

# Ergonomische Gestaltung von Software auf Grundlage handlungsorientierter Fehleranalysen<sup>1</sup>

Andreas Kensik, Jochen Prümper, Michael Frese

DATA TRAIN GmbH, Dr. Prümper & Partner, Justus-Liebig-Universität Gießen

## Zusammenfassung

Ausgehend von einer handlungsorientierten Fehlertaxonomie werden für einzelne Nutzungsprobleme in der Mensch-Computer Interaktion allgemeine Softwaregestaltungsmaßnahmen zur Fehlervermeidung und zum Fehlermanagement vorgestellt. Anschließend werden diese theoretischen Überlegungen im Rahmen der praktischen Überarbeitung einer Software in konkrete software-ergonomische Designvorschläge umgesetzt. Es zeigt sich, daß bei insgesamt 305 Nutzungsproblemen für 210 (68.9%) Fehlervermeidungs- und für 295 (96.7%) Fehlermanagementvorschläge entwickelt werden konnten. Systematische Fehleranalysen bieten damit nicht nur eine gute Möglichkeit zur Software-Evaluation, sondern in umfangreichem Maße auch Hinweise zur Software-Gestaltung.

## 1 Einleitung

Fehler und Probleme im Umgang mit der Software gehören zum Alltag jedes Anwenders. Etwa 10 Prozent ihrer Computerarbeitszeit verbringen Benutzer damit, aufgetretene Probleme zu bewältigen (Brodbeck, Zapf, Prümper & Frese, 1993). Damit verursachen Fehler nicht nur Streß (Frese, 1987), sondern auch hohe Kosten für die Unternehmen (Shneiderman, 1993) - sie stellen somit ein psychologisches als auch ein ökonomisches Problem dar.

Aus software-ergonomischer Sicht bedeuten Fehler damit für jeden Software-Entwickler eine große Herausforderung. So legt dann auch die Untersuchung von Booth (1990) nahe, daß systematische Fehleranalysen - umgesetzt zu konkreten Designvorschlägen - zu deutlichen Verbesserungen im Umgang mit Software führen können.

Zur systematischen Analyse von Fehlern wurde von Zapf, Brodbeck und Prümper (1989) eine *handlungstheoretische Fehlertaxonomie* vorgestellt. Zur Entwicklung

1

Dieser Beitrag entstand im Rahmen des Projektes „VERLAG 2000: Eine benutzerfreundliche integrierte Lösung für die mittelständische Verlags- und Druckereibranche unter Berücksichtigung von zu verbessernden Arbeitsbedingungen für die Beschäftigten“ der DATA TRAIN GmbH (einer Firma der SOBA Unternehmensgruppe). Dieses Projekt wird gefördert vom BMFT, Projektträger „Arbeit und Technik“ (FKZ: 01 HK 601/8). Die in diesem Aufsatz beschriebene handlungstheoretische Fehlertaxonomie wurde in dem ebenfalls vom BMFT geförderten Arbeit und Technik-Projekt „FAUST: Fehleranalyse zur Untersuchung von Software und Training“ entwickelt (FKZ: 01 HK 806/7). Wir danken Michaela Wagner und Dieter Zapf für ihre Anregungen.

konkreter Designvorschläge bietet sich eine Unterscheidung in Möglichkeiten zur *Fehlervermeidung* und Möglichkeiten zum *Fehlermanagement* an (Frese, 1991; Frese, Irmer & Prümper, 1991).

## 2 Theorie

### 2.1 Die handlungstheoretische Fehlertaxonomie

In der handlungstheoretischen Fehlertaxonomie werden Fehler als Nutzungsprobleme nach Schritten im *Handlungsprozeß* und nach *Regulationsebenen* aufgeschlüsselt (siehe Abb.1).

<b>Regulationsgrundla ge</b>	Wissensfehler		
	<b>Schritte im Handlungsprozeß</b>		
<b>Regulationsebenen</b>	<b>Ziele/Planung</b>	<b>Gedächtnis</b>	<b>Rückmeldung</b>
<b>Intellektuelle Regulationsebene</b>	Denkfehler	Merk-/Vergessensfehler	Urteilsfehler
<b>Ebene der flexiblen Handlungsmuster</b>	Gewohnheitsfehler	Unterlassensfehler	Erkennensfehler
<b>Sensumotorische Regulationsebene</b>	Bewegungsfehler		

Abb. 1: Handlungsorientierte Taxonomie der Nutzungsprobleme (aus: Zapf, Brodbeck & Prümper, 1989, S. 181)

Der *Handlungsprozeß* läßt sich grob so zusammenfassen, daß am Anfang der Handlung ein Ziel generiert und ein entsprechender Plan aufgestellt wird, der anschließend ausgeführt wird. Dazu werden die zuvor erstellten Pläne eine Zeitlang im Gedächtnis präsent gehalten, um sie dann bei der Handlungsrealisierung abzurufen. Am Schluß der Handlungen oder Teilhandlungen stehen dann jeweils Rückmeldungen, ob das angestrebte Ziel erreicht wurde oder nicht.

Die *Regulationsebenen* lassen sich unterteilen in die sensumotorische Regulationsebene, die Ebene der flexiblen Handlungsmuster und die intellektuelle Regulationsebene. Handlungen auf unterschiedlichen Regulationsebenen unterscheiden sich hinsichtlich ihres Geübtheits- und Automatisierungsgrades (Hacker, 1986). So wie Handlungen treten auch Fehler auf unterschiedlichen Regulationsebenen auf.

Zusätzlich zu den Ebenen der Handlungsregulation existiert die *Regulationsgrundlage*, die konkretes Wissen einer Person über die eigene Arbeitstätigkeit enthält.

## 2.2 Fehlervermeidung und Fehlermanagement

Grundsätzlich gibt es zwei Strategien, um mit dem Fehlerproblem umzugehen: *Fehlervermeidung* und *Fehlermanagement* (Frese, 1991; Frese, Irmer & Prümper, 1991). Bei der Strategie der Fehlervermeidung bemüht man sich, durch ein gutes Softwaredesign, die Fehleranzahl, bei der Strategie des Fehlermanagements, die negativen Fehlerauswirkungen zu reduzieren. Obwohl die *Strategie der Fehlervermeidung* im Rahmen einer Softwaregestaltung immer im Auge behalten werden muß, sollte sie nicht ausschließlich verwendet werden, da sie gerade aus arbeitswissenschaftlicher Sicht in drei Bereichen zu ungewollten Nebenwirkungen führen kann (vgl. Frese, 1991; Frese, Irmer & Prümper, 1991):

- ⟨ *Fehlervermeidung durch Arbeitsteilung*: Die Annahme, daß Fehler häufiger bei komplexen Tätigkeiten vorkommen, führt zu der Vorstellung, man könne Fehler durch Verringerung der Qualifikationsanforderungen vermeiden. Dies versucht man häufig durch verstärkte Arbeitsteilung zu erreichen. Möglicherweise führt diese Strategie tatsächlich zu einer Reduzierung von Fehlern, allerdings ist zu befürchten, daß dadurch gleichzeitig eine Verringerung der Arbeitsinhalte, der Handlungsspielräume, der Anforderungen an das eigenständige Denken und der Vollständigkeit und Sinnhaftigkeit der Arbeit bewirkt wird.
- ⟨ *Ironie der Automatisierung*: In einem Mensch-Maschine-System wird meistens der Mensch als das „fehleranfällige Subsystem“ identifiziert. Als Konsequenz wird versucht, durch Automatisierung die Anteile des Menschen am (Produktions-) Prozeß gegenüber der Maschine zu reduzieren. Wenn die Maschinen aber versagen, ist es wieder der „fehlerbehaftete“ Mensch, der dann einspringen muß. Nur ist er dann nicht mehr so qualifiziert, da er weitgehend aus dem Prozeß ausgeschaltet wurde, weniger direkte Erfahrungen mit dem System sammeln konnte. Bainbridge (1983) nennt dies „Ironie der Automatisierung“.
- ⟨ *Dilemma der Fehlervermeidung*: Da letztlich immer Menschen die Arbeitsprozesse determinieren, werden auch stets Fehler auftauchen. Da Fehlervermeidung mit einer Verringerung der aktiven Handlungen korrespondiert, steigen die negativen Konsequenzen eines Fehlers mit dem Grad der versuchten Fehlervermeidung. Frese (1991) nennt dies das „Dilemma der Fehlervermeidungsstrategie“.

Aufgrund dieser möglichen negativen Konsequenzen einer reinen Fehlervermeidungsstrategie, sollte stets auch die Möglichkeit des *Fehlermanagements* realisiert werden. Fehlermanagement bedeutet ein sinnvolles Herangehen an einen Fehler mit dem Ziel Folgefehler, negative Effekte und den Aufwand für die Fehlerbewältigung zu minimieren (Frese, Irmer & Prümper, 1991). Grundlegend sollte dieses Fehlermanagement im Rahmen des Fehlerprozesses bei der *Fehlerentdeckung*, der *Fehlererklärung* und der *Fehlerbehebung* stattfinden (Frese, 1991; Zapf, Frese, Irmer & Brodbeck, 1991).

Abbildung 2 zeigt Ansatzpunkte, wie sich Fehlermanagement und Fehlervermeidung im Rahmen der handlungsorientierten Fehlertaxonomie realisieren lassen.

<b>Regulationsgrundlage</b>	<p style="text-align: center;"><i>Fehlervermeidung</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Ein gutes konzeptionelles Modell liefern:</i> wähle Begriffe und Bildschirmsymbole aus dem Alltagsverständnis bzw. aus der Arbeitswelt des Benutzers.</li> <li>• <i>Dinge sichtbar machen:</i> mache die für die Aufgabenerledigung relevanten Informationen auf dem Bildschirm verfügbar.</li> </ul> <p>Lit.: Norman (1989); Norman &amp; Lindsay (1981)</p>		<p style="text-align: center;"><i>Fehlermanagement</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stelle diejenigen Informationen bereit, die zur Fortsetzung der Handlung benötigt werden. Werkzeuge, die dies unterstützen, sind: <i>Hilfesysteme, kontextsensitive Hilfefunktionen, Listings, Suchfunktionen, Apropos-Funktionen.</i></li> <li>• Sorge für <i>gute Explorationsmöglichkeiten.</i></li> </ul> <p>Lit.: Zapf et al. (1991)</p>			
<b>Schritte im Handlungsprozess</b>						
<b>Regulationsebenen</b>	<b>Ziele/Planung</b>		<b>Gedächtnis</b>		<b>Rückmeldung</b>	
<b>Intellektuelle Regulationsebene</b>	<p><i>Fehlervermeidung</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Transparenz:</i> Mache die Systemlogik durchschaubar.</li> <li>• <i>Konsistenz:</i> Gestalte Systemreaktionen nach dem <i>Prinzip der geringsten Verwunderung.</i></li> <li>• Stelle alle zur Ziel- und Planentwicklung relevanten Informationen dar.</li> </ul> <p>Lit.: Frese (1991); Zapf et al. (1991)</p>	<p><i>Fehlermanagement</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ermögliche die <i>Rekonstruktion des Handlungsverlaufs</i> durch Handlungsprotokolle oder History-Funktionen.</li> <li>• Ermögliche eine <i>Unterbrechung der Arbeitshandlung</i> und <i>Sicherung der Ergebnisse.</i></li> <li>• Biete einen <i>Explorationsmodus.</i></li> <li>• Erleichtere die <i>Navigation im System.</i></li> </ul> <p>Lit.: Zapf et al. (1991); Frese &amp; Brodbeck (1989)</p>	<p><i>Fehlervermeidung</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Erhaltung von Informationen:</i> Transportiere einmal eingegebene oder im System vorhandene Informationen mit (z.B. durch Zwischenspeicher, Kopier- oder elektronische Notizblockfunktionen).</li> </ul> <p>Lit.: Nielsen (1993)</p>	<p><i>Fehlermanagement</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ermögliche das <i>leichte Einfügen fehlender Teilhandlungen.</i></li> <li>• Ermögliche eine <i>einfache Rückkehr zum Ausgangspunkt.</i></li> <li>• Ermögliche eine <i>Unterbrechung der Arbeitsvorgänge</i> und <i>Sicherung der Arbeitsergebnisse.</i></li> </ul> <p>Lit.: Zapf et al. (1991)</p>	<p><i>Fehlervermeidung</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestalte <i>Fehler- und Systemmeldungen</i> verständlich.</li> <li>• Gib Meldungen als unmittelbares Feedback auf die Handlungen der Benutzer.</li> <li>• Verwende eindeutig interpretierbare Piktogramme.</li> </ul> <p>Lit.: Shneiderman (1982, 1993); Zapf et al. (1991); Staufer (1987)</p>	<p><i>Fehlermanagement</i></p> <p>Gib Hinweise auf:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fehlerursache,</li> <li>• Fehlerort und</li> <li>• das weitere Vorgehen in <i>System- und Fehlermeldungen.</i></li> </ul> <p>Lit.: Shneiderman (1982, 1993), Zapf et al. (1991)</p>

<p><b>Ebene der flexiblen Handlungsmuster</b></p>	<p><i>Fehlervermeidung</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· <i>Konsistenz:</i> Verwende Syntax von Kommandos, Grammatik und Bezeichnungen konsistent und belege Tasten einheitlich.</li> <li>· <i>Erwartungskonformität:</i> Gestalte Dialoge entsprechend der Kenntnisse der bisherigen Arbeitsabläufe, der Ausbildung des Benutzers sowie allgemein anerkannter Übereinkünfte.</li> </ul> <p>Lit: Frese &amp; Brodbeck (1989); ISO 9241/10 (1994)</p>	<p><i>Fehlermanagement</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Ermögliche schnelles <i>Rückgängigmachen von falschen Handlungsschritten</i>. Nützlich sind Undo- und Redo-Funktionen, sowie Backspace- und Delete-Tasten.</li> </ul> <p>Lit.: Zapf et al. (1991); Dzida, Wiethoff &amp; Arnold (1993)</p>	<p><i>Fehlervermeidung</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Lasse notwendige Handlungen soweit wie möglich vom System übernehmen.</li> <li>· Implementiere <i>Sicherheitsabfragen</i> an kritischen Stellen.</li> <li>· Blockiere fehlerhafte Handlungen durch „<i>Zwangsfunktionen</i>“.</li> </ul> <p>Lit.: Norman (1989)</p>	<p><i>Fehlermanagement</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· <i>Fehlertoleranz:</i> ergänze und korrigiere unvollständige Eingaben durch das System.</li> <li>· Ermögliche eine <i>Unterbrechung der Arbeitshandlung</i> und <i>Sicherung der Ergebnisse</i>.</li> <li>· Ermögliche das <i>Zurückgehen in der Arbeitshandlung</i> und das <i>Einfügen unterlassener Handlungsschritte</i>.</li> </ul> <p>Lit.: Zapf et al. (1991); ISO 9241/10 (1994)</p>	<p><i>Fehlervermeidung</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Präsentiere <i>Systemmeldungen</i> lange genug, deutlich sichtbar und an einer standardisierten Position.</li> </ul> <p>Lit.: Herczeg (1994)</p>	<p><i>Fehlermanagement</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· <i>Monitoring der Handlung:</i> Erkenne Handlungen, die auf eine Systemmeldung hin unzulässig sind und gib konkrete Hinweise zum weiteren Vorgehen.</li> </ul> <p>Lit.: ISO 9241/10 (1994)</p>
<p><b>Sensumotorische Regulationsebene</b></p>	<p style="text-align: center;"><i>Fehlervermeidung</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Ziele darauf ab, unnötige Bewegungen zu minimieren: Ermögliche Auswahl aus Listen, belege Felder weitgehend vom System vor.</li> <li>· Schaffe durch die offensichtliche Position und Größe der Felder und Steuerlemente einen eindeutigen Ansprungspunkt für den Cursor.</li> </ul> <p>Lit.: Prümper, Heinbokel &amp; Küting (1993)</p>		<p style="text-align: center;"><i>Fehlermanagement</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Unterstütze Fehlerentdeckung durch Vergleiche der Eingaben mit zugrundeliegenden Daten. Hierzu dienen Rechtschreibprogramme, Straßen-, Orts- und Telefonverzeichnisse, sowie Schlüsseltabellen.</li> <li>· Überprüfe, ob es sinnvoll ist, Korrekturen automatisch durchzuführen.</li> </ul> <p>Lit.: Zapf et al. (1991)</p>			

Abb. 2: Fehlervermeidung und Fehlermanagement bei Nutzungsproblemen

## 3 Empirische Untersuchung

### 3.1 Methode

Untersucht wurde eine IBM AS/400-Adreßlösung eines mittelständischen Verlages. Dazu wurden vier Mitarbeitern dieses Verlages zehn Standardaufgaben zur Adreßerfassung vorgelegt, die sie mit ihrem vorhandenen Adreßprogramm bearbeiteten. Diese Aufgaben resultierten aus früheren Arbeitsplatzbeobachtungen. So sollten z.B. Firmenadressen mit abweichenden Liefer- und Rechnungsadressen oder Privatadressen mit temporärer Änderung der Adresse aufgrund eines Urlaubsaufenthalts des Kunden angelegt, Bankverbindungen oder Ansprechpartner hinzugefügt werden. Die Untersuchungen fanden an den Arbeitsplätzen der Benutzer statt.

Die vier Benutzer, drei Frauen und ein Mann, waren im Durchschnitt 31.5 Jahre alt, zwei von ihnen arbeiteten in der Vertriebs-, einer in der Anzeigen- und einer in der EDV/Rechnungswesenabteilung. Im Durchschnitt waren sie seit 10.9 Jahren in ihrem Unternehmen beschäftigt. Mit Computern arbeiteten die Anwender im Mittel seit 11.9 Jahren, mit der beurteilten Software durchschnittlich seit 6.0 Jahren. Pro Woche arbeiteten sie mit Computern im Schnitt 25.0 Stunden, mit der beurteilten Software 9.5 Stunden. Bei ihrer Arbeit verwendeten sie durchschnittlich 4.5 Programme, wovon 3.3 Großrechnerprogramme und 1.3 PC-Programme waren. Auf die Frage „Wie gut beherrschen Sie die beurteilte Software?“, antworteten die Benutzer auf einer siebenstufigen Skala von „sehr schlecht“ (1) bis „sehr gut“ (7) im Mittel mit 4.5.

Während der Aufgabenbearbeitung wurde der Bildschirm der Anwender mit einer Videokamera aufgenommen. Anhand dieser Videoprotokolle wurden die aufgetretenen Fehler zunächst von zwei Beurteilern analysiert und gemeinsam den Kategorien der Fehlertaxonomie zugeordnet. Anschließend wurden die einzelnen Fehler daraufhin untersucht, inwieweit für sie konkrete Fehlervermeidungs- und Fehlermanagementstrategien entwickelt werden konnten.

### 3.2 Anzahl der Fehler

Bei den vier Benutzern wurden insgesamt 305 Nutzungsprobleme registriert. Bei einer Bearbeitungsdauer von 2-3 Stunden pro Benutzer entspricht dies ca. 30 Nutzungsproblemen pro Stunde. Abbildung 3 zeigt die Verteilung der Fehler über die acht Kategorien der Fehlertaxonomie.

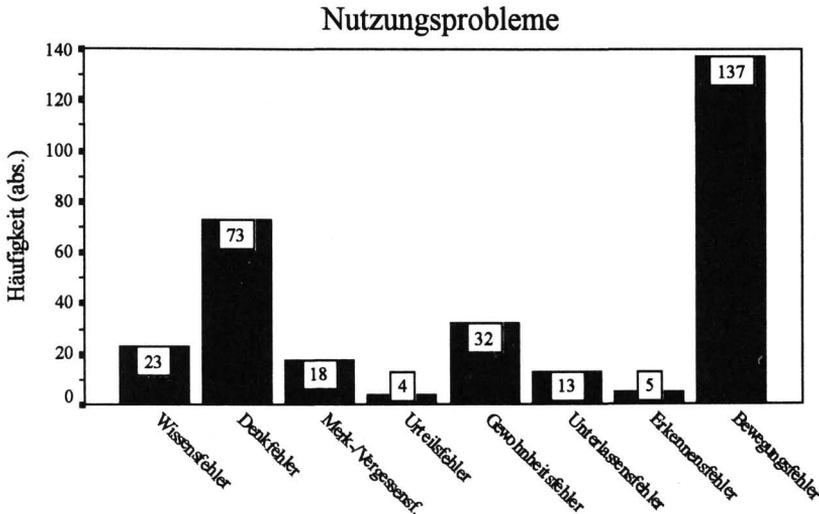


Abb. 3: Anzahl der Fehler für die einzelnen Kategorien

Zur Überprüfung, inwieweit die bei den vier Benutzern aufgetretenen Fehler repräsentativ sind, wurden die in den einzelnen Kategorien beobachteten Fehler mit den aufgetretenen Fehlern bei Zapf, Brodbeck, Frese, Peters und Prümper (1992) verglichen. Dort nahmen 259 Büroangestellte an der Untersuchung teil, 1306 Fehler flossen in die Auswertung ein. Es ergibt sich eine Korrelation von  $r=.87$  ( $p<0,01$ ,  $N=8$  Kategorien). Trotz der geringen Anzahl der Versuchsteilnehmer entspricht die aufgetretene Fehlerverteilung damit der anderer Untersuchungen (für eine ausführliche Darstellung dieses Projektes vgl. Frese & Zapf, 1991).

## 4 Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden zunächst Beispiele der aufgetretenen Fehler in den einzelnen Kategorien der Fehlertaxonomie dargestellt. Anschließend werden für jedes Fehlerbeispiel konkrete Fehlervermeidungs- und Fehlermanagementmöglichkeiten entwickelt. Da Softwareentwicklung ein konstruktiver Prozeß ist, in dem vielfach neue, kreative Problemlösungen gefragt sind (Keil-Slawik, 1990), handelt es sich bei diesen Vorschlägen zur Softwaregestaltung in erster Linie um Denkanstöße, und nicht etwa um „ausschließliche“ Lösungen.

## 4.1 Qualitative Ergebnisse zur Fehlervermeidung und zum Fehlermanagement

### 4.1.1 Die Regulationsgrundlage

<b>Wissensfehler</b>	
<p>Der Benutzer soll zu einem vorgegebenen Banknamen die zugehörige Bankleitzahl suchen. Obwohl durch die Eingabe eines „?“ in dem Feld 'BLZ' eine Maske aufgerufen werden kann, in der durch Eingabe des Banknamens und des Ortes die zugehörige Bankleitzahl ermittelt wird, holt der Benutzer sich ein Bankleitzahlenbuch und schlägt die entsprechende Zahl dort nach. Zu vermerken ist, daß das System keinen Hinweis darauf bietet, daß für das entsprechende Feld eine „?“-Funktion hinterlegt ist.</p>	
<b>Fehlervermeidung</b>	<b>Fehlermanagement</b>
<p>Durch eine einheitlich farbliche oder graphische Hervorhebung der Felder, bei denen man durch Eingabe eines „?“ Auswahllisten erhalten kann, hätte der Benutzer einen Hinweis darauf erhalten, daß eine Suche nach der Bankleitzahl möglich war.</p>	<p>In diesem Fall wäre ein Hilfesystem von Nutzen, das bei Aufruf ganz spezifisch über das Feld 'BLZ' informiert und angibt, welche weitere Funktionalität sich hinter dem Feld verbirgt und wie man Zugang zu ihr bekommt.</p>

### 4.1.2 Die intellektuelle Regulationsebene

<b>Denkfehler</b>	
<p>Der Benutzer möchte eine Firmenadresse mit Ansprechpartner anlegen. Für die Eingabe der einzelnen Namensbestandteile sind das Feld 'Anredezeichen' sowie vier Namenszeilen vorgesehen, die jedoch nicht weiter strukturiert sind. Er trägt in das Feld 'Anredezeichen' den Schlüssel für „Herr“ ein. In die erste Namenszeile trägt er den Namen der Firma „Deutsche Sterne-Abtlg. Raumfahrt“ ein, in die zweite und dritte Namenszeile den Nachnamen und Vornamen des Ansprechpartners. In dem Feld 'Briefanrede' generiert das Programm „Sehr geehrter Herr Deutsche Sterne-Abtlg. Raumfahrt“. Für den Benutzer ist nicht klar, welche Zeilen bei welchem Anredezeichen zur Konstruktion der Briefanrede herangezogen werden.</p>	
<b>Fehlervermeidung</b>	<b>Fehlermanagement</b>
<p>Zur Fehlervermeidung wäre die Unterteilung der Namenszeilen in mehrere Felder sinnvoll, in die klar definierte Namensbestandteile, wie Nachname, Vorname, Titel, Firmenname usw. einzugeben sind. Das System setzt dann je nach gewähltem Anredezeichen die im Alltag gebräuchliche Briefanrede aus den erforderlichen Feldern zusammen.</p>	<p>Als Fehlermanagement dient die Rückmeldung der aus den Eingaben automatisch konstruierten Briefanrede. Diese Vorgabe kann manuell geändert werden. Selbstverständlich muß dafür gesorgt werden, daß die Briefanrede auch wahrgenommen wird, damit sie gegebenenfalls korrigiert werden kann (hier war dies häufig nicht der Fall).</p>

### Merk-/Vergessensfehler

Der Benutzer sucht eine Bankleitzahl. Als Suchbegriff gibt er den Banknamen ein. Daraufhin erhält er vom System eine Liste mit Filialen dieser Bank in ganz Deutschland. Er geht eine Maske zurück und gibt noch den Ortsnamen als zusätzlichen Suchbegriff ein.

#### Fehlervermeidung

Vor der Eingabe der Bankverbindung hatte der Benutzer bereits die vollständige Adresse eingegeben. Das System hätte in diesem Fall den Wohnort in das Feld des Bankortes kopieren können, da in den meisten Fällen beide Orte identisch sind. Der Benutzer wäre in dem Fall nicht gezwungen gewesen, bereits eingegebene Informationen ein weiteres Mal zu erfassen. In den Fällen, in denen Wohn- und Bankort voneinander abweichen, hätte er das vorgelegte Feld einfach überschreiben können.

#### Fehlermanagement

Im Sinne des Fehlermanagements könnte die fehlende Information nachgetragen werden. Die bereits eingegebene Information, der Bankname, blieb erhalten, und mußte nicht erneut erfaßt werden. Noch besser wäre die Positionierung des Cursors auf das Feld ‚Ort‘, in dem das System als Vorschlagswert den Ort aus der zuvor erfaßten Adresse einträgt. Der Benutzer hat dann die Möglichkeit mit diesem Vorschlagswert die Suche zu beginnen, oder einen abweichenden Ort einzugeben.

### Urteilsfehler

Der Benutzer trägt in dem Feld ‚A-Sort-Begriff‘ „KÖNIG-VERLAG“ ein. Der Benutzer erhält die Fehlermeldung „Alpha-Sortierbegriff fehlt oder falsch (Keine Sonderzeichen + Umlaute)“. Er löscht alles hinter „KÖNIG“ und bestätigt. Daraufhin erhält er die gleiche Fehlermeldung. Er ändert den Umlaut.

#### Fehlervermeidung

Der Benutzer interpretiert die erste Meldung so, daß der Bindestrich ein unerlaubtes Sonderzeichen sei und löscht es mit dem folgenden Wort. Der eigentliche Auslöser für die Meldung ist aber der Umlaut im ersten Wort. Um den Fehler zu vermeiden, wäre es nötig gewesen, daß in einer Software, die für den deutschen Sprachraum entwickelt wurde, auch Umlaute für Suchbegriffe zulässig sind.

#### Fehlermanagement

Zur Vereinfachung des Fehlermanagements könnte der unzulässige Buchstabe beim Erscheinen der Fehlermeldung invertiert dargestellt werden, so daß dem Benutzer auf Anhieb die Fehlerursache klar wird. Auch sollte in der Fehlermeldung nicht der Hinweis auf einen möglicherweise fehlenden Sortierbegriff gegeben werden, da dies in diesem Fall nicht zutrifft.

#### 4.1.3 Die Ebene der flexiblen Handlungsmuster

<b>Gewohnheitsfehler</b>	
<p>Der Benutzer möchte den Cursor in das Feld ‚Herkunft Adresse‘ bewegen. Er betätigt mehrmals die RETURN-Taste, um von Feld zu Feld zu springen. Beim Überspringen des Feldes ‚Vorwahl‘ wird der dortige Feldinhalt gelöscht.</p>	
<b>Fehlervermeidung</b>	<b>Fehlermanagement</b>
<p>Zur Vermeidung dieses Gewohnheitsfehlers sollte die RETURN-Taste nur eine Funktion erfüllen. Die „Doppelbelegung“ - ‚Löschen bis Feldende‘ und ‚Cursorsprung zum nächsten Feld‘ - führt bei der Verwendung der Taste, mit dem Ziel nur eine der beiden Funktionen zu benutzen, entweder zu versehentlichem Löschen oder zu falscher Cursorpositionierung. Die Funktionen der RETURN-Taste sollten auf zwei Tasten verteilt werden.</p>	<p>Abhängig von der Fehlerentdeckung lassen sich z w e i u n t e r s c h i e d l i c h e Fehlermanagementstrategien realisieren. Bei Entdeckung des Fehlers durch den Benutzer wird der irrtümlich gelöschte Feldinhalt durch Aktivierung einer UNDO-Funktion wieder eingefügt. Entdeckt der Benutzer den Fehler nicht, so kann die Software den Benutzer bei Verlassen der Adresse durch eine Meldung auf das nicht gefüllte Feld aufmerksam machen.</p>

<b>Unterlassensfehler</b>	
<p>Der Benutzer möchte aus dem Hauptmenü heraus eine neue Adresse anlegen. Er trägt in das Feld ‚Option‘ die Ziffer 1 für „Neuanlage“ ein und bestätigt. Daraufhin erhält er die Meldung, daß eine Adresse mit der Kundennummer bereits existiert und nicht noch einmal angelegt werden kann. In dem Feld ‚Adreßnummer‘ stand noch die Nummer der zuvor bearbeiteten Adresse. Der Benutzer löscht die Nummer durch Betätigung der RETURN-Taste und gelangt so in die Maske zur Adreßfassung.</p>	
<b>Fehlervermeidung</b>	<b>Fehlermanagement</b>
<p>Die Fehlervermeidung kann dadurch erreicht werden, daß das System bei bereits vorhandener Kundennummer und gewählter Option für „Neuanlage“ die Vorbelegungen des Feldes ‚Adreßnummer‘ ignoriert und direkt in die Maske zur Adreßfassung verzweigt.</p>	<p>Fehlermanagement wird hier unterstützt, indem die Vorbelegung des Feldes ‚Adreßnummer‘ gelöscht werden kann. Besser wäre in der Meldung die Frage, ob die nächstmögliche „freie“ Adreßnummer zur Bearbeitung freigegeben werden soll.</p>

<b>Erkennensfehler</b>	
Der Benutzer läßt sich eine Liste mit möglichen Adreßverzweigungen anzeigen. Er versucht in der Liste weiter nach unten zu blättern - es geschieht nichts. Wenn es noch weitere Einträge gibt, dann zeigt das System dies mit einem kleinen '+'-Zeichen in der rechten unteren Ecke der Liste an. In diesem Fall wurde kein Zeichen angezeigt, da die Liste keine weiteren Einträge enthielt.	
<b>Fehlervermeidung</b>	<b>Fehlermanagement</b>
Zur Fehlervermeidung wäre es günstiger, wenn das System einen eindeutigen Hinweis auf das Ende der Liste geben würde, anstatt dies lediglich durch die Unterdrückung des '+'-Zeichens zu induzieren.	In dem Moment, in dem der Benutzer versucht über das Ende der Liste hinauszublättern, sollte ihm eine Rückmeldung gegeben werden, daß das Ende der Liste bereits erreicht wurde.

#### 4.1.4 Die sensumotorische Regulationsebene

<b>Bewegungsfehler</b>	
Der Benutzer möchte in das Feld 'Vorwahl' „030“ eintragen. Er gibt die Ziffern mit der numerischen Tastatur ein. Versehentlich drückt er die Komma-Taste, die neben der Ziffer 0 liegt, so daß in dem Feld „,30“ steht.	
<b>Fehlervermeidung</b>	<b>Fehlermanagement</b>
Da der Benutzer vorher bereits die Anschrift eingegeben hatte, hätte das Programm das Feld 'Vorwahl' vorbelegen können, so daß der Benutzer hier überhaupt keine Eingabe mehr hätte tätigen müssen.	Es sollte darauf aufmerksam gemacht werden, daß in dem Feld 'Vorwahl' ein unzulässiges Zeichen eingegeben wurde, welches über ein Telefonverzeichnis im System automatisch korrigiert werden kann.

## 4.2 Quantitative Ergebnisse zur Fehlervermeidung und zum Fehlermanagement

Im Rahmen des Softwareentwicklungsprojektes „Verlag 2000“ entwickelten die Autoren konkrete Fehlervermeidungs- und Fehlermanagementvorschläge zu den in den Felduntersuchungen beobachteten Nutzungsproblemen und meldeten diese an die verantwortlichen Softwareentwickler zurück. So erhielten die entsprechenden software-ergonomischen Empfehlungen Eingang in den iterativen Designprozeß der zu entwickelnden Verlagslösung (siehe auch: Frese, Prümper & Solzbacher, 1994; Prümper, 1993).

Von den 305 Nutzungsproblemen konnten für 210 (68,9%) Fehlervermeidungs- und für 295 (96,7%) Fehlermanagementvorschläge entwickelt werden. Aufgeschlüsselt nach einzelnen Fehlerkategorien ergeben sich folgende Fehlervermeidungs- (vgl. Abb. 4) und Fehlermanagementmöglichkeiten (vgl. Abb. 5).

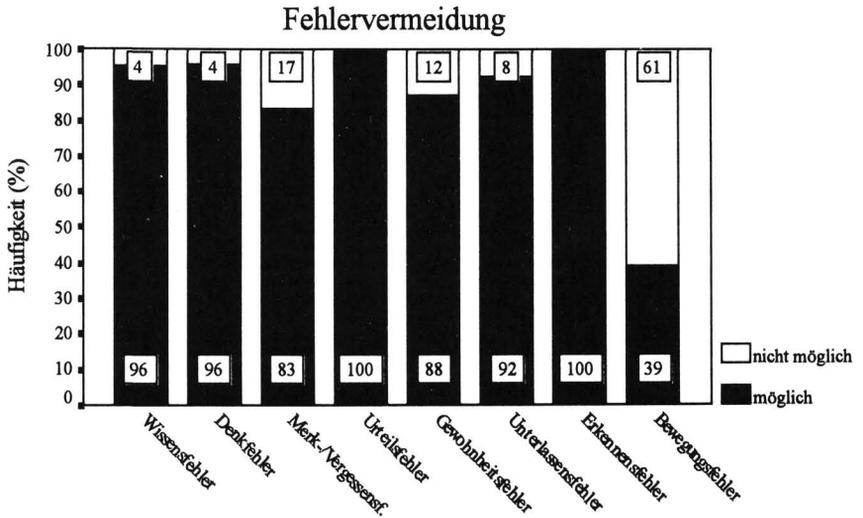


Abb. 4: Möglichkeiten zur Fehlervermeidung

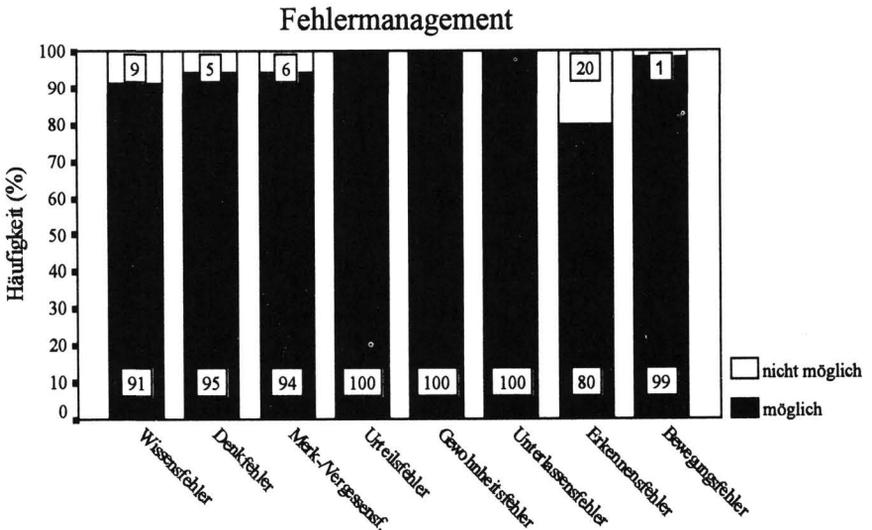


Abb. 5: Möglichkeiten zum Fehlermanagement

Auffällig ist die hohe Anzahl von Bewegungsfehlern, für die keine Fehlervermeidungsmöglichkeiten generiert werden konnten. Gleichzeitig handelt es sich in unserer Untersuchung - wie in den Untersuchungen von Zapf et al. (1992) - bei den Bewegungsfehlern um die am häufigsten vorkommende Fehlerart (vgl. Abb.

3). Deshalb ist es hier besonders wichtig, Fehlermanagementmöglichkeiten zur Verfügung zu stellen (Zapf et al., 1991). Wie aus Abbildung 5 ersichtlich wird, konnte dies auch für 99% der Bewegungsfehler bewerkstelligt werden.

## 5 Fazit und Ausblick

Ausgehend von der handlungsorientierten Fehlertaxonomie von Zapf, Brodbeck und Prümper (1989) wurden für einzelne Nutzungsprobleme in der Mensch-Computer Interaktion allgemeine Softwaregestaltungsmaßnahmen zur Fehlervermeidung und zum Fehlermanagement vorgestellt. Anschließend wurden diese theoretischen Überlegungen im Rahmen der praktischen Überarbeitung eines Adreßmoduls für das mittelständische Verlagswesen in konkrete software-ergonomische Designvorschläge umgesetzt. Es zeigte sich, daß systematische Fehleranalysen eine fruchtbare, effektive Basis für konkrete Hinweise zur Softwaregestaltung liefern. In Untersuchungen zu weiteren Meßzeitpunkten soll festgestellt werden, wie diese Vorschläge von den Software-Entwicklern umgesetzt werden und ob sie tatsächlich zu gezielten software-ergonomischen Verbesserungen führen.

Deutlich wurde aber auch, daß nicht für alle Fehler ein Fehlervermeidungs- bzw. ein Fehlermanagementvorschlag gemacht werden konnte. Um festzustellen, was den Fehlern gemeinsam ist, für die keine Vorschläge generiert werden konnten - sei es nun auf der Fehlervermeidungs- oder der Fehlermanagementseite - bedarf es weiterer Analysen und Auswertungen.

Kritisch mag vielleicht angemerkt werden, daß in unserer Untersuchung mit lediglich vier Benutzern eine relativ kleine Stichprobe untersucht wurde. Es sollte jedoch aufgezeigt werden, daß systematische Fehleranalysen nicht an ökonomischen Beschränkungen scheitern müssen und ohne weiteres in jedem kommerziellen Softwareentwicklungsprojekt zum Einsatz kommen können. Der Umstand, daß bereits bei einem so kleinen Benutzerkreis eine recht große Anzahl von 305 Fehlern - d.h. ca. 30 Fehler pro Stunde und Benutzer - registriert werden konnte, mag in Anbetracht der Ergebnisse der Studie von Zapf et al. (1992) zunächst verwundern. Dort wurden lediglich ca. 5 Fehler in der Stunde pro Benutzer beobachtet (Brodbeck et al., 1993).

Dies liegt zum einen an der verwendeten Erhebungsmethode: Die Videoprotokollierung erweist sich hinsichtlich der Fehlerentdeckungsrate gegenüber der teilnehmenden Beobachtung als überlegen (Holz auf der Heide, 1993). Vor allem liegen die Gründe aber in der Art der von den jeweiligen Untersuchungspartnern zu bearbeitenden Arbeitsaufgaben. Während Zapf et al. (1992) die Probanden bei der Bewältigung ihrer individuellen, im Arbeitsalltag anfallenden Aufgaben beobachteten, wurden in der vorliegenden Studie Aufgaben vorgegeben. Diese Vorgabe von Aufgaben erleichtert zum einen dem Beobachter die Entdeckung und

Klassifikation der Fehler, da Ziele und Subziele des Benutzers offensichtlicher sind, birgt zum anderen aber prinzipiell die Gefahr in sich, daß möglicherweise für den einzelnen Arbeitsplatz untypische Arbeitsaufgaben gestellt werden, und damit Fehler zur Auswertung kommen, die in der alltäglichen Computernutzung nicht zu beobachten wären. Wie jedoch der korrelative Vergleich der vorliegenden Fehlerverteilung mit derjenigen der Studie von Zapf et al. (1992) zeigte, erweist sich die Fehlertaxonomie als ein robustes Verfahren, womit diese Sorge unbegründet erscheint.

Aufgrund dieser effektiven und ökonomischen Einsatzmöglichkeiten der handlungsorientierten Fehlertaxonomie empfiehlt sich dieses Instrument für den praktischen Einsatz in der Software-Ergonomie. Mit dem „Fehlertrainingsbogen für die Mensch-Computer Interaktion“ von Prümper (1994) existiert zudem ein Verfahren, welches für „uneingeweihte Fehlerforscher“ als Basisinstrument im Rahmen einer Beurteilerschulung für die handlungsorientierte Fehlertaxonomie dienen kann.

## 6 Literatur

- [1] Bainbridge, L. (1983). Ironies of automatization. *Automatica*, 19, 775-779.
- [2] Booth, P. A. (1990). ECM: An investigation of its use by designers. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 2, 307-322.
- [3] Brodbeck, F. C., Zapf, D., Prümper, J. & Frese, M. (1993). Error handling in office work with computers: A field study. *Journal of occupational and organizational psychology*, 66, 303-317.
- [4] Dzida, W., Wiethoff, M., & Arnold, A. (1993). *ERGOguide. The quality assurance guide to ergonomic software*. Sankt Augustin: Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung (GMD).
- [5] Frese, M. (1987). 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* (S. 117-165). Chichester: Wiley.
- [6] Frese, M. (1991). Fehlermanagement: Konzeptionelle Überlegungen. In M. Frese & D. Zapf (Hrsg.), *Fehler bei der Arbeit mit dem Computer. Ergebnisse von Beobachtungen und Befragungen im Bürobereich* (S.139-150). Bern: Huber.
- [7] Frese, M. & Brodbeck, F. C. (1989). *Computer in Büro und Verwaltung. Psychologisches Wissen für die Praxis*. Berlin: Springer.
- [8] 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, C. Skarpelis & B. Zang-Scheucher (Hrsg.), *Software für die Arbeit von morgen* (S. 241-251). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- [9] Frese, M., Prümper, J. & Solzbacher, F. (1994). Eine Fallstudie zur Benutzerbeteiligung und Prototyping. In F.C. Brodbeck & M. Frese (Hrsg.), *Produktivität und Qualität in Software-Projekten. Psychologische Analyse und Optimierung von Arbeitsprozessen in der Software-Entwicklung* (S. 135-143). München: Oldenbourg.

- [10] Frese, M., & Zapf, D. (1991). *Fehler bei der Arbeit mit dem Computer. Ergebnisse von Beobachtungen und Befragungen im Bürobereich*. Bern: Huber.
- [11] Hacker, W. (1986). *Arbeitspsychologie*. Bern: Huber.
- [12] Herczeg, M. (1994). *Software-Ergonomie. Grundlagen der Mensch-Computer-Kommunikation*. Bonn: Addison-Wesley.
- [13] Holz auf der Heide, B. (1993). Welche software-ergonomischen Evaluationsverfahren können was leisten? In K.H. Rödiger (Hrsg.), *Software-Ergonomie '93 - Von der Benutzungsoberfläche zur Arbeitsgestaltung* (S. 157-171). Stuttgart: Teubner.
- [14] ISO 9241/10 (1994). *Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 10: Dialogue principles*. Revised Draft International Standard.
- [15] Keil-Slawik, R. (1990). *Konstruktives Design*. TU Berlin: Unveröff. Habilitationsschrift.
- [16] Nielsen, J. (1993). *Usability engineering*. Boston: AP Professional.
- [17] Norman, D. A. (1989). *Dinge des Alltags. Gutes Design und Psychologie für Gebrauchsgegenstände*. Frankfurt, New York: Campus.
- [18] Norman, D. A. & Lindsay, P. H. (1981). *Einführung in die Psychologie*. Berlin: Springer.
- [19] Prümper, J. (1993). Benutzerorientierte, iterative Software-Entwicklung in der Praxis. In W. Coy, P. Gorny, I. Kopp & C. Skarpelis (Hrsg.), *Menschengerechte Software als Wettbewerbsfaktor* (S. 630-647). Stuttgart: Teubner.
- [20] Prümper, J. (1994). *Fehlerbeurteilungen in der Mensch-Computer Interaktion. Reliabilitätsanalysen und Training einer handlungstheoretischen Fehlertaxonomie*. Münster: Waxmann.
- [21] Prümper, J., Heinbokel, T., & Küting, H.J. (1993). Virtuelle Prototypen als Werkzeuge zur benutzerzentrierten Produktentwicklung. Anwendung einer handlungstheoretischen Fehlertaxonomie auf reale und virtuelle Oberflächen von Waschmaschinen. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 3, 160-167.
- [22] Shneiderman, B. (1982). System message design: Guidelines and experimental results. In: Badre, H. & Shneiderman, B. (Eds.). *Directions in human-computer interaction* (S. 55-78). Norwood, New Jersey: Ablex Publishing Co.
- [23] Shneiderman, B. (1993). *Designing the user interface. Strategies for effective human/computer interaction*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- [24] Staufer, M. (1987). *Piktogramme für Computer*. Berlin: deGruyter.
- [25] Zapf, D., Brodbeck, F. C., Frese, M., Peters, H. & Prümper, J. (1992). Errors in working with office computers: A first validation of a taxonomy for observed errors in a field setting. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 4, 311-339.
- [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.
- [27] Zapf, D., Frese, M., Irmer, C. & Brodbeck, F. C. (1991). Konsequenzen von Fehleranalysen für die Softwaregestaltung. In M. Frese & D. Zapf (Hrsg.), *Fehler bei der Arbeit mit dem Computer. Ergebnisse von Beobachtungen und Befragungen im Bürobereich* (S.177-191). Bern: Huber.

Dipl.-Psych. Andreas  
Kensik  
SOBA GmbH  
Linzer Straße 21  
53604 Bad Honnef

Dr. Jochen Prümper  
Dr. Prümper & Partner  
Holzhofstraße 8  
81667 München

Prof. Dr. Michael Frese  
Justus-Liebig-Universität  
Otto-Behaghel-Straße 10  
35394 Gießen