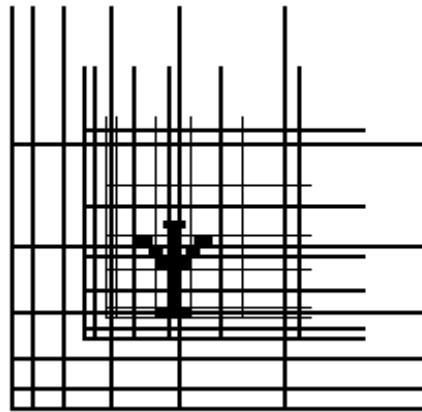


**INSTITUT FÜR THEORETISCHE  
PSYCHOLOGIE  
OTTO-FRIEDRICH-UNIVERSITÄT  
BAMBERG**



**Memorandum Nr. 35**

**Harald Schaub**

**Menschliches Versagen**

**Die Rolle des Faktors „Mensch“ bei großtechnischen Katastrophen aus  
psychologischer Sicht**

Januar 2000

OTTO-FRIEDRICH-UNIVERSITÄT

INSTITUT FÜR THEORETISCHE PSYCHOLOGIE

MARKUSPLATZ 3 - D 96045 BAMBERG

## **Um Mißverständnissen vorzubeugen:**

Bei den Memoranden des Instituts für Theoretische Psychologie handelt es sich *nicht* um Publikationen. Manche der Memoranden sind "preprints", also vorläufige Fassungen späterer Publikationen.

Bei anderen Memoranden handelt es sich lediglich um Diskussionspapiere, die den Charakter von Tagebuchaufzeichnungen über die Arbeit am Lehrstuhl haben. Solche Arbeiten sind nicht notwendigerweise sorgfältig redigiert und auf Fehler durchgesehen.

# Menschliches Versagen

Die Rolle des Faktors „Mensch“ bei großtechnischen Katastrophen aus psychologischer Sicht

Harald Schaub<sup>1</sup>

Universität Bamberg. Institut für Theoretische Psychologie

Stellen Sie sich vor, es sei ein ganz normaler Morgen, und Sie hätten einen wichtigen Termin im Büro. Es ist aber nur fast ein ganz normaler Morgen, denn an diesem wird alles schief gehen. Beim Frühstück machen fällt Ihnen die Kaffeekanne aus der Hand, und der heiße Kaffee ergießt sich unglücklicherweise über Ihren Toaster. Dies ist mehrfach ärgerlich. Zum einen müssen Sie sich nun im Dunkeln zum Sicherungskasten tasten, um die Sicherung wieder einzuschrauben, da der kaffeefasche Toaster zu einem Kurzschluss geführt hat. Zum anderen müssen Sie bei Ihrem Frühstück nun auf Kaffee und Toast verzichten, da keine Zeit mehr bleibt, das Frühstück aufs neue zuzubereiten, und schließlich ist durch den Kaffee der Toaster vermutlich auch kaputt gegangen. Ärgerlich und in Eile hasten Sie nach einem reduzierten Frühstück ohne Kaffee und Toast aus dem Haus und werfen die Haustüre hinter sich zu. Im selbem Moment merken Sie, dass Sie Ihren Schlüsselbund, an dem sowohl die Autoschlüssel als auch die Haustürschlüssel hängen, in der Wohnung vergessen haben. Nun glücklicherweise haben Sie für solche Fälle vorgesorgt und einen Ersatzschlüssel beim Nachbarn hinterlegt. Sie klingeln beim Nachbarn, aber er ist nicht zu Haus. Leider ist auch sonst niemand da, so dass Sie weder den Schlüsseldienst verständigen, noch ein Taxi bestellen können. Die Zeit drängt, da Sie den wichtigen Termin im Büro nicht versäumen dürfen. Sie entschließen sich, das Schlüsselproblem später zu lösen und mit dem Bus zur Arbeit zu fahren. Sie stellen sich an die Haltestelle und erfahren dort von einem Passanten, dass diese Buslinie heute wegen des unerwarteten Schneefalls nicht verkehrt. Schließlich laufen Sie ins Büro, wodurch Sie nicht nur Ihren Termin verpassen, sondern auch noch von Ihrem Vorgesetzten zur Rede gestellt werden.

Alltag

Wir alle kennen Murphys Gesetz: Wenn etwas schief gehen kann, dann wird es auch schief gehen. Viele kleine und große Katastrophen scheinen dieses Gesetz zu bestätigen.

Verlassen wir aber diese unglückliche Situation. In diesem Beispiel haben sich viele kleine, an sich unscheinbare Fehler aufaddiert und schließlich dazu geführt, dass es zu

---

<sup>1</sup> PD Dr. Harald Schaub. Institut für Theoretische Psychologie. Universität Bamberg. 96045 Bamberg.

harald.schaub@ppp.uni-bamberg.de

Überarbeitete Version eines öffentlichen Vortrages, gehalten anlässlich des Abschlusses des Habilitationsverfahrens am 24. Februar 1999

einem erheblichen Problem, nämlich dem Versäumen des wichtigen Termins, kam. Was war die Ursache? War es menschliches Versagen, weil Sie den Kaffee umgeschüttet haben? Waren es technische Probleme, weil der Toaster wegen des Kaffees gleich seinen Geist aufgab? Waren es Vorsorgeprobleme, weil Sie für den Fall einer defekten Sicherung keine Kerzen bereit gelegt hatten? Waren es Konstruktionsmängel, weil die Tür sich schließen ließ, ohne von außen verriegelt zu werden? Oder war es die Umwelt, die dazu führte, dass wegen des Schnees der Bus nicht fuhr? Welche Ursache führte zu Ihrer Misere oder waren es alle zusammen?

Bei diesem Beispiel scheint es nahezuliegen, von einer Verkettung verschiedener, unglücklicher Umstände zu sprechen, die schließlich zum Verpassen des Termins führten.

Betrachtet man allerdings die Verkettung verschiedener Umstände bei großtechnischen Katastrophen, trifft man selten auf eine solche Nachsicht. Es finden sich bei Unfällen vor allem und zuerst eine Suche nach dem Schuldigen und der Versuch einer Schuldzuschreibung.

Am 28. März 1979 gab es im Atomkraftwerk Three Mile Island bei Harrisburg in den Vereinigten Staaten einen schweren Störfall, bei welchem radioaktives Material in die Atmosphäre gelang. Der Hersteller der Anlage, die Firmen Babcock und Wilcox gingen von menschlichem Versagen der Operateure aus. Die Betreiberfirma des Kraftwerkes, die Metropolitan Edison, ging von einem Konstruktionsfehler aus und gab dem Hersteller die Schuld. Die Operateure beklagten sich über die schlechten Arbeitsbedingungen und sahen die Verantwortung beim Management. Die Experten der US-Atomaufsicht schließlich führten den Unfall auf die mangelhafte Koordination zwischen der Anlage und den Operateuren zurück.

Harrisburg

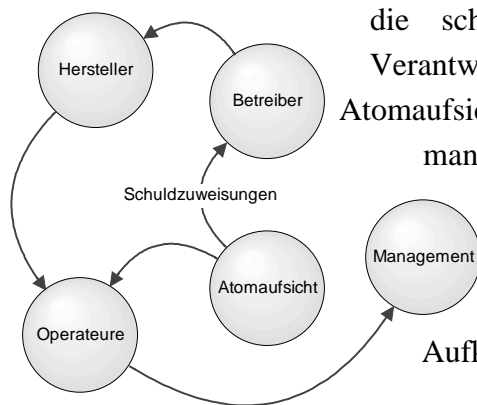


Abbildung 1: Wer ist schuld?

Jeder gab jedem die Schuld. Nur nicht sich selbst, und keiner war wirklich an der Aufklärung der Ursachen interessiert. Bei diesem Störfall ergab sich eine Kombination verschiedener Faktoren, die, wie bei unserem Frühstückbeispiel, schließlich zum Unfall führten. Diese Faktoren waren eindeutig kein technisches Versagen, sondern es wurden Fehler gemacht im Management, in der Wartung, in fehlerhaften Vorschriften, in der Konstruktion, im Design und in der Ausbildung.

Gleichgültig wer wem die Schuld gibt, menschliches Versagen gilt in den meisten Fällen als die wesentliche und als die häufigste Ursache für Unfälle und Katastrophen bei technischen Systemen. Menschliches Versagen heißt dabei, dass wenigen Personen ein schuldhaftes oder zumindest fahrlässiges Vergehen vorgeworfen wird.

So waren es 1986 bei der Explosion des Atomkraftwerkes Tschernobyl in der Ukraine angeblich die *Operateure*, die in unverantwortlicher Art und Weise den Reaktor in einen instabilen Zustand brachten. Beim Absturz des Space Shuttles Challenger im gleichen Jahr seien die *Wartungsingenieure* schuld gewesen, die einen kleinen Dichtungsring nicht ausgetauscht hatten, der zum Auslöser der Katastrophe wurde. Bei dem Zugunglück des ICE 884 Wilhelm Conrad Röntgen bei Eschede im Juni 1998 war es angeblich das *Management* der Deutschen Bahn, das im Vorfeld versagt hatte.

Tschernobyl,  
Challenger,  
ICE

Es werden also immer immer einige wenige ‚ausgewählt‘, die vermeintlich als Person versagten und damit die Katastrophe auslösten. Die meisten Statistiken gehen davon aus, dass in diesem Sinne 60-80% aller technischen Katastrophen auf menschliches Versagen zurückgeführt werden.

Aber, was ist das eigentlich, menschliches Versagen?

Es gibt keinen unfehlbaren Menschen; wartet man nur *lange genug*, dann macht selbst der zuverlässigste etwas falsch. Angesichts dieser Tatsache ist menschliches Versagen nichts Ungewöhnliches: Fehler zu machen gehört unmittelbar zur menschlichen Existenz. Zudem sind die meisten Fehler harmlos und lassen sich leicht korrigieren.

Fehler

Schilder



Machen Sie einen kleinen Test: Stellen Sie sich bitte vor, Sie wollen zum Flughafen und deshalb auf die Autobahn auffahren. Mit großer Geschwindigkeit nähern Sie sich dem Autobahnwegweiser. Sie haben eine Sekunde lang Zeit, das linke Schild zu betrachten. In welche Richtung fahren Sie? Geradeaus, rechts oder links?

Gut beobachtet! Zum Flughafen müssten Sie in der Tat rechts fahren, und zwar die zweite rechts. In Studien wurde die gleiche Frage von mehr als der Hälfte der Versuchspersonen falsch beantwortet. Sie wollten geradeaus fahren, obwohl man die rechte Ausfahrt nehmen muss. Getäuscht wurden sie von dem Flugzeug auf dem Schild, das nach vorne weist. Dreht man das Flugzeug nach schräg rechts (wie im rechten

Schild), dann verirrt sich niemand mehr. Ein Fehler also, den man – nach diesen Erkenntnissen - leicht vermeiden konnte.

Dieser Fehler weist auf ein Grundproblem des Umgangs mit Technik hin. Selbst bei einem so einfachen Objekt wie einem Straßenschild ist es wichtig, auf die Passung zwischen Mensch und Technik zu achten, also die sogenannte Mensch-Maschine-Schnittstelle zu berücksichtigen. Diese Schnittstelle betrifft diejenigen Faktoren, die die Wahrnehmungsmöglichkeiten und Handlungsoptionen des Menschen hinsichtlich des Umgangs mit einem technischen Produkt betreffen.

Die unzulänglich abgestimmte Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine ist Hintergrund vieler Unfälle und Katastrophen, die vordergründig auf menschliches Versagen zurückgeführt werden.

So ereignete sich am 8. Januar 1989 auf der Autobahn M1 im englischen Leicestershire Leicestershire ein Unfall der besonderen Art: Eine vollbesetzte Boeing 737 rutschte quer über die Autobahn. Die Maschine befand sich auf einem Flug von London nach Belfast, als der Pilot wegen starker Vibrationen ein Triebwerk abstellte und den Ausweichflughafen East Midlands Airport anflog. Kurz vor der Landung fiel auch der zweite Motor der zweistrahligen Maschine aus, so dass die Boeing auf die Autobahn stürzte. 47 Passagiere starben, 79 wurden schwer verletzt.

Der Grund für den Absturz war trivial: In 10000 Metern Höhe hatten die Piloten das falsche, nämlich das intakte Triebwerk abgestellt! Der defekte Motor brachte das Flugzeug noch bis kurz vor den rettenden Flughafen, bis er dann schließlich ganz versagte.

Wie war es zu diesem schrecklichen Irrtum gekommen?

Auf den Bildschirmdisplays im Cockpit konnten die Piloten durch die starken Vibrationen, die der defekte Motor auslöste, nicht erkennen, welcher der beiden Motoren tatsächlich gestört war. Der Kopilot, der sich gegenüber dem Kapitän profilieren wollte, behauptete, es sei der rechte Motor, da er über einige Beanstandungen dieses Motors im Logbuch der Maschine gelesen hatte. Obwohl auch der Kapitän die Lage nicht überblickte, schaltete er das vermeintlich defekte Triebwerk aus. Und tatsächlich: die Vibrationen hörten auf.

Der Grund war aber nicht, daß das rechte Triebwerk abgeschaltet wurde, sondern eine vom Flugzeughersteller nicht dokumentierte Computerfunktion sorgte am vibrierenden linken Triebwerk automatisch für eine Drosselung, bis die Vibrationen verschwanden. Davon wußten die Piloten nichts. Die Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine beruhte an diesem Punkt auf einem fatalen Mißverständnis.

Die Vorbereitungen für den Anflug des Ausweichflughafens beschäftigten die beiden Piloten so sehr, dass weitere Überprüfungen, ob tatsächlich der defekte Motor ausgeschaltet war, unterblieben. Erst als die Besatzung beim Landeanflug den Schub

erhöhte, daraufhin die Vibrationen wieder einsetzten und der linke Motor nun vollends ausfiel, wurde der Besatzung der Fehler klar. Für Gegenmaßnahmen flog die Maschine aber schon zu niedrig.

Letztlich führte also nicht das defekte Triebwerk, sondern psychologische Aspekte zu dem Unfall. Missverständnisse in der Crew, die nicht zugegebene Unwissenheit des Kopiloten, die mangelnde Kommunikation zwischen dem Hersteller des Flugzeuges und den Piloten und eine gerade in der Krisensituation nicht funktionierende Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine, all diese Faktoren addierten sich schließlich zur Katastrophe auf.

Welche theoretischen Aspekte können herangezogen werden, um Hilfestellung bei der Erkennung wesentlicher Merkmale menschlichen Versagens zu bieten?

Bereits 1905 stellte der Physiker und Philosoph Ernst Mach fest, dass Wissen und Fehler zwei Seiten derselben mentalen Quelle darstellen. Unsere Psyche ist nämlich in einer bestimmten Art und Weise konstruiert und auf bestimmte Situationen hin optimiert. Menschen machen zwar Fehler, aber der Mensch kann eigentlich erstaunlich gut und rasch mit neuartigen, komplexen und schwierigen Situationen umgehen. Allerdings eben nicht mit jeder neuartigen und jeder komplexen Situation. Problematisch wird es offensichtlich, wenn die moderne Technik ins Spiel kommt und Situationen erzeugt, auf die wir von der Evolution nicht vorbereitet wurden. Mach

Wie sehr wir dabei unserem gesunden Menschenverstand misstrauen müssen, zeigt das folgende Beispiel: Stellen Sie sich vor, zwei Autos fahren in der Stadt. Eines der Autos fährt 50 km/h, das andere 70 km/h. Das schnellere Auto überholt das langsamere, und als beide gerade mit den vorderen Stoßstangen auf gleicher Höhe sind, blockiert ein LKW die Straße. Der langsamere Wagen macht eine Vollbremsung und kommt 1 cm vor dem LKW zum Stehen. Welche Geschwindigkeit hat der schnellere Wagen, der ebenfalls eine Vollbremsung gemacht hat, zu diesem Zeitpunkt? Bremsweg

1) 30 bis 40 km/h 2) 40 bis 50 km/h oder 3) 60 km/h

60 km/h wäre die richtige Antwort gewesen.

Die Ursache für dieses Ergebnis ist folgende: Fährt ein Auto doppelt so schnell wie ein anderes, dann verdoppelt sich dessen Bremsweg nicht, sondern vervierfacht sich. Das ist auch der Grund dafür, dass der schnellere Wagen am Anfang so wenig Geschwindigkeit verliert. Erst auf den letzten Metern seines Bremsweges wird er deutlich langsamer. So können ein paar Meter darüber entscheiden, ob es überhaupt nicht oder richtig kracht.

Selbst bei solch einfachen System versagt oftmals unser Urteilsvermögen. Im Grunde genommen ist der Mensch nicht dafür konstruiert, schwer durchschaubare Systeme mit Afrika

einem komplizierten Zeitverhalten zu beherrschen. Als unsere Vorfahren vor vielen tausend Jahren durch die Savannen streiften, gab es zwar viele Gefahren, aber die waren erkennbar und in ihrer zeitlichen Dynamik einfach.

Heute sitzen Menschen im Cockpit eines Airbusses oder in der Warte eines Kernkraftwerkes. Hunderte einzelner Faktoren wirken in komplizierter Art und Weise zusammen, um solche Maschinen zum Laufen zu bringen, und der einzelne Mensch kann dabei die Übersicht nicht mehr behalten.

Die Natur hat dem Menschen im Grunde ein probates Mittel gegen Fehler aller Art mitgegeben: Routine. Routine hilft uns, Tag für Tag durch unser Leben; über viele Dinge brauchen wir nicht mehr nachzudenken. Wir tun sie automatisch und das erzeugt in der Regel Sicherheit. Allerdings hat Routine zwei Seiten. Zuviel Routine kann nämlich gefährlich werden. Die meisten schweren Unfälle und Störfälle werden überraschenderweise nicht von Anfängern verursacht, sondern von Experten, von Personen mit vielen Jahren Berufserfahrung. Und dies geschieht häufig bei Routinearbeiten. Offensichtlich fühlen sich diese Personen, gerade weil sie erfahren sind, zu sicher. So verstoßen sie beispielsweise häufig gegen Sicherheitsbestimmungen. Routine

Der Effekt der vermeintlichen Sicherheit sei durch eine Studie illustriert: Es wurden die Arbeitsunfälle in zwei Bergwerken miteinander verglichen. In einem Bergwerk waren die Wege der Stollen asphaltiert und gut ausgeleuchtet, um die Zahl der Stolperunfälle zu verringern. Das andere Bergwerk hatte eher schlechte Wege. Das Ergebnis ist erstaunlich: Es gab viel mehr Stolperunfälle auf den vermeintlich ungefährlichen Wegen. Auf Befragen sahen die Arbeiter in den besser ausgestatteten Bergwerken kein Risiko, während ihre Kollegen ihre schlecht ausgebauten Stollen als Gefahrenquelle einschätzten und sich entsprechend vorsichtiger verhielten. Wenn der Mensch kein Risiko sieht, wird er unvorsichtig und macht mehr Fehler. Bergwerke

Aber, was ist eigentlich ein Fehler?

Von einem Fehler kann man sprechen, wenn bei einem beabsichtigten Verhalten ein bestimmter Endzustand angestrebt wird, dieser aber nicht erreicht werden kann. D.h. man will etwas Bestimmtes tun, um ein Ziel zu erreichen, erreicht es aber nicht. Fehler

Dabei kann sich der Fehler an unterschiedlichen Stellen einschleichen: So kann man die Handlung falsch planen. Wenn ich z.B. von Bamberg nach München fahren will und eine Strecke über Schweinfurt, Kassel und dann immer weiter nach Norden plane, begehe ich einen Planungsfehler. Mein Ziel München kann ich von Bamberg aus niemals erreichen, wenn ich mich Richtung Norden bewege. Der Fehler kann aber auch bei der Handlungsausführung liegen. Wenn ich also beispielsweise richtigerweise plane, über die A9 nach München zu fahren, dann aber bei Erlangen auf die A3 Richtung Frankfurt abbiege, begehe ich einen Ausführungsfehler. Und schließlich kann es sein, dass ich trotz korrekter Planung und Ausführung einen Fehler mache, weil ich nämlich



einen wichtigen Aspekt vergessen habe. Es lassen sich somit Planungsfehler, Gedächtnisfehler und Ausführungsfehler unterscheiden.

Fehler werden – wie schon oben ausgeführt wurde - in der Regel immer einzelnen Personen zu geschrieben.

Schaut man aber genauer hin zeigt sich, dass sowohl im Vorfeld, als auch in der Folge eines Unfalls eine Fülle von Fehler begangen werden, die alle ihren Beitrag zur Katastrophe leisten.

Betrachten wir dazu wieder ein Beispiel: Als am 6. März 1987 die Fähre Herald of Free Enterprise den Hafen bei Zeebrügge verließ, fuhr sie mit offenen Bugtoren hinaus in eine bewegte See. Als die Fähre ihre Geschwindigkeit erhöhte, schwappte Wasser über die Bugkante und überflutete das untere Ladungsdeck. Innerhalb weniger Minuten kenterte die Fähre und sank. 188 Menschen starben. Auf den ersten Blick ist klar, wer den Fehler begangen hat: Der zuständige Bootsmann am Bugtor hatte dieses nicht geschlossen und ist somit für den Unfall verantwortlich. Aber, warum wurde er von seinem Kapitän nicht korrigiert? Warum hatte der Kapitän die Fahrt freigegeben, obwohl er sich offensichtlich nicht von der Seetauglichkeit seines Schiffes überzeugt hatte? Ist also der Kapitän schuld? Aber der Kapitän konnte von seinem Standort aus das Bugtor gar nicht einsehen, und er hatte auch keine Anzeige, die ihm den Zustand des Bugtores signalisierte. Ist also der Hersteller der Fähre verantwortlich, weil er eine solche Kontrollmöglichkeit nicht eingebaut hatte? Aber, so fragt man sich, warum ist die Fähre überhaupt gesunken? Sollte man nicht erwarten, dass eine hochseetüchtige Fähre so viel Stabilität mitbringt, dass sie nicht beim Überkommen von etwas Seewasser gleich kippt? Man weiß seit langem, dass dieser Konstruktionstyp von Fähren sehr instabil ist. Sie haben viele Decks über Wasser für Fahrzeuge und Passagiere. Dadurch liegt der Schwerpunkt für ein Schiff eigentlich zu hoch. Sind also die Ingenieure schuld, die ein solches instabiles Schiff konstruiert haben? Da dem Betreiber der Fähre diese bauartbedingte Instabilität bekannt war, muss man fragen, warum hat er nicht dafür Sorge getragen, dass die Betriebsbestimmungen so formuliert waren, dass das Schließen des Tores von mehreren Personen kontrolliert wurde? Nun, der Betreiber der Fähre war daran interessiert, dass die Fähren so kurz wie möglich im Hafen lagen. Mehrfache Sicherheitskontrollen, auch das sichere Schließen der Bugtore im Hafen, hätten unnötig Zeit gekostet, so dass es dem Management nur recht war, wenn die Bugtore erst später, während der Fahrt, geschlossen wurden. War also das Management am Unfall schuld?

Warum dauerte es schließlich so lange, als die Fähre in Seenot war, bis ausreichend Schiffe, Personal und Rettungsmaterial zur Verfügung stand. Haben die zuständigen Katastrophenstellen durch ungenügende Vorausplanung das Ausmaß des Unfalls unnötig vergrößert? Schließlich kann man sich auch fragen, warum die entsprechenden staatlichen Stellen es erlauben, dass Fähren dieses Typs mit ihrer hohen Kentergefahr überhaupt fahren dürfen.

Dieser Unfall macht deutlich, dass Fehler von allen beteiligten Personen auf allen beteiligten Ebenen begangen wurden. Im Vorfeld gab es latente Fehler auf Seiten der Konstruktion, des Managements und der Politik, die es ermöglichten, dass die Fähre in eine solch prekäre Situation überhaupt kommen konnte, die Besatzung hat durch verschiedene aktive Fehler zum eigentlichen Unfall beigetragen, und die Rettungsteams haben im Nachgang des Unfalls durch Unzulänglichkeiten das Ausmaß des Unfalls erhöht.

Das Ergebnis dieser Katastrophe eines technischen Systems steht also am Ende einer verwobenen Kette von latenten und aktiven Fehlern.

Wichtig für unser Thema sind zwei Erkenntnisse:

Erstens: Verursachend für einen Unfall sind häufig nicht oder nicht nur die unmittelbar Beteiligten, sondern es gibt im weiteren Umfeld sowohl vor dem eigentlichen Unfall, als auch danach noch eine Fülle von Möglichkeiten, wo Fehler auftreten können.

Zweitens: Selbst wenn die jeweilige Fehlerursache wie Zufall, Pech oder Schicksal aussieht, steht meist doch der latente Fehler eines Menschen dahinter. Die häufig gefundene Angabe, dass 60-80% aller technischen Katastrophen auf menschliches Versagen zurückzuführen ist, ist somit untertrieben. Da hinter sogenannten technischen Fehlern auch menschliche Akteure in der Konstruktion, Wartung oder Management stehen, kann man davon ausgehen, dass nahezu 100% aller technischen Katastrophen durch menschliches Versagen bedingt sind.

Am 26. Mai 1991 schaltete sich in ca. 2 km Höhe bei einer Boeing 767 der Lauda-Air automatisch die Schubumkehr ein, die normalerweise am Boden dafür sorgt, dass gelandete Flugzeuge auf der Rollbahn abgebremst werden. Dieser Funktionsfehler der Elektronik führte zum Absturz der Maschine und zum Tod von 223 Insassen. Auch hier, obwohl vordergründig die Elektronik versagte, stehen im Hintergrund Ingenieure, die die betroffenen Einrichtungen konstruiert haben. Technik ohne Menschen gibt es nicht, deshalb gibt es auch kein technisches Versagen ohne die direkte oder indirekte Einwirkung von Menschen. Schubumkehr

Wenn dies so ist, dann wird die Beantwortung der Frage: Warum machen Menschen Fehler? noch brisanter, als man dies vielleicht gemeinhin annimmt. Offensichtlich können Fehler häufig und an verschiedenen Orten und Zeitpunkten im Umfeld eines Unfalls auftreten. Offensichtlich sind Fehler darin begründet, dass unser psychischer Apparat für andere Situationen konstruiert wurde. Die Evolution konnte das Steuern von Flugzeugen, Fähren und Atomkraftwerken nicht voraussehen. Die Ursachen für Fehler liegen also in der Art und Weise begründet, wie unsere psychologischen Mechanismen funktionieren.

Und da gibt es einige Faktoren, die relevant sein können. Jim Reason sieht das Funktionieren unseres Gedächtnisses im wesentlichen durch zwei Prozesse bestimmt, ‚similarity matching‘ und ‚frequency gambling‘. Wenn wir zwischen verschiedenen Gedächtnis

Handlungen auswählen müssen, so tendieren wir dazu, das zu tun, was wir in ähnlichen Situationen bereits taten, Reason nennt dies similarity matching. Wenn sich aber auf diese Weise nichts Passendes findet, machen wir das, was in der Vergangenheit am häufigsten Erfolg brachte, und was von Reason als frequency gambling bezeichnet wird. Similarity matching und frequency gambling unterstützen den Aufbau von Routineverhalten. Dadurch wird es für uns einfacher, mit der Welt umzugehen, weil wir mit vorgefertigten, automatisierten Handlungen agieren können. Allerdings bergen Routine, similarity matching und frequency gambling die Gefahr, daß wir zu rigidem, unflexiblem Verhalten zu tendieren. Der Mensch hält an Altbewährtem fest und vermeidet Neues.

Dieses Verhalten kann ausgesprochen teuer werden, wie an folgendem Beispiel Ariane illustriert werden kann: Am 4. Juni 1996 explodierte die Ariane 5 Rakete auf ihrem Jungfernflug. Da die europäische Weltraumbehörde ESA auf Grund der guten Erfahrungen mit der Vorgängerrakete Ariane 4 die neue, verbesserte Rakete Ariane 5 für perfekt hielt, hat man auf diesem Jungfernflug gleich zwei sehr teure Satelliten mitgenommen. Diese Selbstüberschätzung hat die Folgekosten der Explosion auf viele hundert Millionen Mark getrieben. Was war geschehen?

Ein bestimmter Teil des Navigationssystems der Ariane 4 hatte 10 Jahre lang problemlos funktioniert und wurde deshalb in die Neukonstruktion der Ariane 5 unverändert übernommen. Dieses System wurde bei Ariane 4 nur für die Phase kurz vor dem Start benötigt, es lief aber nach dem Start noch ca. 40 sec weiter, ohne dabei einen Zweck zu erfüllen, aber auch ohne irgendwelche Probleme zu verursachen. In dieser Zeit erzeugte das System sinnlose Zahlenwerte, die aber bei Ariane 4 nie kritische Größen erreichten. Um das Funktionieren des gesamten Systems nicht zu gefährden, beließ man diesen Systemteil einfach, wie er war nach dem Motto "Never change a winning team". Nach dem Start der Ariane 5 erzeugte das System wieder sinnlose Werte, wie schon bei der Ariane 4, nur dass diese Werte wegen der größeren Beschleunigung der wesentlich stärkeren Ariane 5 so groß wurden, dass es zu Störungen in diesem Systemteil kam. Daraufhin stellte nach 30 Sekunden das ganze Navigationssystem die Arbeit ein. Über weitere Zwischenschritte führte dies zu einer erheblichen Kursabweichung, die schließlich die Selbstzerstörungssequenz auslöste und die Rakete sich automatisch selbst sprengte.

Die ungeprüfte Übernahme des in der Ariane 4 funktionierenden Systemteils in die Ariane 5 mit der Annahme, die Situation in der neuen Rakete sei mit der Situation in der alten Rakete identisch, ist ein typisches Beispiel für einen Fehler, der auf einem fehlgegangenen similarity matching basiert. Die Ingenieure, die dieses Systemteil einbauten, waren hochqualifizierte Experten. Viele Fehler passieren nicht, weil die Handelnden zu wenig wissen, sondern weil ihnen ihr Wissen manchmal den Blick für das Wichtige und Neue verstellt.

Obschon die Redensart „Aus Fehlern wird man klug“ gerne jedem Lernenden zitiert wird, ist es leider gar nicht so gut bestellt um die menschliche Fähigkeit, aus begangenen Fehlern die richtigen Schlüsse für die Zukunft zu ziehen. Es lässt sich nämlich leicht zeigen, dass viele Menschen die Welt nur ‚gefärbt‘ wahrnehmen. Tragen die einen Menschen eine rosa-rote Brille, die ihnen alles nur positiv zeigt, tragen andere eine grau-schwarze Brille, die alles negativ einfärbt. Es lassen sich zwei Typen von Menschen finden, die man als erfolgsorientiert bzw. misserfolgsorientiert bezeichnen kann. Diese beiden Typen sehen die Gründe für Fehler, aber auch für Erfolge ganz unterschiedlich.

Bei der Attribution von Misserfolg, also der Zuschreibung von Gründen, agieren erfolgs- und misserfolgsorientierte Menschen sehr verschieden. Misserfolgsorientierte attribuieren eigenen Misserfolg internal – stabil, d.h. sie geben Gründe an, die mit ihrer Person verbunden sind wie z.B. “ich kann so etwas nicht”, “ich bin unfähig”, “mir gelingt nie etwas“. Erfolgsorientierte Menschen hingegen werten eigene Fehler eher external – variabel, d.h. sie sehen die Gründe in äußeren, zufälligen Ereignissen, wie z.B. “da hatte ich eben Pech”, “das kann jedem mal passieren”, “das waren ungünstige Umstände”.

Aber nicht nur bei Fehlern, auch bei Erfolg werden die Gründe unterschiedlich gesehen. Während Erfolgsorientierte eigenen Erfolg eher internal - stabil attribuieren, also auf sich selbst bezogen und zeitlich überdauernd bewerten, wie z.B. “ich bin gut”, “ich kann das”, “mir gelingt in der Regel alles”, sehen Misserfolgsorientierte den eigenen Erfolg eher external - variabel, also auf andere oder die Umstände bezogen und zeitlich gesehen als Ausnahme, wie z.B. “ich hatte halt mal Glück”, “das hätte jeder geschafft”, “der Blinde findet auch mal ein Korn”.

Es lässt sich leicht vorstellen, dass Personen die in der soeben dargestellten Art und Weise die Welt wahrnehmen, kaum sinnvoll aus ihren Fehlern lernen können. Dies führt fast notwendigerweise dazu, dass sich fehlerträchtiges Verhalten eher einschleift, als das es vermieden würde.

Auch dieser Aspekt lässt sich mit einem Beispiel verdeutlichen: Dreiviertel aller Verkehrsteilnehmer halten sich für gute Autofahrer; trotzdem sterben jedes Jahr bei ca. 400.000 Unfällen fast 10000 Menschen allein in Deutschland. Sind das immer die Anderen? Jeder Mensch macht bei hochautomatisierten Handlungen ungefähr alle 5000 Handgriffe einen Fehler. Setzt man für eine normale Fahrt durchschnittlich 100 Handgriffe an, dann passiert bei jeder 50. Fahrt ein Bedienfehler. Zu dieser "normalen" Fehlerrate kommen einige typische menschliche Eigenschaften hinzu, die das Autofahren zusätzlich gefährlich machen. Beispielsweise hat der Mensch, wie bereits in dem Beispiel mit den beiden bremsenden Autos angedeutet, Probleme damit, Geschwindigkeiten richtig einzuschätzen. Generell unterschätzt er seine eigene Geschwindigkeit und überschätzt Abstände - Fehler, die vor allem beim Überholen auf Landstraßen problematisch sind. Der Grund dafür ist vermutlich relativ einfach: Selbst

ein sehr schneller Läufer kann nicht schneller als etwa 40 km/h laufen - auf größere Geschwindigkeiten sind also die menschlichen Sinne gar nicht ausgelegt. Doch selbst wenn der Mensch von seiner biologischen Ausstattung her besser für das Fahren geeignet wäre - die Straßen würden vermutlich nicht viel sicherer. Wie in dem Beispiel mit den Wegen in den beiden Bergwerken illustriert wurde, scheinen die Menschen das Risiko geradezu zu suchen. Das Auto ist eine Möglichkeit, sich in Gefahr zu bringen. Da helfen kein ABS, kein Seitenaufprallschutz, kein Airbag - im Gegenteil. In den 80er Jahren wurde die Auswirkungen des ABS, des Anti-Blockier-Systems untersucht. Das Ergebnis ist ernüchternd: Die Fahrer mit elektronischer Bremshilfe produzierten genauso viele Unfälle wie die Fahrer ohne ABS. Man kann in diesem Zusammenhang von "Risikokompensation" sprechen: Wenn das Leben sicherer wird, tendiert der Mensch dazu, das Risiko zu erhöhen. Dies mag ein Grund dafür sein, warum durch Maßnahmen, die die Sicherheit vergrößern sollen, zuweilen das Gegenteil erreicht wird.

Es scheint gerade so zu sein, als seien wir im Grunde unfähig, sinnvoll mit unserer Welt umzugehen. Sind wir zu dumm für die komplexe, hochtechnisierte Welt? Wohl kaum. Die Betrachtung von Unfällen und Katastrophen verschiebt den Fokus der Wahrnehmung von den Leistungen des Menschen zu seinen Fehlern.

Betrachtet man beispielsweise die Liste der großen Flugzeugunglücke in Jahre 1996, Bilanz 1996 zeigt sich eine erschreckende Bilanz:

06.02.1996: 189 Tote in der Dominikanischen Republik. Kurz nach dem Start stürzt eine Boeing 757 der türkischen Gesellschaft Birgenair ins Meer. Alle 189 Insassen, darunter 164 deutsche Urlauber, kommen ums Leben. Ursache ist ein Pilotenfehler nach Versagen des Geschwindigkeitsmessers.

29.02.1996: 123 Tote in Peru. Eine Boeing 737 der peruanischen Gesellschaft Faucet prallt wenige Minuten vor der Landung auf dem Flughafen Arequipa in dichtem Nebel gegen einen Berg. 117 Passagiere und sechs Besatzungsmitglieder sterben.

11.05.1996: 110 Tote in den USA. Alle 110 Insassen einer alten DC 9 der US-Billigfluggesellschaft ValuJet sterben beim Absturz der Maschine in die Everglades-Sümpfe im Süden von Florida.

17.07.1996: 230 Tote in den USA. Nach der Explosion eines Treibstofftanks wird eine Boeing 747-100 der US-Gesellschaft TWA kurz nach dem Start vom New Yorker Kennedy-Flughafen auseinandergerissen und stürzt vor Long Island in den Atlantik. Keiner der 230 Insassen überlebt.

29.08.1996: 141 Tote in Norwegen. Eine russische Tupolew 154 prallt beim Landeanflug auf Spitzbergen bei schlechtem Wetter gegen einen Felsen und stürzt ab; niemand überlebt. Unter den 141 Toten (andere Angaben: 143) sind viele Arbeiter eines russischen Bergwerks auf der norwegischen Polarinsel.

07.11.1996: 143 Tote in Nigeria. Eine Boeing 727 der nigerianischen Aviation Development stürzt bei einem Inlandsflug nach Lagos in eine sumpfige Lagune vor der Hafenstadt. Die Unglücksursache ist unklar.

12.11.1996: 349 Tote in Indien. Bei Neu-Delhi prallen in etwa 4.000 Meter Höhe eine Boeing 747 der Gesellschaft Saudia Arabia und eine kasachische Iljuschin Il-76 zusammen. Keiner der Insassen beider Maschinen überlebt. Der saudische Jumbo mit 312 Menschen an Bord war wenige Minuten zuvor in Neu-Delhi gestartet. Die Transportmaschine der Kazakh Airways mit 37 Insassen war in der gleichen Flugschneise im Landeanflug. Als Unglücksursachen werden Pilotenfehler und eine veraltete Fluglotsen-Radaranlage vermutet.

23.11.1996: 127 Tote bei den Komoren. Eine von drei Äthiopiern entführte und zu einer Kursänderung gezwungene Boeing 767 der Ethiopian Airlines zerschellt bei einer misslungenen Notlandung 700 Meter nördlich der Komoren-Hauptinsel im Indischen Ozean. Von den 175 Menschen an Bord sterben 127.

Viele hundert Menschen sind im Jahre 1996 bei Flugzeugunglücken ums Leben gekommen. Ohne dass hier die einzelnen Gründe für die verschiedenen Abstürze diskutiert werden sollen, kann doch behauptet werden, dass bei allen Unfällen in der einen oder anderen Form menschliches Versagen die Ursache war. Die Anzahl von Unfällen hört sich beängstigend an und ist zweifellos für die Betroffenen und deren Angehörige schrecklich. Nur darf nicht übersehen werden, dass in der gleichen Zeit viele Millionen Passagiere sicher befördert wurden. Die Wahrscheinlichkeit, bei einem Unfall auf der Straße oder im Haushalt umzukommen, ist wesentlich höher als bei einem Flugzeugabsturz zu sterben, nur ein Flugzeugabsturz ist eben spektakulärer. Fliegen ist eigentlich eine vergleichsweise sichere Technik.

Menschliches Versagen ist offensichtlich auch eine Frage der Sichtweise. Jedes Jahr sterben auf der Welt viele Millionen Menschen an den Folgen von Kriegen, Hunger und Umweltverschmutzung. Auch hier versagt die Menschheit. Auch hier spielt häufig Technik eine wichtige Rolle.

So befindet sich beispielsweise in Alang, 250 km nördlich von Bombay, der weltgrößte Alang Schiffverschrottungsplatz. Dort werden hoch schadstoffbelastete alte Ozeanriesen zerlegt. Niemand trägt dort Helme, Handschuhe oder gar Schutzmasken. Kaum einer der Arbeiter wird älter als 30 Jahre. Viele sind an Krebs erkrankt. Auch hier ist menschliches Versagen Hauptursache einer Katastrophe.

Aber diese Art von Katastrophen sind schleichend und wenig medienwirksam. Hier spricht fast niemand von der Rolle des Faktors Mensch, von den Fehlern, zu denen Menschen tendieren. Menschliches Versagen und die Rolle des Faktors ‚Mensch‘ bei großtechnischen Katastrophen ist nicht nur eine psychologische Frage, es ist ebenfalls eine soziologische, eine politische und nicht zuletzt eine journalistische Frage.

Die psychologischen Ursachen für Fehlverhalten sind bei den meisten Unfällen und Beinaheunfällen nämlich sehr ähnlich. Die motivationale, emotionale und kognitive Ausstattung des Menschen ist im wesentlichen auf die Welt des Steinzeitmenschen abgestimmt. Diese Welt war überschaubar. Es gab wenig Unvorhersehbares und die Phänomene zeigten in der Regel eine einfache und durchschaubare Dynamik. Diese Welt war kaum vernetzt. Das, was ein Mensch oder eine Gruppe tat, hatte nur Auswirkungen auf seine unmittelbare Umgebung. Heute beeinflussen die tatsächlichen oder vermeintlichen Seitensprünge eines Ehemannes mitunter sogar die Weltpolitik nachhaltig.

Vor diesem evolutionären Hintergrund sind die psychologischen Wirkfaktoren leicht zu benennen:

Zum einen lassen sich kognitive Faktoren aufzeigen: So ist unsere bewusste Informationsverarbeitung nur in der Lage, relativ wenige Elemente gleichzeitig zu beachten. Dies ist für eine Welt, in der es auch nur wenige gleichzeitigwirkende Faktoren gibt, angemessen. Unsere moderne, technisierte Welt ist aber gerade gekennzeichnet dadurch, dass unüberschaubar viele Aspekte zusammenwirken. Um damit zurecht zu kommen, müssen wir uns die Welt subjektiv vereinfachen, wir müssen Komplexität reduzieren. Es liegt nahe, dass sich dabei Fehler einschleichen können. Kognitionen

Ein weiterer wichtiger Aspekt unseres kognitiven Apparates ist, dass wir sehr gut mit räumlicher, aber sehr schlecht mit zeitlicher Information umgehen können. Sobald der Faktor Zeit eine größere Rolle spielt, steigt die Fehleranzahl. Und Zeit spielt heutzutage bei jedem technischen System in irgendeiner Weise eine Rolle. Deshalb tun wir uns z.B. auch bei der Einschätzung von Geschwindigkeiten so schwer, geht es doch dabei um schnelle Ortsveränderungen in der Zeit.

Aber die Evolution hat noch weitere Wirkmechanismen in unsere Psyche eingebaut. Kompetenz  
Dies ist vor allem der Aspekt der Kompetenz. Was ist damit gemeint? Kompetenz bzw. die Kompetenzmeinung bedeutet, dass wir von uns selbst überzeugt sind, dass wir sowohl Wissen als auch Handlungsmöglichkeiten haben. Fehlt diese Überzeugung, fehlt also die Kompetenz, versinken wir in Apathie und Depression. Es sind erstaunlich viele Situationen dadurch gekennzeichnet, dass wir nicht in erster Linie versuchen, die Situation in den Griff zu bekommen, sondern dass wir versuchen, unsere Kompetenz vor uns und vor anderen zu demonstrieren. Es sei an das Beispiel der Boeing 737 erinnert, die abgestürzt ist, weil die Piloten das falsche Triebwerk abstellten. Kapitän und Kopilot haben sich dabei wechselseitig versucht, ihre Kompetenz zu demonstrieren. Der Kopilot, der sich gegenüber dem Kapitän profilieren wollte, behauptete, der rechte Motor sei defekt, obwohl er es gar nicht wusste. Auch der Kapitän überblickte die Lage nicht, gab dies aber nicht zu, sondern zeigte seine vermeintliche Kompetenz durch Aktionismus.

Man muss sich im Grunde wundern, dass wir trotz dieser genannten psychischen Mechanismen zu einer erstaunlichen Flexibilität im Umgang mit unserer modernen,

komplexen Welt in der Lage sind. Ausgestattet, um mit primitiven Werkzeugen, Mammuts und Säbelzähntiger zu erlegen, sind wir in der Lage, komplexe technische Anlagen zu bauen und zu kontrollieren.

Was aber kann man gegen das menschliche Versagen tun? Welchen Beitrag leistet die Psychologie?

Allenthalben findet man mehr oder weniger fundierte Ratschläge, Seminare oder Gurus, die versprechen, wie man zu einem besseren, effektiveren und fehlerfreiem Handeln kommen kann. Diese Tipps zum Neuen Denken, zum Vernetzen Denken, zum Intuitiven Management oder zu Fernöstlichen Denkweisen mögen alle etwas Wahres enthalten, sie führen aber nicht an der Tatsache vorbei, dass dort wo Menschen agieren, auch Fehler gemacht werden. Gurus

Zuallererst müssen wir akzeptieren, dass Fehler immer gemacht werden. Fehlervermeidung kann somit nie hundertprozentig sein. Man muss den Schritt von der Fehlervermeidung zum Fehlermanagement vollziehen. Das bedeutet, dass alle Ebenen und allen Phasen eines Unfalls zu betrachten sind. Es darf im Vorfeld nicht nur die technische Seite optimiert werden, sondern auch die psychologische. Es werden viele Anstrengungen unternommen, um Technik sicherer zu machen. Dies ist sinnvoll und wichtig. Die Vorbereitung der jeweils handelnden Menschen ist dabei vor allem an technischen Abläufen orientiert. Notfallpläne sind auf die Erfordernisse des jeweiligen technischen Systems abgestimmt. In der konkreten Notfallsituation sind die Akteure häufig überfordert, da sie auf die psychologischen Aspekte der Situation (Informationschaos, unklare Verantwortlichkeiten, Stress, Angst, u.a.m.) nicht vorbereitet sind. Deshalb darf der generelle Nutzen von Ausbildung und Training nicht unterschätzt werden und muss an den genannten Punkten der Eigenschaften unseres psychischen Apparates ansetzen. Training

Dabei ist also der Umgang mit den psychischen Mechanismen der Komplexitätsreduktion, mit Zeit, dem adäquaten Einsatz von Routine, der eigenen Kompetenz und der Frage der Attribution von Erfolgen und Misserfolgen in das Zentrum eines solchen Trainings zu stellen, neben den ebenfalls notwendigen fachlichen Aspekten.

Wichtig für ein solches Training sind das Kennenlernen der eigenen konkreten Stärken und Schwächen und das Einüben alternativer Verhaltensweisen.

Aber genauso wichtig ist der Ansatzpunkt der Interaktion, der Zusammenarbeit zwischen Mensch und Technik. Der Mensch hat ein erstaunlich hohes Potential, sich an die Technik anzupassen, und dies wird uns auch immer wieder abverlangt. Haben Sie beispielsweise mal versucht, einen Videorecorder zu programmieren? Das Gerät passt sich keineswegs an Sie an, ganz im Gegenteil, Sie müssen gewaltige geistige und gelegentlich auch körperliche Verrenkungen machen, bis das Gerät das tut, was es tun soll. Schnittstelle



Fazit: Menschlichem Versagen muss begegnet werden, in dem Technik so gestaltet wird, dass wesentliche menschliche Eigenheiten berücksichtigt werden. Technik muss sich an den Menschen anpassen und nicht umgekehrt. Jeder von uns hat sicher schon einmal den Spruch eines Verkäufers oder Sachbearbeiters gehört, „Nein das kann ich jetzt nicht mehr ändern, das ist jetzt schon so im Computer.“ Technik verlangt noch in weiten Teilen, dass wir auf sie Rücksicht nehmen. Dies stellt für Krisensituationen ein enormes Gefahrenpotential da.

Fragt man Experten, was man zur Vorbeugung gegen menschliches Versagen unternehmen könne, finden sich zwei Fraktionen.

a) „Der Mensch ist Störenfried im System. Wir müssen den Menschen aus der Technik heraushalten. Nur hochautomatisierte Maschinen können Sicherheit garantieren.“ Störenfried

b) „Die Welt ist ‚übertechnisiert‘ - wir müssen die Technik zurückfahren. Nur das kreative und intuitive Potential des Menschen ist in der Lage, mit komplizierten Situationen umzugehen.“

Beide Positionen haben recht und vergessen doch das Wichtigste. Es gibt viele Bereiche, die nur noch sinnvoll über intelligente, automatisierte Steuerungen in den Griff zu bekommen sind. Es macht unser Leben keineswegs sicherer, wenn wir uns in vortechnische Zeiten zurückwünschen.

Andererseits ist es gerade in Krisensituationen wichtig, die Fähigkeiten menschlicher Entscheider zu nutzen. Aber, und darauf kann nicht nachdrücklich genug hingewiesen werden, Mensch und Technik müssen zusammenpassen. Der Mensch muss einerseits die Technik und deren Möglichkeiten und Grenzen kennen, andererseits müssen in der Realisierung technischer Systeme Fähigkeiten und Unzulänglichkeiten des Menschen berücksichtigt werden. Optimierung

Nur durch eine optimierte Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine haben wir eine Chance, die Anzahl von Unfällen und Störfällen zu reduzieren. An dieser Stelle ist natürlich auch die Psychologie gefordert.

Kommen wir dazu noch einmal auf Murphys Gesetz zurück: Wenn etwas schief gehen kann, dann wird es auch schief gehen. Aus diesem Gesetz folgen nämlich weitere Gesetzmäßigkeiten, die jedem von uns nur allzu gut bekannt ist: Menschen

Nichts ist so leicht, wie es aussieht.

Alles dauert länger, als man glaubt.

Wenn es eine Möglichkeit gibt, dass Dinge schief gehen, so wird das schief gehen, das den größten Schaden anrichtet.

Wenn man feststellt, dass es vier Möglichkeiten gibt, die einen Vorgang schief gehen lassen können, und man diese ausschaltet, wird sich bestimmt noch eine weitere finden lassen.

Es ist unmöglich, etwas ganz sicher zu machen, denn Dummköpfe sind zu erfinderisch. Viele psychische Mechanismen lassen sich bei der Konstruktion von Technik und in der Ausbildung des Menschen berücksichtigen. Dadurch können einerseits potentielle Fehlerquellen minimiert werden und andererseits besser auf Störfälle reagiert werden. Aber die menschliche Psyche ist nicht grundsätzlich änderbar. Die genannten kognitiven, motivationalen und emotionalen Bedingtheiten des Menschen wirken. Menschen können diese Mechanismen durch Erfahrung und Übung an spezifische Situationen anpassen, aber man kann diese Mechanismen nicht abschalten. Die vielbeschworene optimierte Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine muss der Art und Weise Rechnung tragen, wie Maschinen funktionieren *und* wie Menschen funktionieren.

In dem Aufsatz wurden u.a. folgende Literaturstellen verarbeitet, die sich auch zum Vertiefen des Themas eignen: Literatur

- Badke-Schaub, Petra & Strohschneider, Stefan (1998). Complex Problem Solving in the Cultural Context. *Le Travail Humain*, 61/1/1-28.
- Badke-Schaub, Petra & Tisdale, Tim. (1995). Die Erforschung menschlichen Handelns in komplexen Situationen. In: Kleinmann M. & Strauß B., *Computersimulierte Szenarien in der Personalarbeit*. Göttingen: Hogrefe.
- Dörner, Dietrich. (1996). *Die Logik des Misslingens*. Reinbek: Rowohlt.
- Dörner, Dietrich & Schaub, Harald. (1992). Spiel und Wirklichkeit: Über die Verwendung und den Nutzen computersimulierter Planspiele. *Kölner Zeitschrift für Wirtschaft und Pädagogik*, 12,55-78.
- Rasmussen, Jens (1986). *Information Processing and Human-Machine Interaction. An Approach to Cognitive Engineering*. Amsterdam: North-Holland Press.
- Rasmussen, Jens, Brehmer, Bernd & Leplat, Jens (Eds.) (1991). *Distributed Decision Making*. Chichester: Wiley.
- Reason, James (1994). *Menschliches Versagen*. Heidelberg: Springer.
- Schaub, Harald (1996). Exception Error: Über Fehler und deren Ursachen beim Handeln in Unbestimmtheit und Komplexität. *gdi impuls*, 14,4,3-16.
- Schaub, Harald (1997). Denken. In: Straub, Jürgen; Kempf, Wilhelm & Werbik, Hans, *Psychologie. Eine Einführung. Grundlagen, Methoden, Perspektiven*. München: dtv, 374-400.
- Schaub, Harald (1997). Decision Making in Complex Situations: Cognitive and Motivational Limitations. In: Flin, R., Salas, E., Strub, M.E. & Martin, L., *Decision Making Under Stress: Emerging Themes and Applications*. Aldershot: Ashgate.