

Untersuchungen zum Prozeß der Fehlerbewältigung bei einem Textverarbeitungsprogramm¹

Dieter Zapf, Thomas Lang, Angela Wittmann, München

Zusammenfassung

Der Prozeß der Fehlerbewältigung läßt sich untergliedern in Auftreten eines Fehlers, Fehlerentdeckung, Fehlererklärung und Fehlerbehebung. In der vorliegenden Untersuchung wurden Benutzer des Textverarbeitungsprogrammes WORD an ihrem Arbeitsplatz beobachtet. Zusätzlich wurde der Fehlerbewältigungsprozeß in einem Experiment mit standardisierten Aufgaben untersucht, in dem das gleiche Textverarbeitungsprogramm verwendet wurde. Es zeigte sich, daß etwa 3/4 aller Fehler nur von den handelnden Personen selber entdeckt werden konnten. Wissensfehler benötigten die längste Fehlerbewältigungszeit und verlangten am häufigsten, daß der Benutzer das System explorierte.

1. Einleitung

Die Analyse von Fehlern bei der Benutzung von Software ist von hoher praktischer Bedeutung. Fehlerbewältigung kostet Zeit und kann bei den Benutzern zu Streß führen. In den Felduntersuchungen des Projektes FAUST (Fehler Analyse zur Untersuchung von Software und Training) traten bei den Benutzern von Bürosoftware in der Stunde etwa 4-5 Fehler auf; die Fehlerkorrektur nahm etwa 12% der Arbeitszeit in Anspruch (Brodbeck, Zapf, Prümper & Frese, 1990; Zapf, Brodbeck, Frese, Peters & Prümper, 1990).

Fehler bei der Computerarbeit sind damit ein bedeutsames Problem. In dem folgenden Beitrag wird der Prozeß der Fehlerbewältigung dargestellt und es werden Ergebnisse aus einem Experiment und aus einer Felduntersuchung des Projektes FAUST referiert. Dabei steht die Frage im Vordergrund, welche Konsequenzen man aus der Analyse des Fehlerbewältigungsprozesses für die Softwaregestaltung ziehen kann.

2. Der Prozeß der Fehlerbewältigung

Im Rahmen der Fehlerbewältigung können folgende Stufen unterschieden werden (vgl. Bagnara & Rizzo, 1989; Reason, 1990; Zapf, Lang & Wittmann, 1991): (a) das Auftreten eines Fehlers; (b) die Fehlerdiagnose; (c) die Fehlerbehebung.

Der Prozeß vom Zeitpunkt der Entdeckung bis zur Behebung soll als Fehlerbewältigung bezeichnet werden. Die Fehlerdiagnose läßt sich trennen in **Fehlerentdeckung**, und **Fehlererklärung**. Die Fehlerbehebung läßt sich unterscheiden in die **Entwicklung eines Lösungsweges** und die **Ausführung der Fehlerkorrektur**.

¹ Der vorliegende Beitrag entstand im Rahmen des Forschungsprojektes FAUST (Fehler Analyse zur Untersuchung von Software und Training). Das Projekt wurde vom Bundesministerium für Forschung und Technologie (Arbeit & Technik) gefördert (Förderkennzeichen: 01 HK 8067). Projektmitglieder: Felix Brodbeck, Michael Frese (Projektleitung), Caren Irmer, Helmut Peters (TÜV Bayern), Jochen Prümper, Dieter Zapf. Die Verantwortung für den Inhalt dieses Beitrages liegt bei den Autoren.

2.1 Fehlerentdeckung

Fehlerentdeckung wird hier so verstanden, daß der Benutzer erkennt, daß ein Fehler aufgetreten ist unabhängig davon, daß er auch weiß, worin dieser Fehler besteht. Eine wichtige Frage im Zusammenhang mit der Fehlerentdeckung ist, ob Fehler durch das Computersystem entdeckt werden können oder nicht. Hierzu lassen sich folgende Überlegungen anstellen. Fehler lassen sich darüber definieren, daß Handlungsziele nicht erreicht werden (Frese & Zapf, 1991; Zapf et al., 1990). Um festzustellen, ob ein Fehler aufgetreten ist, muß deswegen das Ziel der handelnden Person bekannt sein. Unter bestimmten Bedingungen ist das Ziel nur der Person selbst bekannt. Wir sprechen dann von Fehlerentdeckung durch **interne Informationsquellen**. Eine Person möchte bei einem Text beispielsweise vor dem Ausdruck eines Manuskriptes noch die Seitenränder verändern. Versehentlich löst sie jedoch sofort den Druckbefehl aus. Das Ergebnis kann nur als fehlerhaft beurteilt werden, wenn man von der Person erfährt, daß sie eigentlich andere Seitenränder haben wollte. Unter bestimmten Bedingungen gibt es jedoch auch **externe Informationsquellen** der Fehlerentdeckung, also Informationen in der Situation, aus denen zu entnehmen ist, daß ein Fehler vorliegt. Wenn jemand beispielsweise bei einem Befehl einen nicht zulässigen Parameter setzt, kann dieser Fehler vom Softwaresystem identifiziert werden. Denn durch die Menge möglicher Parameter ist die Menge möglicher Handlungen festgelegt. Ein Teil von Fehlern, über den externe Fehlerinformationen vorliegen, kann also über das System entdeckt werden. In unseren Untersuchungen unterscheiden wir dazu zwei Mechanismen: Forcing functions (vgl. Lewis & Norman, 1986) - das System reagiert nur bei erlaubten Eingaben - und Systemmeldungen. Darüber hinaus gibt es auch "evidente Fehlerinformationen", aus denen eine dritte Person, die die Arbeitsziele nicht kennt, ebenfalls ersehen könnte, daß ein Fehler vorliegt (Einzelheiten in Zapf et al., 1991).

Das Erkennen, daß ein Fehler aufgetaucht ist, bedeutet noch nicht, daß man auch weiß, worin dieser Fehler besteht und wie er zustande gekommen ist (Fehlererklärung). Nicht selten kommt es vor, daß man nur weiß, daß etwas schiefgelaufen sein muß. Wenn z.B. bei statistischen Berechnungen plötzlich eine ungewöhnlich lange Systemreaktionszeit auftaucht, ist dies dem erfahrenen Benutzer oft ein Hinweis darauf, daß etwas nicht stimmt. Er weiß aber noch nicht, worin der Fehler besteht. Bei Novizen kommt es häufig vor, daß sie feststellen, daß etwas schiefgelaufen sein muß. Sie verfügen aber nicht über das Wissen zur Fehlererklärung.

2.2 Fehlererklärung und Fehlerbehebung

Im nächsten Schritt stellt sich nun die Frage, wie schwierig die Fehlererklärung und die Fehlerbehebung für die Benutzer ist. Unter Fehlererklärung wird verstanden, daß der Benutzer herausfindet, was falsch ist, worin der Fehler besteht und wie er zustande gekommen ist. Die Fehlerbehebung besteht darin, daß der Benutzer überlegt, wie der Fehler zu beheben ist und die Fehlerbehebung dann auch ausführt. Nicht immer ist nach einer erfolgreichen Fehlerdiagnose auch eine Fehlerbehebung möglich. Z.B. ist es relativ einfach festzustellen, daß man eine Datei gelöscht hat, die man eigentlich noch braucht. Löschen läßt sich aber nicht immer rückgängig machen. Manche Datensätze mögen überhaupt nicht rekonstruierbar sein. Umgekehrt gibt es Fälle, in denen der Fehler nicht diagnostiziert werden kann. Durch Standardroutinen (z.B. Aussteigen aus dem System mit ESCAPE) kann man aber den Fehler beheben, ohne zu wissen, worin er eigentlich besteht. In jedem Fall ist das **Entdecken** eines Fehlers notwendig, um ihn auch beheben zu können.

Manchmal sind Fehlererklärung und -behebung allerdings miteinander verwoben. Wenn z.B. eine Person mit Versuch und Irrtum einen Fehler zu beheben versucht, erkennt sie oft aus der Fehlerbehebung, worin der Fehler bestand. Da Fehlererklärung und Fehlerbehebung empirisch oft nicht auseinander zu halten sind, werden diese Prozesse im folgenden zusammen betrachtet.

Um die Frage zu klären, wie schwierig die Erklärung und Behebung eines Fehlers für den Benutzer ist, haben wir folgende Kategorien unterschieden (in Anlehnung an Bagnara & Rizzo, 1989):

(a) In vielen Fällen weiß die Benutzerin sofort, worum es sich bei dem Fehler handelt und wie er zu beheben ist. Die Fehleranalyse und Korrektur hat für sie den Charakter einer Routineaufgabe. Im Sinne der Handlungsregulationstheorie bedeutet dies Handlungsregulation auf den unteren Ebenen (Hacker, 1986). Wir sprechen dann von **routinisierter Fehlerbewältigung**.

In anderen Fällen ist nicht sofort ersichtlich, worin der Fehler besteht und wie er zu beheben ist. Die Benutzerin muß die Situation systematisch überprüfen, um sich den Fehler erklären zu können (Handlungsregulation auf der intellektuellen Regulationsebene erforderlich). Die Fehlerbewältigung hat eher den Charakter eines Problems. Es werden jedoch keine Probehandlungen ausgeführt. Die Fehlerbehebung gelingt vielmehr sofort. Dies wird in Anlehnung an Bagnara und Rizzo (1989) als **bewußte Fehlerbewältigung** bezeichnet.

In einer Reihe von Fällen kommt es vor, daß die Benutzerin nicht weiß, worin der Fehler besteht und wie sie ihn beheben kann. Sie erforscht dies durch Exploration des Systems. Wir sprechen dann von **explorativer Fehlerbewältigung**. Dies kann systematisch geschehen, indem verschiedene Thesen aufgestellt und überprüft werden. Häufig wird aber auch vom Benutzer unsystematisch und ohne erkennbare Hypothesen oder Strategien vorgegangen (vgl. Lang, 1991; Zapf et al., 1991).

3. Eine Taxonomie von Handlungsfehlern

Es läßt sich vermuten, daß sich die Fehlerbewältigung bei einzelnen Fehlerarten unterschiedlich darstellt. Um dies zu klären wird auf eine handlungstheoretische Taxonomie von Fehlern Bezug genommen, die im Projekt FAUST entwickelt und empirisch überprüft wurde (Frese & Peters, 1988; Frese & Zapf, 1991; Zapf et al., 1990; Zapf, Brodbeck & Prümper, 1989).

Ein Fehler wird in Anschluß an Rasmussen (1985, 1987) unter dem Mismatch-Gesichtspunkt - einer "Unangepaßtheit" zwischen Mensch und Computer - betrachtet. Um deutlich zu machen, daß es sich um Merkmale des Gesamtsystems handelt, werden diese "Mismatches" als **Nutzungsprobleme** bezeichnet (vgl. Zapf et al., 1989). Nutzungsprobleme lassen sich nach den Schritten im Handlungsprozeß, sowie nach Ebenen der Handlungsregulation (Hacker, 1986; Semmer & Frese, 1985; Volpert, 1987) unterscheiden. Eine Handlung kann folgendermaßen dargestellt werden: Zuerst wird ein Handlungsziel und ein dazugehöriger Plan aufgestellt. Dieser Plan muß über kurze oder längere Zeit im Gedächtnis behalten werden, bis es zur Ausführung der Handlung kommt. Ist die Handlung ausgeführt, erhält die Person eine Rückmeldung darüber, ob ihre Handlung erfolgreich ausgeführt wurde oder nicht. Neben diesen Kategorien zur Handlungsregulation gibt es die Kategorie der Regulationsgrundlage. Darunter werden alle Wissensvoraussetzungen verstanden, die notwendig sind, damit eine Person eine Handlung überhaupt ausführen kann.

Daraus ergibt sich folgende Taxonomie von Nutzungsproblemen (Einzelheiten s. Zapf, 1991; Zapf et al., 1989).

(a) **Wissensfehler.** Wir sprechen dann von Fehlern auf der Regulationsgrundlage oder Wissensfehlern, wenn einer Person nicht die notwendigen Informationen aus dem Langzeitgedächtnis zur Verfügung stehen, um einen Handlungsplan zu erstellen oder auszuführen.

(b) **Fehler auf der intellektuellen Regulationsebene: Denk-, Merk/Vergessens- und Urteilsfehler.** Fehlern auf der intellektuellen Regulationsebene ist gemeinsam, daß sie während des bewußten Bearbeitens oder Abarbeitens von Handlungsplänen entstehen. Dabei kann es sich um Denkfehler (einer Person steht zwar das nötige Wissen zur Verfügung, es werden jedoch fehlerhafte Ziele und Pläne entwickelt), Merk- und Vergessensfehler (eine Person kann sich einen aufgestellten Handlungsplan nicht merken oder vergißt das Ergebniss einer bereits ausgeführten Handlung) oder Urteilsfehler handeln (eine Person macht einen Fehler bei der Interpretation der Rückmeldung auf ihre eigene Handlung).

Abbildung 1: Taxonomie von Nutzungsproblemen (aus Zapf et al., 1989, S. 181)

Regulations- grundlage		Wissensfehler	
Regulations- ebenen	Ziele/ Planung	Gedächtnis/ Monitoring	Feedback
Intellektuelle Regulationsebene	Denk- fehler	Merk-/Ver- gessensfehler	Urteils- fehler
Ebene der flexiblen Handlungsmuster	Gewohnheits- fehler	Unterlassens- fehler	Erkennens- fehler
Sensumotorische Regulationsebene	Bewegungsfehler		

(c) **Fehler auf der Ebene der flexiblen Handlungsmuster: Gewohnheits-, Unterlassungs- und Erkennensfehler.** Fehler auf der Ebene der flexiblen Handlungsmuster lassen sich dadurch charakterisieren, daß sie bei gut beherrschten Handlungen auftreten, die trotzdem ein bestimmtes Maß an bewußter Zuwendung benötigen, um die Zielerreichung zu gewährleisten. Gut beherrschte Handlungen entstehen durch sehr häufiges Ausführen von Handlungsabläufen. Dabei kann es sich um Gewohnheitsfehler (eine Person benutzt einen routinisierten Handlungsplan, der jedoch an dieser Stelle nicht paßt), Unterlassensfehler (eine Person überspringt einen notwendigen Handlungsschritt oder führt diesen erst zu einem späteren Zeitpunkt aus) oder Erkennensfehler (eine Person übersieht oder verwechselt eine Rückmeldung aus der Umwelt) handeln.

(d) **Fehler auf der sensumotorischen Regulationsebene.** Bei Fehlern auf der sensumotorischen Regulationsebene handelt es sich um hochautomatisierte Handlungsabläufe, bei denen die Ausführung der einzelnen Handlungsschritte keiner bewußten Zuwendung bedürfen. Im Rahmen der Mensch-Computer-Interaktion handelt es sich meistens um Schreibfehler oder Fehler bei Bewegungen mit der Maus.

4. Empirische Untersuchungen

In der empirischen Untersuchung geht es um die Analyse des Prozesses der Fehlerbewältigung. Dazu werden Ergebnisse aus einem Experiment mit dem Textverarbeitungsprogramm WORD 4.0² sowie einer Felduntersuchung von WORD-Benutzerinnen in zwei Verwaltungen berichtet. Bei der Felduntersuchung handelt es sich um 12 Personen aus einer Gesamtstichprobe von insgesamt 198, die im Rahmen des Projektes FAUST am Arbeitsplatz beobachtet wurden (genaue Darstellung bei Irmer & Prümper, 1991; Zapf et al., 1990). Das Durchschnittsalter betrug 34 Jahre, die durchschnittliche Zeit am Arbeitsplatz 3-5 Jahre, die durchschnittliche Zeit, die sie mit dem Textverarbeitungsprogramm arbeiteten, etwa ein halbes Jahr. Die Beobachtung dauerte zwei Stunden. Der oder die BeobachterIn saß so, daß sie den Bildschirm der Benutzerin mitverfolgen konnte. Auf einem Protokollbogen zur Arbeitsbeobachtung wurde mitprotokolliert, welche Arbeitsaufgaben von der Benutzerin durchgeführt wurden und an welcher Stelle Fehler auftraten.

Daneben werden Ergebnisse aus einem Experiment mit demselben Textverarbeitungsprogramm berichtet, an dem 39 Personen (StudentInnen der Psychologie, Pädagogik, Betriebswirtschaftslehre) teilnahmen. Das Durchschnittsalter betrug 26 Jahre. 59% waren Frauen. Sie waren seit durchschnittlich 5,4 Monaten WORD-Benutzer. Sie mußten standardisierte Aufgaben in einer vorgegebenen Zeit bearbeiten. Dabei wurden sie beobachtet. Die Lösung der vorgegebenen Aufgaben wurde außerdem über Logfiles aufgezeichnet (Einzelheiten bei Lang, 1991). Experiment und Feldstudie werden hier nebeneinander berichtet, da das Experiment wegen der standardisierten Aufgaben und den erweiterten Meßmethoden eine höhere interne Validität und die Felduntersuchung eine höhere externe Validität beanspruchen kann.

5. Ergebnisse

Im folgenden sollen zur Fehlerentdeckung, Fehlerbewältigungszeiten und Art der Fehlerbewältigung einige Ergebnisse berichtet werden.

5.1 Fehlerentdeckung durch interne und externe Informationsquellen

In der Tabelle 1 sind die Ergebnisse zur Fehlerentdeckung durch internes und externes Feedback aus der Felduntersuchung und aus dem Experiment dargestellt.

Aus Tabelle 1 ist ersichtlich, daß bei den 12 WORD-Benutzerinnen am Arbeitsplatz insgesamt 81 Fehler auftraten, bei den 39 Personen im Experiment wurden 707 Fehler beobachtet. Dies scheint uns ein Hinweis dafür zu sein, daß die Fehleranzahlen in Experimenten eher überschätzt werden (vgl. etwa bei Allwood, 1984; Rizzo, Bagnara & Visciola, 1987). 2/3 (in der Felduntersuchung) bzw sogar 3/4 (im Experiment) aller Fehler konnten nur von den Benutzerinnen selbst entdeckt werden. Nur ca. 9 bzw 12% der Fehler wurde über das System entdeckt. Evidente Fehlerinformationen führten in ca. 15 bis 22% aller Fälle zur Fehlerentdeckung. Das ist ein wichtiges Ergebnis, weil es die Grenzen der Fehlerentdeckung durch das System

² WORD ist ein eingetragenes Markenzeichen der Firma Microsoft.

aufzeigt (s.u.). Interessanterweise unterscheiden sich bei der vorliegenden Untersuchung mit dem Textverarbeitungsprogramm die einzelnen Fehlerarten nicht. Bezogen auf die Gesamtstichprobe ($N=198$) der Arbeitsplatzbeobachtungen des Projektes konnte dagegen gezeigt werden, daß Fehler auf den unteren Regulationsebenen eher durch das System entdeckt werden können als Wissensfehler und Fehler auf der intellektuellen Regulationsebene (vgl. Zapf et al., 1991).

Tabelle 1: Informationsquellen der Fehlerentdeckung

	Fehlerzahl	Person	System	evidente Fehlerinfo
Felduntersuchung	81	65.4%	12.3%	22.2%
Experiment	707	76.4%	8.8%	14.9%

5.2 Ergebnisse zu den Fehlerbewältigungszeiten

Tabelle 2: Fehlerbewältigungszeiten bei unterschiedlichen Fehlerarten

	Experiment		Felduntersuchung	
Fehlerklasse	Anzahl Fehler	Mittelwert in Sekunden	Anzahl Fehler	Mittelwert in Sekunden
Wissensfehler	223	83	22	225
Denkfehler	44	68	17	81
Merk-/Vergessensf.	14	27	3	265
Urteilsfehler	14	42	5	168
Gewohnheitsfehler	50	23	10	24
Unterlassensfehler	45	36	6	38
Erkennensfehler	12	29	8	26
Bewegungsfehler	74	8	11	19
Total	476	55	82	108
F-Wert	4.65**		2.97**	
** P < 0.01				
Erläuterung der Tabelle im Text				

Eine entscheidende Variable ist die Fehlerbewältigungszeit. Sie wurde gemessen von dem Zeitpunkt der Fehlerentdeckung durch die Untersuchungsperson bis zu dem Zeitpunkt, an dem der Fehler behoben war. In der Felduntersuchung wurde die Korrekturzeit von den Beobachtern über eine 5-stufige Ratingskala, die anschließend in eine Intervallskala überführt wurde (sofort = .25 min., bis 2 min. = 1 min., mehr als 2 bis 5 min. = 4 min., mehr als 5 bis 10 min. = 8 min., mehr als 10 min. = 12 min.) erhoben. Im Experiment erfolgte die Messung über Logfileaufzeichnungen. Der Beobachter hielt den Zeitpunkt der Fehlerentdeckung und den Zeitpunkt der vollständigen Fehlerbehebung fest und konnte bei der Auswertung die Zeitdifferenz aus den Logfileaufzeichnungen ablesen. Fehler die nicht korrigiert wurden, bzw. bei denen keine Korrektur notwendig war, sind in diese Analyse nicht einbezogen.

5.3 Ergebnisse zu Art der Fehlerbewältigung

Als nächstes stellt sich die Frage, wie schwierig für den Benutzer die Bewältigung der einzelnen Fehlerklassen ist. Die Fehlerbewältigung ist natürlich leicht, wenn sie für den Benutzer den Charakter einer Routineaufgabe hat, schwer dagegen, wenn er gezwungen ist, das System zu explorieren.

Tabelle 3 bezieht sich auf das Experiment. Aus ihr ist folgendes zu ersehen: Nur wenige Wissensfehler konnten von den Untersuchungspartnern leicht bewältigt werden (10.7 %). Fast die Hälfte der Wissensfehler (44.3%) verlangte, daß das System exploriert wurde. Bei den Fehlern auf der intellektuellen Regulationsebene war Exploration weniger häufig erforderlich: bei den Denkfehlern in 12.5% und bei den Urteilsfehlern in 30% aller Fälle. Bei den Fehlern auf der flexiblen Handlungsmusterebene war explorieren selten notwendig. Bei Bewegungsfehlern mußte nie exploriert werden. Dagegen hatte hier die Fehlerbehebung in 82% der Fälle den Charakter einer Routineaufgabe. In der Felduntersuchung zeigte sich insofern ein vergleichbares Ergebnis, als etwa die Hälfte der Wissensfehler nur mit externer Unterstützung bewältigt werden konnte, während externe Unterstützung bei Bewegungsfehlern nie notwendig war (Brodbeck, 1991; Brodbeck et al., 1990). Da den Teilnehmern im Experiment außer dem Hilfesystem keine zusätzlichen Unterstützungsmöglichkeiten zur Verfügung standen, mußten sie in allen Fällen, wo sie unter "Realbedingungen" vielleicht jemanden gefragt hätten, das Problem durch Systemexploration lösen.

Tabelle 3: Fehlerbewältigung bei unterschiedlichen Fehlerarten im Experiment (N=630)

Fehlerart	Art der Fehlerbewältigung					
	automatisiert		bewußt		explorativ	
	N	%	N	%	N	%
Wissensfehler	30	10.7	126	45.0	124	44.3
Denkfehler	33	41.3	37	46.3	10	12.5
Merk-/Vergessensf.	9	47.4	7	36.8	3	15.8
Urteilsfehler	4	17.4	12	52.2	7	30.4
Gewohnheitsfehler	26	37.7	39	56.5	4	5.8
Unterlassensf.	29	52.7	25	45.5	1	1.8
Erkennensfehler	4	30.8	8	61.5	1	7.7
Bewegungsfehler	75	82.4	16	17.6	0	0.0
Spalte	210	33.3	270	42.9	150	23.8

$\chi^2 = 236.81$ (d.f. = 14) $p < .001$

6. Diskussion und Konsequenzen für die Softwaregestaltung

Fehler lassen sich nie ganz vermeiden. Auch wenn die Schätzungen aus experimentellen Untersuchungen überhöht sein mögen, zeigt sich in der vorliegenden Feldstudie eine zwar geringere, aber nicht unerhebliche Zahl von Fehlern. Aus diesem Grund erhält die Strategie des Fehlermanagements gegenüber Strategien der Fehlervermeidung ihre besondere Bedeutung (Frese & Peters, 1988; Frese, Irmer & Prümper, 1991). Mit Fehlermanagement ist gemeint, daß man sich sowohl bei der Gestaltung von Trainingsmaßnahmen als auch bei der Gestaltung von Software verstärkt auf die Bewältigung von Fehlern konzentrieren sollte. Auch die vorliegenden Untersuchungsergebnisse unterstützen in verschiedener Hinsicht die Strategie des Fehlermanagements.

(1) Die Untersuchung zeigte, daß ein großer Teil von Fehlern nur von der arbeitenden Person selbst entdeckt werden konnte. Der Prozentsatz an Fehlerentdeckung durch evidente Fehlerinformation zeigt, daß es hier zwar noch Spielräume für die technische Unterstützung der Fehlerentdeckung gibt. Meist wird dies jedoch sehr aufwendig sein. Natürlich könnte man die technische Unterstützung der Fehlerentdeckung weitertreiben, indem man die Aufgaben rigider festlegt. Dadurch könnten Abweichungen von Handlungszielen (die über die

indem man die Aufgaben rigider festlegt. Dadurch könnten Abweichungen von Handlungszielen (die über die Aufgaben vorgegeben sind) leichter identifiziert werden. Dies aber würde Grundprinzipien psychologischer Arbeitsgestaltung (Beschnidung von Handlungsspielräumen) widersprechen (z.B. Ulich, 1989). Im Sinne des Fehlermanagements sollte vielmehr verstärkt Wert darauf gelegt werden, durch geeignete Systemgestaltung die Fehlerentdeckung durch die Benutzerin zu erleichtern. Norman (1988) hat dazu beispielsweise das Prinzip der "visibility" formuliert: Mache Handlungskonsequenzen immer klar sichtbar! Da viele Fehler nur von der Person selbst entdeckt werden können, ist es sehr wichtig, daß die Person gutes Feedback durch das System in bezug auf den Fortschritt ihrer Handlungen erhält. Je klarer dieses Feedback ist und je unmittelbarer es mit der jeweiligen Handlung verbunden ist, desto einfacher sind Abweichungen von den eigenen Handlungszielen und damit Fehler festzustellen (vgl. dazu Hutchins, Hollan & Norman, 1986).

(2) Die Fehlerbewältigungszeiten zeigen, daß - wie zu erwarten - Probleme vor allem bei der Bewältigung von Wissensfehlern und Fehlern auf der intellektuellen Regulationsebene bestehen. Die Tatsache, daß bei dem Textverarbeitungsprogramm WORD die Korrekturzeiten kürzer sind als bei der Gesamtstichprobe, zeigt, daß es Spielräume im Software- und Hardwarebereich gibt, um Fehler möglichst schnell zu bewältigen. Fast die Hälfte aller Wissensfehler müssen durch exploratives Vorgehen bewältigt werden. Systeme sollten deswegen "explorationsfreundlich" gestaltet werden. Da Explorationsprozesse verglichen mit der bewußten oder routinisierten Fehlerbewältigung sehr lange dauern (Lang, 1991), geht es hier darum, Hilfsmittel zur effizienten Exploration zur Verfügung zu stellen. Dazu gehört, daß die Benutzerin sich im System nicht verläuft, daß Handlungen einfach und schnell rückgängig zu machen sind; daß man beim Rückgängig machen von Handlungen möglichst an dem Punkt aufsetzen kann, an dem die Arbeit noch richtig war, um nicht unnötig Arbeit zu verlieren (in der vorliegenden experimentellen Untersuchung mußten in 5% aller Fehler korrekte Arbeitsschritte wiederholt werden, vgl. Zapf et al., 1991). Systematisches Explorieren sollte zwar bereits im Training gezielt geübt werden (Greif, 1990; Irmer, Pfeffer & Frese, 1991), kann aber auch durch das Softwaredesign unterstützt werden, indem z.B. bei einzelnen Menüpunkten beim Anwählen zusätzliche Informationen auf dem Bildschirm erscheinen, die Hinweise über den Inhalt des Menüs geben oder allgemein, indem die Selbsterklärungsfähigkeit des Systems erhöht wird.

Die Analyse des Fehlerbewältigungsprozesses verweist auf eine Reihe von Ansatzpunkten zur Unterstützung des Fehlermanagements durch Softwaregestaltung. Hier besteht noch ein breites Betätigungsfeld.

Literatur

- Allwood, C.M. (1984). Error detection processes in statistical problem solving. *Cognitive Science*, 8, 413-437.
- Bagnara, S., Rizzo, A. (1989). A methodology for the analysis of error processes in human-computer interaction. In M.J. Smith & G. Salvendy (Hrsg.), *Work with computers: Organizational, management, stress and health aspects* (S. 605-612). Amsterdam: Elsevier Science Publishers.
- Brodbeck, F.C. (1991). Was macht ein Computerbenutzer bei einem Fehler? Empirische Ergebnisse zur Fehlerbewältigung. In M. Frese & D. Zapf (Hrsg.), *Fehler bei der Arbeit mit dem Computer: Ergebnisse von Beobachtungen und Befragungen im Bürobereich*. Bern: Huber, im Druck.
- Brodbeck, F.C., Zapf, D., Prümper, J., & Frese, M. (1990). *Error handling in office work with computers: A field study*. Munich: University of Munich, Dept. of Psychology.
- Frese, M., Irmer, C., & Prümper, J. (1991). Das Konzept Fehlermanagement: Eine Strategie des Umgangs mit Handlungsfehlern in der Mensch-Computer Interaktion. In M. Frese, C. Kasten & B. Zang-Scheucher

- (Hrsg.), **Software für die Arbeit von Morgen. Bilanz und Perspektiven anwendungsorientierter Forschung.** Heidelberg: Springer, im Druck.
- Frese, M., Peters, H. (1988). Zur Fehlerbehandlung in der Software-Ergonomie: Theoretische und praktische Überlegungen. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 42, 9-17.
- Frese, M. & Zapf, D. (Hrsg.). (1991). **Fehler bei der Arbeit mit dem Computer: Ergebnisse von Beobachtungen und Befragungen im Bürobereich.** Bern: Huber, im Druck.
- Frese, M. & Zapf, D. (1991). Fehlersystematik und Fehlerentstehung: Eine theoretische Einführung. In M. Frese & D. Zapf (Hrsg.), **Fehler bei der Arbeit mit dem Computer. Ergebnisse von Beobachtungen und Befragungen im Bürobereich.** Bern: Huber, im Druck.
- Greif, S. (1990). Exploratorisches Lernen in der Mensch-Computer Interaktion. In F. Frei & I. Udris (Hrsg.), **Das Bild der Arbeit** (S. 143-157). Bern: Huber.
- Hacker, W. (1986). **Arbeitspsychologie.** Bern: Huber.
- Hutchins, E.L., Hollan, J.D., & Norman, D.A. (1986). Direct manipulation interfaces. In D.A. Norman & S. W. Draper (Hrsg.), **User centered system design** (S. 87-124). Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Irmer, C., Pfeffer, S. & Frese, M. (1991). Praktische Konsequenzen für das Training. In M. Frese & D. Zapf (Hrsg.), **Fehler bei der Arbeit mit dem Computer: Ergebnisse von Beobachtungen und Befragungen im Bürobereich.** Bern: Huber, im Druck.
- Irmer, C. & Prümper, J. (1991). Beschreibung der Untersuchungsinstrumente und Stichproben. In M. Frese & D. Zapf (Hrsg.), **Fehler bei der Arbeit mit dem Computer: Ergebnisse von Beobachtungen und Befragungen im Bürobereich.** Bern: Huber, im Druck.
- Lang, T. (1991). **Fehler- und Problembewältigung bei der Arbeit mit einem Textverarbeitungssystem.** Unveröff. Diplomarbeit: Institut für Psychologie, Universität München, in Vorbereitung.
- Lewis, C., Norman, D.A. (1986). Designing for error. In D.A. Norman & S.W. Draper (Hrsg.), **User centered system design** (S. 411-432). Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Norman, D.A. (1988). **The psychology of everyday things.** New York: Basic Books.
- Prümper, J. (1991). Methodische Probleme bei der Erfassung von Fehlern. In M. Frese & D. Zapf (Hrsg.), **Fehler bei der Arbeit mit dem Computer: Ergebnisse von Beobachtungen und Befragungen im Bürobereich.** Bern: Huber, im Druck.
- Rasmussen, J. (1985). **Human error data. Facts or fiction.** Roskilde (DK): Riso National Laboratory.
- Rasmussen, J. (1987). The definition of human error and a taxonomy for technical system design. In J. Rasmussen, K. Duncan & J. Leplat (Hrsg.), **New technology and human error** (S. 23-30). Chichester: Wiley.
- Reason, J. (1990). **Human error.** New York: Cambridge University Press.
- Rizzo, A., Bagnara, S. & Visciola, M. (1987). Human error detection processes. *International Journal of Man-Machine Studies*, 27, 555-570.
- Semmer, N. & Frese, M. (1985). Action theory in clinical psychology. In M. Frese & J. Sabini (Hrsg.), **Goal directed behavior: The concept of action in psychology** (S. 296-310). Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Ulich, E. (1989). Arbeitspsychologische Konzepte der Aufgabengestaltung. In S. Maaß & H. Oberquelle (Hrsg.), **Software-Ergonomie '89. Aufgabenorientierte Systemgestaltung** (S. 51-65). Stuttgart: Teubner.
- 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.
- Zapf, D. (1991). Nutzungs- und Funktionsprobleme: Einige empirische Ergebnisse. In M. Frese & D. Zapf (Hrsg.), **Fehler bei der Arbeit mit dem Computer: Ergebnisse von Beobachtungen und Befragungen im Bürobereich.** Bern: Huber, im Druck.
- Zapf, D., Brodbeck, F.C., Frese, M., Peters, H., & Prümper, J. (1990). Errors in working with computers: A first validation of a taxonomy for observed errors in a field setting. In J. Ziegler (Hrsg.), **GI Ergonomie**

und Informatik. Mitteilungen des Fachausschusses 2.3 "Ergonomie in der Informatik" (Bd. Nr. 9, März 1990, S. 3-26).

- Zapf, D., Brodbeck, F.C, Prümper, J. (1989). Handlungsorientierte Fehlertaxonomie in der Mensch-Computer-Interaktion. Theoretische Überlegungen und eine erste Überprüfung im Rahmen einer Expertenbefragung. *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, 33, 178-187.
- Zapf, D., Lang, T. & Wittmann, A. (1991). Der Prozeß der Fehlerbewältigung. In M. Frese & D. Zapf (Hrsg.), **Fehler bei der Arbeit mit dem Computer. Ergebnisse von Beobachtungen und Befragungen im Bürobereich**. Bern: Huber, im Druck.

Dr. Dieter Zapf
Department of Psychology
University of Manchester
Manchester M13 9PL
U.K.

Thomas Lang & Angela Wittmann
Institut für Psychologie
Ludwig-Maximilians-Universität München
Leopoldstr. 13
D-8000 München 40