

Fehlermanagement:

Konzeptionelle Überlegungen

Michael Frese

Nachdem in den Kapiteln 2 - 9 die Ergebnisse unseres Forschungsprojekts dargestellt wurden, stellt sich die Frage, welche praktischen Schlußfolgerungen daraus resultieren. Um mit dem Fehlerproblem umzugehen, gibt es immer zwei Strategien:

a) Fehlervermeidung: Durch gutes Design und Training wird die Anzahl der Fehler reduziert;

b) Fehlermanagement: Durch gutes Design und Training werden die negativen Auswirkungen von Fehlern reduziert.

Die traditionelle Antwort der Ingenieure ist es, entsprechend der ersten Strategie, Fehler möglichst zu vermeiden. Diese Strategie hat durchaus ihre Berechtigung. Denn wo sich Fehler leicht vermeiden lassen, sollten sie auch vermieden werden. Zu Problemen führt diese Strategie dann, wenn sie als ausschließliche Strategie verwendet wird.

Deshalb soll in diesem Kapitel die alternative Strategie des Fehlermanagements entwickelt werden.

10.1 Warum Fehlermanagement?

Wie schon gesagt, stößt die Strategie der Fehlervermeidung an Grenzen, und zwar in drei Bereichen:

a) Wenn aus Fehlervermeidungsgründen eine sehr hochgradige Arbeitsteilung eingeführt wird, dann führt diese Strategie zu inhumanen (und damit langfristig auch unproduktiven) Arbeitsplätzen.

b) Wenn sie zu einer stark erhöhten Automatisierung beiträgt, dann führt sie zu der von Bainbridge (1983) angesprochenen Ironie der Automatisierung und zu einer Reduktion der Fähigkeiten der "Bediener".

c) Wenn sie davon ausgeht, daß alle Fehler vermieden werden können, dann ist sie schlicht falsch und führt zu einem Ausblenden einer Reihe von Fehlermöglichkeiten.

Diese drei Bereiche sollen kurz diskutiert werden.

Zu a) **Arbeitsteilung:** Es wird allgemein angenommen, daß Fehler bei komplexen Tätigkeiten öfter vorkommen als bei einfachen. Diese Vermutung wird durch unsere Daten nur zum Teil bestätigt. Es zeigt sich zwar, daß dies für Fehler richtig ist, die auf der intel-

lektuellen Regulationsebene entstehen, dies gilt aber nicht für die anderen Fehler, z.B. Wissensfehler und Fehler auf den unteren Regulationsebenen (Frese et al., 1990). Darüber hinaus dürften inadäquate Qualifikationsstrategien oft dafür verantwortlich sein, wenn mehr Fehler entstehen.

Dennoch existiert die allgemeine Vorstellung, man könne Fehler durch Verringerung der Qualifikationsanforderungen vermeiden. Um nun die Qualifikationsanforderungen zu verringern, wird oft der Weg einer verstärkten Arbeitsteilung eingeschlagen¹. Wir vermuten, daß sich in einem solchen Fall einige Fehler tatsächlich verringern (solche auf der intellektuellen Regulationsebene), daß sich aber Formen der organisationalen Rigidisierung einschleichen dürften, die dann zu organisationaler Ineffizienz und zu einer verringerten Fehlererkennung auf der größeren (organisationalen) Ebene führen. Darüber hinaus vermuten wir, daß bei verstärkter Arbeitsteilung Fehler (auf den oberen Regulationsebenen) dann zwar nicht mehr von den Experten vor Ort, aber von den Arbeitsvorbereitern und von den Vorgesetzten gemacht werden. Diese haben aber den zusätzlichen Nachteil, daß man sie nur schwer erkennen kann, weil diese Personen auch von Rückmeldungen weiter entfernt sind, während sie der Mann vor Ort häufiger erhält.

Zu b) **Automatisierung:** Oft wird auch technische Automatisierung als Ausweg aus dem menschlichen Fehlerproblem gesehen. Viele Ingenieure nehmen an, daß mit Hilfe von Automaten Fehler minimiert werden können. Auch hier besteht ein richtiges Moment - die Anzahl der Fehler reduziert sich wahrscheinlich. Aber es ist notwendig, zwischen einem Fehler und den Fehlerkonsequenzen zu unterscheiden. Denn letztlich geht es ja darum, die negativen Fehlerkonsequenzen zu vermeiden und nicht die Fehler selbst. Manche negativen Fehlerkonsequenzen dürften aber bei automatisierter Produktion bedeutsamer sein als bei einem geringen Automatisierungsgrad. Dies hat mit der Ironie der Automatisierung von Bainbridge (1983) zu tun: Die vollautomatisierte Produktion wird wiederum von Menschen überwacht - also von denselben Menschen, die man vorher als zu fehlerbehaftet ausschalten wollte. Es müssen also gerade wieder die "fehleranfälligen" Menschen einschreiten, wenn sich Maschinenprobleme ergeben. Nur ist dann der Mensch nicht mehr so qualifiziert, da er aus dem direkten (Produktions-) Prozeß ausgeschaltet worden war. Diese Überlegung hat z.B. im Bereich des Luftverkehrs im Sinne des aktiven Operateurs (Sawalowa, Lomow & Ponomarenko, 1971, zit. nach Hacker, 1986) zu Vorschlägen der Verringerung des Automatisierungsgrads aus Sicherheitsgründen geführt (Wiener, 1985). In einem hochautomatisierten Cockpit hat der Flugzeugführer nur noch selten die Gelegenheit, selbst zu starten und zu landen. Er muß dies aber tun, wenn sich Maschinenprobleme oder Notfälle ergeben. Nun ist er jedoch nicht mehr daran gewöhnt - z.B. gibt es keine Routinehandlungen mehr, denn diese können ja nur entstehen und aufrechterhalten werden, wenn sie häufig verwendet werden. Wenn der Flugzeugführer nun keine Routinen einsetzen kann, muß er auf der intellektuellen Ebene regulieren; das aber bedeutet, daß er mit einer begrenzten Prozeßkapazität arbeiten muß, die möglicherweise für die anstehenden Probleme nicht ausreicht (vgl. Johannsen, 1990).

Bei Software-Systemen ist das Äquivalent zur technischen Automatisierung oftmals eine deutliche Benutzerführung (manchmal wird diese Strategie sogar mit Hilfe von adaptiven Systemen noch verstärkt). Eine solche Benutzerführung schränkt die Handlungsmöglichkeiten (Kontrollspielräume) des Benutzers ein. Es läßt sich plausibel zeigen, daß dies langfristig negative Konsequenzen für die Motivation und damit Leistung des gesteuerten

¹ Natürlich gibt es auch andere Gründe als solche der Fehlervermeidung, die eine stärkere Arbeitsteilung nahelegen.

Individuums hat (Frese, 1987b). Auch hier führt Fehlervermeidung zu einer Rigidisierung der Handlungsstrategien des Benutzers.

Darüber hinaus sind nicht alle Prozesse technisch automatisierbar - dies gilt vor allem für die Fehlererkennung. Im Kapitel 4 wurde ausgeführt, daß bei etwa der Hälfte aller Fehler, der Fehler nur von der handelnden Person erkannt werden konnte. Da Fehlerentdeckung aber oft eine Voraussetzung für Fehlervermeidung darstellt, sind aus diesem Grund der Fehlervermeidung durch Automatisierung enge Grenzen gesetzt².

Zu c) **Möglichkeiten der Fehlervermeidung:** Fehler lassen sich nicht vermeiden. Da letztlich immer Menschen die Arbeitsprozesse determinieren - selbst wenn dieser Einfluß nicht direkt ist - werden auch immer wieder menschliche Fehler auftauchen. Perrow (1987) führt in vielen Fallstudien die fast unendlich große Menge an Fehlermöglichkeiten - auch in sehr genau durchgeplanten Systemen, wie denen der Atomkraftwerke - aus. Es ist genau der Vorteil des menschlichen Denk- und Handlungsapparates, daß er sehr schnell eine Menge Informationen integrieren und auch unter Ungewißheit handeln kann, aufgrund von Erfahrung schnell stereotype Routinen herausbildet und selbst im Zweifelsfall noch "handlungsfähig" bleibt. Andererseits führen genau diese Vorteile unter bestimmten Bedingungen zu Fehlern (vgl. Funder, 1987; Reason, 1987c, 1990).

Wenn man nun versucht, den direkten Einfluß des Menschen auf den Produktionsprozeß auszuschalten, dann bestehen immer noch viele indirekte Möglichkeiten der Fehlergenerierung. Dies läßt sich deutlich an dem Beispiel der Programmierung von Prozessen erläutern, in der bekanntermaßen eine Reihe von Fehlern entstehen können.

Im Kapitel 8 wurde die erstaunliche Tatsache dargestellt, daß Experten z.T. mehr Fehler als Novizen machen - also auch Qualifikationen schützen nicht vor Fehlern.

Man könnte dies etwas systematischer, wenn auch spekulativ, so formulieren: Bei einem hohen Neuigkeitsgrad eines Systems führen Strategien von Fehlervermeidung auch zu positiven Konsequenzen (d.h. sowohl die Anzahl der Fehler als auch die negativen Fehlerkonsequenzen werden wirklich reduziert). Allerdings verringert sich der Nutzen bei sophisticatederen Systemen und kann sich sogar in das Gegenteil verkehren. Am Beispiel der Automatisierung wurden die negativen Konsequenzen einer Strategie der Fehlervermeidung schon ausgeführt. Hier mag zwar die Strategie der Fehlervermeidung zumindest bei den direkt aktiven Operateuren zu einer tatsächlichen Reduktion der Fehler führen (allerdings wie gesagt, nur auf der oberen Regulationsebene), aber die negativen Fehlerkonsequenzen werden jetzt maximiert und nicht mehr reduziert.

Fehlervermeidung ist immer verbunden mit einer Verringerung der aktiven Handlungen und damit mit

- einer Atrophie des Handlungswissens des Menschen,
- einer Verringerung des Lernens aus Fehlern,
- einer Verringerung der Erwartung, daß Fehler auftauchen und damit der Wachsamkeit,
- einer Komplizierung des Gesamtsystems.

Deshalb steigen die negativen Konsequenzen eines Fehlers beschleunigt an. In Abbildung 10.1 wird dies dargestellt. Mit dem Grad der versuchten Fehlervermeidung beschleunigt sich die Kurve der negativen Konsequenzen eines Fehlers³. Der Grad der wirk-

² Deshalb ist auch das Konzept der Fehlerrobustheit, das in den DIN-Normen zu den Dialogeigenschaften (DIN, 1988) eingeführt wurde, problematisch. Denn Fehlerrobustheit hat zur Voraussetzung, daß die Maschine (oder das System) den Fehler entdecken muß (also antizipieren muß), um ihn dann zu ignorieren.

³ Perrow (1987) gibt das Beispiel, daß Unfallverhütungsmaßnahmen oft zu einer engeren Verkoppelung des Systems und damit zu einer Vergrößerung der Gefahr von Katastrophen führen.

lichen Fehlervermeidung ist zwar beim Beginn der Fehlervermeidung noch sehr erfolgreich; diese Kurve flacht aber mit der Zeit ab. Denn es wird immer schwerer, z.B. durch technische Maßnahmen Fehler in einem System zu vermeiden. Das bedeutet, daß ab einem bestimmten Punkt die negativen Konsequenzen für das Gesamtsystem ansteigen, da nicht jeder Fehler vermieden werden kann, aber jeder Fehler zunehmend größere negative Auswirkungen hat. Deshalb ist es dann an der Zeit, Fehlermanagementstrategien statt Fehlervermeidungsstrategien in den Vordergrund zu rücken.

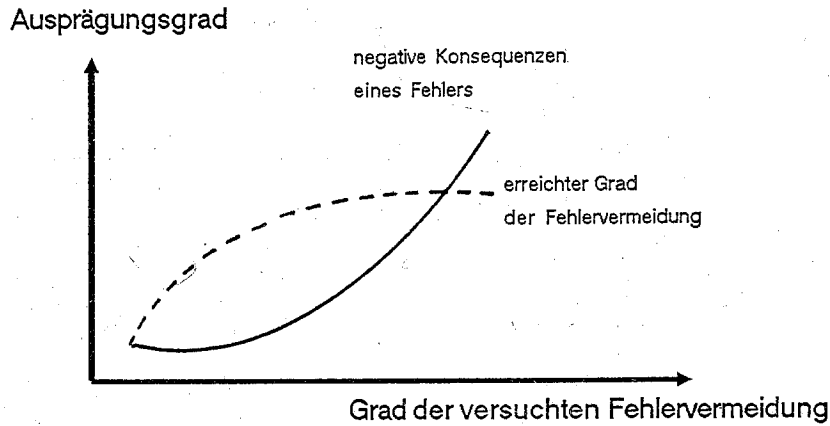


Abbildung 10.1: Das Dilemma der Fehlervermeidungsstrategie: Exponentieller Anstieg der negativen Konsequenzen eines Fehlers und Abflachung des erreichten Grades der Fehlervermeidung.

10.2 Das Konzept von Fehlermanagement

Begrifflich ist Fehlermanagement von Fehlerbewältigung (error handling) abzugrenzen: Während Fehlerbewältigung jede Art der Herangehensweise an einen Fehler beinhaltet - und damit einen deskriptiven Begriff darstellt - impliziert Fehlermanagement einen präskriptiven Sinn: Fehlermanagement bedeutet also sinnvolles Herangehen an einen Fehler mit den Zielen:

- Folgefehler zu vermeiden,
- die negativen Effekte der Fehler nicht aufkommen zu lassen und
- die Fehlerfolgen schnell zu beseitigen.

Es ist wesentlich, zwischen dem Fehler selbst und den negativen Implikationen von Fehlern zu differenzieren. Im Prinzip folgt nicht auf jeden Fehltritt ein Fall. Nicht jedem Fall folgt ein Bruch des Armes usw. Nicht jeder Fehler in einem Atomkraftwerk führt zu den Folgen von Tschernobyl. Diese Tatsache wird durch die Strategie des Fehlermanagements ausgegüht. Fehlermanagement beinhaltet also die Minimierung der negativen Konsequenzen von Fehlern.

Fehlermanagement kann durch Instrumente und Werkzeuge, durch organisationale Maßnahmen sowie durch Training unterstützt werden. Computer sind eigentlich sehr gut geeignet, Fehlermanagement zu unterstützen, weil sie zwischen einer virtuellen und der wirklichen Welt unterscheiden. Wenn ich beim Schreiben dieses Artikels einen Fehler mache, erscheint dieser nur auf dem Bildschirm und nicht gleich auf dem Papier. Ich brauche den Artikel erst dann "real" zu machen (d.h. auszudrucken), wenn ich davon überzeugt bin, die bestehenden Fehler eliminiert zu haben. Aus diesem Grund lohnt es sich gerade beim Computer, Fehlermanagementstrategien zu verwenden.

Fehlermanagement reduziert also die negativen Konsequenzen eines Fehlers (und erhöht die positiven). Was sind nun die negativen Konsequenzen? Im folgenden eine unvollständige Liste:

- Ein Fehler wird nicht bemerkt; dadurch werden die negativen Konsequenzen akkumuliert (z.B. man merkt nicht, daß dies der falsche Programmieransatz war und verschwendet deshalb noch mehr Zeit für das Programmieren mit diesem Ansatz).
- Fehler führen zu negativen Emotionen (vgl. Kap. 5); diese negativen Emotionen müssen bewältigt werden und benötigen dazu einen Teil der sowieso schon beschränkten zentralen Informationsverarbeitungskapazität.
- Fehler führen zu Zeitverlust; dies passiert dann, wenn ein Fehler wieder vollständig korrigiert werden muß; je mehr Zeitverlust, desto höher sind die negativen Konsequenzen sowohl auf der emotionalen Ebene wie auch auf der ökonomischen (vgl. Kap. 1 und Kap. 5).
- Fehler führen zu Verlust an anderen Ressourcen; wenn z.B. eine computergesteuerte Werkzeugmaschine aufgrund eines Fehlers die Klemmbacken anfräst, kommt es direkt zu ökonomischen Kosten.
- Fehler führen zu weiteren Fehlern; Arbeitende müssen nach einem Fehler oftmals von einer eher automatisierten Routine auf eine intellektuelle Ebene umschalten (zumindest wenn es sich nicht um eine Routinekorrektur eines schon bekannten Routinefehlers handelt). Diese Umschaltprozesse sind immer schwierig. Denn es ist oft schwer, direkt die intellektuelle Ebene zur Regulation einzuschalten. Diese Ebene wird ja zumeist für die Überwachung von Handlungen und für weiteres Vorausplanen benutzt. Dies wird nun gestört, und es kann aus diesem Grund zu weiteren Folgefehlern kommen. Darüber hinaus verhalten sich automatisierte oder hochroutinisierte Handlungsmuster "störrisch" gegenüber intellektuellen Regulationsversuchen. Wenn man etwas routiniert erledigen kann, hat man kein bewußtes Konzept des Bewegungsablaufs mehr und deshalb ist es doppelt schwierig, bei Fehlern in diesem Bereich einzugreifen (das berühmte Beispiel des Tausendfüßlers, der nicht mehr weiterlaufen kann, nachdem er gebeten wird zu erklären, wie er alle seine Beine koordiniert). Schließlich beanspruchen die negativen emotionalen Effekte von Fehlern ebenfalls kognitive Kapazität. Das heißt, der sowieso schon im Fehlerfall überlastete kognitive Apparat wird noch einmal zusätzlich beansprucht - kein Wunder, daß es dann zu weiteren Fehlern kommen kann. In unseren Untersuchungen sind uns immer wieder "Fehlerkaskaden" aufgefallen, bei denen ein Fehler zum nächsten führte - auch Fehler, die sonst normalerweise nicht gemacht würden.
- Fehler führen zu nicht korrigierbaren Schäden; besonders deutlich im Umweltbereich oder bei Unfällen mit Verletzungen oder Toten ergeben sich Schäden, die nicht mehr wieder korrigierbar sein können.

Fehlermanagement soll also dazu beitragen, nicht notwendigerweise Fehler an sich, aber die negativen Konsequenzen davon entweder zu minimieren (z.B. Zeitverlust) oder ganz zu vermeiden (z.B. nicht korrigierbare Schäden). Welche Prozesse tragen nun dazu bei, Fehlermanagement zu ermöglichen?

10.3 Wie kann man Fehlermanagement ermöglichen?

Jedes System und jedes Training kann unter dem Gesichtspunkt betrachtet werden, ob und inwieweit es Fehlermanagement unterstützt. Darüber hinaus kann Fehlermanagement unter drei Gesichtspunkten betrachtet werden: dem des Fehlerprozesses, dem des Handlungsprozesses und dem der Regulationsebenen. Diese daraus resultierenden sechs Gesichtspunkte von Fehlermanagement werden in Abbildung 10.2 dargestellt.

Bezug auf design	Unterstützung durch	
	Training	System
Fehlerprozeß		
	- Fehlerentdeckung	
	- Fehlererklärung	
	- Fehlerbehebung	
Handlungsprozeß		
	- Ziele	
	- Information/Prognose	
	- Plan	
	- Monitoring	
	- Feedback	
Regulationsebenen		
	- Regulationsgrundlage	
	- Obere Ebenen	
	- Untere Ebenen	

Abbildung 10.2: Gliederungsgesichtspunkte von Fehlermanagementprinzipien.

Die daraus folgende Diskussion hat nicht die Funktion, umfassend die Methoden der Unterstützung von Fehlermanagement darzustellen. Denn eine genauere Darstellung soll in den folgenden Kapiteln erfolgen.

10.3.1 Fehlerprozeß

Der Fehlerprozeß besteht aus den Bestandteilen **Fehlerentdeckung**, also dem Wissen um die Tatsache, daß ein Fehler gemacht wurde, **Fehlererklärung**, also der Einordnung des Fehlers in einen größeren Erklärungszusammenhang und **Fehlerbehebung**, also der Handlungen zur Beseitigung oder zur Kompensation des Fehlers.

Eine Voraussetzung von Fehlermanagement ist zunächst die Entdeckung des Fehlers. Da mit dem zeitlichen Abstand zum ursprünglichen Fehler die Tendenz sinkt, den Fehler zu erkennen, ist rechtzeitige Fehlerentdeckung besonders wichtig (vgl. Kap. 4). Dabei kann z.B. das Fehlerwissen helfen, d.h. das Wissen um bestimmte Fehlerbereiche, Tücken des Systems und Beschränktheiten der eigenen Kompetenz. Manchmal verhindert aber auch eine Nichtakzeptanz von Fehlern gutes Fehlermanagement, wenn z.B. eine Person Schwierigkeiten hat, von seinem Selbstwertgefühl her einen Fehler zu akzeptieren. Sie handeln dann nach dem Motto "Ich kann gar keinen Fehler gemacht haben - wenn etwas schief gegangen ist, dann waren es die Anderen". Hochqualifizierte Expertenteams neigen z.B. aufgrund von "groupthink" dazu, die Kompetenz der Gruppe zu überschätzen und damit, Fehler zu übersehen. Dies könnte eine der Ursachen für das Tschernobylunglück gewesen sein (Reason, 1990). Diese Tendenz, Fehler nicht zu akzeptieren, wird durch die allgemeine Tendenz von Menschen noch verstärkt, Bestätigung ihrer Hypothesen und keine Falsifizierung zu suchen. Norman (1984) und Lewis und Norman (1986) sprechen in diesem Zusammenhang von "kognitiver Hysterese", die sie unter anderem auf die systematische Tendenz, nur bestätigende Evidenz zu suchen, zurückführen.

Von der Systemseite her hilft klares Feedback, einen Fehler zu entdecken sowie transparentes Design, d.h. der Benutzer kann sich ein gutes Abbild von den Intentionen und den Ausführungen des Designers machen. Das bedeutet, daß der Benutzer leicht nachvollziehen kann, an welchem Punkt im Prozeß er sich befindet.

Nicht jeder Fehler verlangt eine Fehlererklärung. Es ist sogar so, daß gute Unterstützung von Fehlermanagement oft gerade die Möglichkeit unterstützt, auch ohne Fehlererklärung eine Fehlerkorrektur durchzuführen. Die UNDO-Taste oder der Back-up File sind dafür gute Beispiele beim Computer. Fehlererklärung kann zum einen bedeuten, daß der Betroffene weiß, wie dieser Fehler zustande kam, z.B. es wurde die falsche Tastenkombination gedrückt. Ein zweiter Aspekt beinhaltet das "Warum", also das Einordnen des Fehlers in einen größeren Zusammenhang, z.B. an diesem Punkt wurde die Schreibtischmetapher nicht genau durchgehalten, und der Handlungsfehler weist auf die Grenzen dieser Metapher hin.

Unter dem Gesichtspunkt Fehlererklärung lassen sich ähnliche Fehlermanagementprinzipien aufstellen, wie sie schon für die Fehlerentdeckung wichtig waren: ein gutes Wissen um das System sowie um Fehlermöglichkeiten und ein transparentes System sowie die Erleichterung, Hypothesen aufzustellen; transparente Systeme, kontextspezifische Hilfen und Explorationsmöglichkeiten erleichtern dies wiederum.

10.3.2 Der Handlungsprozeß

Der Handlungsprozeß wurde im Kapitel 1 dargestellt. Im Bereich der Zielentwicklung und -entscheidung sind genaue Zielvorstellungen (einschließlich Unterzielbildung) und Überlegungen zu möglichen Zielkonflikten wesentlich für Fehlermanagement.

Im Bereich der Informationsaufnahme und -integration läßt sich Fehlermanagement durch gute und konsistente Metaphern und Analogien unterstützen. Wenn ein System eine Analogie genau durchhält, ist es leichter, ein gutes mentales Abbild zu entwickeln, das wiederum dabei hilft, Abweichungen vom Ziel zu entdecken und zu erklären und Fehler zu korrigieren. Je besser das mentale Abbild der Person, desto leichter kann Fehlermanagement unterstützt werden. Ein gutes Abbild beinhaltet nicht nur das Wissen um mögliche Fehlerbereiche und Regeln, wie man mit diesen Fehlern umgeht, sondern auch ein Inventar von Signalen, die mögliche Abweichungen anzeigen können.

Prognose ist besonders bei dynamischen Systemen von besonderer Bedeutung und hat ähnliche Konsequenzen für die Systemgestaltung. Ein zusätzlicher Faktor von Fehlermanagement ist hier, daß die Dynamik des Systems verlangsamt werden kann (z.B. durch eine "Freeze-Funktion").

Ein System unterstützt die Planentwicklung und -entscheidung durch hohe Transparenz und Konsistenz. Transparenz bedeutet Durchschaubarkeit der Systemlogik, und Konsistenz beinhaltet das Prinzip der geringsten Verwunderung über Systemreaktionen. Fehlende Transparenz und Konsistenz bringen geordnete Pläne durcheinander und erschweren Umplanungen.

Beim Monitoring sind Gedächtnisprozesse wesentlich. Gedächtnisprobleme können durch Hilfsfunktionen, Menülisten, durch Dateimanager und durch komplexe Suchfunktionen reduziert werden. Letzteres ermöglicht es dem Benutzer zum Beispiel, nicht nur nach einem Wort in einem Text, nach einer Datei auf einer Festplatte, sondern auch nach inhaltlichen Konzepten über verschiedene Dateien hinweg zu suchen - etwa wenn man den Dateinamen eines Briefes vergessen hat und nun z.B. durch Angabe von Datum, Adresse usw. den Brief auf der Festplatte finden kann.

Windows sind für Monitoring besonders wichtig, denn oft haben Unterbrechungen zur Folge, Merk- und Vergessensfehler und Unterlassensfehler zu provozieren. Mit der Windowtechnik kann man den Ausgangszustand zum Zeitpunkt der Unterbrechung konstant präsent halten, z.B. wenn eine Sachbearbeiterin zwischendurch angerufen wird und eine Adressenänderung vornehmen muß. Auch durch das Training lassen sich Fehlermanagement-Strategien in diesem Bereich üben. Bereits Flavell (1979) hat ausgeführt, wie Metakognitionen eingesetzt werden können bei der Suche nach etwas Verlorenem - man überlegt sich z.B., wo man den Gegenstand als letztes gehabt hat, wo man dann hingegangen ist und wo man ihn verloren haben könnte. Man stellt sich dabei das Ganze anschaulich vor usw. Solche Prozesse lassen sich auch in einer Schulung trainieren.

Die Funktion von Feedback für das Fehlermanagement wurde bereits weiter oben unter dem Punkt Fehlerentdeckung und -erklärung ausführlich besprochen, so daß dies hier nicht wiederholt werden muß.

10.3.3 Regulationsebenen

Fehlermanagement läßt sich auch noch einmal unter dem Gesichtspunkt der Regulationsebenen diskutieren. Aus Gründen der Einfachheit können die Ebene des abstrakten Denkens, die intellektuelle Ebene und die Regulationsgrundlagen (obere Ebenen) zusammengefasst werden und mit den beiden unteren Ebenen der flexiblen Handlungsmuster bzw. der sensumotorischen Ebene verglichen werden.

Auf den oberen Regulationsebenen sind die Fehler oft schwer zu entdecken und zu erklären, weil die Vergleiche zwischen Ziel und augenblicklicher Lage aufgrund der komplexeren Situation schwieriger sind. Von besonderer Bedeutung ist dies bei Wissensfehlern. Selbst "erfolgreiche" Handlungen können immer noch Fehlhandlungen darstellen, z.B. dachte Columbus auch nach der Entdeckung Amerikas immer noch, daß er einen schnelleren Weg nach Indien gefunden hätte - das eigentliche Ziel seiner beschwerlichen Reise.

Fehlerbehebung ist auf den oberen Regulationsebenen ebenfalls oft erschwert, weil hier sowieso schon komplexere Prozesse reguliert werden müssen, und jedes weitere Problem - wie das eines Fehlers - die Grenzen der beschränkten Informationsverarbeitung sprengt. Aus diesem Grund erleichtern unspezifische Methoden das Fehlermanagement - hier sei wieder auf die Brauchbarkeit einer UNDO-Taste verwiesen.

Andererseits gibt es auch auf den unteren Regulationsebenen Erschwernisse. Diese beziehen sich v.a. auf die Fehlerentdeckung, weniger auf die Fehlerklärung und -behebung. Auf den unteren Regulationsebenen wird Feedback weniger stark beachtet, da die Handlungen oftmals so schnell ausgeführt werden, daß Rückmeldungen gar nicht mehr verarbeitet werden können. Bei potentiell sehr negativen Konsequenzen sollte deshalb die Handlungsrückmeldung besonders deutlich und "aufdringlich" sein. Vor einer möglichen Reformatierung einer Festplatte, die zum Verlust sämtlicher Daten führt, sollte mit extra großen und evtl. deutlich blinkenden Zeichen gewarnt werden.

10.4 Fehlermanagement in anderen Systemen

Die Unterstützung von Fehlermanagement durch Trainingsmaßnahmen und durch gutes Design werden noch später dargestellt und bedürfen deshalb hier keiner langen Abhandlung. Für das Training ist das Fehlertraining von besonderer Wichtigkeit (Kap. 11). Das Kapitel 13 bietet Vorschläge zur Unterstützung von Fehlermanagement durch die Softwaregestaltung.

Die Brauchbarkeit von Fehlermanagement geht allerdings u.E. über den Bereich der Softwaregestaltung und des Trainings hinaus - auch andere Systeme sollten Fehlermanagement unterstützen. Deshalb soll an dieser Stelle noch der Ansatz von Perrow (1987) dargestellt werden. Perrow spricht zwar nicht von Fehlermanagement, ihm geht es aber um eine sehr ähnliche Fragestellung: Gegeben, daß immer Fehler vorkommen, wie kann man durch Systemdesign Katastrophen als Fehlerfolge verhindern?

Nach seinen Analysen von Schiffsunfällen, Unfällen in Kernkraftwerken, im Flugverkehr und bei petrochemischen Anlagen sind ihm zwei wesentliche Dimensionen für die Überführung eines Fehlers in eine Katastrophe wesentlich: die **Kopplung** und die **Interaktionen**. Wenn ein System eng gekoppelt ist und komplexe Interaktionen zeigt, ergibt sich die höchste Gefahr der Katastrophe als Fehlerfolge (seine Beispiele dafür sind Kernkraftwerke, Rüstung, Gentechnologie).

Interaktionen können entweder durch eine lineare Abfolge gekennzeichnet sein (z.B. das Fließband, bei dem ein Fehler leicht lokalisierbar ist) oder durch eine komplexe Interaktion; letzteres ist z.B. dann der Fall, wenn eine Einheit oder ein Subsystem mehreren Funktionen dient, etwa eine Heizeinrichtung, die Gas aufheizt und gleichzeitig als Wärmeaustauscher verwendet wird. Komplexere Interaktionen erhöhen die Wahrscheinlichkeit von Katastrophen. Es zeigt sich nun, daß Strategien der Fehlervermeidung oft zu kompli-

zierteren Interaktionen führen. "Die Erweiterung der Systeme um redundante Komponenten war die hauptsächliche Sicherheitsstrategie (bei Kernkraftwerken, M.F.), zugleich aber auch, wie Hagen an Beispielen zeigt, die Hauptursache von Störungen" (Perrow, 1987, S. 108).

Die **Kopplung** kann entweder lose oder eng sein. Z.B. sind verschiedene Fakultäten einer Universität meist nur lose miteinander verknüpft. Störungen in der einen tangieren meist die anderen kaum. Enge Kopplungen haben die Eigenschaft, daß kein Puffer zwischen den Subsystemen besteht, d.h. es kommt zu einer Destabilisierung des gesamten Systems, wenn ein Teilsystem tangiert ist. Dies ist z.B. bei Kettenreaktionen (etwa in einem Kernkraftwerk) der Fall.

Die Botschaft von Perrow ist klar - Systeme sollten möglichst so organisiert werden, daß die Interaktionen linear und die Kopplungen lose sind. Am Beispiel des Flugverkehrs zeigt er auf, wie man so ein System entwickeln kann. Zum Beispiel arbeiten im Gegensatz zum Schiffsverkehr in einem Cockpit der Pilot und der Kopilot als Team zusammen. In einem gleichberechtigten Team sind die Kopplungen loser als bei einem autoritären Verhältnis wie dies im Schiffsverkehr üblich ist. Auch die Flugverkehrsüberwachung ist ein System, das möglichst geringe Kopplungen und eine Reduktion von komplexen Interaktionen erreicht hat.

Eine mögliche Kritik an unserem Konzept von Fehlermanagement, die sich auch aus dem Buch von Perrow (1987) ergibt, soll nicht unerwähnt bleiben. Am Beispiel der Einführung von Radaranlagen in der Schifffahrtsindustrie führt Perrow aus, daß nach Einführung zunächst die Schifffahrtsunfälle zurückgingen, nach einiger Zeit aber wieder anstiegen. Er führt dies darauf zurück, daß die betroffenen Kapitäne nach einer Eingewöhnungsphase nun die Vorteile des Radarsystems nutzten und auch bei schlechter Sicht mit einem hohen Tempo fuhren. Gute Fehlermanagementmöglichkeiten ermöglichen es also, riskanter zu fahren.

Eine ähnliche Verhaltensänderung wird auch von Schleuderkursen für Autofahrer berichtet. Nach dem Schleuderkurs wird auch unter ungünstigen Witterungsverhältnissen schneller um die Kurve gefahren. Gerade wenn es um Risikoverhalten in gefährlichen Situationen geht, könnten Strategien des Fehlermanagements also kontraproduktiv wirken. Hier ist noch genauer zu untersuchen, unter welchen Bedingungen dies der Fall ist.

10.5 Fehlermanagement im Management

Verschiedentlich ist bereits darauf verwiesen worden, daß das Konzept von Fehlermanagement - obwohl es von uns zunächst für den Bereich der Mensch-Computer Interaktion entwickelt wurde - durchaus weiterreichende Anwendungsgebiete aufweist. Ein besonders bedeutsamer Bereich ist sicherlich Management. Gerade hier ist es notwendig zu vermeiden, daß Fehler zu langfristig negativen Konsequenzen führen. Deswegen legen viele Manager sehr großen Wert darauf, daß Fehler zu vermeiden seien. Letztlich ist es ein Charakteristikum tayloristischer Methoden (Taylor, 1913, 1977), Fehlervermeidung und Vermeidung von Ineffizienzen in den Vordergrund zu rücken⁴. Das führte dazu, daß auch

Manager sich einen Fehler nicht mehr "leisten" können. Eine besonders dramatische Form dieser Art von "Fehlervermeidung" dominierte offensichtlich die DDR-Wirtschaft. Da sich Fehler am besten durch geringe Aktivitäten vermeiden lassen, sind ökonomisch negative Effekte nicht überraschend.

Tom Peters (1987) schlägt ein dem Fehlermanagement vergleichbares Konzept des "fast failures" und "fail forward" vor. Da unter heutigen Marktbedingungen immer schneller innoviert werden muß, die Umstände, unter denen das Ziel erreicht wird, immer komplexer werden, Planungen immer nur einen (kleinen) Bereich der potentiellen Fehler ausschalten können, sind Fehler notwendige Begleiterscheinungen von Innovationen. Fehler müssen also gemacht werden, deshalb sollten sie schnell gemacht werden, sofort erkannt, analysiert und deren Ursachen beseitigt werden. Nur so kann hohe Qualität erreicht werden.

Dramatisch schildert Tom Peters solche Organisationen, in denen Ängste vor dem Fehlermachen existieren: "(1) Kleine Fehlschläge werden individuell versteckt und schwären bis sie akkumulieren und viel später große Fehlschläge hervorrufen; (2) kleine Fehlschläge werden nicht schnell korrigiert, weil sie nicht akzeptabel sind; deshalb wird ein besonders hoher Aufwand getrieben, um einen eckigen Pfahl in das runde Loch zu bringen; (3) Daten werden gefälscht (oder sehr liberal oder tendenziös interpretiert), so daß Fehlschläge als Erfolge umgemünzt werden können; (4) Daten werden vor denen versteckt, die aus anderen Funktionen heraus helfen könnten, denn der Boß möchte sein Gesicht nicht verlieren; (5) die Top-Manager werden im Dunklen gelassen und z.T. in die Irre geführt (zumindest durch Unterlassungen), und damit fühlen sie sich immer mehr einer Strategie auf der Basis falscher Informationen verpflichtet - es wird dadurch umso schwieriger, Fehlschläge später aufzudecken; (6) Lernen findet nicht statt, besonders nicht bei den politisierten Senioren, denn Fehlschläge werden ja nicht aufgedeckt, und das normale menschliche Geben-und-Nehmen, Schelten und Triumphieren schwindet zugunsten eines gestelzten Sich-In-Positur-Setzens; (7) wirkliche Tests werden immer weiter aufgeschoben, immer mehr Simulationen durchgespielt; es existiert ein panischer, zeitaufwendiger Aufwand um sicherzustellen, daß der erste Test kein Fehlschlag wird; natürlich wird der erste Test gerade dadurch besonders offensichtlich und teuer; (8) schließlich gehen Wahrheit, Spaß und Schnelligkeit zum Teufel" (Peters, 1987, S. 320).

Auch wenn noch genauere Untersuchungen fehlen, so spricht einiges für die Hypothese, daß auch im Management die Kriterien von Fehlermanagement zu besseren Leistungen führen: Akzeptiere Fehlermachen, erkenne möglichst die Fehler sofort, versuche die Organisation so zu gestalten, daß Fehler nur kleine negative Effekte haben (verringere also das vorhandene Katastrophenpotential von Fehlern), beschleunige die Fehlerkorrektur und die Beseitigung der Ursachen für Fehler, und lerne aus den Fehlern. Das bedeutet, daß Experimente gemacht werden können, daß mit schneller Rückmeldung gearbeitet wird (und diese Rückmeldung auch aktiv aufgesucht wird und das System solche Rückmeldungen auch dann unterstützt, wenn sie negativ sind), daß es allgemein akzeptiert (und sogar belohnt) wird, wenn Fehlschläge auftauchen usw.

Im Bereich der Entwicklung von Software wurden aufgrund der Überlegungen, daß Fehler immer entstehen werden und daß es vor allem darauf ankommt, kleinere Fehler rechtzeitig durch experimentelles Vorgehen zu machen, um damit größere Fehler langfristig zu vermeiden, Prototyping Verfahren vorgeschlagen (Budde, Kuhlenkamp, Mathiassen & Züllighoven, 1984). Auch hier liegt den diesbezüglichen Überlegungen implizit ein Fehlermanagement-Konzept zugrunde.

⁴ Aus diesem Grund stehen unsere Überlegungen in diesem Kapitel in dem weiteren Rahmen der Arbeitsstrukturierung (Ulich & Baitsch, 1987).

10.6 Ausblick

Begründet und empirisch untersucht wurde das Konzept von Fehlermanagement von uns im Bereich der Mensch-Computer Interaktion. Dazu werden im folgenden die einzelnen Kapitel zur Anwendung unserer empirischen Ergebnisse und theoretischen Überlegungen zum Fehlerproblem ausgeführt. Wir vermuten darüber hinaus, daß es eine sehr breite Palette von Anwendungen gibt, die über den hier erforschten Bereich hinausgehen und die es noch zu erforschen gilt, z.B. im Bereich der Software-Entwicklung (etwa der Frage, wie man mit Spezifikations- und Programmfehlern umgeht), für die Unternehmensführung (s. 10.5), in der Unfallforschung usw.