauf zwischen Mensch und Mensch oder zwischen Mensch und Computer
<b>digitale Medien:</b>	Medien, die durch Digitalisierung von Computersystemen und digitalen Netzen gespeichert, verarbeitet und übertragen werden können
<b>Direkte Manipulation:</b>	Durchführung von objektbezogenen <i>Aktivitäten</i> in einem <i>Handlungsraum</i> mit geringer Distanz zwischen <i>mentalem Modell</i> und Systemmodell und hoher <i>Einbezogenheit</i>
<b>Diskurs:</b>	Gegenstandsbereich von <i>Kommunikation</i>
<b>Echtzeitsysteme:</b>	Computersysteme, die in der Lage sind, <i>Interaktionen</i> innerhalb definierter Zeiten durchzuführen
<b>Einbezogenheit:</b>	psychischer Zustand, bei denen <i>Benutzer</i> den Eindruck haben, in eine Anwendungswelt einbezogen zu sein
<b>Eingabe:</b>	Übermittlung von Information von einem <i>Benutzer</i> an ein <i>interaktives System</i>
<b>Eingabegerät:</b>	<i>Computerperipherie</i> zur Eingabe von Daten in ein Computersystem durch einen <i>Benutzer</i>

<b>Eingabetechnik:</b>	Methode zur <i>Eingabe</i> von Information vom <i>Benutzer</i> zum <i>inter-aktives System</i> mit Hilfe von <i>Eingabegeräten</i>
<b>Eingabezeit:</b>	Zeitraum zwischen dem Beginn und dem Abschluss einer <i>Benutzereingabe</i>
<b>Endbenutzer:</b>	<i>Benutzer</i> , die letztlich mit dem System arbeiten
<b>Ergonomie:</b>	Lehre von der Arbeit; im engeren Sinne auch Lehre von der <i>Gebrauchstauglichkeit</i> von <i>Arbeitsmitteln</i> im Rahmen der Analyse und Gestaltung menschengerechter Arbeit
<b>Ermüdung:</b>	als Folge von Tätigkeit auftretende, reversible Minderung der Leistungsfähigkeit eines Organs (lokale Ermüdung) oder des Gesamtorganismus (zentrale Ermüdung)
<b>Evaluation:</b>	Validierung von <i>Mensch-Computer-Systemen</i> , hier insbesondere nach Kriterien der <i>Gebrauchstauglichkeit</i>
<b>Fatigue:</b>	Übermüdung, Erschöpfung oder längerfristige Ermüdung
<b>Fehler:</b>	Vorkommnisse, bei denen bei vorhandenen Fähigkeiten eine geplante Folge von <i>Aktivitäten</i> und Regulationen nicht das beabsichtigte Resultat liefert, sofern die Abweichungen vom beabsichtigten Resultat nicht auf Einflüsse anderer <i>Akteure</i> zurückzuführen sind
<b>Fehlhandlungen:</b>	bei vorhandenen Qualifikationen vereinzelt, als seltene Ereignisse widerfahrende Mängel in der Ausführung bzw. Regulation von <i>Handlungen</i>
<b>Gebrauchstauglichkeit:</b>	<i>interaktives System</i> , im Sinne eines <i>Arbeitsmittels</i> , das für seine <i>Benutzer</i> und deren <i>Aufgaben</i> effektiv, effizient und zufriedenstellend funktioniert
<b>Graphical User Interface (GUI):</b>	mit Hilfe textuell-grafischer Darstellungen realisierte <i>Benutzungsschnittstelle</i> ; meist <i>metaphorisches System</i>
<b>Handlungen:</b>	Durchführung zusammenhängender, physischer <i>Aktivitäten</i>
<b>Handlungsraum:</b>	physischer oder digitaler Raum mit wahrnehmbaren und manipulierbaren Objekten
<b>Handlungsregulation:</b>	Korrektur einer <i>Handlung</i> nach wahrgenommenem Feedback
<b>Handlungssystem:</b>	<i>interaktives System</i> , das einen <i>Handlungsraum</i> realisiert und auf Grundlage von <i>direkter Manipulation</i> mit <i>Benutzern</i> in Beziehung tritt



<b>haptisch:</b>	ertastbar
<b>Hardware-Ergonomie:</b>	Wissenschaft und Lehre von <i>gebrauchstauglichen Bildschirmarbeitsplätzen</i> und der dazugehörigen, vom Benutzer bedienten <i>Computerperipherie (Ein- und Ausgabegeräte)</i> (kurz: Lehre von Computerarbeitsplätzen und Computerhardware)
<b>Hilfesystem:</b>	<i>Unterstützungssystem</i> zur interaktiven Beschreibung und Erklärung eines <i>interaktiven Systems</i> durch das System selbst
<b>Human Factors:</b>	menschliche Aspekte in <i>Arbeitssystemen</i>
<b>Hypermedia:</b>	vernetzte <i>interaktive Medien</i>
<b>Hypermediasysteme:</b>	Realisierungen vernetzter <i>interaktiver Medien</i> (z. B. WWW)
<b>Hyperrealität:</b>	Pseudorealität, erzeugt durch <i>interaktive Medien</i> und Simulationen
<b>Immersion:</b>	Gefühl der hohen, vor allem körperlichen <i>Einbezogenheit</i> in eine Umgebung
<b>Industriegesellschaft:</b>	gesellschaftliche Epoche mit Systematisierung, Fragmentierung und Automatisierung von Arbeit in Fabriken; initiale Impulse durch Frederick Winslow Taylor (Taylorismus)
<b>Informatik:</b>	Wissenschaft von der Erfassung, Verarbeitung, Darstellung, Speicherung und Verteilung von Information mit Hilfe von Computersystemen (Computerwissenschaft)
<b>Information:</b>	<i>Daten</i> mit Bezügen zur Welt (bedeutungstragende Daten)
<b>Informationskodierung:</b>	hier mediale Umwandlung von Information zur <i>Eingabe</i> und <i>Ausgabe</i> in <i>interaktiven Systemen</i>
<b>Information Appliance:</b>	in einem alltäglichen Gerät integriertes Computersystem (Informationsgerät)
<b>Informationsgesellschaft:</b>	gesellschaftliche Epoche in Gefolge der <i>Industriegesellschaft</i> durch zunehmenden Bedarf an Erzeugung, Übertragung, Verarbeitung und Speicherung von <i>Informationen</i> mittels Computersystemen
<b>Informationsraum:</b>	abstrakter Raum mit zugreifbaren medialisierten <i>Informationen</i>
<b>Interaktion:</b>	Aktion mit einer Wechselwirkung zwischen <i>Benutzer</i> und Computer

<b>Interaktionsdesign:</b>	interdisziplinäres Gebiet, vor allem aus <i>Informatik</i> und <i>Design</i> entwickelt, das sich mit der Gestaltung multimedialer <i>interaktiver Systeme</i> , und dort insbesondere mit der Gestaltung der <i>Benutzungsschnittstellen</i> beschäftigt
<b>Interaktionsformen:</b>	stereotype (standardisierte) Kommunikations- oder Handlungssequenzen zur <i>Eingabe</i> und <i>Ausgabe</i> von Information, die <i>Eingabetechniken</i> mit <i>Ausgabetechniken</i> in definierten Abfolgebedingungen verknüpfen
<b>interaktives Medium:</b>	computerbasiertes <i>Medium</i> , das mit einem <i>Benutzer</i> interagiert
<b>interaktives System:</b>	System, das mit einem <i>Benutzer</i> durch <i>Kommunikation</i> oder <i>Handlungen</i> in Beziehung durch gegenseitige Wechselwirkung tritt
<b>Interaktivität:</b>	Eigenschaft der Wechselwirkung zwischen <i>Benutzer</i> und Computersystem
<b>Internet:</b>	weltweit verfügbares digitales Netzwerk mit einer Vielzahl von Diensten zur Vernetzung von Computersystemen und zur Realisierung <i>digitaler Medien</i>
<b>Kode (Code):</b>	Abbildungsregeln zur Umwandlung von <i>Informationen</i> in <i>Nachrichten</i> zum Zweck der Kommunikation oder der Informationsspeicherung mit Hilfe von <i>Zeichen</i> aus einem Zeichenrepertoire ( <i>Kodierung</i> ) und umgekehrt ( <i>Dekodierung</i> )
<b>Kommunikation:</b>	Informationsaustausch zwischen zwei oder mehreren Akteuren mittels Austausch von <i>Nachrichten</i> über einen <i>Kommunikationskanal</i>
<b>Kommunikationskanal:</b>	<i>Medium</i> , über das bei <i>Kommunikation</i> <i>Nachrichten</i> ausgetauscht werden
<b>Kommunikationssystem:</b>	technisches System, das dem Austausch von <i>Nachrichten</i> dient
<b>Medium:</b>	Vermittler
<b>Medien:</b>	Sammelbegriff für künstliche <i>Medien</i> , die zur Verbreitung und Verarbeitung von <i>Informationen</i> dienen; früher waren vor allem die Massenmedien wie Zeitung, Rundfunk, Fernsehen damit gemeint; heute geht man von digitalen Medien aus
<b>Medien-Engineering:</b>	Methoden des systematischen Entwickelns von (digitalen) <i>Medien</i>

<b>Mediengesellschaft:</b>	gesellschaftliche Epoche im Gefolge der <i>Informationsgesellschaft</i> mit besonderer Bedeutung digitaler und später interaktiver Medien, die auf Grundlage der <i>Medienkonvergenz</i> durch Digitalisierung entstehen
<b>Medienkonvergenz:</b>	Zusammenführung und Integration unterschiedlicher <i>Medien</i> durch Digitalisierung mit Hilfe von Computertechnologien und digitalen Netzen
<b>Medium:</b>	Mittler zwischen zwei Akteuren oder Kommunikationspartnern
<b>Mensch-Computer-Interaktion:</b>	<i>Interaktion</i> zwischen Menschen und Computern
<b>Mensch-Computer-Kommunikation:</b>	<i>Kommunikation</i> zwischen Menschen und Computern
<b>Mensch-Computer-System:</b>	Gesamtsystem, bestehend aus Mensch, Computer und Umgebung
<b>Mensch-Maschine-Kommunikation:</b>	<i>Kommunikation</i> zwischen Menschen und Maschinen; Computer sind in vielen Fällen der wichtigste betrachtete Spezialfall
<b>Mensch-Maschine-System:</b>	Gesamtsystem, bestehend aus Mensch, Maschine und Umgebung
<b>Mensch-Mensch-Kommunikation:</b>	<i>Kommunikation</i> zwischen Menschen
<b>Mentales Modell:</b>	geistige Vorstellungen eines <i>Benutzers</i>
<b>Metapher:</b>	Verbildlichung; Analogie
<b>Metaphorik:</b>	Verwendung von <i>Metaphern</i> für interaktive Computersysteme durch analoge Abbildung von Objekten der realen Welt und ihren Relationen auf die virtuelle Welt
<b>metaphorisches System:</b>	Gestaltungsmuster für <i>multimediale</i> und <i>interaktive Systeme</i> , welche <i>Metaphern</i> als Grundprinzip der Gestaltung der <i>Benutzungsschnittstellen</i> verwenden
<b>Mixed Reality (MR):</b>	verknüpfte, physische und virtuelle Umgebung, bei der die Anteile realer und virtueller Komponenten ungefähr gleichgewichtig sind (gemischte Realität)
<b>Mixed-Reality-System (MR-System):</b>	<i>multimediales interaktives System</i> zur Realisierung von <i>Mixed Reality</i>

<b>Mockup:</b>	unvollständiges oder nicht funktionales Modell einer <i>Benutzeroberfläche</i> für die frühzeitige (formative) <i>Evaluation</i>
<b>Monotonie:</b>	Zustand herabgesetzter psychophysischer Aktiviertheit ... in reizarmen Situationen bei länger andauernder Ausführung sich häufig wiederholender gleichartiger und einförmiger Arbeiten (Ulich, 2001)
<b>Multimedia:</b>	kombinierte Nutzung verschiedener elektronischer <i>Medien</i> , wie Text, Grafik, Animation, Audio und Video
<b>multimediales interaktives System:</b>	<i>interaktives System</i> , das über mehrere sensorische Kanäle mit einem <i>Benutzer</i> in Beziehung tritt
<b>multimediales System:</b>	System, das über mehrere sensorische Kanäle mit einem <i>Benutzer</i> in Beziehung tritt
<b>Multimedialität:</b>	Einsatz von <i>Multimedia</i>
<b>Nachricht:</b>	kodierte <i>Information</i> , die über einen <i>Kommunikationskanal</i> übertragen wird
<b>Natürliche Sprache:</b>	<i>Sprache</i> der normalen <i>Mensch-Mensch-Kommunikation</i>
<b>Operateur:</b>	<i>Benutzer</i> eines <i>Prozessführungssystems</i>
<b>Persona:</b>	fiktiver <i>Benutzer</i>
<b>Personal Computer (PC):</b>	persönlicher Computer für einen <i>Benutzer</i>
<b>Planungszeit:</b>	Zeitraum vom Ende der Benutzereingabe bis zur Systemausgabe
<b>Prozessführung:</b>	Überwachung und Steuerung von <i>Prozessen</i> durch zielgerichtete Maßnahmen durch die Tätigkeit von <i>Operateuren</i> mit Hilfe von <i>Prozessführungssystemen</i>
<b>Prozessführungssystem:</b>	<i>interaktives System</i> zur Überwachung und Steuerung dynamischer Prozesse
<b>Risiko:</b>	Produkt aus Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines Ereignisses und seiner Tragweite (Schäden)
<b>Sättigung, psychische:</b>	Zustand der nervös-unruhevollen, stark affektbetonten Ablehnung einer sich wiederholenden Tätigkeit oder Situation, bei der das Erleben des „Auf-der-Stelle-Tretens“ oder des „Nicht-weiter-Kommens“ besteht
<b>Semiotik:</b>	allgemeine Wissenschaft von den <i>Zeichen</i>

<b>Sicherheit:</b>	theoretisches Komplement von <i>Risiko</i> (Abwesenheit bestimmter Risiken); subjektives oder kulturelles Konstrukt der Annahme geringer und damit praktisch vernachlässigbarer <i>Risiken</i>
<b>Sicherheitskritisches System:</b>	System mit hohem Risikopotenzial
<b>Simulacrum:</b>	referenzlose Kopie ohne Original (pl. Simulacra)
<b>Situation Awareness:</b>	umfassende Wahrnehmung und Verständnis einer Situation unter Vorhersage der weiteren Entwicklung
<b>Software-Engineering:</b>	Methoden des prozessorientierten, systematischen Entwickelns von Softwaresystemen
<b>Software-Ergonomie:</b>	Wissenschaft von der benutzer- und anwendungsgerechten Analyse, Modellierung, Gestaltung und Evaluation softwarebasierter <i>interaktiver Systeme</i> (kurz: Lehre von der <i>Computerarbeit</i> )
<b>Soziotechnisches System:</b>	<i>Arbeitssystem</i> , in dem die Aufgaben mittels eines technischen Teilsystems (Anlagen, Produktionsmaterialien, technische Randbedingungen, räumliche Gegebenheiten) und eines sozialen Teilsystems (Organisationsmitglieder, formale und informelle Beziehungen) durchgeführt werden
<b>Sprache:</b>	Menge ableitbarer, korrekter Sätze auf Grundlage einer Grammatik; bei natürlichen Sprachen auch Menge der akzeptierten Sätze
<b>Sprachausgabe:</b>	Generierung gesprochener <i>Sprache</i> durch ein <i>interaktives System</i>
<b>Spracheingabe:</b>	Erfassung gesprochener <i>Sprache</i> durch ein <i>interaktives System</i>
<b>Stress:</b>	subjektiver Zustand, der aus der Befürchtung entsteht, dass eine stark aversive, zeitlich nahe und subjektiv lang andauernde Situation nicht vermieden werden kann; dabei erwartet die Person, dass sie nicht in der Lage ist (oder sein wird), die Situation zu beeinflussen oder durch Einsatz von Ressourcen zu bewältigen (Greif, 1989)
<b>Synästhesie:</b>	Verschmelzen (Fusion) mehrerer, sensorischer <i>Wahrnehmungen</i> zu einer Gesamtwahrnehmung
<b>Systems-Engineering:</b>	Methoden des prozessorientierten, systematischen Entwickelns von Systemen

<b>Tangible Media:</b>	physische (greifbare) Objekte, die durch digitale Eigenschaften angereichert wurden; <i>Benutzer</i> sind in der Lage, die physischen und virtuellen Eigenschaften wahrzunehmen und durch <i>Handlungen</i> zu manipulieren
<b>Tangible-Media-System:</b>	multimediales interaktives System zur Realisierung von <i>Tangible Media</i>
<b>Tangible User Interface (TUI):</b>	<i>Benutzungsschnittstelle</i> , die nach den Prinzipien von <i>Tangible Media</i> realisiert wurde
<b>Tätigkeiten:</b>	Vorgänge, mit denen Menschen ihre Beziehungen zu Aufgaben und ihren Gegenständen, zueinander und zur Umwelt verwirklichen (Hacker, 1986)
<b>Telepräsenz:</b>	virtuelle Anwesenheit durch Übertragung eines <i>Handlungsraumes</i> durch <i>interaktive Medien</i>
<b>Usability-Engineering:</b>	systematisches, benutzer-, aufgaben- und kontextzentriertes Entwickeln von <i>Mensch-Maschine-Systemen</i> unter besonderer Berücksichtigung der <i>Gebrauchstauglichkeit</i>
<b>Vigilanz, herabgesetzte:</b>	bei abwechslungsarmen Beobachtungstätigkeiten langsam entstehender Zustand mit herabgesetzter Signalentdeckungsleistung
<b>Visualisierung:</b>	Sichtbarmachung von <i>Informationen</i>
<b>visuell:</b>	sichtbar
<b>Virtual Reality (VR):</b>	computerbasierte Konstruktion einer künstlichen Welt
<b>Virtual-Reality-System (VR-System):</b>	<i>multimediales interaktives System</i> zur Realisierung von <i>Virtual Reality</i>
<b>Wahrnehmung:</b>	Erfassung von <i>Informationen</i> über menschliche Sinne (Sensorik)
<b>Wissen:</b>	<i>Informationen</i> , die in mentalen Modellen repräsentiert werden
<b>World Wide Web (WWW):</b>	<i>Hypermediasystem</i> auf Grundlage des <i>Internets</i>
<b>Zeichen:</b>	Bedeutungsträger, bestehend aus Zeichenträger (Syntaktik; Präsentation des Zeichens), Interpretant (Pragmatik; Interpretation des Zeichens) und Referenzobjekt (Semantik; durch das Zeichen referenziertes Objekt)

# Index

Im folgenden Index sind Haupteinträge **fett** und Glossareinträge *kursiv* gedruckt.

## 3

3D 170, 218

## 6

6-Ebenen-Modell 95, 147, 150, 160, 219  
interaktive Systeme 163  
kommunikative Systeme 149  
menschliche Interaktion 162  
menschliche Kommunikation 148

## A

A/B-Test 268

Abberation

chromatische 77

Abbildsysteme

operative 161

Ablauforganisation 29, 52, 127, 194

Ablenkungen 176, 177

Abtastungen 89

Accessibility *siehe* Barrierefreiheit

ACT 116

Action Logging 264

Activity Theory 153

Adaptierbarkeit 127

Adaption 75

Adaptivität 25

Agenten 146, 152

Akkommodation 77

Akkommodationsbreite 77

Akte

Elektronische 28

Akteur 319

Aktionen 143, 319

Aktivierung 35, 159

Aktivitäten 20, **141**, 143, 319

multiple 245

sensomotorische 257

zeitkritische 178

Aktivitätstheorie 153

Akustik 159

Akzeptanz 125, 168, 178, 191, 201

Alarmierungen 44

Alexa 151

Algorithmen 25

Allgegenwärtigkeit 1, 30, 170

Alphabet 87, 95

Alter 134, 178, 276, 277

Ambient Computing 54

Analogie 25, 123

Analogien 113, 118, 325

Analyse 184, **193**

Angst 37, 45, 176

Animationen 143, 198

Anlagen

technische 18

- Anschlagskraft 87
- Anthropomorphismen 146, 152
- Antizipation 25, 94, 160, 176, 219, 226, 243, 246
- Antwortzeit 129, 173, 175, 176, **177**, 227, 319  
    günstige 179
- Anwender 10, 135, 256
- Anwendungsbereich 97, 99, 100, 176, 210, 216, 218, 222, 253
- Anwendungsprogramm 2, 27
- Anwendungssysteme 1, 27, 96, 319  
    mobile 30
- Anwendungswelt 26
- App 1, 4, 319, *siehe auch*  
    Anwendungssysteme
- Applikationen *siehe*  
    Anwendungssysteme
- Arbeit VII, VIII, 1, 7, 11, **17**, 32, **35**, 63, 271
- Arbeit 4.0 19
- Arbeitgeber 39, 126, 271, 273, 274
- Arbeitsabläufe **29**, 52, 126
- Arbeitsaufgaben *siehe* Aufgaben
- Arbeitsaufwand 273
- Arbeitsbedingungen 31, 271
- Arbeitsergebnis 10, 20, 26, 29, 32, 234
- Arbeitsfluss 52
- Arbeitsgedächtnis 105, 108
- Arbeitsgegenstände 26, *siehe auch*  
    Arbeitsobjekte
- Arbeitsgeschwindigkeit 180, 231
- Arbeitsgestaltung 35, 37, 49
- Arbeitskontexte 33, **57**, 156, 194, 232, 253, **273**  
    mobile 31, 60
- Arbeitsleistung 40, 42, 176, 178, 179
- Arbeitsmittel 17, 18, 27, 28, 51, 52, 75, 231, 271, 273, 319
- Arbeitsobjekte 17, **26**, 94, 153, 165, 215, 218
- Arbeitsplatzbeleuchtung 75
- Arbeitsplätze VII, VIII, 8, 10, 29, **30**, 32, 37, 49, **57**, 62, 126, 273
- Arbeitsplatzgestaltung 7
- Arbeitspsychologie VII, 14, 35
- Arbeitsschutz 8, 14, 40, 273
- Arbeitsschutzgesetze 271, 273
- Arbeitssicherheit 8, 42, 271
- Arbeitsstättenverordnung 30, 31, 39, 60, 126, 244, 257, 264, 271, **273**, **279**
- Arbeitsstuhl 30
- Arbeitssystem **17**, 33, 35, 130, 201, 319
- Arbeitssystemanalyse 20, 152
- Arbeitstätigkeiten 11
- Arbeitsteilung **24**, 52, 53, 117, 154, 184
- Arbeitstisch 30
- Arbeitsumgebung 17, 31, 194
- Arbeitsverfahren 216, 255
- Arbeitswissenschaften VII, 14, 203
- Arbeitszeit IX, 40, 64
- Arbeitszeitgesetze 40
- Arbeitsziel 26, 176, 258
- ArbStättV **279**, *siehe*  
    Arbeitsstättenverordnung
- Architektur  
    kognitive 116
- ARCS-Modell 120
- Area-of-Interest-Analysen 264
- Ärger 37, 173
- Armbänder  
    digitale 33
- Armut 276
- Artikulation  
    sensomotorische 86
- Assistenten 146
- Assistenzsysteme 1, 146



Assoziationen 109, 113, **115**, 123, 159  
Assoziativspeicher 115  
Ästhetik 57, 240, 249, 319  
Attrakdiff 249  
Attraktivität 130, 249, 266  
Audio 198  
Audioströme 143  
auditiv 6, 36, 67, 69, 150, 319  
Aufbauorganisation 52, 127, 194  
Aufgaben 2, 4, 11, 17, **20**, 26, 35, 52,  
125, 126, 161, 189, 191, 193, 253, 254,  
268, 273, 274, 319  
    externe 21, 222  
    interne 21, 222  
Aufgabenanalyse **21**, 28, 127, 189, 191,  
193, 223  
Aufgabenangemessenheit 22, 96, 211,  
**220**, 246  
Aufgabenbeschreibungen 127, 257  
Aufgabenbeschreibungssprachen 260  
Aufgabenerweiterung 42  
Aufgabenmerkmale 21  
Aufgabensynthese 23, 28, 53  
Aufmerksamkeit 25, 36, 44, 45, **109**,  
159, 236, **243**  
Augmented Reality VIII, 169, 320  
Augmented-Reality-Systeme 320  
Ausführungskluft 156  
Ausführungszeit **90**, 258, 261  
Ausgabegeräte 125, 183, 242, 320, 321  
Ausgaben 198, 320  
Ausgaberate 180  
Ausgabetechnik 95, 320  
Ausgabezeit 173, 174, **180**, 320  
Auswertungskluft 156  
Auto 58, 59, 60, 121  
Automaten 130  
Automatik 320

Automation 320  
Automatisierung 19, 22, 24, 26, 53, 320  
Automatismen 87, **120**, 121, 124, 128,  
129, 131, 159  
Autonomie 232  
Avatare 152

## B

Barrierefreie-Informationstechnik-  
Verordnung 61, 271, 276, **285**  
Barrierefreiheit 237, 242, 277  
Barrieren 276  
Beanspruchungen **35**, 36, 43, 320  
Bedienbarkeit 3, 4  
Bedienoberfläche **4**, 184, 320  
Bediensicherheit 211, **245**  
Bedingungs-Aktions-Regeln **116**, 117,  
261  
Beeinträchtigungen 8, 10, 30, 35, **37**, 55,  
320  
Befragungen 194  
Begriffe 255  
Begriffssysteme 113, 123  
Behaviour  
    knowledge-based 159  
    rule-based 159  
    skill-based 159  
Behinderte 276  
Behinderungen 55  
Belastungen **35**, 274, 320  
    körperliche 35  
    psychische 36  
Beleuchtung 31  
Beleuchtungsstärke 75  
Benutzer 5, 18, 28, 35, 93, 95, 97, 100,  
**125**, 188, **196**, 253, 254, 320  
    abstrakte 134  
    Anfänger 128

Experten 100, 127, **130**, 217  
 fiktive 133  
 Gelegenheitsbenutzer 100, 127, **130**, 217  
 naive 131  
 Personas 133, 194, 202, 263  
 Routinebenutzer 100, 127, **129**, 217  
 Stereotypen 133  
 unerfahrene 100, 127, **128**, 131, 177, 217, 229  
 Benutzeranalyse 19, **125**, 191, 193, **194**, 196, 276  
 Benutzerbefragungen 263  
 Benutzerbeteiligung 253  
 Benutzercharakteristika 125  
 Benutzereigenschaften 125, 196  
 Benutzererwartungen 196  
 Benutzerfreundlichkeit 10, 274  
 Benutzerklassen **125**, 134, 202, 263, 320  
 Benutzermodellierung 196  
 Benutzerpartizipation **201**, 253  
 Benutzerzentrierung 19  
 Benutzungsoberfläche 320  
 Benutzungsschnittstelle VII, **4**, 5, 100, 127, 166, 188, 194, 195, 207, 208, 321  
 intuitive 131  
 multimediale 189  
 Beobachtungen 194, 267, 328  
 Berührung 89  
 berührungssensitiv 6, 58, 69, 88, 89  
 Betriebe 10, 30, 126, 257  
 Betriebsanalysen 63  
 Betriebsorganisationen 52  
 Betriebssysteme 184  
 Bewegungen 89  
 Bewegungsablauf 89  
 Bezeichnungssysteme 113  
 BildscharbV 273

Bildschirm 30, 35, 54, 57, 75, 77, 180, 241, 242  
 berührungssensitiver 6, 69, 88, 89  
 Bildschirmarbeit 30, 31, 180, 273  
 Bildschirmarbeitsplatz 1, 18, **30**, 33, 35, 37, 54, 56, 272, 273, 321  
 Bildschirmarbeitsplatzgestaltung 37  
 Bildschirmarbeitsverordnung 273  
 Bildschirmhintergrund 75  
 Bildung VIII, 1, 11, 32  
 Bildwechselfrequenz 79  
 BITV *siehe* Barrierefreie-Informationstechnik-Verordnung  
 Blickbewegungen 264  
 Body Area Networks 57  
 Bottom-Up-Prozess 73  
 Büro 40, 57, 58, 118, 131, 216, 275  
 papierloses 28  
 Business Process Engineering 53

## C

CAD-Systeme 114  
 CCT-Modellierung 261  
 CD-ROM 199  
 Chats 53  
 Checklisten 256  
 Chunks **105**, 106, 108, 109, 176  
 CLG-Modellierung 259  
 Cockpits 177, 185  
 Code *siehe* Kode  
 Cognitive-Engineering 19, **188**, 189, 203, 321  
 Computer 25  
 Computeranwendungen 1, 19  
 Computerarbeit 321  
 Computerarbeitsplätze 48  
 Computer-Ergonomie 7  
 Computerlinguistik 150, 151

Computerperipherie 54, 213, 321  
Computersemiotik 112  
Computerspiele IX, 11, 33, 46, 114, 118, 152, 168, 247  
Computer-Supported Cooperative Work 29, 52  
Computersysteme 1  
    interaktive 1  
    mobile VIII, 11, 56  
Computerterminal 57  
Computerwerkzeuge 2  
Computerwissenschaften 14  
Computing  
    Ambient 54  
    Mobile 56  
    Nomadic 60  
    Pervasive 60  
    Ubiquitous 61  
    Universal 61  
Contextual Design 194  
Continous Deployment 201  
Continous Monitoring 201  
Cortana 151  
Craig's Ratio Rule 90  
Cross-Device-Interaction 1  
CSCW 29, 52  
Cyborgs 56

## D

Daten 321  
Defaults 223  
Denkzeit 175, 179, 321  
Design 14, 112, **194**, 321, *siehe auch*  
    Medien- und Interaktionsdesign  
Design for Error 246  
Design for Responsibility 246  
Design Reviews 262, 263  
Designer 97  
Desktop-Metapher 118, 131, 153  
Desktop-Systeme 164  
DevOps 186, 201, 264  
Dialog **141**, 143, 146, 150, 208, 321  
    benutzergesteuerter 231  
    gemischter 231  
    hybrider 231  
    systemgesteuerter 231  
Dialogablauf 273  
Dialoggestaltung 195  
Dialogkontrolle 231  
Dialogprotokolle 264  
Dialogschnittstelle 208  
Dialogschritt 173  
Differenzierung  
    zeitliche 101, 127  
Differenzlimen 70, 168  
Difficulty 218  
Digital Natives VIII  
Digital Storytelling 112, 120  
Digitalisierung 32  
Digitalkameras 1  
DIN 66234 208  
Direkte Manipulation 244, *siehe*  
    Manipulation: direkte  
Direktheit 117, 144, 164, 211, 230, **246**  
Diskurs 143, 147, 150, 321  
Distanzen 164, 167  
Dramaturgie 120  
Drehbuch 191  
Dringlichkeit 21  
Dunkeladaption 76  
Durchführungszeit 21  
DVD 199  
DV-Laien 128

**E**

E-Akte *siehe* Elektronische Akte

Earcons 113

Ebene

Intentionale 147, 150, 160, 164, 213, 215

Lexikalische 147, 150, 160, 165, 215

Pragmatische 147, 150, 160, 164, 215

Semantische 147, 150, 160, 165, 215, 259

sensomotorische 86

Sensomotorische 147, 150, 160, 165, 215

Syntaktische 147, 150, 160, 165, 215, 259

E-Business 33

ECAs 152

Echtzeit IX, 178, 198, 321

Echtzeitfähigkeit 198

E-Commerce 33

Effektivität IX, 10, 27, 29, 63, 130, 210, 211, **212**, 214, 220, 245

Effizienz IX, 10, 22, 27, 29, 63, 130, 164, 176, 193, 210, 211, **213**, 214, 220, 222, 223, 240, 245, 253, 258

E-Health 33

Ein- und Ausgabe

interreferenzielle 166, 221

Ein-/Ausgabeschnittstelle 208

Einarbeitungsaufwand 8

Einbezogenheit 120, 144, 164, 165, 167, 170, 211, **246**, 247, 321

Eingabealphabet 87

Eingabegeräte 68, 88, 125, 183, 321

Eingabeinstrumente 88, 245

Eingaben 197, 321

Eingabestift 88

Eingabesysteme 185

Eingabetechnik 95, 322

Eingabezeit 174, 322

Einheiten

organisatorische 28

Einheitlichkeit 256

Einsatzbedingungen 215

Einzelbildverschmelzung 74, **79**

E-Learning 33, 191

Elektronik 14

Elektrosmog 36

Elektrotechnik 14

ELIZA 152

Embedded Systems 59

Embodied Conversational Agents 152

Emotional Design 13, 168

Emotionspsychologie 249

Empfehlungen 8, 31, 208

Endbenutzer 202, 322

Endbenutzerprogrammierung 217

Endgeräte

mobile 198

Endoprothesen 56

Engagement 144

Entscheidung 25

Entscheidungsstarrheit

psychische **90**

Entwicklung 94

interdisziplinäre 202

Entwicklungsplattformen 198

Entwicklungsprozesse 14, 53, 102, 138, **183**, 256

agile 183

iterative 183, 187, 188

sequenzielle 183

Entwicklungsumgebungen 198

Entwicklungswerkzeuge 8, 195

Entwurf 184

Entwurfsmuster 195  
Erfahrungen 25, 125, 126, **127**, 178, 263, 273  
Erfahrungsstand 194  
Ergonomie 6, 27, 322  
    klassische 6  
Ergonomie-Labor 267  
Erholungsbedürftigkeit 39  
Erinnern 110  
Erkrankungen 37, 40, 48  
Erlebnishaftigkeit IX, 13, 170, 193, 214  
Erlebnissräume 118  
Erlebnisse 168, 263  
Erlernbarkeit 5  
Ermüdung 37, 39, 42, 322  
Erschwerungen 22, 35  
Erwartungen 125, 263  
Erwartungskonformität 59, 173, 211, 216, **226**, 240, 246, 247  
Erweiterbarkeit 211, **217**  
E-Shops 198  
Ethik 56  
Ethnografie 125, **132**  
ETIT-Analyse 117  
Evaluation 126, 177, 191, **199**, 207, **253**, 322  
    aufgabenbasierte 200, 254, **257**  
    benutzerbasierte 200, 254, **263**  
    formative 200  
    modellbasierte 257  
    summative 200  
    theoriebasierte 200, 254  
Evaluationskriterien 253  
Evaluationsmethoden **199**, 253  
Evaluationsprozesse **200**, 256  
Evaluationsverfahren 253, **254**  
Evaluatoren 255

Exoprothesen 56  
Experience Design **11**, 13, 168, 193, 214  
Experimente  
    kontrollierte 268  
Experten 100, 127, **130**, 217  
Extensionen 2, 55, 56  
Eye Tracking *siehe* Blickbewegungen

## F

Fachsprache 225  
Fachwissen 28  
Fahrzeuge 1, 27, 44, 58, 59, 60, 159, 177, 232, 247  
Fail-Safe-Prinzip 246  
Farbe 77, **80**  
Farbensehen 74, **80**  
Farbgestaltung 240  
Farbsättigung 81  
Farbsensibilität 80  
Farbwechsel 82  
Fatigue 39, 322  
Feature Formation 159  
Fehler 21, 25, 97, 118, 125, 176, 179, 215, **234**, 246, 268, 273, 322  
Fehlerarten 234  
Fehlermeldungen 236  
Fehlerrate 72, 176, 268  
Fehlertoleranz 211, **234**  
Fehlhandlungen 117, 123, 156, 245, 257, 322  
Fernbedienungen 58  
Fertigkeiten 6, 121, 125, 158, 213  
Film 191  
Filter 25  
Fitts' Law 91  
Fließbandarbeit 8, 37, 41  
Flimmern 79  
Flimmerverschmelzungsfrequenz 79

- Form 5
- Formgebung 195, 196
- Fovea 81
- Fragebögen 263
- Freizeit VIII, 1, 11, 32
- Frequenz 21
- Freude 36, 249
- Frustration 37
- Funktionalität 2, 3, 26, 49, 95, 96, **100**,  
127, 128, 144, 164, 171, **183**, 188, 195,  
197, 212, 213, **214**, 215, 216, 217, 218,  
219, 223  
    generische 216  
    gestufte 127
- Funktionskern 127, 128, 129
- G**
- Ganzheitlichkeit 20, 53, 170
- Gaze Plots 264
- Gebäude 44, 58, 247
- Gebrauchstauglichkeit IX, 7, 10, 27, 126,  
194, 208, **210**, 322
- Gedächtnis 25, 36, 69, **93**, 95, **104**, 120,  
**175**  
    auditives 105, 108  
    Kurzzeitgedächtnis 108  
    Langzeitgedächtnis 109  
    sensorisches 105, 106, 108  
    visuelles 105, 108
- Gedächtnishilfe 25
- Gefährdungsbeurteilung 274, 275
- Gegenstände 17
- Gegenstandssysteme 113
- Geisteswissenschaften 14
- Gelegenheitsbenutzer 100, 127, **130**,  
217, 243
- Genauigkeit 212
- General Problem Solver 116
- Generierung  
    dynamische 198
- Genussmittelverbrauch 46
- Geräusche 31, 36
- Geschichtenerzählen  
    digitales 112
- Geschwindigkeit 231
- Gesetz der Gleichheit 84
- Gesetz der guten Fortsetzung 84
- Gesetz der guten Gestalt 84
- Gesetz der Nähe 85
- Gesetze 8, **271**
- Gestalt 5, 114, 153, 241
- Gestaltgesetze 84
- Gestaltsehen 84
- Gestalttheorie 84
- Gestaltungsmuster 195
- Gestaltungsprinzipien 254
- Gestaltungsraum 189
- Gestaltungsregeln 8, 254, 256
- Gestaltungswerkzeuge 196
- Gestaltungswissenschaften 14
- Gestenerkennung 69
- Gestik 152
- Gesundheitsschädigungen 30
- Gesundheitsschutz 271
- Gesundheitswesen 33
- GOMS-Modellierung 257, 261
- Grafik 198
- Grafikdesign 191, 196
- Grafiktablett 88
- Grammatiken 112, 113, 146, 147
- Graphical User Interface 161, 166, 322
- Greifraum 57
- Gruppenarbeit 42
- Gruppierungen 113
- GUI *siehe* Graphical User Interface

Gulf of Evaluation 156

Gulf of Execution 156

## H

HAL 152

Handbücher 95, 184

Hände 40

Handeln

    körperliches 120

Handhabbarkeit 6, **243**

Handlungen 68, 111, 113, 141, **143**, 144, 154, 158, 322

Handlungsfehler 42, 173, 234, 245

Handlungsmodell 141, 154, 157, 158

Handlungsplanung 120, **155**, 156

Handlungsräume 57, 143, 153, 168, **170**, 322

    multimediale 144

    reale 168

    virtuelle 168

Handlungsregulation 36, **155**, 156, 161, 164, 176, 266, 322

Handlungsspielraum 21, 28, 29

Handlungssysteme **153**, 160, 164, 165, 322

Haptik 69, 107, 119, 159, 160, 185, 247

haptisch 6, 69, 323

Hardware-Ergonomie 7, 37, 57, 185, 323

Häuser

    Intelligente 59

Hawthorne-Studie 49

Heatmap 264

Hell-Dunkel-Sehen 74, **75**

Helligkeit 75

Hersteller 256, 257, 274

Herzinfarkt 46

HF-Guidelines *siehe* Human Factors Guidelines

High Fidelity 247

Hilfe 95, 97, 98, **224**

    aktive 98, 226

    passive 226

Hilfesysteme 95, 226, 230, 323

    aktive 98

Hilflosigkeit 46

Hindernisse 22, 35, 64

Hören 243

Hörvermögen 244

HTA 23, 24, 257, 262

HTML 199

Human Factors 323

Human Factors Guidelines 256

Humanwissenschaften 14

Hürden 276

Hypermedia 323

Hypermediasysteme 116, 323

Hyperrealität 323

## I

Icons 113

Identität 249

IFIP-Modell **208**, 209, 214, 220, 240

Immersion 170, **246**, 323

Implantate 55, 62

Implementierung 197

Individualisierbarkeit 127, 211, **237**

Individualisierung 130, 198, 276

Industrie 4.0 19

Industriegesellschaft 323

Inferenz 117

Informatik VII, 12, 13, 14, 112, 146, 196, 203, 323

Information 32, 36, 105, 143, 323

    auditive 67

    visuelle 67

Information Appliances 12, 323  
 Informationsausgabe 173, 197, 221  
 Informationsbeziehungen 84  
 Informationsdarstellung 179, 227, 241  
 Informationseingabe 197, 221  
 Informationsgeräte 12  
 Informationsgesellschaft 323  
 Informationskodierung 242, 243, 323  
 Informationsräume 323  
 Informationsseparation 84  
 Informationssysteme 130  
 Informationswissenschaften 14  
 Ingenieurwissenschaften 14  
 Initiative 98, **231**  
 Inkompatibilitäten 95, 96, 101  
 Instruktionsdesign 230  
 Intellekt 48  
 Intelligenz 48, 111  
     Künstliche 116  
 Intentionen 189  
 Interaktion 1, 117, 141, **143**, 144, 154,  
     173, 323  
     soziale 48  
 Interaktionsdesign VII, **11**, 151, 195,  
     196, 203, 207, 226, 277, 324  
 Interaktionsformen 151, 189, 324  
 Interaktionsraum 167  
 Interaktionsschritt 147, 173  
 Interaktivität 5, 141, 324  
 Interdisziplinarität 14, 184, 202  
 Interlacing 79  
 Internet VIII, 61, 198, 285, 324  
 Internet of Things 5, 58  
 Internet-Anwendungen IX, 11  
 Interpretant 111, 147  
 Interviews 139, 263  
 Intransparenz 46

Intuitivität 58, 131, 176, **248**  
 Invisible Computer 59  
 ISO 309  
 ISO 10075 36, 44, **310**  
 ISO 13407 VII  
 ISO 14915 189, 208, **311**  
 ISO 16982 200, 254, **311**  
 ISO 33402 311  
 ISO 6385 17, 18, 20, 29, 31, **309**  
 ISO 9241 VII, 10, 22, 23, 30, 31, 60,  
     164, 189, 200, 208, 210, 212, 213, 214,  
     219, 220, 224, 226, 228, 231, 234, 237,  
     256, **309**, **310**  
 ISO 9241-110 274  
 ISO 9241-210 VII, 19, **189**, 190, 274  
 IuK-Technologien 1

## J

Joy of Use 249

## K

Kapazität 105  
 Kategorien 113  
 Käufergruppen 131  
 Kenntnisse 6, 126, 134, 225, **273**  
 Kinos 168  
 Kleidung *siehe* Wearables  
 Klima 31  
 Kode 112, 324  
 Kodierung 105, 143, 236  
 Kognition 67, **93**, 155, 240, 255  
 Kognitionszyklus **67**, 68, 255  
 Kollektionen 113  
 Kombinierbarkeit 211, **217**  
 Komfort 57, 59  
 Kommandosprachen 146, 150, 231, 259  
 Kommunikation VIII, 31, 51, 59, 68,  
     111, 113, 141, **143**, 144, 147, 152, 324



- multimediale 152
  - multimodale 152
  - Kommunikationskanal 144, 324
  - Kommunikationsmodelle 141, 144
  - Kommunikationspartner 143, 144, **146**, 151, **152**
  - Kommunikationsprotokolle 184
  - Kommunikationssysteme 49, 52, 61, 64, 324
  - Kompetenz 36, 46, 48, 131
  - Komplexität 128, 130, 211, **218**, 233
  - Kompliziertheit 218
  - Kompression 168
  - Konsistenz 129, 226, 228, 243, 256
    - äußere 228
    - innere 228
    - metaphorische 228
  - Kontextanalyse 31, 51, 193, **194**
  - Kontexte 7, 17, 25, 33, **51**, 112, 115, 116, 118, 150, 215, 216, 217, 226, 234, **245**, 259
    - globale 61
    - körperlich-räumlich 54
    - mobile 60
    - multiple 211, **245**
    - organisatorische **51**
    - soziotechnische 63
  - Kontrollierbarkeit 45
  - Kontrollverlust 45
  - Konversation 143
  - Konversationsmodell 143
  - Konzentration 36, **109**
  - Konzeption 194
  - Kooperation 32, 49, 51, 52, 53, 64, 155, 194
    - fachübergreifende 203
  - Kooperationspartner 146
  - Koordination 51, 52
  - Körper 54, 57
  - Körperhaltung 30
  - Körperkontexte 55
  - Körperlichkeit 147
  - Korrekturen
    - automatische 235
  - Krankheiten 276
    - psychosomatische 46
  - Kriterien 207
    - Dialog- 219
    - Ein-/Ausgabe- 240
    - funktionale 214
    - hedonische 13
  - Kriteriensysteme 207, **208**
  - Kritikalität 21
  - Kultur 125
  - Kultursemiotik 112
  - Kulturwissenschaften 14
  - Kunst 14, 112
  - Künstliche Intelligenz 110, 150, 151
  - Künstliche Welten *siehe* Realitäten:virtuelle
  - Kurzzeitgedächtnis 36, 105, 106, **108**, 175, 179
  - KZG *siehe* Kurzzeitgedächtnis
- ## L
- Langeweile 39, 42, **43**, 45
  - Langzeitgedächtnis 67, 95, 105, 106, **109**, 110, 116, 257
  - Lärm 45
  - Lebensalter 77, 79, 81
  - Lebensbereiche VIII, 1, 32, 33
  - Lebensgestaltung 63
  - Lebenskontext 125, **132**, 194
  - Lebensstil 125, **132**, 194
  - Leistungsabfall 37
  - Leistungsfähigkeit 23, 32, 36, 40, 48, 53

Leistungsmerkmale 258, 261  
 Leistungssteigerung 36  
 Leistungsstörungen 42  
 Leistungsvoraussetzungen 32  
 Leitungsnetze 184  
 Lernaufwand 258, 261  
 Lerneffekte 37  
 Lernen VIII, 32  
   lebenslanges 32  
 Lernförderlichkeit 129, 211, **228**  
 Lernzeit 261  
 Lesbarkeit **241**  
 Lesegeschwindigkeit 180  
 Lesetypografie 241  
 Lexeme 150  
 Lexikalik 95  
 Linguistik 14, 112, 133, 146  
 Liniensehschärfe 76  
 Literatur 112  
 Lösungssynthese 25

## M

MABA-MABA 24  
 Makros 217, 222  
 Manipulation 94, 143, 153, 160, 165  
   direkte 26  
   Direkte 117, 161, **164**, 178, 221, 231, 246, 321  
 Marktsegmente 125, 131, 194  
 Markup-Sprachen 199  
 Maus 30, 57, 88, 245  
 Means-Ends-Analysis 116  
 Medialität 142  
 Medien 3, 5, 324  
   auditive 168  
   digitale 321  
   interaktive 5, 324

  visuelle 168  
   zeitbasierte 143, 168  
 Mediendesign 195, **196**  
 Medien-Engineering IX, **191**, 324  
 Medien-Engineering-Prozess 191, 192  
 Mediengesellschaft 325  
 Medienkonvergenz 325  
 Medienpädagogik 230  
 Medienproduktion **198**, 203  
 Medienproduktionsumgebungen 198  
 Medienrealisierung 193  
 Medientechnologie 30  
 Medium 143, 325  
   interaktives 143  
 Medizin 14  
 Mehrfachkodierung 242  
 MEMEX 116  
 Mensch 17, **18**, **25**, 51, 273  
 Mensch-Computer-Interaktion VIII, 14, 106, 141, **143**, 153, 325  
 Mensch-Computer-Kommunikation 141, **143**, 144, 325  
 Mensch-Computer-Systeme 94, **141**, 143, 207, 325  
 Mensch-Maschine-Interaktion 112  
 Mensch-Maschine-Kommunikation 143, 325  
 Mensch-Maschine-Systeme 94, 142, 325  
   sicherheitskritische 159  
 Mensch-Mensch-Kommunikation 144, 325  
 Mensch-Welt-Beziehung 153  
 Metaphern 27, 113, **118**, 120, 123, 131, 161, 164, 219, 228, 325  
 Metaphorik 113, 325  
 Milieus 132  
 Milieustudien 132  
 MIL-STD-1472G 256

- MIL-STD-2525C 256  
Mimik 152  
Mindeststandards 11, 255  
Miniaturisierung VIII  
Misch Tätigkeiten 37, 42  
Mixed Reality 169  
Mixed-Reality-Systeme 28, 325  
Mobile Computing 56  
Mobiliar 30  
Mockup 326  
Model Human Processor 106, **107**, 175, 240  
Modelle  
    aufgabenbasierte 117  
    funktionale 117, 123  
    Gegenstandsbereich 96, 97, 99  
    inkompatible 95  
    isomorphe 119  
    isophyle 119  
    Klassifikation 97  
    kognitive 175  
    Kompatibilität **101**, 161  
    konzeptuelle 96, 97, 117, 125, 246  
    materielle 119, 124  
    mechanistische 117  
    mentale 26, **95**, 97, 125, 127, 128, 129, 165, 176, 178, 229, 246, 258, 325  
    mentale, 1. Ordnung 97  
    mentale, 2. Ordnung 96, 98  
    mentale, 3. Ordnung 98  
    Notation 97, 99  
    räumliche 119, 124  
    semiotische 111  
    strukturelle 118, 123  
    subsymbologische 120, 124  
    technische 94, **96**, 97  
    zeitliche 120, 124  
Monotonie 39, **41**, 45, 326  
Motivation 36, 43, 120, 130  
Motorik **67**, 68, 69, **86**, 255  
Mouse Clicks 266  
Mouse Move Heatmaps 266  
Mouse Movement Maps 266  
MTO 63  
Multi Store Model 106  
Multi-Device-Interaction 1  
Multifunktionalität 4, 6  
Multimedia 198, 326  
Multimedialität VIII, IX, 5, 7, 95, 107, 113, 116, 118, 119, 141, 143, 144, **152**, 159, 161, 167, 191, 208, 243, 247, 277, 326  
Multitouch 58  
Musik 112, 191  
Muskelzittern 90  
Muster 67, 114  
Mustererkennung 112, 159  
  
**N**  
Nachrichten 326  
Nachrichtentechnik 14  
Nahpunkt 77  
Natürlichkeit 144, 211, 247, 248, 258  
Naturtreue 247  
Nebentätigkeiten 42  
Netze  
    semantische 115, 116, 123  
Netzhaut 77  
Nomadic Computing 60  
Non-Intrusive Systems 59  
Normen VII, 8, 31, 256, **309**  
Nutzbarkeit 11  
Nützlichkeit 11

**O**

Oberflächenkosmetik 10  
 Objekte 26, 113, 144, 147, 153, 154,  
 160, 165, 216, 217  
     medialisierte 58  
 Objektivität 268  
 Objektsysteme 113, 123  
 Offenheit  
     von Aufgaben 21, 28  
 Online-Hilfen 95  
 Online-Tutorien 95  
 Ontologien 113  
 Operateure 232, 245, 326  
 Operationen 154  
 Operatoren 26, 161  
 Organisation 17, **51**  
     formale 18, 28, 51, **52**  
     informelle 18, 52, **53**  
 Organisationsanalyse 30, 51, 52, 191,  
**194**  
 Organisationseinheiten 52  
 Organisationslehre 52  
 Organisationsplanung 257  
 Organisationspsychologie 14  
 Organisationsschnittstelle 208  
 Organisationsstrukturen 127  
 Orientierungsförderlichkeit 242  
 Ortsfrequenz 83

**P**

Pädagogik 14, 133  
 Paper-Mockups 267  
 Paper-Prototypes 267  
*Participatory Design* *siehe*  
     Benutzerpartizipation  
 Partonomien 113  
 Pausen 39, 41

PC *siehe* Personal Computer  
 Persistenz 105  
 Persona 126, 132, **133**, 194, 202, 263,  
 326  
 Persona Lifecycle 263  
 Personal Computer VIII, 12, 56, 57, 189,  
 198, 326  
 Personal Information Management 61  
 Persona-Lifecycle **138**, 196  
 Personalplanung 257  
 Personas 100, 196  
 Persönlichkeitsentwicklung 42, **48**, 63  
 Persönlichkeitsförderlichkeit 42  
 Pervasive Computing 60  
 Perzept 72  
 Phasenmodelle 185  
 Phoneme 150  
 Phrasen 112  
 Physiologie VII, 6, 14, 19, 67  
 Piktogramme 113, 217  
 Planungszeit 175, 326  
 Positionierungen 90  
     Ausführungszeit von 90  
 Positivdarstellung 79  
 Präferenzen 6, 116, 125, 178, 179  
 Problemlösen 25, 35, 36, 67, 69, 161,  
 176, 177  
 Problemzerlegung 25  
 Produktionsregeln 261  
 Produktionssystem **116**, 261  
 Produktivität 22, 179, 193  
 Produzenten 191  
 Programmierkonzepte 198  
 Programmiersprachen 198  
 Programmierung 112, 129, 217, 223  
     visuelle 217  
 Progress-Indicators 178

Prothesen 55  
Prototypen 126  
Prototypisierung 267  
Prozesse 44, 52, 120  
    formale 203  
    informelle 203  
    soziale 203  
Prozessführung 44, 112, 117, **158**, 178,  
    242, 243, 245, 247, 326  
Prozessführungssysteme 159, 326  
PRP *siehe* Psychological Refractory  
    Period  
Prüfregeln 256  
Psychological Refractory Period 90  
Psychologie VII, 14, 19, 67, 133, 154,  
    203  
Psychophysik 35, 69  
Punktschärfe 76

## Q

Qualifikation 36, 46  
Qualifizierung 28, 42, 48, 126, 196, 201,  
    245  
Qualität 4, 8, 9, 12, 64, 95, 130, 183,  
    184, 200, 253  
    ergonomische 253  
Qualitätsmanagement 64  
Qualitätsmerkmale **207**, 258  
Qualitätsprüfungen 200, 253  
Qualitätssicherung 200, 201, 253  
Questionnaires 139, 263

## R

Radio 59  
Rapid Prototyping 197  
Rationalisierung 10  
Raum 54  
    physischer 54

Räume 58, 62  
Raumkontexte 58  
Rauschabstand 72  
Rauschen 71  
    physiologisches 90  
Reaktionsfähigkeit 44  
Reaktionszeit **89**  
Realisierung 184, **197**  
Realitäten 113, 168  
    erweiterte VIII  
    gemischte VIII, 325  
    physische 170  
    virtuelle VIII, 113, 114, 143, 153, 169,  
        **170**, 247, 328  
Recall 110  
Recognition 110, 248  
Reflektionen 240  
Regeln **116**, 158, 159  
Regelwerke 8, 256  
Regulation 147, 255, *siehe auch*  
    Handlungsregulation  
Regulationen  
    sensomotorische 90  
Regulationsbehinderungen 36  
Rehearsal 109  
Reichhaltigkeit 53  
Reiz 105  
    distaler 72  
    proximaler 72  
Reizlimen 70, 168  
Relationen 26, 115, 123, 159, 160  
    semantische 116  
Reliabilität 268  
Repetitivität 21  
Repräsentamen 111, 143, 147  
Ressourcen  
    räumliche 18

## Reviews

kognitive 255

Risiko 21, 44, 245, 326

Robotik 14

Rollen **28**, 125, **126**, 194

organisatorische 52

Rollkugel 88

Routearbeiten 37, 130

Routinebenutzer 100, 127, **129**, 217, 229

RSI-Syndrom 40

**S**

Sachbearbeitung 43, 127, 129

Sättigung

psychische 39, 43, 326

Schädigungen 30, 35, 40, 48, 55

Schließen

räumliches 119

temporales 120

Schnittstellen 184, 195

Schreibmaschinen 40

Schreibtisch 54, 57

Schulbildung 48

Schulungen 95, 224, 230

Schwierigkeit 218

Scribbles 191

SDT *siehe* Signaldetektionstheorie

Sehfeld 74, 264

Sehhilfe 77

Sehschärfe 74, **76**

Sehverhältnisse 75

Sehvermögen 35, 67, 69, **74**, 244, 274, 276Selbstbeschreibungsfähigkeit 164, 211, **224**, 230, 240, 248

Selbstreflexionen 98

Selbstregulation 46

Semiose 112

Semiotik 111, 143, 147, 326

Sensomotorik 57, **67**, **86**, 89, 147, 160, 161, 165, 167, 213, 216, 257, 276

Sensorfusion 167

Sensorik 67

SGML 199

Shannon-Formel 91

Sicherheit 8, 21, 44, 59, 159, 232, **245**, 271, 327

Signal 71

Signaldetektionstheorie 71

Signalentdeckungsleistung 159

Simulacra 114, 327

Simulation 25, 114, 170, 247, 261

Simulatoren 168

Sinn

auditiver 69, 108

haptischer 69, 159

visueller 108, 113, 142, 159, 247

Sinnesmodalitäten 68, 143, 277

Siri 151

Situation Awareness 160, 243, 327

Situationswahrnehmung *siehe* Situation Awareness

Sketches 191

Skills 121, 159, 213

Skripte **118**, 121, 123

Smartphones 1, 3, 4, 5, 33

Smartwatches 1, 33

SOA 217

Software-Engineering 13, **185**, 189, 191, 203, 327Software-Entwicklung 184, **185**

Software-Entwicklungsprozesse 185

Software-Ergonomie VII, **7**, 14, 17, 33, 141, 203, 207, 223, 327

Software-Technik 185

- Sozialwissenschaften 14
- Soziologie 14, 133
- Speicher
- auditive 108
  - echoische 108
  - ikonische 108
  - sensorische 36, 105
- Spiele *siehe* Computerspiele
- Spiele VIII, 11
- Spiralmodell 188
- Sprachausgabe 327
- Sprache 125, 146, 152, 327
- formale 146
  - natürliche 112, 146, **150**, 326
- Spracheingabe 327
- Sprachmotorik 68
- Sprechakt 68, 146
- Standards VII, 8, 207, 208, 219, **309**
- Stelle 28
- Stellen 52
- Stereotypen 133
- Steuerbarkeit 211, **231**, 245
- Stimulation 249
- Storyboard 191
- Storytelling 112, 120
- Strahlungen 36
- Stress **45**, 48, 173, 327
- Stressoren 45, 46
- Strukturen
- linguistische 146
  - narrative 120
  - soziale 51, 203
- Strukturmodelle 195
- Stützapparat 40
- Styleguides VII, 8, 256
- Subjekte 144
- Surrogate 117
- Surveys 139, 263
- Symbole 5, 67, 112, 113, 121
- Symbolverarbeitung 25
- Synästhesie **167**, 170, 247, 327
- Syntax 94, 165, 217, 225, 236, 259
- Synthese
- simultane 167
- Systemarchitekturen 195, 198
- Systemdesigner 93, 94, 96
- Systeme 97
- adaptive 97, 98
  - ambiente 58
  - anthropomorphe 152
  - anwendungsspezifische 217
  - benutzerspezifische 217
  - direkt manipulative 113, 231
  - eingebettete 12, 59
  - globale 61
  - handlungsorientierte 164
  - intelligente 146, 246
  - interaktive VII, 1, 5, 11, 12, 13, 18, 33, 51, 54, 63, 113, 118, 125, 141, 163, 167, 170, 173, **207**, 324, 326
  - kommandobasierte 259
  - kommunizierende **144**, 150
  - komplementäre 24
  - kontextspezifische 217
  - Mensch-Computer-Systeme 141
  - Mensch-Maschine-Systeme 142
  - metaphorische 118, 236, 325
  - mobile 1, 60, 198
  - motorische 67
  - multimediale IX, 95, 107, 113, 118, 141, 152, 199, 243, 277, 326
  - natürlichsprachliche 120, 146
  - robotische 146
  - semiotische 111

sensorische 67  
 sicherheitskritische 159, 232, 245, 327  
 soziotechnische 17, 327  
 tutorielle 230  
 unmittelbar verständliche 230  
 wissensbasierte 110  
 System-Engineering 191  
 Systementwickler *siehe* Systemdesigner  
 Systementwicklung 184  
 Systemgestaltung  
     partizipative *siehe*  
         Benutzerpartizipation  
 Systemgrenzen 130  
 Systemkonzeption *siehe* Konzeption  
 Systemmeldungen 231  
 Systemmodelle 94, **96**, 160, 164, 165  
 Systemparadigmen 170  
 Systems  
     Embedded 12  
 Systems-Engineering 112, 117, **184**, 327  
 Systemtheorien 184  
 Szenarien **118**, 123, 256

## T

Tagesrhythmik 39  
 TAG-Modellierung 260  
 Tangible Media 5, 28, **57**, 58, 62, 119, 328  
 Tangible User Interface 28, 119, 161, 328  
 Tangible-Media-Systeme 328  
 Tangibles *siehe* Tangible Media  
 Taschenrechner 130  
 Task-Languages 260  
 Tastatur 30, 35, 54, 57, 68, 75, **87**, 125, 243, 245  
 Tastatureingaben 87  
 Tasten 87, 257

Tastenhysteresis 87  
 Tätigkeiten 17, **20**, 28, 154, 328  
     anspruchsvolle 48  
     arbeitsähnliche 32  
     ganzheitliche 42  
 Taxonomien 113  
 Taylorismus 26, 29, 37, 63, 323  
 Teams 203  
     interdisziplinäre 184  
     Virtuelle 52, **204**  
 Technik 17  
 Technikzentrierung 12, 19  
 Technologien 195  
 Telearbeitsplatz 273  
 Telefon 30, 49, 58  
 Telekommunikation VIII, 30, 54  
 Telekooperation 52, 204  
 Telematik 14  
 Telepräsenz 328  
 Terminals 189  
 Test 184  
 Text 198  
 Thesauren 113  
 Think-Aloud-Protokolle 267  
 Time to Completion 268  
 Tonsequenzen 143  
 Top-Down-Prozess 73  
 Touch 58, 69, **89**  
 Touchscreens 69, 89  
 Training 46, 121, 213, 247  
 Transaktionen 179  
 Transparenz 95, 96, 211, **219**, 222, 242  
 Trends 25  
 TUI *siehe* Tangible User Interface  
 Typografie 14, 241



**U**

Übersichtlichkeit 211, **242**, **243**  
Überwachung 57  
Überwachungspersonal 44  
Ubiquitous Computing 1, 30, 54, 61  
Undinge 114  
Undo 230, 233  
Universal Computing 61  
Unsichtbarkeit VIII, 59, 170  
Unterforderung 43, 45  
Unterscheidbarkeit **242**  
Unterstützung  
    soziale 46  
    technische 46  
Unzufriedenheit 173, 179  
Usability-Engineering IX, **13**, 19, 23,  
    191, 203, 253, 328  
User Centered System Design 189  
User Experience IX, 13, 214, **249**  
User Interface 197  
User Interface Development 197  
User Interface Styleguide *siehe*  
    Styleguides

**V**

Validität 268  
Verantwortung 25, 52  
Verbal-Reports 267  
Verfügbarkeit 211, **215**  
Vergessen 110  
Verhalten 5, 7, 95, 102, 129, 173, 175  
    automatisiertes 159  
    regelbasiertes 159  
    wissensbasiertes 159  
Verhaltensweisen 123  
Vernetzung 1

Verordnungen 8, 9, 31, 207, 208, **271**,  
    272, 273, 276, 279, 285  
Versagen  
    menschliches 246  
Verständlichkeit 96, 118, 219  
    unmittelbare 113, 164, 224, 225, 230,  
        248  
Verstehen 113, 219  
Verzögerungen 173, 175, 177, 180  
Verzögerungszeit 89  
Video 198  
Videokonferenzen 31, 49, 245  
Videoströme 143  
Vielseitigkeit 3, 4  
Vigilanz **44**  
    herabgesetzte 42, **44**, 45, 159, 328  
Virtual Realities *siehe* Realitäten:  
    virtuelle  
Virtualität 168  
Virtual-Reality-Systeme 185, 328  
Virtuelle Realitäten *siehe* Realitäten:  
    virtuelle  
Virtuelle Welten *siehe* Realitäten:  
    virtuelle  
Visualisierung 159, 170, 328  
visuell 67, 328  
Vollständigkeit 212, 258  
Voreinstellungen 223  
Vorhersehbarkeit *siehe* Antizipation  
VR *siehe* Realitäten: virtuelle

**W**

Wachsamkeit 44  
Wahrnehmbarkeit 211, **240**  
Wahrnehmung 25, **67**, 111, 155, 255,  
    328  
    menschliche 67  
    visuelle 69, **84**

Wahrnehmungen 142, 157, 158, 160, 167, 170  
Wahrnehmungsprozesse 105  
Wahrnehmungsverzerrung 46  
Wearables VIII, 1, 5, 33, **56**, 60, 62  
Wechselwirkung 141, 143, 144, 154  
Welt  
    physische 170  
    virtuelle 144  
Welten 113  
    virtuelle *siehe* Realitäten: virtuelle  
Weltmodell 141, 144, 160, 165  
Werkzeuge **2**, 26, 27, 153, 154, 161, 165  
Werkzeugschnittstelle 208, 213  
Wichtigkeit 21  
Wiedererkennung 110  
Wiederverwendbarkeit 211, **216**  
Wirklichkeiten *siehe* Realitäten  
Wirksamkeit 6  
Wirkungen  
    negative 37  
    positive 36  
    von Arbeit 53  
Wissen 25, 67, 104, **110**, **121**, 158, 328  
    Anwendungswissen 128, 129  
    deklaratives 121  
    explizites 159  
    kompiliertes 121  
    pragmatisches 121  
    prozedurales 121  
    regelbasiertes 159, 261  
    semantisches 121  
    syntaktisches 121  
Wissensrepräsentation 94, 104, 120, 150, 161  
Wissenstransfer 216, 258, 261  
Workflow 29, 52

Workflowmanagement 53  
Workstations 189  
Wörter 112  
WWW 11, 116, 198, 323, 328

## X

XEROX Star 216  
XML 199

## Z

Zeichen 95, **111**, 143, 159, 328  
Zeichensysteme 111, 112, 114, 154  
Zeichenträger 111, 143, 147  
Zeigeaufwand 89  
Zeigefehler 89, 90  
Zeigehandlung **88**, 90  
Zeigeinstrument 6, 35, 54, 57, 68, 88, 257  
Zeitabschnitte 173  
Zeitaufwände 258  
Zeitdruck 45, 129  
Zeitmessungen 175  
Zeitverhalten **173**, 181  
Ziel 20  
Zielgruppen 19, 72, 125, 131, 189, 191, 193, **196**  
Zufriedenheit 10, 166  
Zufriedenstellung IX, 10, 27, 63, 173, 176, 210, 211, **214**, 245, 253  
Zugangsschranken 277  
Zugreifbarkeit 215  
Zugriffsgeschwindigkeit 105  
Zugriffsorganisation 105  
Zugriffsrechte 198  
Zustandsraum 116  
Zuträglichkeit **244**  
Zuverlässigkeit 211, **216**