

Dieter Zapf, Felix C. Brodbeck und Jochen Prümper

# Handlungsorientierte Fehlertaxonomie in der Mensch-Computer Interaktion

## Theoretische Überlegungen und eine erste Überprüfung im Rahmen einer Expertenbefragung<sup>1)</sup>

**Dokumentation:** Zapf, D., Brodbeck, F. C. & Prümper, J. (1989). Handlungsorientierte Fehlertaxonomie in der Mensch-Computer Interaktion. *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, 33 (N. F. 7), 4, 178—187

**Schlagwörter:** Fehler, Fehlertaxonomie, Handlungstheorie, Mensch-Computer-Interaktion, Software-Ergonomie

### Zusammenfassung

Der vorliegende Artikel behandelt Fehler bei der Arbeit mit Bürosoftware. Dazu wurde aufgrund handlungstheoretischer Überlegungen eine Fehlertaxonomie entwickelt, in der Funktionsprobleme als Mismatch zwischen Computer und Arbeitsaufgabe und Nutzungsprobleme als Mismatch zwischen Benutzer und Computer unterschieden werden. Nutzungsprobleme werden weiter nach Schritten im Handlungsprozeß sowie nach Handlungsregulationsebenen unterschieden und von ineffizientem Handeln abgegrenzt. In einer ersten empirischen Anwendung wurden 227 Fehlerbeschreibungen von 33 EDV-Experten aus den Bereichen Softwareentwicklung, Organisation, Training und Beratung von zwei Ratern klassifiziert. Dabei konnten 65 % Übereinstimmungen erreicht werden.

### Abstract

This article deals with errors in office work with computer software. An error taxonomy based on action theory was developed, which differentiates functional problems as a mismatch between task and computer and usability problems as a mismatch between user and computer. Usability problems are differentiated according to steps in the action process and to the levels of action regulation. In a first evaluation descriptions of 227 errors of 33 experts in software development, organization, training and consulting were classified by two raters. 65 % of the descriptions were rated in agreement.

### 1 Wozu eine Fehlertaxonomie zur Klassifikation von Benutzerfehlern?

Durch den Einsatz von Personal Computern ist die Zahl der EDV-Arbeitsplätze in den letzten Jahren enorm gestiegen. Selten jedoch verläuft die Arbeit am Computer reibungslos. Viele Benutzer geraten unter

Streß, wenn am Computer Probleme oder Fehler auftreten und nicht sofort gelöst werden können. Die Arbeit wird dann als unangenehm erlebt (Frese, 1987b; Johansson & Aronsson, 1984). Wie häufig berichtet wird, verbringen Benutzer einen großen Anteil ihrer Arbeitszeit damit, mit Fehlern und Problemen am Computer fertig zu werden. Fehler sind damit nicht nur ein psychologisches, sondern auch ein ökonomisches Problem (z. B. Hanson, Kraut & Farber, 1984; Kraut, Hanson & Farber, 1983; Shneiderman, 1987).

Um entsprechende Maßnahmen zur Fehlerbehandlung ergreifen zu können, müssen Fehler und Probleme bei der Computerarbeit genauer analysiert und klassifiziert werden, da man nicht davon ausgehen kann, daß alle Benutzerfehler zu den gleichen Maßnahmen führen. Im folgenden sollen deswegen theoretische Überlegungen und eine erste empirische Anwendung einer Fehlertaxonomie vorgestellt werden.

### 2 Fehleranalyse — die Frage der Perspektive

Die Analyse von Fehlern im Mensch-Computerbereich muß sich mit folgendem Problem auseinandersetzen:

- Man neigt dazu, Fehler einseitig dem Menschen zuzuschreiben: Maschinen machen keine Fehler;
- der Begriff Fehler hat eine negative Konnotation: Fehler sind „schlecht“. Sie müssen beseitigt oder vermieden werden. Fehler zeigen die Unzulänglichkeit des Menschen.

Folgt man diesen Argumenten, wird man immer zu folgendem Schluß kommen: Das System Mensch-Maschine muß so gestaltet werden, daß die Auftretenswahrscheinlichkeit von Fehlern möglichst minimiert wird. Dies läßt sich oft durch eine Erhöhung der Automatisierung erreichen: Das Ersetzen des Menschen durch die Maschine.

Aus der Sicht einer psychologischen Handlungstheorie läßt sich jedoch eine andere Perspektive begründen, wie sie auch in jüngster Zeit immer häufiger in der Fehlerforschung vertreten wird (Frese & Peters, 1988; Lewis & Norman, 1986; Rasmussen, 1987; Reason, 1986, 1987a, b, c, d, e, 1988; Wehner, 1984 a, b). In dieser

1) Der vorliegende Beitrag entstand im Rahmen des Forschungsprojektes FAUST (Fehleranalyse zur Untersuchung von Software und Training). Das Projekt wird vom Bundesministerium für Forschung und Technologie (HdA) gefördert (Förderkennzeichen: 01 HK 8067). Projektmitglieder: Felix Brodbeck, Michael Frese (Projektleitung), Helmut Peters, Jochen Prümper, Dieter Zapf. Wir danken Michael Frese, Helmut Peters sowie Reinhard Keil-Slawik, Karlheinz Rödiger und einem der Reviewer für ihre Anregungen zu diesem Artikel.

Perspektive wird versucht zu zeigen: Bei dem Verhalten, das im Mensch-Maschine-System als Fehlerverhalten erscheint, handelt es sich häufig um ein Verhalten, das in einer „normalen“ Lebensumgebung durchaus sinnvoll und effektiv ist. Der Mensch wird in ein ihm fremdes System gesteckt, in dem er den Anforderungen der Maschinen genügen muß. Die Übertragung seiner Erfahrung führt dann zu „Fehlern“. So weist Reason (1986) darauf hin, daß es sich bei menschlichen „Fehlern“ keineswegs um „Systemdefekte“ des Systems Mensch handelt. Systematische Fehler haben vielmehr ihren Ursprung in nützlichen, funktionalen und adaptiven Prozessen und sind untrennbar verbunden mit der Besonderheit der menschlichen Informationsverarbeitung. Damit ist die Fähigkeit gemeint, komplexe Informationen zu verarbeiten, indem auf etablierte Routinen und Heuristiken zurückgegriffen wird.

Ein Mensch-Maschine-System zwingt den Menschen häufig, fehlerfrei zu handeln, d. h., seine Handlungsregulation einem Computerprogramm ähnlich zu „programmieren“, wie es im Alltagsleben viel zu aufwendig und zudem überflüssig wäre. Das „normale“ Leben ist mit einem begrenzten Aufwand an Planung und Aufmerksamkeit zu bewältigen. Die Eigenheit des Menschen, nicht jedem Reiz sehr hohe Aufmerksamkeit zu schenken und nicht jeden Handlungsschritt im voraus wie bei einem Computer festzulegen, ermöglicht es ihm, auch in komplexen, unübersichtlichen Situationen handlungsfähig zu bleiben (vgl. Reason, 1987 a).

Fehler und Probleme bei der Computerarbeit sollten deshalb unter dem *Mismatch*-Gesichtspunkt (Rasmussen, 1985, 1987) — einer „Unangepaßtheit“ zwischen Mensch und Computer — betrachtet werden. Jedes der beiden „Teilsysteme“ Mensch und Computer entspricht nicht allen Eigenarten des anderen Systems. Die Ursache des Problems kann in vielen Fällen keinem der beiden Teilsysteme zugeordnet werden, sondern ist ein Problem des Gesamtsystems<sup>2)</sup>. (Für eine ähnliche Argumentation im Unfall- und Sicherheitsbereich vgl. Hoyos, 1980).

### 3 Handlungsregulationstheoretische Überlegungen zur Analyse von Fehlern in der Mensch-Computer Interaktion

#### 3.1 Funktionsprobleme und Nutzungsprobleme

Fehler sind dadurch gekennzeichnet, daß ein angestrebtes Ziel nicht erreicht worden ist (Frese & Peters, 1988), und sind dadurch z. B. von ineffizientem Handeln abgrenzbar (s. u.). Eine Maschine hat keine eigenen Ziele. Sie kann lediglich die von ihr erwartete Funktion nicht erfüllen. Wir sprechen dann von einem *funktionalen Problem*, wenn eine Maschine oder ein

System die Zwecke, für die sie konstruiert und für die sie im Rahmen einer bestimmten Arbeitsaufgabe eingesetzt wurden, nicht erfüllen. Der Konstruktionszweck ist insofern relevant, als es unsinnig wäre, z. B. einem Textverarbeitungsprogramm anzulasten, man könne mit ihm keine statistischen Berechnungen durchführen. Man müßte in diesem Fall das geeignete Programm benutzen. In Abbildung 1 ist das System von Arbeitsaufgabe, Benutzer und Computer dargestellt. Innerhalb dieses Systems bezieht sich die Funk-

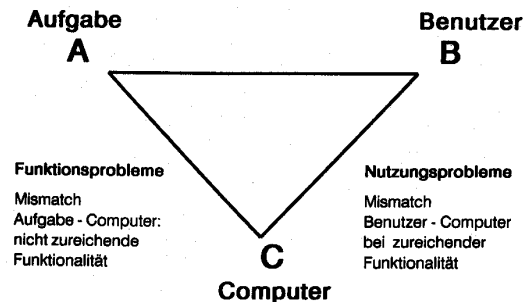


Abbildung 1  
Funktionsprobleme und Nutzungsprobleme im Kontext von Aufgabe — Benutzer — Computer

tionalität auf die Beziehung zwischen Arbeitsaufgabe und Computer. Funktionsprobleme können hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf den Handlungsprozeß unterschieden werden. Sie führen im Extremfall dazu, daß Handlungsziele ganz aufgegeben oder zumindest abgeändert werden müssen. In weniger schlimmen Fällen führen sie zu einer Handlungsunterbrechung und zu teilweisem Verlust der Arbeitsergebnisse. Manche Funktionsprobleme können vom Benutzer durch entsprechende Handlungsstrategien kompensiert werden. Funktionsprobleme können als *Mismatch zwischen Aufgabe und System* begriffen werden (vgl. Zapf & Frese, 1989). Sie stehen in der Regel bei der Beurteilung von Softwaresystemen im Vordergrund, da nicht funktionierende Systeme für den Anwender unbrauchbar und damit auch unverkäuflich sind. Unter arbeitsgestalterischen Gesichtspunkten ist die Gewährleistung der Funktionalität jedoch noch nicht ausreichend (vgl. den DIN-Norm Entwurf zur Softwaregestaltung, 1988). Auch wenn die Funktionalität eines Systems gegeben ist, kann man auftretende Probleme nicht automatisch dem Anwender anlasten. Vielmehr handelt es sich hier um einen Mismatch des Systems „Mensch-Computer“. Der Mismatch zwischen Mensch und Computer soll im folgenden als *Nutzungsproblem* bezeichnet werden, um deutlich zu

2) Wenn hier und im folgenden von einem Gesamtsystem Mensch-Computer die Rede ist, dann soll damit lediglich gesagt werden, daß zwischen beiden vielfältige Interdependenzen bestehen. Nicht jedoch ist damit etwa grundsätzliche Austauschbarkeit oder Ersetzbarkeit des einen durch das andere impliziert.

machen, daß es sich um ein Problem des Gesamtsystems Mensch-Computer handelt.

Dem Mismatch-Gedanken zufolge ist eine „Schuldzuschreibung“ (der Mensch bzw. das System ist fehlerhaft) nur auf einer pragmatischen Ebene möglich. Theoretisch ist es kaum begründbar, einen Fehler einem Menschen oder einem Computersystem anzulasten (Frese & Peters, 1988)<sup>3</sup>. Grundsätzlich gibt es deshalb auch immer die Möglichkeit, bei auftretenden Problemen beim Menschen oder bei der Software anzusetzen. Wenn bei einer bestimmten Arbeitsaufgabe beim gleichen System bei verschiedenen Personen, die als hinreichend erfahren gelten können, das gleiche Problem auftritt, wird man die auftretenden Probleme eher dem System anlasten und nach Systemverbesserungen suchen. Ist der Effekt personenspezifisch, d. h. tritt er bei einer bestimmten Person auf, aber nicht bei anderen, dann kann man eher von einem Qualifikationsproblem des Benutzers sprechen. Insgesamt gilt, es gibt immer zwei sich ergänzende Möglichkeiten der Fehlerbehebung und der Fehlerprophylaxe: Systemgestaltung (Softwaregestaltung) und Qualifikation der Benutzer. Es ist nicht sinnvoll, diese Maßnahmen gegeneinander auszuspielen.

### 3.2 Klassifikation von Nutzungsproblemen

Die folgenden Überlegungen zu den Nutzungsproblemen stellen die Weiterentwicklung einer von Frese und Peters (1988) vorgelegten Taxonomie dar, bei der Fehler nach Regulationsebenen und nach Schritten im Handlungsprozeß unterschieden werden.

Entsprechend dem hierarchisch-sequentiellen Modell menschlichen Handelns von Hacker (1986) werden die sensumotorische Regulationsebene, die Ebene der flexiblen Handlungsmuster und die intellektuelle Regulationsebene unterschieden. Handlungen auf unterschiedlichen Regulationsebenen unterscheiden sich hinsichtlich ihres Geübtheits- und Automatisierungsgrades. Auch Fehler lassen sich hinsichtlich dieser Regulationsebenen unterscheiden. Diese Unterscheidung hat eine große Nähe zur Fehlerklassifikation von Rasmussen (1985, 1987), der zwischen Fehlern auf dem skill-based, rule-based und knowledge-based level differenziert (vgl. dazu auch Arnold & Roe, 1987).

Zusätzlich zu den Ebenen der Handlungsregulation gibt es eine Ebene des Wissens. Wissensrepräsentationen werden im Bereich der kognitiven Psychologie/

cognitive science unter der Bezeichnung mentale Modelle diskutiert (Gentner & Stevens, 1983; Norman, 1983). Hacker (1986, 1988) spricht von innerer Repräsentation. Den Ausschnitt, der sich auf die Ausführung einer Handlung sowie deren Realisierungsbedingungen bezieht, nennt Hacker operatives Abbildsystem (OAS). Das OAS umfaßt praktisch die Gesamtheit des konkreten Wissens einer Person über die eigene Arbeitstätigkeit, ihre Voraussetzungen, Konsequenzen, Folgen von Störungen, Erwartungen des Verhaltens anderer Personen usw. Fehler können auftreten, wenn dieses Wissen unvollständig ist oder wenn die operativen Abbilder oder mentalen Modelle in bestimmten Teilen nicht der Realität entsprechen. Es wird im folgenden allgemein von Regulationsgrundlage gesprochen. Im Mensch-Computer-Bereich enthält die Regulationsgrundlage Wissen über Kommandos, Funktionen des Programms, Anwendungsmöglichkeiten, Beschränkungen usw. Verschiedentlich wurde zu Recht angemerkt, man müßte den Bereich des Wissens noch weiter differenzieren, etwa in Wissen um Begriffe und Fakten und Wissen um Strukturen, Prozesse etc. (vgl. Bloom, 1972). Dies ist sicherlich auch für den vorliegenden Bereich ein wichtiger Punkt. Beispielsweise wäre zu unterscheiden, ob in einem bestimmten System bestimmte Funktionen und Kommandos schwer erschließbar sind oder ob grundlegende Konzeptionen des Programmes nicht zu durchschauen sind. Im Hinblick auf die empirische Umsetzung der Taxonomie wurde auf diese Differenzierungen allerdings verzichtet.

Der *Handlungsprozeß* kann grob so zusammenfaßt werden: Am Anfang der Handlung wird ein Ziel aufgestellt und ein entsprechender Plan entworfen, wie man dieses Ziel realisieren kann. Anschließend wird dieser Plan ausgeführt. Dazu ist es notwendig, die zuvor erstellten Pläne eine Zeitlang im Gedächtnis präsent zu halten, bis die jeweiligen Pläne und Teilpläne abgerufen worden sind. Am Schluß von Handlungen oder Teilhandlungen stehen dann jeweils Rückmeldungen, ob das angestrebte Ziel erreicht worden ist (vgl. Frese & Stewart, 1984; Hacker, 1986, 1988; Norman, 1986; Semmer & Frese, 1985; Volpert, 1983, 1987).

Es kann nun danach unterschieden werden, ob die Probleme bei Planungsprozessen, bei Planspeicherung und Planabruf oder bei Rückmeldungsprozessen auftreten. Da in der Handlungsregulationstheorie dem zeitlichen Aspekt des Planspeicherns weniger Aufmerksamkeit geschenkt wird, soll dies im folgenden etwas ausführlicher behandelt werden.

Pläne müssen manchmal eine längere Zeit im Gedächtnis präsent gehalten werden, bis sie (zum richtigen Zeitpunkt) ausgeführt werden können (Monitoring). Diese Gedächtnisprozesse sind fehleranfällig: Pläne oder Teile von Plänen können vergessen werden. Auf diesen Aspekt geht Norman (1981) in seiner

3) Es sei an dieser Stelle angemerkt, daß die Begriffe „Fehler“ und „Problem“ in ihrem Gebrauch nicht konsistent erscheinen mögen. Beide Begriffe werden von uns im Sinne des Mismatch-Gedankens verwendet. Dies resultiert daraus, daß der von uns anfänglich benutzte Fehlerbegriff wegen seines negativen Bedeutungsgehaltes den Mismatchgedanken zu wenig ausdrückt, der Problembegriff jedoch ebenfalls anderweitig besetzt ist und direkte Übersetzungen von Mismatch uns ebenfalls als nicht geeignet erschienen.

„Activation-Triggering-Schema“-Theorie (ATS) ein. Diese besagt, Handlungsschemata werden *aktiviert*, d. h. im Gedächtnis als potentiell handlungsauslösend bereitgestellt und *getriggert*. Bei geeigneten zeitlichen inneren oder äußeren Bedingungen entfaltet ein Schema seine operative Wirkung und löst eine entsprechende Handlungssequenz aus. Dabei wird eine Handlung von einer ganzen Reihe von Schemata kontrolliert, die heterarchisch organisiert sind: Analog zum hierarchisch-sequentiellen Handlungsmodell sind Schemata auf unterschiedlichen Ebenen angesiedelt. Heterarchisch ist hier so zu verstehen, daß einerseits eine Über- und Unterordnung von Schemata existiert, allerdings untergeordnete Schemata gegenüber den übergeordneten eine gewisse Selbständigkeit besitzen.

Ähnlich argumentiert Heckhausen (1987) aus motivationstheoretischer Sicht. Er geht von Intentionen als Ziele im Sinne angestrebter Endzustände aus, die man durch eigenes Handeln realisieren will. Diese Intentionen müssen gespeichert werden, bis eine entsprechende Gelegenheit gekommen ist, in der sie handlungswirksam werden können. Diese mental repräsentierten intentionalen Inhalte müssen bis zu ihrer Erledigung aktiviert sein. Dies bedeutet, daß sie leicht abrufbar und bewußtseinsfähig, nicht jedoch bewußtseinspflichtig sind. Verschiedentlich ist dazu vorgeschlagen worden, ein eigenes „intention memory“ anzunehmen, in dem die Intentionen einer Handlung abgespeichert sind (Reason, 1986).

Fehler bei der Planspeicherung/Monitoring treten vor allem dann auf, wenn es wenig situative und handlungsimmanente Hinweise für die nächste Teilhandlung gibt. Bestimmte Punkte im Handlungsprozeß mit hoher Divergenz (vgl. das Konzept der hoch-effizient-divergenten Handlungszwischenziele — hed-Ziele — von Oesterreich, 1981, 1983) dürften dafür besonders in Frage kommen: Hier kann in verschiedenen Richtungen weitergehandelt werden. Divergenz bedeutet

gleichzeitig Unbestimmtheit durch die Situation. In einer Situation, in der praktisch nur ein Handlungsschritt effizient ausgeführt werden kann, ist der nächste Handlungsschritt determiniert. D. h., man wird anhand situativer Merkmale erinnert, welcher Handlungsschritt als nächster ausgeführt werden soll (vgl. das Behavior Setting-Konzept von Barker, 1968, und den Begriff der „Affordances“ bei Gibson, 1979). In einer Situation mit hoher Divergenz gibt die Situation weniger Hinweise, welche Handlung als nächstes ausgeführt werden soll.

Die Unterscheidungen nach Regulationsebenen und nach Phasen im Handlungsprozeß ergeben nun einen Vorschlag für eine in Abbildung 2 dargestellte Taxonomie, die im folgenden Abschnitt erläutert wird.

## 4 Erläuterung und Abgrenzung der Fehlerkategorien

### 4.1 Fehler in der Regulationsgrundlage

Fehler in der Regulationsgrundlage bedeuten, daß der Benutzer Handlungsschemata nicht produzieren kann, weil ihm dazu in seiner Wissensbasis notwendige Informationen nicht zur Verfügung stehen. Allerdings könnte man bei einer weiten Auslegung dieser Bestimmung letztlich alle Fehlerphänomene zu Fehlern der Regulationsgrundlage erklären. Die Grenzen sollen hier eher eng gezogen werden. Wissensfehler beziehen sich nicht auf irgendwelches abstraktes Wissen über Computer, sondern nur auf die für die Handlungsausführung notwendigen Wissensvoraussetzungen (in erster Linie Wissen um Fakten). Beispiele: Eine Person kennt den Befehl für das Formatieren einer Diskette nicht. Oder: Die Person weiß nicht, in welchem Untermenü sich ein Befehl für die Ausführung eines Silbentrennungsprogrammes befindet.

### 4.2 Fehler auf der intellektuellen Regulationsebene

Fehlern auf dieser Ebene ist gemeinsam, daß sie während einer bewußten, intellektuellen Regulation von Handlungsplänen und Handlungen entstehen. Dies sind Handlungen bzw. Teile von Handlungen, die für die handelnde Person zumindest zum Teil Neuigkeitscharakter haben, d. h. sie muß erst überlegen.

#### 4.2.1 Fehler in der Planungsphase: Denkfehler

Hierbei handelt es sich um Fehler bei der Planung von Handlungen. In Abgrenzung von Wissensfehlern bedeutet dies: Einer Person steht im Prinzip das nötige Wissen zur Verfügung. Sie stellt jedoch falsche oder unrealistische Ziele auf, setzt Teilhandlungen falsch zusammen oder trifft falsche Entscheidungen zwischen Teilzielen; daher führen entsprechende Pläne

Regulationsgrundlage		Wissensfehler		
Regulations-ebenen	Schritte im Handlungsprozess			
	Ziele/Planung	Gedächtnis/Monitoring	Rückmeldung	
Intellektuelle Regulations-ebene	Denkfehler	Merk-/Vergessensfehler	Urteilsfehler	
Ebene der flexiblen Handlungsmuster	Gewohnheitsfehler	Unterlassensfehler	Erkennensfehler	
sensu-motorische Regulations-ebene	Bewegungsfehler			

Abbildung 2  
Handlungsorientierte Taxonomie der Nutzungsprobleme

nicht oder nur unter großem Aufwand zum Ziel. Unter Denkfehler fällt auch, wenn bei der Planung Teilhandlungen nicht berücksichtigt werden (in Abgrenzung zu Fehlern beim Monitoring, bei der die Ausführung einer Teilhandlung vergessen wird).

Beispiel (bei einem Datenbankprogramm): Man baut eine Liste auf, die 80 Zeilen oder acht oder neun Überschriften haben soll. Man bringt dies dann nicht auf einem Arbeitsblatt unter. Das Problem wird aber erst dann erkannt, wenn man schon viel Arbeit investiert hat. Man muß dann teilweise noch einmal von vorn anfangen.

#### 4.2.2 Fehler während der Planspeicherung/ Monitoring: Merk- und Vergessensfehler

Hier geht es darum, aufgestellte Pläne über einen Zeitraum hinweg im Gedächtnis abzuspeichern, bis sie realisiert werden können. Diese Pläne oder Teilpläne (Informationen, die man sich in der Planungsphase angeeignet hat) können nicht behalten werden und werden vergessen. Dies bedeutet auch, daß an einer bestimmten Stelle Unterpläne generiert werden müssen und dies vergessen wird. Fehler beim Monitoring unterscheiden sich auf der intellektuellen Regulationsebene und auf der Ebene der flexiblen Handlungsmuster folgendermaßen: Auf der intellektuellen Regulationsebene werden Teile des Aktionsprogrammes vergessen, die speziell für ein bestimmtes Ziel neu „konstruiert“ werden mußten, also nicht bereits als fertige Schemata in der Regulationsgrundlage vorlagen. Man muß sie sich bewußt merken, hat dabei u. U. schon von Anfang an Schwierigkeiten, alles zu behalten, und kann sich an Teile des Planes nicht mehr erinnern.

Beispiel: Ein Benutzer überlegt sich, welche und wie viele Spalten er bei einem Tabellenkalkulationsprogramm für ein Arbeitsblatt braucht und wie diese zu beschriften sind. Nach dem Ausdruck des Arbeitsblattes stellt er fest, daß er eine Spalte, die er sich vorher überlegt hatte, vergessen hat.

Auf der Ebene der flexiblen Handlungsmuster hingegen handelt es sich um Handlungsmuster, die als Schemata bereits in der Regulationsgrundlage vorhanden waren und lediglich für die Situation spezifiziert werden müssen. Hier ist es nicht das Problem, sie sich überhaupt zu merken. Man vergißt lediglich, sie abzurufen.

#### 4.2.3 Fehler bei der Rückmeldung: Urteilsfehler

Rückmeldung enthält Vergleichsprozesse zwischen dem zu einem bestimmten Zeitpunkt erreichten Handlungsergebnis und dem zu erreichenden Teilziel. In diese Kategorie fallen mithin alle Fehler, die bei der Wahrnehmung und Interpretation der Systemreaktionen (als Folgen eigener Handlungen) auftreten.

Fehler in der Rückmeldungsphase auf intellektueller Regulationsebene entstehen, wenn situative Merkmale (Reaktionen des Systems) falsch beurteilt oder nicht wahrgenommen werden. Der Begriff Urteilsfehler scheint hier insofern geeignet, als es sich bei den Rückmeldungsprozessen auf intellektueller Regulationsebene um bewußte Prozesse der Analyse und Synthese handelt (vgl. Hacker, 1986). D. h., es wird bewußt beurteilt und entschieden, ob das entsprechende Ziel oder Teilziel erreicht worden ist oder nicht. Ausgeschlossen sind hier Fehler bei der Wahrnehmung von Signalen, die dem Benutzer bekannt sind. Hierbei handelt es sich um reine Wissensaktualisierung, und diese gehören auf die Ebene der flexiblen Handlungsmuster.

Beispiel: Der Benutzer weiß nicht, ob er die Systemrückmeldung „nicht genügend Speicherplatz“ auf den Arbeitsspeicher oder auf den Festplattenspeicher beziehen soll. Oder: Der Benutzer erhält die Meldung „IO.Sys 06 Zeitfehler bei Speichern oder I/O Zugriff, ADR 0000 : 00AB“ und kann damit nichts anfangen.

#### 4.3 Fehler auf der Ebene der flexiblen Handlungsmuster

Fehlern auf dieser Ebene ist gemeinsam, daß sie bei gut beherrschten Handlungen bzw. Teilen von Handlungen auftreten. Auf dieser Ebene werden keine neuartigen Pläne erstellt und verarbeitet, sondern es kann auf im Gedächtnis gespeicherte Handlungsgrundmuster zurückgegriffen werden, die für die jeweilige Situation angepaßt werden.

##### 4.3.1 Fehler in der Planungsphase: Gewohnheitsfehler

Auf der Ebene der flexiblen Handlungsmuster werden Pläne abgerufen, die als flexibel einsetzbare Muster kognitiv repräsentiert sind, z. B. Sicherungskopien von Dateien erstellen und dazu eine Diskette formatieren. Die Muster müssen nur den jeweils konkreten Umgebungsbedingungen angepaßt werden, z. B.: Soll eine Festplatte oder eine Diskette formatiert werden? Diese Handlungen werden im Prinzip vom Arbeitenden gut beherrscht. Man braucht nicht im einzelnen neu zu überlegen, was man der Reihe nach zu tun hat, sondern muß lediglich vorhandenes Wissen aktualisieren, also etwa den Gang der Handlung am „geistigen Auge vorbeiziehen“ lassen. Hier können Fehler auftreten, wenn versehentlich ein falsches Handlungsmuster aufgerufen wird.

Beispiel: Ein Benutzer möchte eine Diskette formatieren und gibt „format — Leerzeichen — a:“ ein. Dies ist das allgemeine Kommando des MS-DOS. An dem PC, an dem der Benutzer arbeitet, darf bei diesem Befehl jedoch kein Leerzeichen stehen. Es muß der Ausdruck „formata“ in einem Wort eingegeben werden. Der

Benutzer, der auch an anderen Computern mit dem normalen MS-DOS Befehl arbeitet, merkt seinen Fehler und korrigiert ihn, weil er diese Handlung schon oft ausgeführt hat.

#### 4.3.2 Fehler bei der Planspeicherung/Monitoring: Unterlassensfehler

Ein Unterlassensfehler besteht darin, daß sehr gut gekonnte Handlungsschemata, die jederzeit zur Verfügung stehen, nicht zur Ausführung gelangen. Handlungsschemata werden übersprungen oder zu einem späteren Zeitpunkt aktiviert. Auf der intellektuellen Regulationsebene war eine aktive und bewußte Behaltensleistung eines Planes erforderlich, der dann nicht ausgeführt wurde. Auf der Ebene der flexiblen Handlungsmuster hingegen ist es so, daß die entsprechenden Handlungsschemata im Prinzip „bereitliegen“ und zu einem bestimmten Handlungsmuster gehören. Es wird jedoch vergessen, sie auszuführen.

Beispiel: Ein Benutzer entwirft eine Kalkulation mit einem entsprechenden Programm. Er gibt Daten ein und Formeln, mit deren Hilfe aus den eingegebenen Daten neue Werte berechnet werden. Als er fertig ist, wundert er sich, warum der Computer nicht die erwarteten Werte liefert. Der Grund: Er hat vergessen, die Taste „Kalk“ zu drücken, die die eigentliche Berechnung erst durchführt.

#### 4.3.3 Fehler bei der Rückmeldung: Erkennensfehler

Ein Erkennensfehler liegt dann vor, wenn direkt erkennbare Rückmeldungen aus der Umwelt — im vorliegenden Fall die des Systems — übersehen oder verwechselt werden. Es handelt sich hierbei für den Benutzer um informationshaltige Signale. Signale sind all diejenigen Reize, die Informationen über notwendige Eingriffe vermitteln. Bildschirminformationen werden in diesem Sinne also für den Anwender zu Signalen, wenn er sofort weiß, was zu tun ist. Nach Hacker (1986) ist die Signalverarbeitung ein wesentliches Charakteristikum von Handlungen auf der Ebene der flexiblen Handlungsmuster. Handlungen, die auf dieser Ebene reguliert werden, sind also nicht hoch automatisiert, wie auf der sensumotorischen Regulationsebene, sie sind jedoch gut beherrscht. Der Unterschied zum Urteilsfehler besteht darin, daß Erkennensfehler vornehmlich bei sehr gut gekonnten Handlungen auftreten.

Beispiel: Bei einem System wird normalerweise im Überschreibmodus gearbeitet. Man kann in den Einfügemodus umstellen. Das System wechselt jedoch bei einer neuen Zeile automatisch wieder in den Überschreibmodus. Obwohl der Benutzer dies weiß, passiert es ihm öfters, daß er zuviel Text eingibt, der Cursor in die nächste Zeile springt und er seinen Text überschreibt.

#### 4.4 Fehler auf der sensumotorischen Regulationsebene: Bewegungsfehler

Fehler auf der sensumotorischen Regulationsebene sind Fehler, die während weitgehend automatisierter Handlungen entstehen. Handlungen auf dieser Ebene sind nicht bewußtseinspflichtig und zum Teil nicht einmal bewußtseinsfähig. Wie erste empirische Untersuchungen zeigten, läßt sich auf dieser Ebene in vielen Fällen nicht mehr unterscheiden, ob es sich um Fehler bei der Planung, Gedächtnis/Monitoring oder Rückmeldung handelt.

Deswegen werden diese Fehler nicht differenziert, obwohl dies theoretisch durchaus möglich wäre. Im Mensch-Computer-Bereich handelt es sich hierbei in erster Linie um Tastendrucke oder Bewegungen mit der Maus. Es dürfte nur wenige Dialogabschnitte geben, die so automatisiert werden, daß sie als unselbständige Bewegung zu verstehen sind. Denn Dialogsequenzen am Computer lassen sich nur in wenigen Fällen völlig automatisieren. Nur in wenigen Fällen sind längere Dialogsequenzen vollkommen identisch, so daß eine Automatisierung nahe liegt. Beispiele dafür wären etwa das Löschen einer Datei, bei der der Befehl sowie die Reaktion auf eine Kontrollfrage „Wollen Sie die Datei wirklich löschen?“ zusammen automatisiert eingegeben werden, ohne daß die Systemmeldung bewußt zur Kenntnis genommen wird. Jede Dialogeingeabe und Systemreaktion verlangt jedoch in der Regel (ein Minimum) an Aufmerksamkeit. Diese Aufmerksamkeit verhindert häufig die vollständige Automatisierung.

Beispiel: Man drückt versehentlich die Großschreib-Taste und schreibt in Groß- statt Kleinbuchstaben weiter. Alle Tippfehler gehören in der Regel in diese Kategorie.

#### 4.5 Abgrenzung von Fehler und Ineffizienz

Zwischen Fehler und Ineffizienz gibt es einen fließenden Übergang (vgl. Frese & Peters, 1988). Wenn jemand seine Arbeitsaufgabe äußerst umständlich löst, kann man auch davon sprechen, er mache einen Fehler. Denn meistens existiert das Oberziel „ökonomisch arbeiten“, das dann nicht erfüllt ist. Allgemein kann man ineffizientes Handeln von Fehlern folgendermaßen abgrenzen: Ineffizientes Handeln liegt vor, wenn es einen wesentlich einfacheren und schnelleren Weg gibt, eine Aufgabe zu lösen, der Handelnde also einen Umweg macht, um sein Ziel zu erreichen, jedoch an keiner Stelle einzelne Handlungsschritte rückgängig machen bzw. das Resultat einzelner Handlungsschritte neutralisieren muß. Bei der Beobachtung von Arbeitsaufgaben kann man dabei meistens andere Arbeitende beobachten, die diesen schnelleren Weg beschreiten. Demgegenüber liegt ein Fehler vor, wenn entweder das Handlungsziel gar nicht erreicht wird,

die fehlerhafte Teilhandlung rückgängig gemacht bzw. durch zusätzliche Handlungen kompensiert werden muß.

Ineffizienzen können aus zwei unterschiedlichen Gründen auftreten: Erstens kann der Person der effizientere Weg nicht bekannt sein. Dies wird als Ineffizienz/Wissen bezeichnet. Die zweite Möglichkeit besteht darin, daß der Arbeitende aus Gewohnheit eine etwas umständlichere Arbeitsweise wählt. Dies wird als Ineffizienz/Gewohnheit bezeichnet.

Das beschriebene psychologische Klassifikationsschema ist kein phänomenologisches Schema, sondern beschreibt und klassifiziert Fehler auf einer psychologischen Ebene. Es enthält nicht beobachtbare Mechanismen des kognitiven Apparates, die man wiederum (zumindest partiell) bereits als Ursachen phänomenaler Fehler bezeichnen kann.

## 5 Anwendung der Fehlertaxonomie in einer Expertenbefragung

### 5.1 Beschreibung der Untersuchung

In einer Befragung von 33 Softwareentwicklern, Beratern, Trainern und Organisatoren im DV-Bereich wurde die Fehlertaxonomie zum ersten Mal praktisch erprobt. Die verschiedenen Expertengruppen wurden nach ihnen bekannten Benutzerfehlern mit Anwendersoftware gefragt. Als Erinnerungstützen wurden einige Fehlerbeispiele vorgegeben. Die Expertenbefragung hat für das Projekt drei Funktionen: (1) Sie dient als eine qualitative Vorstudie zur Entwicklung der Taxonomie. (2) Sie stellt eine erste Überprüfung dafür dar, ob es möglich ist, die Fehlerbeschreibungen in die einzelnen Kategorien einzuordnen. (3) Die Expertenbefragung ist ein eigenständiger Zugang zu Nutzungs- und Funktionsproblemen. Das heißt: Experten berichten Fehler, die man weder beim Anwender beobachten noch von ihm erfragen kann.

Im folgenden soll darauf eingegangen werden, inwieweit sich der theoretische Rahmen zur Fehlerklassifikation als brauchbar erweist (für eine ausführlichere Darstellung und inhaltliche Interpretation der Expertenbefragung siehe Brodbeck, Prümper & Zapf, 1988). Bei der Auswertung der Fehlerbeschreibungen in den Experteninterviews wurde folgendermaßen vorgegangen: In einem ersten Durchgang wurden all jene Textbeispiele ausgesondert, die keine oder eine vollkommen unzureichende Fehlerbeschreibung enthalten. Beispiele dafür sind Aussagen wie: „Es gibt auch noch Syntaxfehler“ oder „Es kommt vor, daß etwas vergessen wird“. Meistens sind die unzureichenden Fehlerbeschreibungen also verallgemeinerte Aussagen über Fehlergruppen oder Beschreibungen, die sich in fast alle Kategorien des Klassifikationsschemas einord-

nen lassen. Ausgeklammert wurden weiterhin Beschreibungen, bei denen es sich um generelle Handlungsstile („viele Benutzer fangen immer einfach an zu programmieren und denken nicht vorher nach“) und um organisatorische Probleme handelt („manchmal wird einfach das falsche Programm eingesetzt“).

Nach dieser Durchsicht blieben 331 Fehlerbeispiele übrig. Diese Fehlerbeispiele wurden von zwei Ratern (Mitarbeiter des Projekts) unabhängig voneinander klassifiziert. Zur systematischen Analyse der Fehlerbeschreibungen wurde ein Fragenbaum benutzt. Der Fragenbaum diente dazu, die Rater anzuleiten, zur Analyse von Benutzerfehlern alle zur Verfügung stehenden Informationen systematisch zu nutzen, um die Fehler anhand der in Abbildung 2 dargestellten Taxonomie sowie den zusätzlichen Klassen Funktionsprobleme und Ineffizienzen einzuordnen.

Rasmussen (1987) hat darauf hingewiesen, die Suche nach Fehlerursachen könne infinit sein und werde in der Regel an einer bestimmten Stelle abgebrochen, wenn die Fehlererklärung einen bestimmten Plausibilitätsgrad erreicht hat. Bei der Auswertung der in den Experteninterviews genannten Fehler sollte deswegen die Analyse abgebrochen werden, wenn ein Fehler sich eindeutig in das Klassifikationsschema einordnen ließ.

Beispiel: Häufig vergessen Anwender die Namen von Dateien, die sie selber geschrieben haben. Dies ist aber oft eine Folge davon, daß sie sich kein vernünftiges Ablagesystem mit brauchbarer Struktur und einprägsamen Namen überlegt haben.

Dieser Fehler wurde als Vergessensfehler eingeordnet, da vergessen wurde, wie die nächste Teilhandlung auszuführen war. Wäre man in der Ursachenkette weiter zurückgegangen, hätte man dies auch als Wissensfehler (man weiß nicht, daß man Unterverzeichnisse bilden kann) oder Denkfehler (man plant Unterverzeichnisstrukturen, die es einem nicht ermöglichen, Dateien wiederzufinden) einordnen können.

### 5.2 Auswertung und Ergebnisse

Bei der Berechnung der Raterübereinstimmung wurden in einem ersten Schritt diejenigen Fehler ausgesondert, die von jedem der beiden Beurteiler eindeutig einer Kategorie zugewiesen wurde. Es wurde dann ausgewertet, ob die gleiche (Übereinstimmung) oder eine unterschiedliche Kategorie (Nichtübereinstimmung) angegeben wurde. Da bei insgesamt 13 Kategorien zufällige Übereinstimmungen relativ unwahrscheinlich sind, wurde als Übereinstimmungsmaß der Prozentwert von Übereinstimmungen angegeben (vgl. Bortz, 1984). 227 Fehler wurden von beiden Ratern eindeutig klassifiziert. Davon wurden 147, das sind 64,8 % übereinstimmend geratet; 80 Fehler, das sind 35,2 % wurden nicht übereinstimmend geratet.

Bei der Klassifikation der Fehlerbeschreibungen aus den Experteninterviews gab es eine Reihe theoretischer und praktischer Probleme. (1) In einer Reihe von Fällen konnten aus den Experteninterviews nur unzureichende Informationen zur Klassifikation der Fehler gewonnen werden. Dies kann einerseits ein Problem der Experten sein; sie besaßen nur unzureichende Kenntnisse über bestimmte Fehler oder ihre Fehlerbeschreibungen auf der Phänomenebene sind relativ allgemein und lassen verschiedene psychologische Interpretationen zu. Andererseits kann es aber auch ein Problem des Interviewers sein, der zu wenig Information in bezug auf einen Fehler erfaßt hat. (2) Eine unzureichende Klassifikation kann ein Problem des Klassifikationsvorganges selbst sein (z. B. ein Rater übersieht entscheidende Informationen in einer Fehlerbeschreibung).

Eines der Hauptprobleme war, daß aus den Beschreibungen zu wenig über die zugrundeliegende Arbeitsaufgabe hervorging. Daher konnte oft nicht entschieden werden, ob es sich nun um einen Fehler der oberen oder unteren Regulationsebenen handelt. Eine häufige Nicht-Übereinstimmung kam dadurch zustande, daß die Fehlerbeschreibung von einem Beurteiler als Funktionsproblem, von dem anderen hingegen als Wissensfehler kategorisiert wurde. Es ist in vielen Fällen möglich, Funktionsprobleme durch Wissen zu kompensieren. Wenn die zugrundeliegende Arbeitsaufgabe nicht klar ist, ergeben sich dann Interpretationsprobleme. Die Benutzer vermeiden oder kompensieren in der Regel solche Funktionsprobleme. Aufgrund der Fehlerbeschreibungen bestand dann häufig die Frage, ob das Umgehen des Funktionsmangels als zur Arbeitsaufgabe gehörig und — falls der Benutzer dies nicht kann — als Wissensproblem zu klassifizieren ist. Oft ist der Benutzer durch ein schlechtes Systemdesign aufgefordert, sich eine Menge an Wissen anzueignen, das sich auf systemspezifische Umständlichkeiten und Mängel bezieht.

Eine weitere Unklarheit bestand in der Differenzierung zwischen Bewegungs- und Gewohnheitsfehlern. Aufgrund der Beschreibung konnte oft nicht gesagt werden, inwieweit die entsprechende Handlung automatisiert war und ob sich ein eigenständiges Ziel der Handlung bestimmen ließ. Ein drittes typisches Problem war es schließlich, Wissensfehler von Denkfehlern abzugrenzen. Das heißt, häufig ging aus den Fehlerbeschreibungen nicht hervor, ob der betreffende Benutzer über das notwendige Wissen verfügte, er also beim Planen einen Fehler machte, oder ob er bereits Wissensprobleme hatte, er also einen richtigen Plan gar nicht aufstellen konnte.

Vor dem Hintergrund genereller Probleme bei der Klassifikation von Fehlern (Wehner, 1984a; Zimolong, 1988) und unter Berücksichtigung, daß es zwei Hauptquellen gibt, die für den Klassifikationserfolg verant-

wortlich sind, nämlich das Rating und die Informationsqualität, kann eine Raterübereinstimmung von knapp 65 % als befriedigend gewertet werden. Vermutlich können bei Beobachtung und Befragung der Anwender selbst höhere Übereinstimmungswerte erzielt werden<sup>4</sup>).

## 6 Diskussion

Im vorliegenden Text wurden Funktionsprobleme als Mismatch zwischen Aufgabe und Computer von Nutzungsproblemen als Mismatch zwischen Benutzer und Computer unterschieden. Nutzungsprobleme wurden handlungsorientiert nach den Ebenen der Handlungsregulation und nach Schritten im Handlungsprozeß differenziert und zusätzlich von ineffizientem Verhalten abgegrenzt. Anhand der Fehlerbeschreibungen einer Expertenbefragung wurde die Klassifikation einer ersten empirischen Überprüfung unterzogen. 65 % der Fehlerbeschreibungen konnten dabei eindeutig klassifiziert werden, ein unter den gegebenen Umständen befriedigendes Ergebnis.

Fehlervermeidung und Fehlermanagement wurde von allen befragten Experten als äußerst wichtiges Thema eingeschätzt. Ihre praktische Relevanz erhält die Fehlertaxonomie dadurch, daß unterschiedliche Fehlerkategorien zu unterschiedlichen Gestaltungsmaßnahmen im Bereich der Softwaregestaltung, des Trainings und der Softwareprüfung führen. Hierzu sollen im folgenden einige Beispiele genannt werden:

Bei Wissensfehlern spielt selbstverständlich das Training eine besondere Rolle. Hier geht es um die Vermittlung von funktionalem Wissen über den Computer (Trainings-Gestaltung). So können Fehler z. B. als Ansatzpunkte zum explorativen Lernen benutzt werden (Frese, Brodbeck, Heinbokel, Mooser, Schleifenbaum & Thieman, i. Vorb.; Greif, 1986; Greif & Janikowski, 1987). Erfahrungen beim Einsatz der Taxonomie bei einer Schulung von künftigen EDV-Instruktoren zeigten auch den Wert für die Ausbildung von Trainern: Sie ermöglichte es, das Fehlerphänomen differenzierter zu betrachten und eröffnete verschiedene didaktische Möglichkeiten zum Umgang mit Fehlersituationen (vgl. dazu Frese & Brodbeck, 1989).

Auf der Softwareseite geht es bei den Wissensfehlern um das Kriterium der Erlernbarkeit. Systeme müssen so gestaltet werden, daß die Funktionen des Systems möglichst leicht erlernbar bzw. vom Benutzer erschließbar sind. Für die Denkfehler dagegen ist die Transparenz des Systems wichtig. Je besser ein Benutzer ein Verständnis über die Gesamtfunktionalität

<sup>4</sup> Im Projekt FAUST werden z. Z. solche Untersuchungen durchgeführt.



eines Systems gewinnen kann, umso leichter wird es ihm fallen, Pläne aufzustellen, die auch realisierbar sind (Keil-Slawik & Holl, 1987; Prümper & Frese, in Vorb.; Widdel & Kaster, 1985). Gewohnheitsfehler schließlich, so zeigen unsere Beobachtungen, treten typischerweise dann auf, wenn es innerhalb eines Systems oder zwischen Systemen Inkonsistenzen gibt. Dies kann z. B. nutzbringend bei der Softwareprüfung eingesetzt werden, um die Konsistenz von Systemen zu überprüfen.

Gestaltungsmaßnahmen in bezug auf Vermeidung bzw. Management von Nutzungsproblemen können nicht losgelöst von allgemeinen Prinzipien der Arbeitsgestaltung gesehen werden. Vielmehr ist eine allgemeine Hierarchie von Gestaltungsmaßnahmen zu berücksichtigen (vgl. Frese, 1987 b; Hacker, 1987 a, b), die von der Gestaltung der Organisationsgrundkonzeption, der Mensch-Mensch-Arbeitsteilung, der Funktionsteilung Mensch-Computer bis zur Gestaltung von Informationsfeldern (Masken, Menüs) und Einzelinformationen geht.

Je nachdem, auf welcher Ebene die Gestaltungsmaßnahmen in bezug auf Nutzungsprobleme angesiedelt werden, können sie mehr oder weniger bedeutsame Auswirkungen auf den Arbeitenden haben. Bei der Arbeitsgestaltung muß berücksichtigt werden, daß z. B. Maßnahmen zur Fehlervermeidung nicht etwa zu Einschränkungen des Handlungsspielraumes führen — ein Gestaltungsziel, das im Vergleich zur Fehlervermeidung in der Regel höher zu werten ist (Frese, 1987 b). Wie die Expertengespräche außerdem zeigten, haben Fehler ihre Ursache oft bereits in organisationalen Fehlentscheidungen; daher können Gestaltungsmaßnahmen auf der Ebene der Mensch-Computer Interaktion nur noch kosmetischen Charakter besitzen. Die systematische Einbeziehung des organisationalen Kontextes für die Gestaltung der Mensch-Computer-Schnittstelle in bezug auf Benutzerfehler ist noch wenig geklärt und bedarf noch weiterer Untersuchungen.

## Literatur

- Arnold, B., Roe, R. (1987). User errors in human-computer interaction. In M. Frese, E. Ulich & W. Dzida (Eds.), *Psychological issues of human-computer interaction in the work place*. Amsterdam: North-Holland.
- Barker, R. G. (1968). *Ecological psychology: Concepts and methods for studying the environment of human behavior*. Stanford: Stanford University Press.
- Bloom, B. S. (Hrsg.). (1972). *Taxonomie von Lernzielen im Kognitiven Bereich*. Weinheim und Basel: Beltz.
- Bortz, J. (1984). *Lehrbuch der empirischen Forschung für Sozialwissenschaftler*. Berlin: Springer.
- Brodbeck, F. C., Prümper, J. & Zapf, D. (1988). Was denken Experten über Benutzerfehler? Phänomene, Ursachen und Behandlungsstrategien von Fehlern bei der Arbeit mit Büro-Software aus Expertensicht. In Projekt FAUST: *Zweiter Zwischenbericht an das Bundesministerium für Forschung und Technologie (HdA)*. München: Universität München.
- DIN (1988). *Bildschirmarbeitsplätze. Grundsätze ergonomischer Dialoggestaltung*. DIN 66 234, Teil 8, Feb. 1988.
- Frese, M. (1987 a). A theory of control and complexity: Implications for software design and integration of the computer system into the work place. In M. Frese, E. Ulich & W. Dzida (Eds.), *Psychological issues of human computer interaction at the work place* (pp. 313—337). Amsterdam: North-Holland.
- Frese, M. (1987 b). The industrial and organizational psychology of human-computer interaction in the office. In C. L. Cooper & I. T. Robertson (Eds.), *International review of industrial and organizational psychology* (pp. 117—166). Chichester: Wiley.
- Frese, M., Brodbeck, F. C. (1989). *Computer in Büro und Verwaltung. Psychologisches Wissen für die Praxis*. Heidelberg: Springer.
- Frese, M., Brodbeck, F. C., Heinbokel, T., Mooser, C., Schleifenbaum, E. & Thieman, P. (i.Vorb.). *Errors in training computer skills: On the positive function of errors*.
- Frese, M. & Peters, H. (1988). Zur Fehlerbehandlung in der Software-Ergonomie. Theoretische und praktische Überlegungen. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 42, 9—17.
- Frese, M. & Stewart, J. (1984). Skill learning as a concept in lifespan developmental psychology: An action theoretic analysis. *Human Development*, 27, 145—162.
- Frese, M., Stewart, J. & Hannover, B. (1987). Goal-orientation and planfulness: Action styles as personality concepts. *Journal of Personality and Social Psychology*, 52, 1182—1194.
- Gentner, D. & Stevens, A. L. (Eds.). (1983). *Mental models*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. New York: Houghton Mifflin.
- Greif, S. (1986). Neue Kommunikationstechnologien — Entlastung oder mehr Streß? Beschreibung eines Computer-Trainings zur „Streß-Immunsisierung“. In K.-H. Pullig, U. Schäkel & J. Scholz (Hrsg.), *Streß im Unternehmen. Reihe Betriebliche Weiterbildung*, Nr.8, 178—200. Hamburg: Windmühle.
- Greif, S. & Janikowski, A. (1987). Aktives Lernen durch systematische Fehlerexploration oder programmiertes Lernen durch Tutorials? *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, 31, (NF 5), 94—99.
- Hacker, W. (1986). *Arbeitspsychologie*. Bern: Huber.
- Hacker, W. (1987 a). Software-Ergonomie: Gestaltung rechnergestützter geistiger Arbeit? In W. Schönplug & M. Wittstock (Hrsg.), *Software-Ergonomie '87* (S. 31—54). Stuttgart: Teubner.
- Hacker, W. (1987 b). Software-Gestaltung als Arbeitsgestaltung. In K.-P. Fähnrich (Hrsg.) *Software-Ergonomie*, (S. 29—42) München: R. Oldenburg.
- Hacker, W. (1988). Handlung. In R. Asanger & G. Wenninger (Hrsg.), *Handwörterbuch Psychologie*, (S. 275—281). München: Psychologie Verlags Union.
- Hanson, S. J., Kraut, R. E. & Farber, J. M. (1984). Interface design and multivariate analysis of UNIX command use. *Transactions on Office Information Systems*, 2, 1, 42—57.
- Heckhausen, H. (1987). Intentionselektiertes Handeln und seine Fehler. In H. Heckhausen, P. M. Gollwitzer & F. E. Weinert (Eds.), *Jenseits des Rubikon: Der Wille in den Humanwissenschaften* (S. 143-175). Berlin: Springer.
- Hoyos, C. Graf (1980). Psychologische Unfall- und Sicherheitsforschung. Stuttgart: Kohlhammer.
- Johansson, G. & Aronsson, G. (1984). Stress reactions in computerized administrative work. *Journal of Occupational Behaviour*, 5, 159—181.
- Keil-Slawik, R. (unter Mitarbeit von F. Holl) (1987). *Abschlußbericht der Arbeitsgruppe 1: Transparenz von Dialogsystemen*. 7. Mensch-Maschine-Kommunikation Tagung in Peiting.

- Kraut, R. E., Hanson, S. J. & Farber, J. M. (1983). Command use and interface design. *Proceedings of CHI '83 Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 120—123).
- Lewis, C. & Norman, D. A. (1986). Designing for error. In D. A. Norman & S. W. Draper (Eds.), *User centered system design* (pp. 411—432). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Norman, D. A. (1981). Categorization of action slips. *Psychological Review*, 88, 1—15.
- Norman, D. A. (1983). Some observations on mental models. In D. Gentner & A. L. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 7—14). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Norman, D. A. (1984). *Working papers on errors and error detection* (unpublished). San Diego: University of California.
- Norman, D. A. (1986). Cognitive engineering. In D. A. Norman & S. W. Draper (Eds.), *User centered system design* (pp. 31—61). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Oesterreich, R. (1981). *Handlungsregulation und Kontrolle*. München: Urban & Schwarzenberg.
- Oesterreich, R. (1983). Der Begriff „Effizienz-Divergenz“ als theoretischer Zugang zu Problemen der Planung des Handelns und seiner Motivation. In W. Hacker, W. Volpert & M. v. Cranach (Hrsg.), *Kognitive und motivationale Aspekte der Handlung* (S. 110—122). Bern: Huber.
- Prümper, J. & Frese, M. (in Vorb.). *The effects of graphical presentation and verbal explanation on spreadsheet-based decision making*.
- Rasmussen, J. (1985). *Human error data. Facts or fiction*. Roskilde (DK): Risø National Laboratory.
- Rasmussen, J. (1987). Reasons, causes, and human errors. In J. Rasmussen, K. Duncan, & J. Leplat (Eds.), *New technology and error* (pp. 53—61). Chichester: Wiley.
- Reason, J. (1966). *Intentions, errors and machines: A cognitive science perspective*. Paper for the Conference on 'Aspects of Consciousness and Awareness', Bielefeld, W. Germany. 1.—3. December 1986.
- Reason, J. (1987 a). A framework for classifying errors. In J. Rasmussen, K. Duncan, & J. Leplat (Eds.), *New technology and human error* (pp. 3—14). Chichester (UK): Wiley.
- Reason, J. (1987 b). The cognitive bases of predictable human errors. *Proceedings of the Ergonomics Society's Annual Conference*. April 1987.
- Reason, J. (1987 c). A preliminary classification of mistakes. In J. Rasmussen, K. Duncan, & J. Leplat (Eds.), *New technology and human error* (pp. 15—22). Chichester (UK): Wiley.
- Reason, J. (1987 d). The psychology of mistakes: A brief review of planning failures. In J. Rasmussen, K. Duncan, & J. Leplat (Eds.), *New technology and human error* (pp. 45—51). Chichester (UK): Wiley.
- Reason, J. (1987 e). Generic error-modelling system (GEMS): A cognitive framework for locating common human error forms. In J. Rasmussen, K. Duncan, & J. Leplat (Eds.), *New technology and human error* (pp. 63—83). Chichester (UK): Wiley.
- Reason, J. (1988). Framework models of human performance and error: A consumer guide. In L. Goodstein, H. B. Andersen & S. E. Olsen (Eds.), *Mental models, tasks, and errors* (pp. 35—49). London: Taylor & Francis.
- Semmer, N. & Frese, M. (1985). Action theory in clinical psychology. In M. Frese & J. Sabini (Eds.), *Goal directed behavior: The concept of action in psychology* (pp. 296—310). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Shneiderman, B. (1987). *Designing the user interface: Strategies for effective human/computer interaction*. Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Company.
- Stäudel, T. (1987). *Problemlösen, Emotionen und Kompetenz*. Regensburg: S. Roderer Verlag.
- Volpert, W. (1974). *Handlungsstrukturanalyse als Beitrag zur Qualifikationsforschung*. Köln: Pahl-Rugenstein.
- Volpert, W. (1983). Das Modell der hierarchisch-sequentiellen Handlungsorganisation. In W. Hacker, W. Volpert & M. v. Cranach (Hrsg.), *Kognitive und motivationale Aspekte der Handlung* (S. 38—58). Bern: Huber.
- Volpert, W. (1987). Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten. In U. Kleinbeck & J. Rutenfranz (Hrsg.), *Arbeitspsychologie. Enzyklopädie der Psychologie*. Themenbereich D. Serie III, Band 1 (S. 1—42). Göttingen: Hogrefe.
- Wehner, T. (1984 a). *Im Schatten des Fehlers — Einige methodisch bedeutsame Arbeiten zur Fehlerforschung* (Bremer Beiträge zur Psychologie Nr. 34). Bremen: Universität Bremen.
- Wehner, T. (1984 b). *Im Schatten des Handlungsfehlers — Ein Erkenntnisraum motorischen Geschehens* (Bremer Beiträge zur Psychologie Nr. 36). Bremen: Universität Bremen.
- Widdel, H. & Kaster, J. (1985). Untersuchung zur formalen Transparenz eines Menuesystems. In H.-J. Bullinger (Hrsg.), *Software-Ergonomie '85* (S. 228—237). Stuttgart: Teubner.
- Zapf, D. & Frese, M. (1989). Benutzerfehler im Kontext von Arbeitsaufgabe und Arbeitsorganisation. In S. Maaß & H. Oberquelle (Hrsg.), *Software-Ergonomie '89* (S. 213—222). Stuttgart: Teubner.
- Zimolong, B. (1988). Zuverlässigkeit und Fehler in Arbeitssystemen: Eine psychologische Bestandsaufnahme von Theorie und Methoden. *Bochumer Berichte zur Angewandten Psychologie. Nr. 5*. Ruhr-Universität Bochum.

Eingegangen: 26. 10. 1988

Revision eingegangen: 7. 3. 1989

*Anschrift der Verfasser:* Dr. Dieter Zapf, Dipl.-Psych. Felix C. Brodbeck, Dipl.-Psych. Jochen Prümper, Projekt FAUST, Institut für Psychologie, Wirtschafts- und Organisationspsychologie, Ludwig-Maximilians-Universität München, Leopoldstr. 13, 8000 München 40.

Quelle:

Zapf, D., Brodbeck, F.C. & Prümper, J. (1989). Handlungsorientierte Fehlertaxonomie in der Mensch-Computer Interaktion. *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, 33, 178-187.