

Menschliches Versagen als Risikofaktor

Über achtzig Prozent der Tankerunfälle mit Ölaustritt werden gemäss Statistik durch menschliches Fehlverhalten und nur zwanzig Prozent durch technische Mängel, Seeschlag oder kriegsrische Einwirkungen verursacht. Dies meldete kürzlich die NZZ in einem Artikel über «Öltransport und Tankerunfälle». Um diese Transportsysteme sicherer zu machen, so lässt sich aus der Statistik schliessen, liegt der Hauptansatzpunkt eindeutig beim Faktor Mensch. Und dies gilt, wie im folgenden Beitrag aufgezeigt werden soll, nicht nur für Öltransporte auf hoher See. Die Häufigkeit an Stör- und Unfällen lässt sich ganz allgemein senken, wenn wo immer jemand mit gefährlichen Gütern zu tun hat, der Umgang damit im ständigen Bewusstsein gepflegt wird, dass Sicherheit im Arbeitsbetrieb und Schutz der Umwelt allerhöchste Priorität haben.

Menschliches Fehlverhalten

Eine Recherche (weltweit) des AC-Laboratoriums in Spiez, welche rund 10000 Chemieereignisse (gesamthaft erfasst in PC-Facts sind rund 12000 Chemieereignisse, exklusiv sämtlicher Unfälle auf dem Meer, im Hafen und auf den Flüssen sowie Umlad aus einem Schiff) umfasst, ergab bei einer Auswahl nach der Ereignisursache, dass rund ein Drittel aller Unfälle, d. h. rund 3200, auf menschliches Versagen zurückzuführen sind. Aufgrund technischen Versagens fallen ein Viertel der Unfälle und auf unbekannte Ursache sind wiederum ein Drittel zurückzuführen. Der restliche Teil der Unfälle, d. h. ein Zwölftel, basieren auf Dominoeffekten, Naturkatastrophen sowie Sabotage.

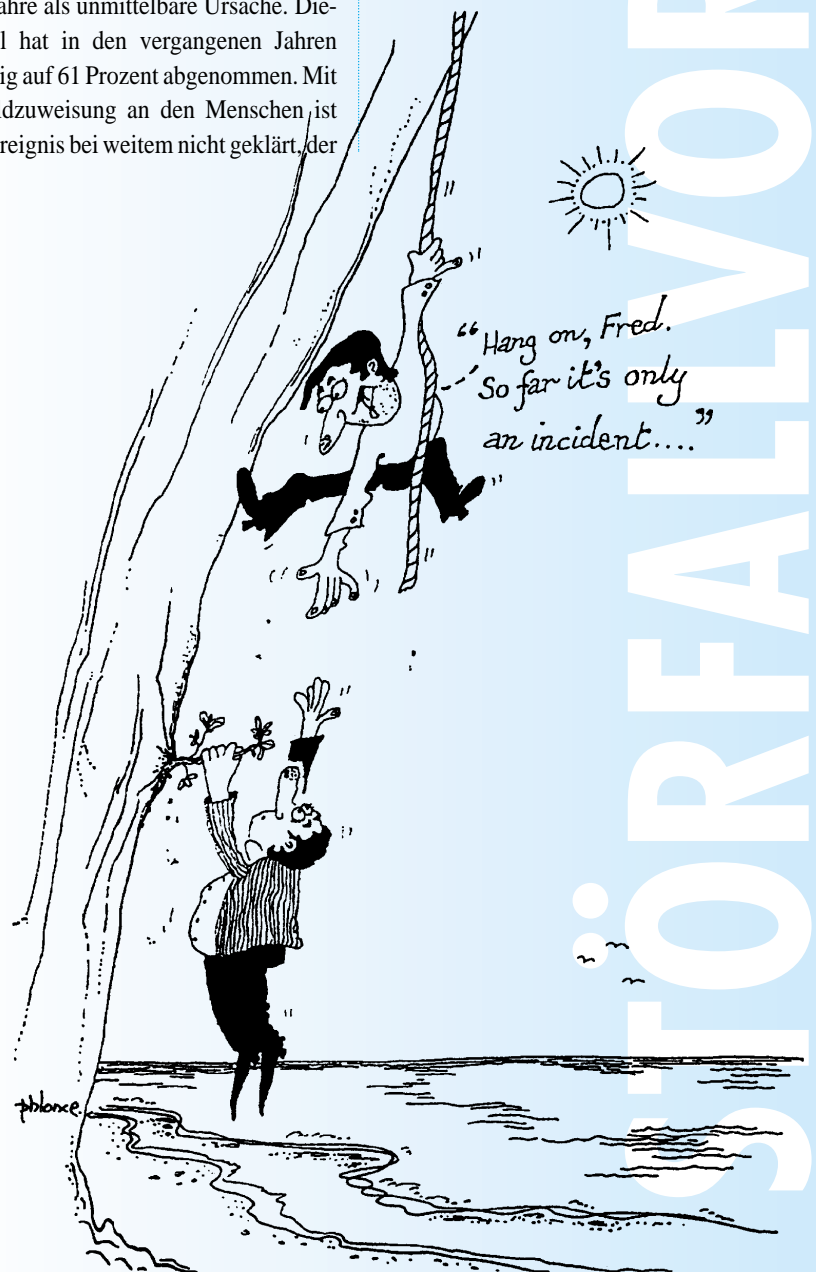
Aufgetrennt nach verschiedenen Aktivitäten ergibt sich folgendes Bild:

Entwicklung/Verarbeitung	> 550 Ereignisse
Transport mit der Bahn	120 Ereignisse
Transport auf der Strasse	> 650 Ereignisse
Lagerung	250 Ereignisse
Verschiffung	> 300 Ereignisse
Anwendung und Gebrauch	> 800 Ereignisse
Übrige wie Transport mit Flugzeug, Pipelines usw.	> 300 Ereignisse

(Gewisse Überschneidungen bei den Ursachen können vorkommen!)

Menschliches Fehlverhalten ist laut statistischen Untersuchungen zum Beispiel in der kommerziellen Luftfahrt immer noch das grösste Sicherheitsproblem. Die Statistik eines grossen amerikanischen Flugzeugherstellers nennt das Fehlverhalten der Cockpitcrews bei 65 Prozent aller Unfälle der letzten dreissig Jahre als unmittelbare Ursache. Dieser Anteil hat in den vergangenen Jahren geringfügig auf 61 Prozent abgenommen. Mit der Schuldzuweisung an den Menschen ist aber ein Ereignis bei weitem nicht geklärt, der

Redaktionelle Verantwortung für diesen Beitrag:
 Koordinationsstelle für Störfallvorsorge
 Dr. iur. Liliane Sieber
 8090 Zürich
 Telefon 01 291 41 41



STÖRFALLVORSORGE

Frage nach der Ursache ist lediglich eine Richtung gewiesen. Sie bedarf dringend weiterer Klärung, sollen in der Unfallverhütung Fortschritte erzielt werden.

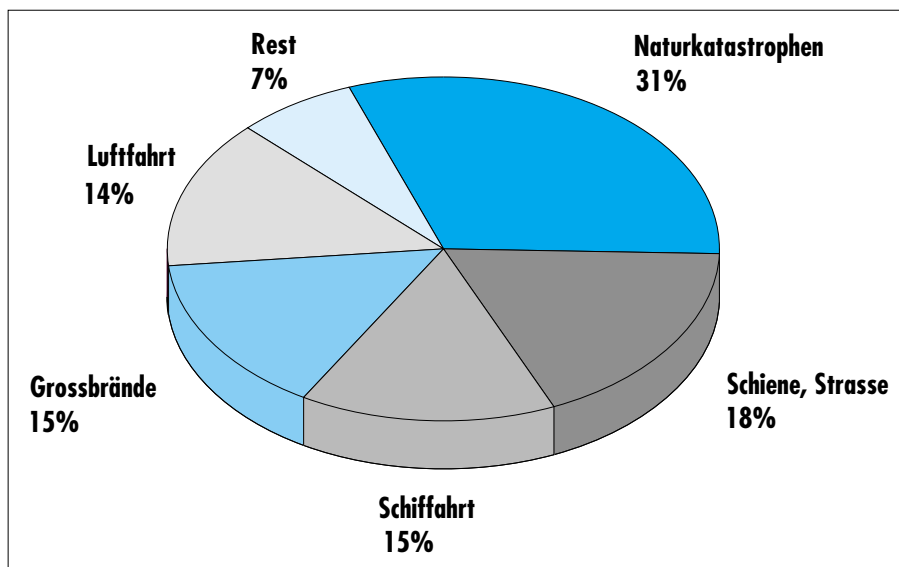
Ausserhalb dem oberwähnten Bereich der kommerziellen Luftfahrt werden Zahlen genannt, welche bis zu achtzig Prozent «menschliches Versagen» als Ursache von Unfällen und Störfällen bezeichnen. Diese Zahlen legen nahe, dass bei Massnahmen der Sicherheitsförderung der Fokus auf das individuelle Verhalten zu richten ist.

In der Versicherungsbranche machen Naturkatastrophen immer noch den grössten Anteil der versicherten Schäden aus und die

Tendenz ist eher steigend. Auch in der Schweiz ist – gemäss einem Bericht, der im Auftrag des Bundesamtes für Zivilschutz (Stand: August 1995) verfasst worden ist – das Risiko von Naturkatastrophen wie Erdbeben und Hochwasser dennoch weit grösser als die Gefahr von technischen Störfällen, die sich letztlich immer auf menschliches Versagen zurückführen lassen. Naturkatastrophen haben mit rund sechzig Prozent den grössten Anteil am Katastrophenrisiko.

Daneben ist aber auch die Zahl der Grossbrände, verursacht durch menschliches Versagen, stetig angestiegen. (vgl. dazu weiter unten «Piper Alpha» und «Schweizerhalle»)

Nachstehende Faktoren legen dar, dass ein Fehlverhalten bei einer an sich alltäglichen Arbeit bzw. Situation schon genügt, um Ursache eines Unfalles/Störfalles zu sein. Selbst bei einfachsten Handlungsabläufen bzw. Arbeitsleistungen kann die menschliche Zuverlässigkeit beschränkt sein und schliesslich zum Versagen führen: Man nehme als Beispiel die Folgen von Unterhaltsarbeiten, die vernachlässigt worden sind, oder einen Mangel an Sorgfalt bei Routinearbeiten, eine falsche Reaktion auf ein spezifisches Ereignis, mangelnde Aufmerksamkeit beim Erklingen eines Alarmsignals oder beim Aufleuchten bzw. Nicht-Aufleuchten einer Lampe, Übermüdigungserscheinungen und ein daraus resultierendes verlangsamtes Denken und demzufolge Reaktionsvermögen usw.:



Aufteilung der Schadenereignisse nach Häufigkeit auf verschiedene Bereiche gemäss statistischen Auswertungen der Versicherungsbranche: Die durch menschliches Fehlverhalten bedingten Schadensursachen machen gegenüber den Naturkatastrophen mehr als zwei Drittel aus.

Aufgaben	Unzuverlässigkeit
Schalten bzw. Mehrfachschalten eines elektrischen Schalters	0,0043
Installieren eines Dichtungsringes	0,0038
Inspektionen für Beulen, Risse, Kratzer	0,0033
Anziehen von Schrauben, Bolzen und Steckern	0,0030
Verbindung elektrischer Kabel (Gewindengang)	0,0028
Inspektion Luftblasen (Lecküberwachung)	0,0026
Schliessen eines Ventils	0,0017
Öffnen eines Ventils	0,0015
Abmontieren von Schrauben, Steckern oder Bolzen	0,0012
Feststellen, ob eine Lampe leuchtet oder nicht	0,0004

Ein menschliches Fehlverhalten als auslösendes Ereignis kann im allgemeinen nur solche Situationen hervorrufen, wie sie auch durch technische Fehler entstehen können. Die Wahrscheinlichkeit allerdings kann erheblich höher sein. Gemäss Statistiken beträgt die Wahrscheinlichkeit, dass ein Operateur in einer typischen Situation vergisst, ein Ventil zu öffnen, etwa 1:100 pro Anforderung. Demgegenüber besteht die Chance, dass ein automatisches Ventil auf Anforderung nicht öffnet, nur etwa 1:10000 und die Chance, dass ein Ventil wegen Bruches ausfällt, sogar nur rund 1:1000000.

Die technischen und menschlichen Aspekte können demzufolge nicht lösgelöst voneinander betrachtet werden. Von insgesamt 491 ermittelten Unfallursachen ergibt sich folgende Aufteilung:

Unterteilung nach der Unfallursache allgemein	
Menschliches Fehlverhalten	258 (52,5%)
Versagen mechanischer Teile	134 (27,3%)
Versagen elektrischer Teile	64 (13,0%)
Sonstige	35 (7,1%)

Unterteilung des «menschlichen Fehlverhaltens»	
Unachtsamkeit, Leichtsinn	136 (52,7%)
Falsche Beladung	47 (18,2%)
Eingriffe	36 (14%)
Mangelnde Absicherung	18 (7%)
Verbotene Nutzung	15 (5,8%)
Spielen, mutwillige Zerstörung	6 (2,3%)

Piper Alpha: Lehren aus der Katastrophe
 Die Brandkatastrophe vom 6. Juli 1988 auf der Nordsee-Ölplattform Piper Alpha, aus versicherungstechnischer Sicht einer der grössten je von Menschen verursachten Einzelschäden, wurde mit äusserster Gründlichkeit untersucht (vgl. The Hon. Lord Cullen: The Public Inquiry into the Piper Alpha Disaster, HMSO, London, 1990. 488p.) Die Untersuchungsergebnisse wurden als Empfehlungen formuliert und geben den Managements Hinweise, wie Risiken – unter anderen menschlichem Fehlverhalten – vorzubeugen ist und wie sie in ihren möglichen Auswirkungen einzuschränken sind. Die einschlägigen Punkte, soweit sie nicht spezifisch für Ölplattformen in der Nordsee gelten, seien hier zusammengefasst wiedergegeben:

- 1 der Betreiber muss der Aufsichtsbehörde nachweisen, dass
 - die Sicherheitsorganisation der Unternehmensleitung,
 - die Sicherheitsorganisation des einzelnen Werkes und/oder Betriebes,
 - die Auslegung der Anlagen,
 - die sicheren Prozessbedingungen
 den betriebsspezifischen Risiken gerecht werden (vgl. Art. 3 der Störfallverordnung: Prinzip der Eigenverantwortung).
- 1 Die Aufsichtsbehörde verpflichtet den Betreiber, sie im voraus über bestimmte Änderungen der Anlage oder der Betriebsabläufe zu informieren (vgl. Art. 3 der Störfallverordnung: Präventivinformierung und Art. 5 Abs. 3 der Störfallverordnung: Nachführung).
- 1 Der Betreiber muss sich durch eigene, gründliche Inspektionen und Abklärungen vor Ort (Audits) davon überzeugen, dass Sicherheitsorganisation und Sicherheitsmassnahmen in der Praxis wie geplant funktionieren (vgl. Art. 3 der Störfallverordnung: Allgemeine Sicherheitsmassnahmen).
- 1 Die Aufsichtsbehörde (oder eine unabhängige interne Fachinstanz) soll spezielle Inspektionen durchführen, die sich auf das Funktionieren der Sicherheitsorganisation und der Sicherheitsmassnahmen beim praktischen Betreiben der Anlage konzentrieren (Art. 6 der Störfallverordnung: Kontrollfunktion der Vollzugsbehörde).
- 1 Die wichtigsten Prozessdaten (diese sind im Sicherheitsbericht festzulegen!) müssen im Kontrollraum ablesbar sein.
- 1 Der Kontrollraum muss dauernd mit qualifiziertem und trainiertem Personal besetzt sein. Zur Ausbildung dieses Personals gehören auch Notfallübungen (vgl. Art. 3 der Störfallverordnung: Einsatzplanung).

Chemieunfall in Schweizerhalle

Mangelnde Risikowahrnehmung im Lagerbereich führte schliesslich auch zu einer der bedeutendsten Umweltkatastrophen der Schweiz. Am 1. November 1986 verbrannten in einer Lagerhalle der Sandoz im Werk Schweizerhalle über 1300 Tonnen Agrochemikalien. Der materielle Schaden war in diesem Fall eher sekundär. Viel gravierender wirkte der Umstand, dass mit dem Löschwasser grosse Mengen von Chemikalien in den Rhein flossen und Hunderttausende von Fischen töteten. Da die Folgen der Rheinver-

schmutzung bis nach Holland feststellbar waren, wurde das Unglück zum internationalen Politikum. Ursache dieses Störfalles ist wiederum menschliches Versagen und zwar bei einer Tätigkeit, die weder spezielle Aufmerksamkeit noch Spezialkenntnisse verlangt.

Menschliches Versagen im Sinne von menschlichem Verhalten

Hintergründe

Um überhaupt von einem Risiko, hervorgerufen durch menschliches Verhalten, sprechen zu können, muss man vorgängig festlegen, was man unter dem Begriff «menschliches Versagen» versteht. Und schon stellt sich die erste Frage: In welchem Konnex steht der Begriff «menschliches Versagen»? In einem technischen System ist der Fehler immer im Zusammenhang mit einem Referenzwert beschrieben, der sich problemlos korrigieren lässt. Beim menschlichen Fehlverhalten ist dies aber nicht möglich. Im Gegenteil, ein Abweichen von einem sog. Musterverhalten kann in Ausnahmefällen durchaus auch positive Auswirkungen haben. Detaillierte Unfall- oder Störfallanalysen zeigen meist, dass das menschliche Versagen, das den Unfall bzw. den Störfall ausgelöst hat, nur das letzte Glied in einer langen Kette fehlerhafter Entscheidungen war. Um die Ursachen von Unfällen und Störfällen zu verstehen, muss immer auch nach den Voraussetzungen und Randbedingungen gesucht werden, die zu dem «Versagen» geführt haben. Diese liegen meistens ausserhalb des Individuums und sind oft im soziotechnischen System zu finden.

Evolution menschlichen Verhaltens

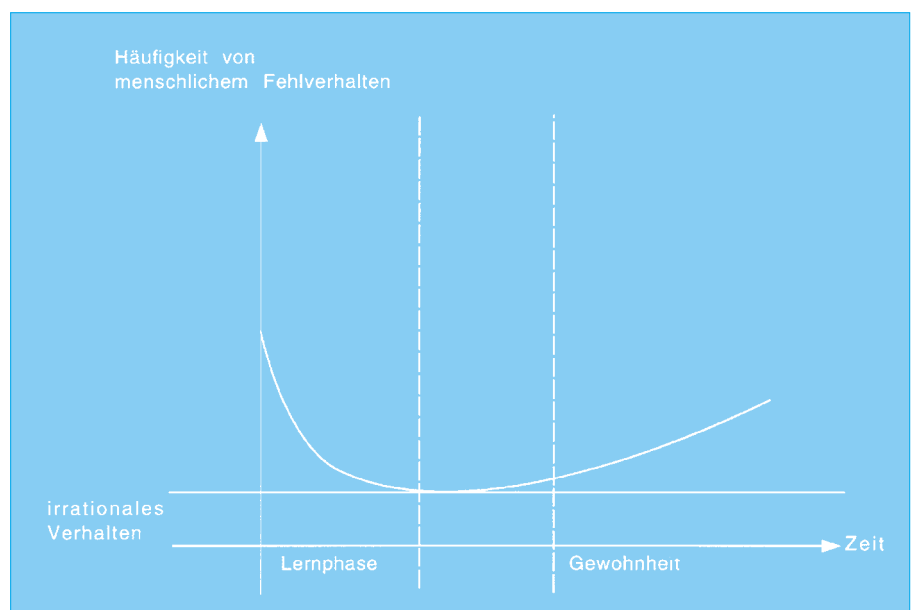
Die zunehmende Komplexität der technischen Systeme, mit denen Menschen bei ihrer Arbeit umgehen, haben die Frage der Zuverlässigkeit bzw. Fehlerfreiheit menschlichen Verhaltens immer wichtiger werden lassen. Eine wesentliche Grundlage für die Erforschung von menschlichen Fehlern und für Massnahmen der Fehlerprävention ist die Einreihung von Fehlern anhand unterschiedlicher Ursachen, situativer Randbedingungen und kognitiver Mechanismen. Denn die zu ergreifenden Massnahmen, um Fehler zu vermeiden, variieren stark mit der Art der Fehler.

Die Entwicklung des menschlichen Verhaltens am Arbeitsplatz lässt sich vergleichen mit der Zuverlässigkeit eines mechanischen oder elektrischen Systems, für welches man nachfolgende technischen Ausfälle unterscheiden kann:

- 1 Anfängliche Schwierigkeiten (sogenannte Kinderkrankheiten) beispielsweise hervorgerufen durch Fehler in der Planung
- 1 zufallsbedingte Mängel, die sich nicht mittels Kontrollen nachweisen liessen
- 1 Ausfälle bedingt durch den normalen Gebrauch

Nach einer gewissen Anlaufzeit verschwinden die sogenannten Kinderkrankheiten und es spielt sich eine gewisse Stabilität ein. Zufallsbedingte Ausfälle können sich aber während der ganzen Einsatzzeit jederzeit einschleichen.

Ähnliches ist mit Bezug auf das menschliche Verhalten festzustellen (siehe Grafik). Während all dieser verschiedenen Phasen



Qualitative Entwicklung der Häufigkeit menschlichen Fehlverhaltens

spielt auch der Faktor «irrationales Verhalten» des Menschen eine nicht ausser Acht zu lassende Rolle.

Zu Beginn einer neuen Aufgabe muss sich der Mensch zuerst einmal damit vertraut machen. Dann aber, nach einer gewissen Lern- und Einarbeitungsphase, kennt der Mensch seine Aufgabe und ist auch fähig, Fehlerscheinungen frühzeitig zu erkennen und zu eliminieren und somit Unfällen vorzubeugen. Dann aber tritt eine Phase der Gewohnheit ein, und hier können Fehler auf der Gewohnheitsebene eintreten (so z.B. Fehler durch begrenzte Rationalität, Routinefehler).

Die Arbeitsorganisation sollte – neben den notwendigen Reglementierungen – den Mitarbeitern genügend Spielraum lassen, dass sie auf neue oder unvorhergesehene Anforderungen situationsangemessen reagieren können. Eine sinnvolle Ausnutzung dieser Spielräume bedingt eine umfassende Qualifizierung der Mitarbeiter, ansonsten können diese Spielräume sicherheitsgefährdend wirken. Zusätzlich ist anzustreben, die Arbeitsinhalte so zu gestalten, dass sie selbstmotivierend sind und deshalb weniger «äusserer Anreize» bedürfen. Positive Auswirkungen auf die Sicherheit sind besonders dann anzunehmen, wenn Sicherheit expliziter Teil der Aufgabe ist und demzufolge die aufgabenbezogene Motivation und Verantwortungsübernahme auch auf sicheres Handeln gerichtet ist.

Akzeptanz des Risikos und Entscheidfällung

Jede menschliche Aktivität ist mit einem gewissen Risiko verbunden, und der Mensch nimmt dieses Risiko (mehr oder weniger) bewusst in Kauf, andernfalls würde er die entsprechende Tätigkeit nicht ausüben. Diese Feststellung hängt eng mit der Wahrnehmung des Risikos zusammen. Die Unfallverhütung steht in diesem Fall im Zusammenhang mit der Aufgabe, den Spielraum zwischen dem objektiven Risiko, das sich eine vorgegebene Situation bezieht, und dem subjektiven Risiko, das von der menschlichen Einschätzung derselben Situation ausgeht, möglichst zu minimieren. Im Idealfall sollte diese Differenz «null» sein, d.h. kein Risiko. Ein Risiko «null» gibt es aber nicht.

Parallel zur objektiven Evolution der Situation reift auch die subjektive Wahrnehmung des entsprechenden Risikos durch den Menschen. Nehmen wir folgendes Beispiel: Eine Verbesserung der Fahrbahn einer Strasse

wird die Folge nach sich ziehen, dass gewisse Autofahrer dafür mit höherer Geschwindigkeit fahren werden. Das Risiko eines Unfalles erhöht sich damit automatisch. So z.B. wenn der Autofahrer nicht bemerkt hat, dass seine Pneus abgefahren sind. Das Risiko eines Unfalles vergrössert sich parallel zum Verlust des Haftungsvermögens der Pneus, und zwar ohne dass sich der Automobilist darüber im klaren ist. Die Differenz zwischen subjektivem und objektivem Risiko ist in diesem Fall gross.

Konsequenzen

Aufgrund von technischen Vorgaben ist es mit analytischen Methoden sehr wohl möglich, Risiken mit grosser Genauigkeit zu quantifizieren und somit realistische Schadensszenarien aufzustellen und entsprechende Sicherheitsmassnahmen aufgrund bekannter Ursachen zu ergreifen. Ausser in speziellen Fällen ist es aber noch nicht möglich, den Einfluss des «Faktors Mensch» in diese Analysen insofern zu integrieren, als sie dann als Vorbild dienen könnten. Man ist demzufolge gezwungen, sich auf die qualitative Analyse der Risikofaktoren zu beschränken, um Anweisungen und Ausbildungsprogramme abzuleiten, mit dem Ziel, ein möglichst realitätsnahes Bild des Risikos zu vermitteln.

Schlussfolgerung

Viele Maschinen und ganze Verfahren verschiedener Nutzungen sind heute weitgehend automatisiert, prozessgesteuert und durch Personal in Kontrollräumen überwacht. Die Meinung, die Anlagen liessen sich damit weitgehend gegen die Folgen menschlichen Fehlverhaltens schützen, ist zwar weitverbreitet, aber falsch. Es entstehen damit neue Fehlerquellen für den Menschen. Unter «normalen» Bedingungen sind die Aufgaben des Menschen im Extremfall auf die Überwachung des technischen Systems reduziert. Im Störfall aber soll er – unter allgemein erhöhter Belastung – schnell und richtig eingreifen können, wozu ihm dann der Überblick über das System und vor allem die Geübtheit in den verlangten Operationen fehlen.

Die Feststellung der Studie «Neue Technologien, Arbeitsorganisation und Arbeitsschutz» des schwedischen Fonds für die Arbeitswelt trifft den Kern der Sache: «Systeme, die einseitig von Experten ohne genügenden Einbezug der Benutzer entwickelt werden, funktionieren schlecht. Sie funktionieren

nur, solange alles normal läuft – in der Regel bis zur ersten Störung. Experten werden natürlich auch in Zukunft benötigt, jedoch vor allem zur Unterstützung und Anleitung. In den meisten Fällen können wahrscheinlich die betriebseigenen Fachleute mit grundlegenden Kenntnissen in betriebsspezifischen Gebieten besser, schneller und effizienter mit-helfen als externe Experten, die zwar auf ihrem Spezialgebiet vertieftes Fachwissen besitzen, jedoch den Betrieb nur oberflächlich kennen.»

Grundsätzlich aber ist davon auszugehen, dass menschliche Fehler nicht gänzlich vermeidbar sind, sondern deren Häufigkeit reduziert und ihre Auswirkungen abgeschwächt werden können. Technik sollte im Hinblick auf das Zusammenwirken von Mensch und Computer bei einer gemeinsam zu erfüllenden Aufgabe gestaltet werden, wobei die Nutzung und Unterstützung von menschlichen Stärken wie auch die Vorteile maschineller Bearbeitungsprozesse zu berücksichtigen sind.

Korrigendum zu ZUP Nr. 6 / Juli 1995

Artikel «Störfallsicherheit von Bädern im Kanton Zürich» – Seite 16 graphische Darstellung «Verteilung der Bäder im Kanton Zürich»:

Bei der Legende hat sich insofern ein Fehler eingeschlichen, als diejenigen Bäder, die mit einem Δ bezeichnet sind, unter die Störfallverordnung fallen, und diejenigen, die mit einem \diamond markiert sind, im Chemierisikokataster eingetragen sind. Wir bitten um Kenntnisnahme dieser Korrektur.