

STÖRFALL-KOMMISSION

**beim
Bundesminister für
Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit**

SFK - GS - 19

Bericht

**Arbeitskreis
Bediensicherheit**

Verabschiedet auf der 30. Sitzung der Störfall-Kommission am 16./17. Juni 1999

Die Störfall-Kommission (SFK) ist eine nach § 51a Bundes-Immissionsschutzgesetz beim Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gebildete Kommission.

Ihre Geschäftsstelle ist bei der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH eingerichtet.

Anmerkung:

Dieses Werk wurde mit großer Sorgfalt erstellt. Dennoch übernehmen der Verfasser und der Auftraggeber keine Haftung für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler. Aus etwaigen Folgen können daher keine Ansprüche gegenüber dem Verfasser und/oder dem Auftraggeber gemacht werden.

Dieses Werk darf für nichtkommerzielle Zwecke vervielfältigt werden. Der Auftraggeber und der Verfasser übernehmen keine Haftung für Schäden im Zusammenhang mit der Vervielfältigung oder mit Reproduktionsexemplaren.

BERICHT

des Arbeitskreises BEDIENSICHERHEIT der STÖRFALL-KOMMISSION (SFK)

verabschiedet auf der 30. Sitzung der SFK am 16./17. Juni 1999

Inhalt:

1 Auftrag der SFK	1
1.1 Gründung der ad-hoc-Gruppe	1
1.2 Erweiterung zum Arbeitskreis	1
2 Problemsituation und Einführung in die Bediensicherheit	1
3 Arbeitsweise und Vorgehen	3
3.1 Beratungen	3
3.2 Ausarbeitung von Vorlagen	3
3.3 Mitarbeit in der Steuerungsgruppe der OECD zur Vorbereitung des OECD-Workshops in München	4
4 OECD Workshop zur Bediensicherheit vom 24.-27. Juni 1997 in München	4
4.1 Thematische Beschränkung und deutsche Zielvorstellungen zum OECD-Workshops	4
4.2 Vorträge auf dem OECD-Workshop	6
4.3 Übersetzung der zusammenfassenden Schlußfolgerung und Empfehlungen des OECD-Workshop	6
4.4 Schlußfolgerungen und Umsetzungsmaßnahmen zum OECD-Workshop	6
5 Zusammenstellung des Forschungsbedarfs - Zur Erhöhung der Bediensicherheit störfallrelevanter Anlagen besonders empfehlenswerte Entwicklungen	11
5.1 Vorbemerkungen	11
5.2 Ausgangssituation	12
5.3 Themenbereiche, zu denen Forschung gefördert werden sollte	13
5.4 Projektvorschläge oder Projekte unter anderer Trägerschaft, die für die hier behandelte Thematik Bedeutung haben	14
5.5 Erkennbare Problembereiche, zu denen noch Klärungsbedarf besteht	15
5.6 Bearbeitung	15

6	Bewertete Projektvorschläge	15
7	Sicherheitskultur	16
8	Heranzuziehende Ergebnisse	17
8.1	Im Auftrag des Landes Brandenburg erarbeitete Aussagen	17
8.2	Auftragsvergabe des UBA im UFO-Plan	17
9	Zusammenfassende Bewertung	17
10	Empfehlung für die Weiterführung der Arbeiten der SFK	18
Anhang 1	Mitgliederverzeichnis	19
Anhang 2	Sitzungstermine	21
Anlage 1	Bestandsaufnahme und deutscher Vorschlag zur inhaltlichen Gestaltung des OECD-Workshops	23
Anlage 2	Übersetzung der zusammenfassenden Schlußfolgerungen und Empfehlungen des OECD-Workshop	35
Anlagen 3.1-3.6	Anlagen zu Kapitel 5 "Zusammenstellung des Forschungsbedarfs"	
Anl. 3.1	Feststellung von Leistungsgrenzen der Bedienperson	60
Anl. 3.2	Notierung und Darstellung von Bedienaufgaben	61
Anl. 3.3	Vorstellungen für die Weiterentwicklung der Prozeßleittechnik für die Erhöhung der Bediensicherheit	62
Anl. 3.4	Früherkennung der Annäherung an die Belastungsgrenze des tätigen Bedieners	67
Anl. 3.5	Umkehrreaktionen	68
Anl. 3.6	Konsequenzen aus Ergebnissen der Dissonanzforschung	69
Anlage 4	Projektbewertung - Protokoll der Beratung der ad-hoc-Gruppe zur Projektbewertung am 16.03.1998	73
Anlagen 5.1-5.2	Anlagen zu Kapitel 7 "Sicherheitskultur"	77
Anl. 5.1	Das Konzept der Sicherheitskultur	78
Anl. 5.2	Ausarbeitung zum Thema "Sicherheitskultur"	86

1 Auftrag der SFK

1.1 Gründung der ad-hoc-Gruppe

Die Störfall-Kommission (SFK) hat auf ihrer 14. Sitzung am 24. Februar 1995 beschlossen, daß die in drei freiwilligen Treffen interessierter Fachleute aufgeworfene Thematik "Bediensicherheit" zunächst grundsätzlich und unter Berücksichtigung aller vorliegenden Forschungsvorhaben aufgearbeitet werden soll. Diese Aufgabe wurde einer ad-hoc-Gruppe übertragen.

1.2 Erweiterung zum Arbeitskreis

Diese ad-hoc-Gruppe BEDIENSICHERHEIT wurde auf der 25. Sitzung der SFK am 18./19. November 1997 in einen Arbeitskreis umgewandelt.

2 Problemsituation und Einführung in die Bediensicherheit

Fehler bei der Bedienung störfallrelevanter Anlagen sind nach Einschätzung der Störfall-Kommission und des Technischen Ausschusses für Anlagensicherheit auf ihrer gemeinsamen Sondersitzung am 18. März 1993 eines der größten Sicherheitsdefizite. Auch die von der ZEMA dokumentierten Störfälle weisen bis zu einem Drittel Bedienfehler als Ursache aus (z. B. ZEMA-Bericht 1997, S. 203). Nach Diskussionen auf mehreren Sitzungen der Störfall-Kommission wurde auf der 15. Sitzung am 9. Mai 1995 beschlossen, einen OECD-Workshop zum Thema "Bediensicherheit" anzuregen. Dadurch sollte der in den Industrieländern vorhandene Kenntnisstand zusammengetragen werden. Dieser Workshop fand unter deutscher Schirmherrschaft 1997 in München statt.

Die Einflüsse von Menschen im Zusammenhang mit gefährlichen Anlagen sind vielgestaltig. Deshalb wird allgemein der Begriff "human factors" benutzt, darunter fallen:

- Bedienen im Sinne von "Fahren" einer Anlage,

- Arbeiten bei Wartung, Reparatur und Instandhaltung,
- Einflüsse aus Management und Arbeitsumgebung auf Motivation und Leistungsfähigkeit,
- inhärent sicherere Prozesse und Verfahren (Fehlertoleranz und Verriegelung gegen Fehlbedienung).

Unglücklicherweise ist der Begriff Bediensicherheit doppelt belegt. Neben dem hier verwendeten Inhalt im Sinne des "Sicheren Fahrens" einer Anlage wird er im Arbeitsschutz für Personen verwendet, die an einer Maschine tätig sind und vor Verletzung durch Bewegung oder Energie der Maschine geschützt werden müssen.

Zwischen der Bediensicherheit beim Fahren einer Anlage im Sinne dieses Berichtes und den Risiken bei den Arbeiten im Zusammenhang mit Instandhaltung, Reparatur und "management of change", zusammenfassend als Arbeiten (Hantieren) an der Anlage bezeichnet, gibt es einen wesentlichen prinzipiellen Unterschied:

Fehler beim Arbeiten an der Anlage werden nahezu ausnahmslos durch Ignorieren oder Nichtbeachten von Informationen oder Handlungsanweisungen verursacht. Der Zwang für die Anlagengestaltung zur Vermeidung solcher Fehler ist nahezu vernachlässigbar. Disziplin und Qualifikation des Personals bestimmen das Geschehen.

Bei der Bedienung im Sinne von "Fahren einer Anlage" gibt es objektive Gesetzmäßigkeiten und daraus resultierend Grenzen, unabhängig vom guten Willen oder der Sachkenntnis der Beteiligten.

Aus der physiologisch begrenzten Informationsaufnahme und -verarbeitungskapazität des Menschen ergeben sich Beschränkungen, die nur wenig durch Motivation und Qualifikation beeinflussbar sind. Daraus resultieren zu berücksichtigende Notwendigkeiten, die in die Anlagengestaltung eingehen müssen, wenn die notwendige Sicherheit der Anlagen erreicht werden soll.

Über Management-Maßnahmen, insbesondere durch Motivation und Qualifikation, ist die Annäherung des einzelnen Bedieners in einer konkreten Situation an diese Grenzen gut und dauerhaft zu gestalten, die Grenzen lassen sich aber nicht beliebig verschieben.

Die Auseinandersetzung mit Disziplin und Qualifikation auf der einen Seite und mit naturgegebenen Gesetzmäßigkeiten, deren Berücksichtigung noch nicht hinreichend Allgemeingut geworden zu sein scheint, auf der anderen Seite, sind inhaltlich so unterschiedliche Problemkreise, daß ihre gemeinsame Behandlung nicht ratsam erscheint. Hinzu kommt, daß zum Themenbereich "Fehler beim Arbeiten an Anlagen" schon Zusammenfassungen vorliegen, z. B. vom CCPS der USA (Guidelines for Preventing Human Error in Process Safety, AJCHE, 1994), zum zweiten Problemkreis aber bisher jedoch nur verstreute Einzelergebnisse zu finden sind.

Das Aufgabenspektrum, auch bei Beschränkung auf den zweiten Problemkreis, ist breiter, als es ein Arbeitskreis der Störfall-Kommission ehrenamtlich bearbeiten kann. Ein Auswahlkriterium für die Befassung der Störfall-Kommission mit diesem Thema sollte deshalb auch der Reifegrad der Lösungsansätze sein. Problemstellungen, die z. B. von den Industrieverbänden erkannt sind, bei denen prinzipielle Lösungsmethoden allgemein weitgehend anerkannt sind und/oder Lösungen schon auf einem guten Wege sind, sollten von der Störfall-Kommission nur begleitet und nicht zum Schwerpunkt ihrer Arbeit gemacht werden. Neu aufgeworfene Fragestellungen und Lösungsbedürfnisse, zu denen ein Weg noch nicht klar ist, bedürfen des besonderen Engagements der Störfall-Kommission.

3 Arbeitsweise und Vorgehen

3.1 Beratungen

Die ad-hoc-Gruppe bzw. der Arbeitskreis traten jeweils zu eintägigen Beratungen zusammen. Im **Anhang 1** sind die Mitglieder des Arbeitskreises BEDIENSICHERHEIT und im **Anhang 2** die Sitzungstermine aufgelistet.

3.2 Ausarbeitung von Vorlagen

Die von den einzelnen Arbeitskreismitgliedern ausgearbeiteten Vorlagen wurden nach der Diskussion im Arbeitskreis entsprechend ergänzt. Im nachfolgenden Kapitel 4 sind die erzielten Ergebnisse näher beschrieben.

3.3 Mitarbeit in der Steuerungsgruppe der OECD zur Vorbereitung des OECD-Workshops in München

Die Vorsitzende des Arbeitskreises BEDIENSICHERHEIT und der Vertreter des BMU nahmen in der Steuerungsgruppe der OECD zur Vorbereitung des OECD-Workshops zur Bediensicherheit an folgenden Sitzungen teil:

- Sitzung der Expertenkommission in Oslo am 6. Juni 1996,
- Sitzung der Kommission in Paris am 10. Oktober 1996,
- Sitzung der Steuerungsgruppe in Paris am 30. Oktober 1996,
- Telefonkonferenz der Steuerungsgruppe am 14. Januar 1997.

4 OECD-Workshop zur Bediensicherheit vom 24. bis 27. Juni 1997 in München

4.1 Thematische Beschränkung und deutsche Zielvorstellungen zum OECD-Workshops

Die folgende **Tabelle 1** zeigt stark vergrößert und stichwortartig das Gesamtgebiet zu Ursachen und Quellen von Bedienfehlern. Für den OECD-Workshop wurde das Themenspektrum auf das ungewollt zustandekommende nicht sicherheitsgerechte Verhalten der Bediener mit ausreichender Leistungsvoraussetzung beschränkt.

Hauptziel des Workshops war es, einen Beitrag zu einem "set of principles and guidelines for improvement on operating safety in the context of accident prevention, preparedness and response" zu liefern. Diese wenden sich sowohl an die Betreiber als auch an die Anlagenplaner.

Fernziel war dabei, Aussagen zur sicheren Bedienung und deren Ausführbarkeit in der Sicherheitsanalyse (Sicherheitsbericht) darstellbar und prüfbar (bestätigbar) zu machen.

nicht sicherheitsgerechtes Verhalten						
bewußte Verstöße gegen Vorschriften		ungewollt zustandekommendes nicht sicherheitsgerechtes Verhalten				
Erreichen von Vorteilen	Geringbewertung von Nachteilen	unzureichende äußere Arbeitsbedingungen		Zufallsfehler	unzureichende Leistungsvoraussetzungen	
		dauernd überfordernde Arbeitsbedingungen	zeitweilig überfordernde Arbeitsbedingungen	nicht Wahrnehmen eines Signals	unzureichende Qualifikation oder Tauglichkeit	zeitweilige Beeinträchtigung
verringertes Zeitaufwand	gering bewertete Gefährdung: Wahrscheinlichkeit Folgeschwere	zu großer Umfang zu beachtender Signale	Störung der Wahrnehmbarkeit von Signalen	irrtümliche Schlußfolgerung	habituelle physische Beeinträchtigungen	zeitweise Beeinträchtigung Sehvermögen, ...
verringerte Anstrengung	geringe Erwartung disziplinarischer Maßnahmen: mangelnde Kontrollen, fehlende angedrohte Strafen	zu viele Eingriffserfordernisse pro Zeiteinheit	in Ausnahmesituationen entstehende Überforderung	Verwechseln beim Eingriff	ungenügendes Können	routinehaftes Vorgehen
Prestige					ungenügendes Wissen	verminderte Zuwendung zur Aufgabe
Fehler in der Disziplin		Planungsfehler der Anlage	ungenügende Konzentrationsunterstützung		Fehler des Managements bei der Aufgabenzuweisung und Motivierung	
Thematik des Workshops						

Tabelle 1: Ursachen und Quellen der Bedienfehler, verändert nach R. Geike, Analyse der Sicherheit von Chemieanlagen. In Lemke/Polthier „Abwehr betrieblicher Störfälle“: E. Schmidt Verlag

Als erster Schritt auf diesem Wege waren neue spezifische Fragestellungen zur allgemeinen Akzeptanz zu bringen, damit die zielgerichtete Schließung von Lücken in den zugrunde liegenden Kenntnissen vorangetrieben werden kann.

In **Anlage 1** ist eine Bestandsaufnahme der drei Hauptsektionen des OECD-Workshops vor seiner Durchführung wiedergegeben. Sie spiegeln gleichzeitig die deutschen Vorstellungen zur inhaltlichen Gestaltung des OECD-Workshops wider.

4.2 Vorträge auf dem OECD-Workshop

Die OECD-Expert Group on Chemical Accidents veranstaltete vom 24. bis 27. Juni 1997 im Europäischen Patentamt in München den OECD-Workshop mit dem Titel "Workshop on Human Performance in Chemical Process Safety - Operating Safety in the Context of Chemical Accident Prevention, Preparedness and Response". Die Vorträge dieses OECD-Workshops sind als Texte des Umweltbundesamtes Nr. 61/97 erschienen.

4.3 Übersetzung der zusammenfassenden Schlußfolgerungen und Empfehlungen des OECD-Workshop

In **Anlage 2** ist die unverbindliche Arbeitsübersetzung der zusammenfassenden Schlußfolgerungen und Empfehlungen des OECD-Workshops aufgenommen worden. Dieses Schlußdokument ist in Form von 69 Thesen erstellt worden.

4.4 Schlußfolgerungen und Umsetzungsmaßnahmen zum OECD-Workshop

4.4.1 Berücksichtigung der Leistungsgrenzen des Bedieners

Bei einigen deutschen Initiatoren des Workshops war eine wesentliche Zielstellung die Berücksichtigung der **psychischen und physiologischen Leistungsgrenzen** der Bediener, eingebettet in eine umfassendere Betrachtung als das bisher unter "Ergonomie" oder "Mensch-Maschine-Schnittstelle" erfolgte.

Aufgrund der Ergebnisse des Workshops sind dazu folgende Aufgaben zu

bearbeiten:

4.4.1.1 Methodik der Belastungsdarstellung und Bewertung,

4.4.1.2 Notierung der Bedienaufgaben.

Das Schlußdokument des Workshops betont entsprechend These 5 (Anlage 2), daß nicht nur die Irrtümer der Bediener zu betrachten sind. In den Thesen 6 und 56 (Anlage 2) wird besonders auf die **Grenzen der Gleichzeitigkeit** hingewiesen. Die Thesen 12, 18 und 19 sprechen an, daß die Ausführbarkeit der Bedienkonzeption zu sichern ist. Die Thesen 19 und 45 weisen auf die psychisch-physiologischen Grenzen hin. Die Weiterentwicklung der Mittel und Methoden zur Darstellung der Betriebskonzepte (Thesen 46 und 61) und deren Dokumentation wird explizit gefordert.

4.4.2 Training

In großer Breite wurden Aspekte des notwendigen Trainings zur Sicherung der **Qualifikation und Bereitschaft** der Bediener erörtert (Thesen 38 bis 45, siehe auch Abschnitt 4.4.5).

4.4.3 Sicherheitskultur

Die Entwicklung einer Sicherheitskultur wurde vielfach und aus unterschiedlichen Blickwinkeln erörtert (Thesen 12 bis 17).

Hauptthema der Rahmenbedingungen war die Schaffung einer Sicherheitskultur. Dazu wurden insbesondere Managementfragen angesprochen (These 21, 36).

An vielen Stellen wurde angesprochen, daß das **Management** die Rahmenbedingungen für eine hohe Anlagensicherheit schaffen soll. Dazu gehört auch, die unter Abschnitt 4.4.1 schon angesprochene **Ausführbarkeit der Bedienkonzeption** zu sichern (Thesen 12 und 19). Im wesentlichen ranken sich die Aussagen zu Managementsystemen um die Entwicklung und Erhaltung einer Sicherheitskultur durch zweckdienliche Organisation aller relevanten Bedingungen.

In These 57 wird vorgeschlagen, eine **Maßgröße für die Sicherheit** (die Sicherheitskultur, das Sicherheitsniveau) einzuführen. Aber auch die Personal-ausstattung und -struktur wird angesprochen (These 8).

4.4.4 Andere Probleme der menschlichen Faktoren

4.4.4.1 Bedienfehler aus Irrtümern

4.4.4.2 Bedienfehler aus Disziplinarverstößen

Bei der Vorbereitung des Workshops wurde davon ausgegangen, daß diese beiden Fragestellungen schon in einer gewissen Ausführlichkeit an anderen Stellen behandelt worden sind. Bezüge finden sich in anderen Themenkreisen wieder.

Die mit Disziplinarverstößen, z. B. zusammenhängenden Fragen, Einhaltung der Bedienanweisungen und geeignete Gestaltung der Bedienungsanweisungen sind weitgehend Fragen der Sicherheitskultur.

4.4.5 Auswirkungen der technischen Ausrüstungen auf Bedienfehler

4.4.5.1 Fehlertoleranz

4.4.5.2 Trainingsmöglichkeiten

4.4.5.3 Unterstützung des Bedieners mit Mitteln moderner Informationsverarbeitung

In These 8 wurde angesprochen, daß sich viele Bedienfehler als "Wurzel" einer Fehlerkette auswirken und nur deshalb zur Störung führen, weil das technische System nicht genügend fehlertolerant ausgeführt ist. In These 21 wurde gefordert, insbesondere bei hohem Automatisierungsgrad ausreichende Trainings- und Qualifikationsanforderungen durchzusetzen.

These 26 fordert von den technischen Systemen, bei gleichzeitigen Fehlersignalen, die wichtigsten Signale zum Bediener "durchzubringen". Weiterhin sind nach These 59 **verfeinerte rechnergestützte Prozeßleitsysteme** zur Verbesserung zu nutzen.

4.4.6 Wechselwirkungen zwischen anderen Fragestellungen und Bediensicherheit

4.4.6.1 Inhärente Sicherheit

In These 28 werden allgemeine **Regeln für die Anlagengestaltung in Richtung erhöhte inhärente Sicherheit** gefordert.

4.4.6.2 Auswertung von Erfahrungen

4.4.6.3 Personalausstattung

Die Probleme infolge von Personalreduzierung werden in These 35 angesprochen. Insbesondere wird darauf hingewiesen, daß durch **vorzeitiges Ausscheiden der Erfahrungsträger** die Bediensicherheit beeinträchtigt werden kann (These 10).

4.4.7 Lehrpläne für die Hochschulausbildung

These 43 weist darauf hin, daß es in der bisherigen klassischen Hochschulausbildung insbesondere bei Chemikern (These 65) Nachholbedarf in Richtung Sicherheitsorientierung gibt.

4.4.8 Wirtschaftliche Fragen der Bediensicherheit

4.4.8.1 Wirtschaftlicher Nutzen aus höherer Sicherheit

These 17 betont, daß der Nutzen aus höherer Anlagensicherheit darzustellen ist.

4.4.8.2 Stimulierung der Sicherheit durch die Versicherungen

These 49 betont, daß die Versicherungen Investitionen in höhere Anlagensicherheit stimulieren könnten. In dieser These wird auch gefordert, daß die Versicherungen Bearbeitungskapazität für Safety Audits schaffen sollten.

4.4.9 Vorschläge für Umsetzungsmaßnahmen

Insgesamt erscheint es notwendig, alle die Zusammenhänge, zu denen gesicherte Erkenntnisse vorliegen, zu einem Leitfaden für die Gestaltung der Bedienkonzepte zusammenzufassen. Dazu ist die Beauftragung geeigneter Experten und die Beteiligung der BG Chemie zweckmäßig.

Zu der Bedienerbelastung, Abschnitt 4.4.1, sollten Projekte finanziert werden.

Zum Training, Abschnitt 4.4.2, gibt es folgende Umsetzungsziele:

- Leitfaden für das Management zur Entscheidung über Notwendigkeit der Nützlichkeit von Trainingsmaßnahmen,
- Leitfaden zur Gestaltung und Durchführung von Training,
- Lösungen zur Unterstützung von kleinen und mittleren Betrieben, für die eigene Trainingsausrüstungen nicht tragbar sind.

In allen 3 Teilgebieten hängt die Umsetzung vom Eingang von Projektvorschlägen ab.

Die Sicherheitskultur, Abschnitte 4.4.3 und 4.4.4.2, sollte vorläufig nur im Rahmen des Arbeitskreises MANAGEMENT-SYSTEME der SFK und nur im dort möglichen Umfang und für die dort relevanten Fragestellungen behandelt werden. Der Einfluß des menschlichen Faktors auf die Sicherheitskultur oder sicherheitsfördernde Unternehmenskultur ist so umfassend, daß eine gesonderte Ausarbeitung erforderlich ist, zu der jedoch vorab noch weitere Abstimmungen erforderlich sind.

Die Themen der Abschnitte 4.4.4 und 4.4.5.1 werden mit der Publikation der Ergebnisse hinreichend umgesetzt.

Zu Abschnitt 4.4.5.2 können weitgehend die Entwicklungen der Hersteller von Prozeßleitsystemen abgewartet werden.

Zu Abschnitt 4.4.5.3 besteht noch zu wenig Entwicklungsvorlauf. Die Weiterführung ist wichtig, hängt aber vom Eingang geeigneter Projektvorschläge ab.

Inhärente Sicherheit, Abschnitt 4.4.6.1, ist bereits für die ad-hoc-Arbeitsgruppe

BERICHT ANLAGENSICHERHEIT thematisiert und sollte intensiv weiterverfolgt werden. Da man bei den Beiträgen des Workshops nicht einschätzen kann, ob besonders kompetente Teilnehmer sich auf Fragen, die in der Vorbereitung des Workshops herausgestellt waren, konzentriert haben und dadurch möglicherweise vorhandene Kenntnisse zur inhärenten Sicherheit nicht eingebracht haben, kann man aus den vorliegenden Beiträgen nicht hinreichend schlußfolgern, daß sie repräsentativ für die OECD sind. Es erscheint geboten, hier eine weitere Diskussion auszulösen, da auf dem Workshop deutlich wurde, daß nicht einmal völliger Konsens über die Terminologie vorliegt.

Unabhängig davon sollte eine Sammlung positiver, verallgemeinerbarer Beispiele, die später als Orientierung publiziert werden kann, begonnen werden.

Die Auswertung von Erfahrungen, Abschnitt 4.4.6.2 fällt in die Zuständigkeit des Arbeitskreises DATEN der Störfall-Kommission und sollte dort weiter verfolgt werden.

Der Abschnitt 4.4.6.3 (Personalausstattung) wurde in der 10. Sitzung der ad-hoc-Gruppe BEDIENSICHERHEIT heftig diskutiert. Dieses Thema überschreitet die engere Thematik, die sich der Arbeitskreis vorgegeben hatte. Deshalb ist es arbeitskreisübergreifend über die SFK weiter zu verfolgen.

Die Abschnitte 4.2.7 und 4.2.8 werden mit der Publikation der Ergebnisse im möglichen Umsetzungsrahmen angesprochen.

5 Zusammenstellung des Forschungsbedarfs - Zur Erhöhung der Bediensicherheit störfallrelevanter Anlagen besonders empfehlenswerte Entwicklungen

5.1 Vorbemerkung

Es ist unbestritten, daß der menschliche Faktor beim Betreiben von Anlagen, in denen Gefahrstoffe in gefahrdrohender Menge gehandhabt werden, eines der wesentlichen Sicherheitspotentiale - negativ/positiv - darstellt.

Der menschliche Faktor ist dabei hauptsächlich unter 5 Aspekten zu sehen:

- 5.1.1 Bedienung der Anlage
- 5.1.2 Erhöhung der Sicherheitskultur
- 5.1.3 Instandhaltung und Reparatur sowie die mit 5.1.4 zu schaffenden Voraussetzungen
- 5.1.4 Konzeption und Anlagenentwurf
- 5.1.5 Management eines „dennoch“ eingetretenen Störfalls

Darüber hinaus sind weiterhin die Verflechtungen mit Maßnahmen zur Erhöhung der inhärenten Sicherheit zu betrachten.

Die vorliegende Ausarbeitung konzentriert sich auf die Bediensicherheit im engeren Sinne entsprechend Abschnitt 5.1.1.

5.2 Ausgangssituation

Nach mehrjähriger Diskussion in der Störfall-Kommission und nach Auswertung des OECD-Workshops 1997 zur Bediensicherheit ist der Forschungsbedarf zur Erhöhung der Bediensicherheit zu umreißen.

Durch die breite internationale Diskussion ist ein guter Kenntnisstand einerseits über nutzbare Entwicklungen aus anderen Ländern und andererseits über wünschenswerte und mögliche Verbesserungen erreicht worden.

Zu den Schlußfolgerungen und Umsetzungsmaßnahmen gibt es nach Auswertung des OECD-Workshops "Bediensicherheit", München 1997, eine Arbeitsgrundlage des Arbeitskreises BEDIENSICHERHEIT der SFK (Abschnitt 4.4).

Es zeigt sich, daß die Projektvorschläge, die der Störfall-Kommission zugänglich gemacht wurden, nicht das gesamte Spektrum der für notwendig gehaltenen Themen abdecken. Deshalb sind von der Störfall-Kommission weitere Themen zu initiieren.

5.3 Themenbereiche, zu denen Forschung gefördert werden sollte

5.3.1 Training

5.3.1.1 Leitlinie für das Training von Anlagenfahrern in der chemischen Prozeßindustrie (vorliegende Projektskizze)

5.3.1.2 Telematik-Ausbildungs- und Service-Center Chemie

Dieses Vorhaben muß die Eigeninteressen der Betreiber weitgehend tragen. (vorliegende Projektskizze).

5.3.1.3 (Vergleichende) Wirksamkeitsuntersuchungen von konkreten Trainingsverfahren in der Praxis

Hierzu wurden Bewertungen im Arbeitskreis BEDIENSICHERHEIT der SFK erarbeitet.

5.3.2 **Feststellung von Leistungsgrenzen der Bedienperson** in Prozeßleitwarten der chemischen Industrie und Untersuchung der Balance zwischen Überforderung und Unterforderung von Bedienern in weitgehend automatisierten Anlagen (**Anlage 3.1**).

Hierzu ist zur Vermeidung von Doppelarbeit eine Abstimmung mit dem vom BMA geförderten Vorhaben „Überprüfung der Umsetzbarkeit der Empfehlungen der ISO 10075-2 in ein Beurteilungsverfahren zur Erfassung der psychischen Belastung (Fb 799)“, Federführung Prof. Nachreiner, Oldenburg und den Forschungsaktivitäten zur menschlicher Zuverlässigkeit des Lehrstuhls für Ergonomie der Technischen Universität München (Leiter: Prof. Dr. Heiner Bubb), zweckmäßig.

5.3.3 **Notierung und Darstellung von Bedienaufgaben** zur Erfassung der Bedienbelastung (**Anlage 3.2**)

5.3.4 **Weiterentwicklung der Prozeßleittechnik** für die Erhöhung der Bediensicherheit mit den Teilthemen (**Anlage 3.3**)

5.3.4.1 Qualität, Quantität und Darstellungsform von Alarmen oder Alarmsystemen

und Auswirkungen auf die menschliche Zuverlässigkeit (z. B. Verbindung von Alarmsignalen mit Zeitangaben über den Handlungsspielraum)

5.3.4.2 Zusammenfassung voneinander abhängiger Stelleingriffe zu Gruppenbefehlen (kaum Forschungsbedarf, weitgehend nur als Anregung für die Anlagenplanung)

5.3.4.3 Informationsorientierte Präsentation des Anlagenzustandes

5.3.4.4 Beratungssystem (Expertensystem) zur Interpretation von Signalursachen und -folgen und Möglichkeiten der ablauforientierten Integration in das Leitsystem (Anregung für die Anlagenplanung)

5.3.4.5 Verbesserte Diagnose des Anlagenzustandes durch Prozeßmodelle

5.3.5 **Früherkennung der Annäherung an die Belastungsgrenze des tätigen Bedieners**

Auswahl bewertbarer und erfaßbarer Parameter (**Anlage 3.4**)

5.3.6 **Wissensakquisition, Modellierung und Darstellung des Wissens** als Beitrag zur Erhöhung der Bediensicherheit chemischer Anlagen (vorliegende Projektskizze)

Hierzu ist in Verbindung mit dem Thema des Abschnitts 5.4.1 eine Qualifizierung angekündigt.

5.4 Projektvorschläge oder Projekte unter anderer Trägerschaft, die für die hier behandelte Thematik Bedeutung haben

Erfaßt werden nur die Projekte, die dem Arbeitskreis zugänglich gemacht werden.

5.4.1 Mensch-Maschine-Interaktion in der Prozeßführung

Verbundprojekt im Rahmen des BMBF-Leitprojektes "Mensch-Technik-Interaktion in der Wissensgesellschaft"

(vorliegende Projektskizze; Bewertungsvorschlag: Positives Votum der SFK)

an den Träger)

5.5 Erkennbare Problembereiche, zu denen noch Klärungsbedarf besteht

5.5.1 Umkehrreaktionen (**Anlage 3.5** und Anlage 3.6, Punkt 2 und 3)

5.5.2 Praxisbezogene Umsetzung von Erkenntnissen aus der sozialpsychologischen und kognitionspsychologischen Forschung auf die Bediensicherheit (z. B. Konsequenzen aus Ergebnissen der Dissonanzforschung; **Anlage 3.6**, Punkt 1 und 3)

5.6 Bearbeitung

Die Themen sollten nach Möglichkeit in die Planungen des BMBF einfließen. Für die eng begrenzten Möglichkeiten des Umweltforschungsplanes sind den vorliegenden Interessenbekundungen ausgewählte Themen zuzuordnen.

Zu dem in der SFK angeregten Abschnitt 5.5.2 und der Anlage 3.6 gab es im Arbeitskreis eine Gegenstimme.

6 Bewertete Projektvorschläge

Es wurden folgende Projektvorschläge zur Bediensicherheit eingereicht und bewertet:

- „Leitlinie für das Training von Anlagenfahrern in der chemischen Prozeßindustrie“, Dr. F. Schmidt, BVCT Halle,
- „Entwicklung eines Telematik-Ausbildungs- und Service Center Chemie (TASC)“, Dr. F. Schmid, BVCT Halle,
- „Wissensakquisition, Modellierung und Darstellung des Wissens als Beitrag zur Erhöhung der Bediensicherheit chemischer Anlagen“, Prof. G. Wozny, TU Berlin,

Diese Projektvorschläge wurden durch eine ad-hoc-Gruppe des Arbeitskreises BEDIENSICHERHEIT am 16.3.1998 bewertet. Das Protokoll dieser Projektbewertung ist in **Anlage 4** diesem Bericht beigefügt.

7 Sicherheitskultur

Ausgelöst durch eine rege und kontroverse Diskussion im Arbeitskreis BEDIENSICHERHEIT, ob die Eingrenzung der Betrachtungsweise des Arbeitskreises auf die Schnittstelle Mensch/Technik unter besonderer Berücksichtigung der Leistungsgrenzen des Bedieners nicht zu eng gefaßt sei und ob sie um eine umfassendere Berücksichtigung der Sicherheitskultur erweitert werden müßte, wurden die Verfasser dieser Ausarbeitung beauftragt, als Diskussionsgrundlage eine Unterlage auf der Basis der bisher im Arbeitskreis verteilten Papiere zu erstellen.

Der Begriff "Sicherheitskultur" wird allgemein sehr weit ausgelegt und ist nicht einheitlich definiert. Zur grundlegenden Einführung in die Thematik wird hier vorrangig auf die Ausarbeitung von Herrn Dipl.-Psych. Ludborz "Das Konzept der Sicherheitskultur" verwiesen (**Anlage 5.1**).

Als Basis für die weiteren Betrachtungen wird, ausgehend von den bekannten Definitionen, unter Sicherheitskultur die im Bewußtsein aller beteiligter Personen verankerte Übereinstimmung in Hinblick auf die die Sicherheit betreffenden Werte, Normen und Grundsätze, aus denen entsprechende sicherheitsgerechte Verhaltensweisen resultieren, verstanden.

Die "Ausarbeitung zum Thema Sicherheitskultur" ist in **Anlage 5.2** vollständig beigefügt. Damit liegt eine uneingeschränkt akzeptierte Aufbereitung des Problems vor, die auch die Grundlage für die Weiterführung der Arbeiten in einem Arbeitskreis sein kann.

8 Heranzuziehende Ergebnisse

8.1 Im Auftrag des Landes Brandenburg erarbeitete Aussagen

Im Auftrag des Landes Brandenburg (Auftrag vom 22. 5. 1998 des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg) wurden Aussagen erarbeitet zu Inhalten der

- gesetzlichen und untergesetzlichen Regelungen,
- technischen Regeln,
- Normen,
- Verbandsrichtlinien

hinsichtlich der Bediensicherheit. Wesentliche Ergebnisse daraus werden aktualisiert und ergänzt durch das in 8.2 genannte Projekt.

8.2 Auftragsvergabe des UBA im UFO-Plan

Das Umweltbundesamt hat einem Verbund aus PROGNOSE-ecoteam und Prof. Müller einen Auftrag "Strategien zur Verhinderung von Fehlbedienungen in verfahrenstechnischen Anlagen" (UFO-Plan F+E 298 94 309) erteilt. Dieses Vorhaben läuft bis ins Jahr 2000. Ein erster Zwischenbericht soll im Mai 1999 zur Diskussion gestellt werden.

9 Zusammenfassende Bewertung

Der Arbeitskreis konnte wesentliche Beiträge zur Identifikation der Probleme und zu Lösungsansätzen leisten. Die Ergebnisse stehen mit dem vorliegenden Bericht als Erkenntnisquelle zur Verfügung. Forschungsarbeiten zur Beseitigung erkannter Defizite wurden auf den Weg gebracht.

10 Empfehlung für die Weiterführung der Arbeiten der SFK

Das Gesamtgebiet ist breiter als bisher vom Arbeitskreis bearbeitet. Insbesondere der Arbeitskreis MANAGEMENT-SYSTEME der SFK ist zu bitten, sich dem angrenzenden Problem der Bediensicherheit in Zukunft zuzuwenden.

Vor allem zur Umsetzung der formulierten Entwicklungsforderungen und zur Auswertung des im Umweltforschungsplan als Ergebnis der bisherigen Arbeit des Arbeitskreises zustande gekommenen Auftrages sollte in der nächsten Berufenungsperiode die Arbeit des Arbeitskreises zweckmässigerweise als gemeinsam von SFK und TAA besetzter Arbeitskreis der SFK weitergeführt werden. Dabei sollten auch Vorschläge für die Berücksichtigung der erarbeiteten Ergebnisse in gesetzlichen und untergesetzlichen Regelungen entstehen.

In die Arbeit der Expertengruppe der OECD, die die OECD Guiding Principles for Chemical Accident Prevention, Preparedness and Response fortschreiben will, sollten die Ergebnisse einfließen.

Mitgliederverzeichnis

Mitglieder im Auftrag der SFK

Herr Dipl.-Chem. Bahr	ab 4/98	Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie und Energie
Herr Bairlein	ab 6/98	Linde AG
Frau Dr. Fischbach	ab 10/98	Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.
Herr Dipl.-Ing. Hochgreve	ab 9/95	Landesanstalt für Arbeitsschutz
Frau Horster	4/97 - 10/98	Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.
Herr Dr. Jenseit	bis 12/96	Öko-Institut e.V.
Herr Prof. Dr. Jochum	bis 1/98	Unternehmensberater, Bad Soden
Herr Dipl.-Psych. Ludborz		Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie
Herr Prof. Dr.-Ing. Müller (Vorsitz ab Januar 1998)		Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg (bis 4/1998)
Frau Prof. Dr. U. Stephan (Vorsitz bis Januar 1998)	bis 1/98	Gefahrstoff-Büro Prof. Stephan und Dr. Strobel, GbR
Herr Dr. Uth	ab 4/96	Umweltbundesamt

Ständige Gäste im Auftrag des TAA

Herr Dr. Baumanns	ab 10/97	Landesumweltamt NRW
Herr Prof. Dr. Hartwig	ab 10/97	Bergische Universität-Gesamthochschule Wuppertal
Herr Dr. Stuhmann	ab 10/97	CUBIS AG

Ständige Gäste

Herr Dr. Müller	4/97 - 1/99	BASF AG
Herr Dr. Schmidt	ab 10/96	BVCT Halle (Saale)
Herr Prof. Dr.-Ing. Wozny	ab 12/96	Technische Universität Berlin

BMU

Herr Dr. Pettelkau		Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
--------------------	--	---

Geschäftsstelle SFK/TAA

Herr Dipl.-Ing. Freund	bis 12/97	Geschäftsstelle SFK
Frau Lukkes	ab 1/98	Geschäftsstelle SFK
Herr Dr. Briefs	ab 1/99	Geschäftsstelle SFK

Sitzungstermine

1. Sitzung am 3. April 1995 beim VCI in Frankfurt
2. Sitzung am 14. September 1995 beim VCI in Frankfurt
3. Sitzung am 21. Februar 1996 bei der BG Chemie in Heidelberg
4. Sitzung am 8. Mai 1996 bei der Hoechst AG in Frankfurt
5. Sitzung am 25. Juli 1996 beim BMU in Berlin
Redaktionsgruppe OECD-Workshop am 13. August 1996 beim UBA in Berlin
6. Sitzung am 29. August 1996 beim BMU in Berlin
7. Sitzung am 24. Oktober 1996 beim BVCT in Halle
8. Sitzung am 12. Dezember 1996 beim BMU in Berlin
ad-hoc-Kreis am 7. Februar 1997 beim BMU in Berlin
9. Sitzung am 8. April 1997 beim BMU in Berlin
ad-hoc-Kreis am 16. Mai 1997 beim BMU in Berlin
10. Sitzung am 30. Oktober 1997 bei der GRS in Berlin
11. Sitzung am 29. Januar 1998 bei der GRS in Köln
ad-hoc-Gruppe Projektbewertung am 16. März 1998 beim BMU in Berlin
12. Sitzung am 21. April 1998 in der GH/Uni in Wuppertal
13. Sitzung am 2. Juni 1998 bei der IG BCE in Hannover
14. Sitzung am 6. Oktober 1998 bei der BG Chemie in Halle
15. Sitzung am 23. Februar 1999 bei der GRS in Köln
16. Sitzung am 6. Juli 1999 bei der GRS in Köln

Bestandsaufnahme und deutscher Vorschlag zur inhaltlichen Gestaltung des OECD-Workshops

Sektion III

Teil 1 - Physische und psychische Grenzen eines Bedieners

Es liegen nur vereinzelt und verstreut physiologische und psychologische Erkenntnisse aus meist ganz anderen Anwendungsbereichen vor.

Die Kenntnisse sind zu sammeln, auf das hier angestrebte Ziel zu adaptieren und zu vervollständigen.

Die Ausnahme dabei ist die Kenntnis über die auf 7 begrenzte Kanalkapazität (Teilbarkeit der Aufmerksamkeit). Aber schon die Zuordnung, wieviele Handlungen einen Kanal besetzen (Eingriff nach Identifikation und Vergleich von Soll- und Istwert), stützt sich weitgehend auf Vermutungen.

Teil 2 - Subjektive Aspekte der Bediensicherheit

Bisher sind praktisch keine Untersuchungen zur Fehlerrate von Bedienern bekannt. Die Arbeiten der Vergangenheit stützten sich auf Maßnahmen zur Unterstützung des Bedieners, insbesondere durch die Gestaltung der Anordnung von Instrumenten und Informationen (auch auf dem Bildschirm); durch unterstützende Anordnung von Elementen, die zueinander in Wechselwirkung gebracht werden müssen; durch Farbcodierung und durch Blinken oder Farb- bzw. Kontrastumschlag zur Unterstützung der Aufmerksamkeit.

Die mit solchen Maßnahmen erreichbare Verbesserung wurde nicht validiert oder quantifiziert. Insbesondere fehlen Untersuchungen, durch welches Ensemble von Maßnahmen eine ausreichende Fehlerreduktion erreicht wird.

Zuverlässigkeitsgerechte Bedienoberfläche der Anlage

In Deutschland sind die wesentlichen Aspekte mit der DIN 33414 (Entwurf); Ergonomische Gestaltung von Warten - Gestaltungskonzept - Abschnitt: Systemergonomisches Vorgehen bei der Gestaltung von Warten – behandelt. Ansätze jedoch eingeschränkt hinsichtlich der Anwenderbreite enthält international die IEC 964: Design for Control Rooms of Nuclear Power Plants, 1989. Wenn auch die Diskussion um den Entwurf DIN 33414 noch nicht abgeschlossen ist, bietet dieser eine gute Grundlage.

Gerade wegen der sehr vielen technischen Lösungen im Angebot der Hersteller ist es längst überfällig, daß speziell zu den Darstellungen in Visualisierungsprogrammen oder Bedienoberflächen grundlegende Aussagen zur Gestaltung des Alarmkonzeptes und zur grafischen und farblichen Gestaltung getroffen werden. Da moderne Grafik-Editoren in ihren Visualisierungsprogrammen nahezu alle Fähigkeiten der Gestaltung besitzen, sollten analog der DIN 28004 und 19227 moderne, der technischen Entwicklung angepaßte Konzeptionen entwickelt und durchgesetzt werden, um den Möglichkeiten hinsichtlich der Bediensicherheit gerecht zu werden.

Sektion IV

Teil 1 - Training

Der gesamte Trainingskomplex läßt sich viel ausführlicher darstellen. Hier werden thesenartig und unvollständig nur diese Aspekte behandelt.

Erste Untersuchungen (z. B. Schulze 89) lassen vermuten, daß das Training von Fertigkeiten bei der Bedienung elementarisierbar ist. Damit ergibt sich die Möglichkeit, bei Anlagen, die über Prozeßleitsysteme gesteuert werden, während des ungestörten bestimmungsgemäßen Betriebes über die Rechnerleistungen des Prozeßleitsystems Teilaufgaben zu simulieren und damit zu trainieren. Selbstverständlich muß dabei sichergestellt sein, daß beim ersten Alarmsignal über Störungen im Prozeß das Trainingsprogramm abgebrochen und auf die normale Anlagenbedienung umgeschaltet wird. Diese Trainingsform ermöglicht aber nur das Üben von Detailfertigkeiten, die kognitiven Zusammenhänge und das Identifizieren

des Gesamtanlagenzustandes lassen sich so nicht trainieren. Deshalb sind komplexere Trainingsmethoden unerlässlich.

Man muß berücksichtigen, daß der bedienende Mensch in einer unmittelbaren Havariesituation unter Zeitdruck nicht in der Lage ist, kreative gedankliche Überlegungen anzustellen, sondern nur gelernte Abläufe abarbeiten kann. Dieser Effekt ist umso ausgeprägter, je größer die Gefährlichkeit einer Situation ist.

Besondere Bedeutung hat ein systematisches Anti-Havarie-Training. Läuft eine Anlage zu lange störungsfrei, so entwickeln sich bei den Bedienern Angstzustände, ob sie denn im Störfalle der dann notwendigen Eingreif-Situation gewachsen sein werden. Diese Angstzustände können bis zur Erkrankung der Bediener führen.

Neue Ansätze ermöglichen Training mit entfernten Trainingssimulatoren über eine Telekommunikationsverbindung. Auch das ist in einen Leitstand integrierbar.

Aus zufälligen Erfahrungen ist bekannt, daß solche Probleme bei störungsfreiem automatischen Dauerbetrieb länger als 200 Tage signifikant auftreten. Es ist zu erwarten, daß der Grenzwert viel tiefer liegt. Dazu erscheinen besondere Untersuchungen zweckmäßig.

Unabhängig davon hat das planmäßige vorübergehende Ausschalten von Teilen der Automatik Bedeutung für die Entwicklung von Fertigkeiten und zur Stärkung des Selbstvertrauens der Bediener.

Teil 2 - Sicherstellung der Bediensicherheit durch organisationale Maßnahmen

Zulässige Eingriffszeiten

Grundsätzlich sollten im Sicherheitsbericht für die in der Bedienkonzeption vorgesehenen Bedienerhandlungen die zulässigen Eingriffszeiten (Zeit zwischen Notwendigkeit und Realisierung eines Eingriffs) dokumentiert werden. Aus dem Zwang zur Dokumentation folgt, daß die durch einen Bediener nicht realisierbaren zur Abänderung der Konzeption führen. Diese Abänderung erfolgt in der Regel, in dem Bedieneringriffe durch Automatik ersetzt werden. Es kann aber auch vorkommen, daß in der Anlage Volumina vergrößert werden, um die Anlagenezeitkonstanten zu vergrößern und damit Zeit für einen Bedieneringriff zu schaffen.

Diese Dokumentation der zulässigen Eingriffszeiten ist korrespondierend zu der vorgesehenen Entscheidungshierarchie erforderlich. Für die unmittelbare Bedienung geht es nur um die Relation zum Reaktionsvermögen eines Bedieners. Für weiterreichende Entscheidungen ist auch die schon genannte Ausschaltung des kreativen Denkens unter Echtzeitstreß zu beleuchten, d. h. es ist im einzelnen zu überlegen, wie man von dieser Schwelle entfernt bleibt.

Sind wegen der Tragweite der Entscheidungen vor dem Eingriff höhere Leitungsebenen der Management-Hierarchie einzuschalten, so ist die Relation zu der Zeit für die notwendige Kommunikation zu betrachten.

In der Sicherheitswissenschaft setzt sich seit einigen Jahren die Erkenntnis durch, daß für das Zustandekommen von Unfällen und Katastrophen, aber auch von weniger bedeutenden Ereignissen mit Sicherheitsrelevanz häufig weniger technische als vielmehr menschlich-organisatorische Bedingungen verantwortlich zu machen sind. Gründliche Analysen bekannter Unglücke im Luft- und Seeverkehr (z.B. Untergang der Herald of Free Enterprise, 1987), in Kernkraftwerken (z.B. der Störfall in Block A des KKW Biblis, Wilpert & Klub, 1991; 1993) oder in der Ölindustrie (z.B. Explosion der Bohrplattform Piper Alpha, Cullen, 1990) zeigen, daß technisches Versagen zwar an den jeweiligen Ursachenketten beteiligt ist, der unglückliche Gang der Ereignisse jedoch möglich war, weil latente Fehler und Versäumnisse im sozio-technischen Gesamtsystem einer Anlage schlummerten (Reason, 1990). Dies macht sich bemerkbar, wenn Unfälle durch an sich harmlose und beherrschbare Ereignisse ausgelöst werden, die auf seltene, aber mögliche Konstellationen von Umständen treffen, bei denen die ansonsten funktionstüchtigen Sicherungssysteme geschwächt oder funktionsuntüchtig sind.

Der latente Status solcher Systemschwächen wird durch vielfältige organisatorische Bedingungen hervorgerufen. So ist z. B. an der Leistung des Systems nicht erkennbar, wenn aus ökonomischen Gründen entschieden wurde, Sicherheitschecks nur selten durchzuführen oder wenn der Trainingsstand der Operateure unter der permanenten Auslastung einer Anlage leidet (Cullen, 1990). Die korrekte Anwendung von Sicherheitsvorkehrungen ist oft mit Effizienzminderung verbunden, so daß Operateuren diese unter dem Druck wirtschaftlicher Fahrweisen und unter Eingehen eines vermeintlich kalkulierbaren Sicherheitsrisikos außer Kraft setzen (Herald of Free Enterprises, 1987). Die Gesamtheit solcher und anderer sicherheitsförderlicher

oder -beeinträchtigender organisationaler Bedingungen wird als die Sicherheitskultur eines Unternehmens bezeichnet (INSAG, 1991).

Da die Bediensicherheit einer Anlage im Falle eines sicherheitsgefährdenden Ereignisses unmittelbar von den zuvor getroffenen Maßnahmen zur Förderung der Sicherheitskultur abhängt, die Schwächen aber erst im Schadensfall offenkundig werden, sollte jede Möglichkeit genutzt werden, auch aus unbedeutenden Ereignissen Schlüsse auf den Stand der Sicherheitskultur zu ziehen. Da in den heute üblichen, komplexen Anlagen immer latente Schwächen verborgen sein können, bleibt die Steigerung der Sicherheitskultur jedoch ein Prozeß fortwährender Evaluation aller verfügbaren Informationsquellen.

Auf der Ebene der Organisation kann dieser Prozeß durch Ursachenanalysen und ein einheitliches Berichtssystem in Gang gehalten werden (Becker et al., 1995). Regelungen, die Sanktionsfreiheit für das Melden von sicherheitsbedeutsamen Fehlern durch die Operateure vorsehen, können das notwendige Klima der Offenheit und Kreativität im Umgang mit den festgestellten Schwachstellen fördern. Ist eine solche erkannt worden, so verlangt hohe Sicherheitskultur deren unverzügliche Beseitigung. Institutionalisierte Formen der Verknüpfung von Ursachenanalysen mit einem entsprechenden Berichtswesen und Rückkoppelungsschleifen an die Betroffenen ermöglichen die Entstehung eines organisationalen Lernsystems, das als Ergänzung zu probabilistisch orientierten Strategien der Sicherheitsförderung verstanden werden kann.

Im Rahmen der skizzierten Sicht auf das Zustandekommen von sicherheitsrelevanten Ereignissen sind ergonomisch begründete Eigenschaften von Bedieneinrichtungen, optimal trainierte Operateure und sorgfältig ausgearbeitete Prozeduren unverzichtbare Standards der Sicherheitskultur in Anlagen mit hohem Gefährdungspotential.

Teil 3 - Unterstützung der Bediensicherheit mit Lösungen moderner Informatik

Die Möglichkeiten der Informatik werden für die Anlagenbedienung unzureichend genutzt.

Im einzelnen sind zur Verbesserung der Bediensicherheit Lösungen vorstellbar wie

- abgespeicherte Muster von Kommentaren, die bei bestimmten Konstellationen von Alarmsignalen automatisch aufgerufen werden,
- Nutzung von Expertensystemen zur Kommentierung von Alarmsignalen,
- on-line Prozeßsimulation zur Entscheidungsunterstützung des Anlagenfahrers.

Die Erzeugung von Kommentaren bzw. die Informationsbereitstellung zum "Füllen" von Expertensystem-Shells ist so arbeitsaufwendig, daß sie üblicherweise in der Anlagenplanung nicht geleistet werden. Es ist nach Wegen zu suchen, ob und welche Informationen aus dem Betriebsgeschehen abgehoben werden können.

Sektion V

Teil 1 - Kapazitätsorientierter Entwurf

Motivation und Können des Bedieners hängen von Organisationsstrukturen und Arbeitsbedingungen bis hin zu Lernmöglichkeiten und eigener Mitwirkung an der Gestaltung der Arbeitsbedingungen ab. Es kommt darauf an, die Einflüsse zu analysieren und mit den so gewonnenen Erkenntnissen optimale Bedingungen für die Anlagenbedienung zu gestalten.

Teil 2 - Bedienkonzept

Im Endeffekt ist die Ausführbarkeit der vorgedachten Bedienkonzeption prüfbar zu machen. Damit ist zu sichern, daß nur Bedienhandlungen konzipiert werden, die mit den physiologischen und psychologischen Möglichkeiten des Bedieners überhaupt ausführbar sind. Das Ziel muß daher sein, die Ausführbarkeit der Bedienkonzeption im Sicherheitsbericht zu belegen. Eine notwendige Voraussetzung dazu ist eine prüffähige Darstellung.

Die Darstellung von Bedienanweisungen ist gut entwickelt. Sie erfolgt gewöhnlich verbal in Listenform. Diese Bedienanweisungen beschreiben die notwendigen Ablaufhandlungen für einzelne Maßnahmen präzise, wobei das Problem der begrenzten Gleichzeitigkeit von handhabbaren Informationen nicht erfaßt wird. Erste

Ansätze zu "programmierten" Bedienanweisungen sind noch nicht zur Reife entwickelt.

Die Begrenzung der Leistungsfähigkeit des Menschen kann als Reaktionszeit (vergl. Sektion IV, Teil 2, zulässige Eingriffszeiten) und als Gleichzeitigkeitsproblem wirken.

Teil 3 - Zahl der gleichzeitig handhabbaren Informationskanäle

Es ist ziemlich sicher, daß der Mensch maximal sieben Aktivitäten quasi gleichzeitig wahrnehmen kann. Praktisch jeder Bedieneingriff erfordert aber mindestens zwei Informationen (Soll-Wert - Ist-Wert; Meßgröße - Stellgröße). Daraus ergibt sich, daß höchstens vier Bedienhandlungen quasi gleichzeitig in Angriff genommen werden können. Diese Beschränkung ist vermutlich die wesentlichste für die Begrenzung der Bediensicherheit.

Es ist ganz ausgeprägt, im Entwurf nur die Funktionsfähigkeit des Einzelkanales zu bedenken. Das Gleichzeitigkeitsproblem wird üblicherweise nicht im Entwurf behandelt. Geht man davon aus, daß in einer von einem Leitstand und einem Bediener gesteuerten Anlage zu n-Automatisierungsteilsystemen (z. B. Regelung) Hand-Automatik-Umschaltungen angeordnet sind, so muß die Zuverlässigkeit der Geräte garantieren, daß niemals mehr als 4 Geräte gleichzeitig ausfallen, weil damit die Kapazität gleichzeitig in Anspruch nehmbarer Parallelkanäle im Menschen ausgeschöpft wäre. Wird diese Ausfallquote überschritten, müssen andere automatische Maßnahmen eingreifen, z. B. automatische Notabfahrprogramme (d. h. für $n > 4$).

Die geläufigen Methoden gestatten, das Problem der Reaktionszeiten angemessen zu behandeln. Für die Beurteilung der zulässigen Gleichzeitigkeit liegen keine brauchbaren Ergebnisse vor. Der Versuch von Müller, F. (92) geht über akademische Grundlagenbetrachtungen nicht hinaus.

Das Schaffen der Voraussetzung zur Prüfung von Bedienkonzeptionen erfordert noch eine Menge Forschung, aber auch Arbeiten zum Herbeiführen der Akzeptanz sind erforderlich.

Zunächst muß man 3 Komplexe unterscheiden, nämlich

- Bedienhandlungen für den bestimmungsmäßigen Betriebsablauf,
- Bedieneingriffe zur Kompensation der Auswirkungen von Komponentenausfällen (Hand-Automat-Umschaltung, Umschaltung auf Reserveaggregate),
- Bedieneingriffe zur Überführung des gestörten gefährlichen Betriebes in einen ungefährlichen.

Bedienhandlungen für den normalen Betrieb sind gut planbar und stellen deshalb wenig Probleme dar. Eingriffe zur Kompensation von Ausfällen und zum Umsteuern aus einer Störung sind hinsichtlich des denkbaren Umfanges zunächst nicht begrenzt. Es muß eine Konvention herbeigeführt werden, wie groß man Szenarios betrachtet.

- Zu den notwendigen Szenarien für die Ableitung von Bedienhandlungen im nicht bestimmungsgemäßen Betrieb sind bisher keine verallgemeinerbaren Ansätze bekannt. Solange nichts anderes vorliegt, muß man zu jeder in der Sicherheitsanalyse beschriebenen Störungsmöglichkeit die ggf. notwendigen begleitenden Bedienhandlungen betrachten.

Eine wesentliche Frage ist es, bis zu welchem Umfang man mit auf "Hand-Steuerung" umgeschalteten Komponentenausfällen im Betrieb bleiben kann, um noch genügend Kapazität zur Kompensation der Auswirkungen einer Störung verfügbar zu haben.

Zur Erfassung des Gleichzeitigkeitsproblems sind neuartige Darstellungen der Bedienkonzeption notwendig. Aussichtsreich erscheint eine Analogie zum Instrumentierungsschema, wie von Müller, R. (90, 92) vorgeschlagen. Vergleichbar der Automatisierungstechnik muß man handlungsauslösende Signale, Informationsverarbeitungsfunktionen und Stelleingriffe darstellen.

Soll eine konkrete Anlage auf die Ausführbarkeit der Bedienkonzeption überprüft werden, so muß man sicherstellen, daß entweder zwischen den notwendigen Eingriffen prozeßbedingt genügend Zeit zur Verfügung steht (z. B. abhängig von der Größe der beteiligten Gefäße), so daß die Eingriffe gesichert nacheinander vom Bediener bearbeitet werden müssen oder man muß den Automatisierungsgrad so weit treiben, daß nicht mehr als vier Eingriffe anfallen.

Weitere Fragestellungen sind

- Identifizierbarkeit der handlungsauslösenden Signale

Es ist notwendig, daß handlungsauslösende Signale die Aufmerksamkeit des Bedieners auf sich lenken. Hierfür sind ausreichend technische Lösungen im Angebot der Hersteller von Automatisierungsmitteln vorzusehen.

- Zwang zur Formulierung, Formulierungshilfen

Durch den Zwang zur Darstellung wird der Betreiber unterstützt, die Überlegungen zur Bedienung "zu Ende zu denken". Damit wird Inkonsequenz beim Vorausdenken notwendiger Szenarien abgebaut.

Teil 4 - Wechselwirkung zwischen Bedienung und Wartung/Instandhaltung

Die Anforderungen an Freigabe und Organisation von Reparaturmaßnahmen nehmen einen Teil der Aufmerksamkeit des Bedieners in Anspruch und vermindern dadurch die in den Teilen 2 und 3 angesprochene Kapazität für die Bilanzierung der ausführbaren Aufgaben.

Es sind Organisationsformen notwendig, die sicherstellen, daß im Störfalle der optimal mögliche Umfang der Handlungsfähigkeit herbeigeführt wird.

Prof. R. Müller, 25. Oktober 96

Zitierte Literatur

Müller, F.; CAE-Tool zur Unterstützung der Bilanzierung von Bedienerbelastungen in der Entwurfsphase automatisierungstechnischer Systeme, Dissertation TH Leipzig 1992.

Müller, F.; Müller R.; Parusel, A.; Planning Man-Machine-Communication in Process Control Systems, Beitrag zur Konferenz "BIAS 1990", Mailand (Italien) 28. - 29.11.1990, veranstaltet von den Ingenieurorganisationen FAST und ANIPLA, Preceedings, S. 407 - 417

Müller, R.; New Problems and Tools for Planning of Control and Supervisory Systems, INTERKAMA-Kongreß Düsseldorf, 1992.

Literatur zur Thematik (auszugsweise)

Becker, G.; Wilpert, B.; Miller, R.; Fahlbruch, B.; Fank M.; Freitag, M.; Giesa, H.-G.; Hoffman, S.; Schleifer, L. (1995) Einfluß des Menschen auf die Sicherheit von Kernkraftwerken. Endbericht SR 2039/2 an das Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter.

Cullen, Lord D.W. (1990) The Publik Inquiry into the Piper Alpha Disaster. London: HMSO.

Herald of Free Enterprise (1987) In Department of Transport (Ed.) Report of Court No. 8074. London: HMSO.

INSAG (1991) Safety Culture. A Report by the International Nuclear Advisory Group Vienna: IAEA.

Reason, J. (1990) Human Error. Cambridge: Cambridge University Press.

Wilpert, B.; Klumb, P. (1991) Störfall in Biblis A. Theoretische und pragmatische Überlegungen zu einer systematischen Betrachtung der Ereignisse. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 45 (1), 51 - 54.

Wilpert, B.; Klumb, P. (1993) Social dynamics, organisation and management: Factors contributing to system safety. In B. Wilpert & Th. Qvale (Eds.) Reliability and Safety in hazardous work systems. Hove: Lawrence Erlbaum.

Proc. of the ANS/ALS - IAES-NEA Int. Tropical Meeting on SAFETY CULTURE in Nuclear Installations 1995, IAEA, Vienna (1995).

3. Internationales Kolloquium "Leitwarten", 1994. TÜV Rheinland, Köln.

HAZOP (A Guide to Hazard and Operational Study), London, 1977.

W. Hacker & W. Skell, Lernen in der Arbeit, Berlin, 1993.

Müller, F.; Design of Man-Machine-Communication for Process Automation, 11th IFGAC World Congress, Preprints Vol 10 pp. 188 - 1991, Tallin 1990.

Parusel, A.; Müller, F.; Knowledge Engineering for the Load Balancing of Operator Tasks, 5th IFAC/IMACS Symposium on Computer Aided Design in Control Systems, Preprints pp. 247 - 252, Swansea GB 1991.

Müller, R.; Sicherheit automatisierter Produktionsanlagen, Arbeitsschutz aktuell, Beilage Anlagensicherheit aktuell Nr. 1, Januar 1993, S. 3 - 4 und Nr. 2, S.

Schulze, R.; Untersuchungen zu einem bausteinorientierten Training für Wartenfahrer mikrorechnergestützter Automatisierungsanlagen der verfahrenstechnischen Industrie, Dissertation, Technische Hochschule Leipzig, 1989.

NAMUR-Empfehlung NA6O; Management von Trainingssimulatoren.

Übersetzung der zusammenfassenden SCHLUßFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN des OECD-Workshop "Menschliches Leistungsvermögen in der Chemie-Prozeß-Sicherheit: Bediensicherheit im Zusammenhang mit Unfallverhütung, Vorsorge und Bekämpfung der Auswirkungen", München, 24.- 27. Juni 1997

1. Der „Workshop über das menschliche Leistungsvermögen in der Chemie - Prozeß-Sicherheit“ wurde auf Initiative der Regierung von Deutschland am 24.-27. Juni 1997 in München abgehalten. Er stand im Kontext des OECD-Programms über Chemieunfälle. Er brachte mehr als 100 Fachleute aus 20 Ländern zusammen. Es nahmen Vertreter von Behörden, internationalen Organisationen, Forschungsinstituten und Universitäten, Industrie, Arbeitnehmerorganisationen und anderen Nicht-Regierungs-Organisationen teil. Ebenso waren Vertreter der Ländern aus Zentral- und Osteuropa im Rahmen der fortgesetzten Zusammenarbeit zwischen OECD und der UN/ECE anwesend.

2. Dieser Workshop wurde durch die Erkenntnis der Notwendigkeit zur weiteren Untersuchung der Rolle des menschlichen Leistungsvermögens in der Chemie Unfallverhütung, Vorbereitung und der Abwehr ausgelöst. Dies ist bedeutsam, da die Fortschritte in der Technologie einen Punkt erreicht haben, an dem, in vielen Fällen, die Sicherheitsleistung durch fortgeschrittene Technologie allein nicht mehr zu verbessern ist. Da die Systeme zudem komplexer werden, vergrößert sich die Besorgnis hinsichtlich der Anforderungen an den Bediener in gefährlichen Anlagen. Der Workshop behandelte Verfahren wie Abweichungen vom Normalbetrieb minimiert, im Fall ihres Auftretens kontrolliert und wirksame Gegenmaßnahmen eingeleitet werden können.

3. Das menschliche Vermögen zur Vorbeugung vor Unfälle, wurde wiederholt in vergangenen OECD-Workshops behandelt, insbesondere dem Workshop 1991 "Verhütung von Unfällen mit chemischen Stoffen: Die Bedeutung des menschlichen Faktors im Anlagenbetrieb", ausgerichtet durch die japanische Regierung und dem

Workshop 1989 "Verhütung von Unfällen mit chemischen Stoffen: gute Management-Praxis" ausgerichtet durch die deutsche Regierung.

Schlußfolgerungen

Allgemeine Grundsätze

4. Für den Workshop wurde im Titel "menschliches Leistungsvermögen" benutzt, um alle Aspekte der menschlichen Handlung bezüglich der Sicherheit von gefährlichen Anlagen in allen Phasen zu erfassen, beginnend bei der grundlegenden Konzeption und Entwurf bis zum Betrieb, der Wartung, der Außerbetriebnahme und endgültigen Abschaltung der Anlage. Die Verwendung der Worte "Sicherheit" oder "sicher" bei der Beschreibung von gefährlichen Anlagen oder der menschlichen Leistungsfähigkeit bedeutet nicht, daß damit darüber hinaus gehende Restrisiken ausgeschlossen werden.

5. Das Konzept des "Human Factors" ist als Teil des menschlichen Leistungsvermögens aufzufassen. Obwohl sich die Teilnehmer im Kontext der Bediensicherheit nicht über eine spezifische Definition des Begriffs "Human Factors" einigen konnten, bestand darüber Einigkeit, daß die Bediener und andere Mitarbeiter in ihrer spezifischen Arbeitsumgebung beurteilt und die allgemeinen Einflüsse aus der Arbeit in der technischen Umgebung (Individuell, durch Technologie und Organisation) berücksichtigt werden müssen. "Human Factor" im Kontext dieses Workshops bezieht sich auf Mitarbeiter und andere Beteiligte, die in der Anlage Schlüsselpositionen innehaben sowie deren persönliche Eigenschaften, der betrieblichen und kulturellen Einbindung. Fragen, die im Zusammenhang mit dem "Human Factor" angesprochen wurden, umfassen sowohl die Auswahl der Mitarbeiter, deren physische und geistige Gesundheit, Qualifikation, Ausbildung und Übung, als auch die Beurteilung hinsichtlich des Aufgabenzuschnitts, der Verantwortung, der Managementsysteme, der Organisationsstrukturen, der Anlagengestaltung sowie der kulturellen Einbindung des Betriebs in die Nachbarschaft und die Unternehmenskultur. Diese Fragen sind komplex und interdisziplinär und viel breiter als einfache Ergonomie oder die Mensch-Maschinen-Schnittstelle. Es sollte diesbezüglich darauf geachtet werden, den „menschlichen Faktor“ nicht nur mit menschlichen Fehlern gleichzustellen.

6. Der Doppelcharakter des menschlichen Leistungsvermögen wurde erkannt. Der Mensch kann einerseits eine Quelle von Fehlern sein, zum Beispiel aufgrund seiner Beschränkung mehrere, simultane, vielleicht im Widerspruch stehende Informationen gleichzeitig zu verarbeiten, andererseits hat er die Möglichkeit, über die Leistungsfähigkeit von automatischen Maschinensystemen hinauszugehen. Er stellt u. U. die letzte Hoffnung zur Meisterung unerwarteter Situationen durch seinen Eingriff dar. Menschen haben die Fähigkeit, Aktionen vorauszusagen, können komplexe und unklare Informationen integrieren und verstehen aufgrund von Erfahrung und Ausbildung, wie man mit ungewöhnlichen Situationen umgeht. Aus diesem Grund ist der Mensch für die Sicherheit unentbehrlich.

7. Unfälle sind das Ergebnis einer langen Sequenz von Ereignissen im komplexen Zusammenwirken von technischen Fehlern, menschlichen Irrtümern und ungenügender/m Organisation/Management. Die Orientierung zur Klärung der Schuldfrage bei Unfalluntersuchungen neigt dazu, die Analyse der eigentlichen Ursachen zu verdrehen. Solch eine Analyse ist jedoch notwendig, um aus dem Ereignis Lehren zu ziehen und dadurch in Zukunft ähnliche Unfälle zu vermeiden.

8. Während ein Bedienfehler oft als eine unmittelbare "Ursache" eines Unfalls gekennzeichnet wird, enthüllen eingehendere Untersuchungen die tieferliegenden Ursachen. Diese können beispielsweise umfassen:

- das System war nicht genügend fehler-tolerant;
- der Bediener wurde für die Handhabung außergewöhnlicher Betriebszustände nicht ausreichend ausgebildet;
- die Bedienprozeduren wurden nicht schriftlich formuliert oder waren nicht aktuell;
- der Bediener war sich der Änderungen von Verfahrensweisen nicht bewußt;
- die Vorschriften waren nicht realistisch, schafften schwierige Umstände oder erforderten unlogische Aktionen des Bedieners;
- die Verfahren standen im Gegensatz zur Einschätzung der Situation durch den Bediener;

- der Bediener hatte keine hinreichende Information oder ein unzureichendes Verständnis der Störung und seiner Ursache;
- das System reagierte nicht auf die Aktionen, die vom Bediener vorgenommen wurden;
- das Prozeßdesign stellte dem Bediener nicht genug oder zuviel Daten zur Verfügung, um eine adäquate Reaktion auszulösen;
- der Bediener bekam unklare oder irreführende Anweisungen;
- unzureichende Rückkopplung an den Bediener;
- unzureichende Personalausstattung;
- kognitive Schwierigkeiten im Zusammenhang mit der Mensch-Maschine-Schnittstelle oder zwischen den Bedienern;
- oder es gab eine unzureichend durchgeführte Umorganisation oder Änderung beim Betriebspersonal.

9. Darüber hinaus wurde bemerkt, daß menschliche Fehler nicht auf den Bedienungsfehler beschränkt sind, sondern an verschiedenen Stellen der Betriebshierarchie z. B. bei denen, die für die Wartung, dem Management, der Änderung oder der Ausgabe von Arbeitserlaubnissen verantwortlich sind, vorkommen können.

10. Mehrere Sprecher identifizierten speziell Human-Factors-Probleme im Zusammenhang mit der Freisetzungen von Chemikalien. Zusätzlich zu den menschlichen Fehlleistungen bezogen sich diese Probleme insbesondere auf Fehler bei der Übermittlung von Erfahrungswissen, besonders wenn sich erfahrene Spezialisten aus dem Arbeitsprozeß zurückziehen, auf Probleme, die aus der Komplexität des Systems resultieren, die Alterung von Anlagen und deren Reparatur ohne angemessene Wartungs- und Überwachungsstrategie sowie die angemessene Berücksichtigung der Probleme durch Änderungen bei der Organisation oder Technologie (einschließlich Automation) von Anlagen. Es wurde weiterhin festgestellt, daß bei besonderen Betriebszuständen menschliche Fehler verstärkt auftreten.

Solche Zustände umfassen die Zeiten vor und nach Änderungsarbeiten an der Anlage oder vor und nach Wartungsarbeiten, während An- und Abfahrvorgängen und nach Anlagenausfall.

11. Anhand des Störfalls (Explosion und Feuer) bei der Fa. Texaco in Wales (UK) wurde über eine Reihe von Schlußfolgerungen insbesondere auch über den Einfluß des Human-Factors berichtet:

- die Bedeutung eines umfassenden Verständnisses über den Zustand des Prozesses in der Anlage durch das Bedienungspersonal;
- die Schwierigkeit systematisch und effektiv auf vielfache Alarmer zu reagieren;
- die Notwendigkeit angemessener persönlicher Qualifikation des Bedienpersonal und Bereitstellung spezifischen Trainings, welches es ermöglicht, unter den Beanspruchungen in einer Notfallsituation verantwortlich und effektiv zu reagieren;
- die Notwendigkeit der Anpassung von Bedienungsanleitungen (besonders nach Änderungen in der Anlage);
- die Bedeutung der sicherheitstechnischen Analyse von konstruktiven Änderungen und
- die Sicherstellung ausreichender Gerätschaften und Löschmittel zur Feuerbekämpfung.

Sicherheitskultur

12. Die oberste Verantwortung für die Sicherheit einer gefährlichen Anlage liegt beim Management. Jeder Einzelne hat die Verantwortung für sein eigenes Sicherheitsverhalten; der Betreiber muß allerdings die Bedingungen schaffen, in denen der Einzelne verantwortungsbewußt und effektiv handeln kann. Dies umfaßt eine Sicherheitskultur, in der jede/r Angestellte seine/ihre Aufgabe versteht und die Ausbildung und das Wissen hat, um diese Aufgabe sicher und effektiv durchzuführen. Bedienungsanleitungen sollten verständlich sein und schriftlich vorliegen. Darüber hinaus sollten Bediener und andere ermächtigt werden, die zur kontinuierliche Sicherheit der Installation notwendigen Aktionen unmittelbar auszuführen.

13. Die Sicherheitskultur einer Firma hat einen bedeutenden Einfluß auf die Quote gefährlicher Verhaltensweisen und die **Anzahl** von Unfällen. Die Definition der Sicherheitskultur einer Organisation umfaßt:

- individuelle- und **Gruppenwertvorstellungen**,
- Fähigkeiten, Einstellungen und Vorstellungen der Beteiligten,
- Muster der Verhaltensweisen der Beteiligten, welche durch Stil und Kompetenz der im Betrieb herrschenden Sicherheitsorganisation gesetzt werden.

Die Sicherheitskultur leitet sich von Werten, Haltungen und der Verhaltensweise des verantwortlichen Managements und dessen Kommunikation in der Organisation ab.

14. Die unternehmerische Sicherheitskultur ist ein wesentliches Element des Prozeß-Sicherheits-Managements. Bestandteil der Sicherheitskultur ist die Verinnerlichung von sicheren Verhaltensweisen durch alle Angestellten, Befolgung festgelegter Verfahrensweisen und Unterstützung der Mitarbeiter. Eine erfolgreiche Sicherheitskultur erfordert ein Top-down-Engagement zur Sicherheit, d.h. die sichtbare Verpflichtung der obersten Stellen und Spitzenmanager. Es verlangt auch, daß sich alle Angestellte der Bedeutung der Sicherheit bewußt sind. Um eine solche Sicherheitskultur zu entwickeln, hat sich bewährt, Angestellten die Möglichkeit an der Beteiligung bei der Entwicklung und Überprüfung von Sicherheitsverfahren anzubieten, sowie sie zu ermächtigen, die mit dem sicheren Betrieb konsistenten Aktionen ohne Furcht von Repressalien auszuführen.

15. Ein wichtiges Merkmal effektiver Sicherheitskulturen ist eine "Fehlertoleranz", d.h. eine Kultur, die die Fähigkeit von Angestellten befördert, ihre Pflichten effektiv zu erfüllen und nicht vorwiegend auf die Ermittlung des Schuldigen und seiner Bestrafung abzustellen. Eine Sicherheitskultur sollte in dieser **Hinsicht** auch eine Atmosphäre von Offenheit fördern, in der Angestellte spannungsfrei Fehler und Beinahe-Fehler diskutieren können, um daraus zu lernen. Wenn ein tatsächlicher oder Beinahe-Fehler vorgekommen ist, sollte das Management eine offene Diskussion der **Probleme** fördern und Schuldzuweisungen vermeiden. Eine fehlertolerante Kultur erfordert Verantwortung und Verantwortlichkeit.

16. Als Bestandteil der Sicherheitskultur bemühen sich viele Firmen, die Zahl der Arbeitsausfallunfälle zu reduzieren. Es scheint, daß Kulturen, die nachlässige Verhaltensweisen und schlechte Haushaltung (erkennlich an relativ hohen Zahlen an Arbeitsausfallunfällen) akzeptieren, wenig geeignet sind, verantwortungsvoll mit gefährlichen Chemikalien umzugehen. Der Umkehrschluß indes scheint nicht immer richtig. Das heißt, daß Firmen mit Sicherheitskulturen, die zu geringen Zahlen an Arbeitsausfallunfällen führen, keine notwendigerweise geringere **Rate** der seltenen Ereignisse mit ernststen Konsequenzen haben.

17. Es bestehen starke Anhaltspunkte, daß eine effektive Sicherheitskultur auch finanziell für die Firma von Vorteil ist, da sie die Kosten, die mit Arbeitsausfallunfällen und außerplanmäßigen Abschaltungen verbunden sind, reduziert. Es wurden Methoden zur Abschätzung der Qualität von Sicherheitskulturen entwickelt. Solche Methoden/Werkzeuge müssen den besonderen Umständen jeder Firma angepaßt werden. Es wurde angeregt, weitere Untersuchungen zur Abschätzung von Sicherheitskultur und Sicherheits-Management-System vorzunehmen und mit dem Auftreten bedeutsamer Unfälle zu korrelieren.

Entwurfsfragen

18. Bei der Auslegung/Gestaltung von gefährlichen Anlagen müssen die realen Möglichkeiten für menschliche Fehler betrachtet, und die psychologischen, kognitiven und physiologischen Grenzen aller Beteiligten berücksichtigt werden. Die Auslegung muß so gestaltet werden, daß sie für den Bediener möglichst einfach, zuverlässig und seinen kognitiven Fähigkeiten angepaßt ist. In den Bedienungsanleitungen sollten die in dem Entwurf (einschließlich der Automatisierungskonzepte) sowie der daraus folgenden Aufgaben der Bediener und Anderer dokumentiert sein.

19. Um in einer Anlage die Möglichkeit latenter Fehler zu vermeiden, sollten Prüfungen auf Ausführbarkeit durchgeführt werden (einschließlich der Berücksichtigung beschränkter Verarbeitungskapazität von Informationen durch Bediener in Ausnahmesituationen). Bezüglich der Probleme der Informationsüberlastung sind weitere Untersuchungen über die Möglichkeiten und Folgen solcher Überlastungen durchzuführen. Desweiteren sind geeignete Design-Lösungen, Änderungen der Sicherheitsorganisation etc. zu untersuchen, die der Gefahr durch Informationsüberlastung vorbeugen.

20. Zusätzlich sollten bei der Auslegung von Anlagen Sicherheitsuntersuchungen über Abweichungen vom bestimmungsgemäßen Betrieb vorgenommen und die sich daraus ergebenden Bedingungen für den Bediener analysiert werden. Es ist wichtig, daß das Design die Möglichkeit von menschlichem **Eingreifen** unter **abnormen** Umständen ermöglicht (wissend, daß automatische Sicherheitssysteme aktiviert werden können).

21. Gutes Anlagendesign muß verbunden sein:

- mit richtigen Sicherheits-Management-Systemen, die eine adäquate Ausbildung und Training der Angestellten einschließen;
- entsprechende Entwicklung, Durchführung, Überprüfung und Aktualisierung von Bedienungsanleitungen;
- sorgfältiges Management von Anlagenänderungen;
- Änderungen der Personalausstattung und Managementverantwortung unter Berücksichtigung der Auswirkung auf die Sicherheit; Auditierungs- und Überwachungssysteme.

22. Geschulte Mitarbeiter sind in der Regel auch in **abnormen** Situationen zuverlässig, besonders wenn ausreichende Reaktionszeit zur Verfügung steht. Um die Ausfallrate eines Systems zu reduzieren, sollte deswegen durch Anlagenauslegung eine ausreichende Menge an Zeit vorgesehen werden, um in **abnormen** Situationen reagieren zu können. (In der Luftfahrt muß beispielsweise innerhalb von Sekunden richtig reagiert werden, im nuklearen Sektor wird eine Reaktionszeit von 30 Minuten als ausreichend betrachtet. Die Zeiten für Chemieanlagen liegen irgendwo dazwischen).

23. Moderne Rechnersysteme sind für die Sicherheit wichtig. Diese Systeme sollten die Voraussage möglicher Ereignisszenarien einschließlich ihrer Häufigkeit und Konsequenzen erlauben und zur Dokumentation und in der Notfallplanung eingesetzt werden. Online-Systeme sollten den Bedienern in der Wahrnehmung seiner Verantwortlichkeit unterstützen und ihm einen leichten und raschen Zugang zu den Bedienungsanleitungen und sonstiger Informationen gewähren. Die Online-Systeme sollten ebenso Informationen für die Ursachenanalyse von Ereignissen bereitstellen,

während offline-Systeme für den leichten und raschen Zugang zu Firmendokumentationen, sowie für die Notfallplanung und zu Ausbildungszwecken für Bediener und Andere eingesetzt werden sollten.

24. Ein angemessener Grad an Automatisierungs- und Entscheidungsunterstützungssysteme sollten bei der Auslegung gefährlicher Anlagen berücksichtigt werden. Dabei erscheint die vollständige Automation aus der Sicherheitsperspektive weder realistisch noch optimal. Während Automation und Entscheidungsunterstützungssysteme die Sicherheit durch rasche Diagnose und Reaktion vergrößern können, können solche Systeme nur mit bekannten **abnormen** Ereignissen umgehen. Ereignisse, die nicht innerhalb der Auslegungsspezifikationen sind oder die nicht vorausgesagt wurden, müssen von Hand gefahren werden (dabei können Datensysteme sehr hilfreich sein). Aus diesem Grund ist die Anwesenheit eines gut informierten und ausgebildeten Bedieners unverzichtbar.

25. **Automatische** Systeme sind oft nützlich, die Sicherheit zu verbessern, ungeachtet dessen haben sie aber auch Grenzen. Wird zum Beispiel ein Prozeß soweit automatisiert, daß die Bediener nur noch sehr begrenzte Verantwortung haben, können diese u. U. nicht mehr in der Lage sein, selten vorkommende **abnorme** Zustände handzuhaben. Die Sicherheit kann auch gefährdet werden, wenn die Verantwortung des Bedieners zu Formsache wird oder wenn er/sie nicht die hinreichenden Gelegenheiten hat, seine/ihre Fähigkeiten zu gebrauchen. Überdies sollte das System die Anzeige von automatischen Reaktionen an den Bediener vorsehen, um ihn in die Lage zu versetzen, die Reaktionen des Systems zu beurteilen. Der Bediener sollte gut für die Bedeutung der Signale und ihrer Wechselwirkungen ausgebildet werden.

26. Es ist wichtig, daß Sicherheitssysteme, ob automatisiert oder handgesteuert, nicht überladen werden können und somit versagen. Zum Beispiel sollte berücksichtigt werden, was geschehen kann, wenn mehrere Systeme in der Anlage gleichzeitig versagen und der Bediener mit Signalen überschwemmt wird, so daß er/sie unfähig ist, adäquat zu reagieren (Verständnis der Information, Differenzierung der Information, Auswahl der richtigen Aktion). Es erscheint auch wichtig, daß das automatisierte System so konstruiert ist, daß die wichtigeren Signale an den Bediener durchgebracht werden, besonders, wenn mehrere **automatische** Systeme gleichzeitig ausgelöst werden. Eine andere kritische Frage ist die mögliche psychologische

Wirkung auf den Bediener, wenn Systeme versagen und wie diese Beanspruchung auf die Fähigkeit des Bedieners, richtig zu reagieren, wirkt.

27. In einigen Ländern sind Bemühungen um ein Konzept „Inhärente Sicherheit“ in Gang, d. h. es sollen durch inhärent sichere Anlagenauslegung die weitere Erhöhung der Sicherheit, des Gesundheits- und Umweltschutzes gefördert werden. Bei konsequenter Anwendung dieses Konzepts kann durch die Erhöhung der Betriebssicherheit und Zuverlässigkeit an Investitions- und Betriebskosten gespart werden. Es ist allgemein **anerkannt**, daß die Grundsätze der „inhärenten Sicherheit“ einen wichtigen Beitrag zur Anlagensicherheit leisten, da die Sicherheitseinrichtungen weniger als zusätzliche Einrichtungen empfunden werden, sondern systemintegriert sind. Allerdings gibt es derzeit keinen Konsens über eine einheitliche Definition des Begriffs „Inhärente Sicherheit“ im Zusammenhang mit gefährlichen Anlagen, besonders wenn die Begriffe in verschiedene Sprachen übersetzt werden. Ebenso werden unterschiedliche Begriffe benutzt, um ähnliche Konzepte zu beschreiben (wie z.B. Eigensicherheit „intrinsic safety“).

28. Inhärent sicherere Ansätze betreffen sowohl die sorgfältige Auswahl des Verfahrens als auch die gute Anlagenauslegung (im Ergebnis: Ausschluß bestimmter Gefahren von vornherein, Minimierung der Auswirkungen durch menschliches Fehlverhalten und Berücksichtigung fehlertoleranter Konzepte). Solche Ansätze nutzen die folgenden Konzepte um das Risiko zu mindern:

- Reduzierung der Inventare gefährlicher Substanzen;
- Ersatz von gefährlichen Materialien durch weniger gefährliche;
- Nutzung von gefährlichen Materialien oder Verfahren in der Weise, die ihr Gefahrenpotential beschränken (z. B. durch geschlossene Systeme);
- Vereinfachung von Anlage und Verfahren;
- Ersatz von komplexen durch lineare Systeme.

29. Es sollte sorgfältig darauf geachtet werden, daß durch Designoptionen oder **Modifikationen** das Risiko nicht versehentlich vergrößert oder verlagert wird. Zum Beispiel kann die Reduzierung der Inventare an gefährlichen Substanzen in einer

Anlage durchaus das Gesamtrisiko vergrößern, wenn dadurch der Transport der gefährlichen Substanzen in größerem Umfang notwendig wird. Aus diesem Grund sollte der Nutzen der Maßnahme in ihrem Beitrag zur Reduktion des Gesamtrisikos dokumentiert werden.

30. Es wurde betont, daß die Umsetzung der in Nr. 28 beschriebenen Konzepte alleine noch nicht notwendigerweise zu einer inhärent sicheren Anlage führen; Solange gefährliche Materialien in der Anlage vorhanden sind, besteht auch eine Unfallgefahr. Die Prinzipien eines inhärent sichereren Designs sollten nicht für sich alleine stehen sondern Teil eines integrierten Ansatzes zur Sicherheit sein. Dies schließt den sicherheitsorientierten Betrieb und die Wartung der Anlage sowie die Anwendung von Managementsystemen ein. Weiterhin sind zu berücksichtigen:

- Sicherstellung der Integrität der Anlage über die Zeit;
- Personalmanagement;
- Management der Änderung (z. B. hinsichtlich des Personals, Design, Herstellung);
- Ausbildung von Bedienern und anderen Angestellten;
- Überprüfungen und Revisionen von Sicherheitsleistung;
- Lernen aus der Erfahrung wie z.B. aus Analysen von Unfällen und Beinahe-Unfällen.
- Schaffung einer Unternehmenskultur, die sicheres Verhalten fördert und belohnt,
- Top-down-Engagement vom obersten Management.

31. Die Begriffe „inhärent sicher“ und „inhärent sicherer“ können insbesondere in der allgemeinen Öffentlichkeit Verwirrung stiften, da die Begriffe u. U. risikofreie Anlagen suggerieren. Anlagen, die nach diesen Prinzipien errichtet wurden können ein geringeres Risikoniveau haben, es bleibt jedoch ein Restrisiko, welches es abzuschätzen gilt. Deswegen ist es sicherzustellen, daß diese Begriffe behutsam verwendet und die möglichen Risiken richtig verstanden und kommuniziert werden.

Betriebspraxis und Betriebsverfahren

32. Es wurde berichtet, daß die Integration von Managementsystemen für Umweltschutz, Gesundheit und Sicherheit sowie die Entwicklung betriebsübergreifender Verfahren innerhalb einer Firma zur Verbesserung der Anlagensicherheit beitragen. Mit der Anwendung solcher Verfahren kann man dann gleichermaßen Situationen handhaben, in denen Arbeitsunfälle, organisatorische Fehler oder andere Fehler geschehen, die zur Freisetzung von gefährlichen Stoffen führen.

33. Alle gefährlichen Anlagen sollten über schriftlich niedergelegte Betriebsanleitungen verfügen, die von den betroffenen Mitarbeitern verstanden werden. Zusätzlich sollten solche Anlagen über Ausbildungs-, Trainings- und Überwachungssysteme verfügen, die sicherstellen, daß der Bediener jederzeit über das notwendige Anlagenwissen einschließlich etwaiger Veränderungen informiert ist. Die Bediener sollten an der Ausarbeitung und Fortschreibung von Bedienungsanleitungen beteiligt sein; dies unterstützt die Praxisnähe der Anleitungen und trägt dazu bei, daß der Bediener seine „eigenen“ Vorschriften erfüllt. Schließlich sollten die Bediener über alle Änderungen in der Anlage informiert sein.

34. Es sollte sichergestellt werden, daß das Personal an den Aktivitäten zur Gestaltung ihrer Arbeitsumgebung beteiligt wird, z. B. bei der Wartung, der Überprüfung und Kalibrierung. Es sollte außerdem bei verwandten Aktivitäten wie Design von Arbeitsbereichen, Risikoabschätzungen und Auditierung von Einrichtungen beteiligt sein. Der Beitrag der Mitwirkung ist bedeutungsvoll zu gestalten.

35. Eine aktuelle Frage bezieht sich auf die Festlegung von Personalstärken angesichts der Bemühungen, die Größe von Unternehmen zu reduzieren und mehr horizontale Organisationsformen einzuführen. Davon ist nicht nur das Bedienpersonal betroffen, sondern auch das Überwachungs- und Managementpersonal. Reduktionen bei der Personalausstattung alleine beeinflussen nicht notwendigerweise das Sicherheitsniveau, da andere Faktoren wie Auslegung, Management und Betriebsführung einen Einfluß haben. Personalkürzungen können allerdings möglicherweise zu reduzierter Sicherheitskommunikation, zur verstärkten Abweichung zwischen Unternehmensrichtlinien und den praktischen vor-Ort-Handlungen sowie zu weniger Zeit für Training, freiwillige Überprüfungen und

Erholungszeit zwischen den Schichten führen. Implikationen für die Sicherheit können überdies aus dem Erfahrungsverlust und der Tatsache resultieren, daß die Bediener eher allein als in einem Team arbeiten müssen. Andererseits kann ein Personalwechsel ggf. mit weiteren Änderungen auch eine positive Wirkung auf die Sicherheit haben. Gegenwärtige Methoden zur Berechnung von Belegschaftsstärken beinhalten Arbeitsauslastungs- und Zeitablaufanalysen, sowie allgemeine Erfahrungswerte. Zum besseren Verständnis der Zusammenhänge von Personalausstattung und deren Wirkung auf die Sicherheit ist zusätzliche Forschung erforderlich.

Bedienerqualifikationen und Geschicklichkeit

36. Für Mitarbeiter aller **Ebenen** ist es wichtig, die Verantwortung für ihre Aufgaben (für die sie rechenschaftspflichtig sind), sowohl als Individuen als auch als Teil einer Mannschaft zu übernehmen. Die Erfahrung zeigt, wenn eine Organisation ihren Mitarbeitern Verantwortung in einer Atmosphäre von Vertrauen überträgt und die notwendigen Hilfsmittel zur Verfügung stellt, die Individuen Entscheidungen treffen und oft besser funktionieren als man es erwarten würde.

37. Der Bediener sollte die Übersicht über die laufenden Aktivitäten in der Anlage haben. Wenn ein Bediener eine solche Übersicht hat, kann er/sie besser auf **abnorme** Ereignisse reagieren; wenn automatische Sicherheitsvorrichtungen ausgelöst werden, ist sich der Bediener bewußt, welche Systeme laufen und kann sich ein umfassendes Bild vom Zustand der Anlage machen. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß fortgeschrittene Rechnersysteme ein globales Bild des **Zustands der Anlage** geben und Bedienern bei **abnormen-** oder Notfall-Situationen helfen können.

38. Die Wahrnehmung des Bedieners, besonders im Hinblick auf das Treffen von Entscheidungen in Notfall-Situationen, ist ein wichtiger Faktor in der **Betriebs-sicherheit**. Die Wahrnehmungen werden durch vorher erworbene Informationen und das bestehende Verständnis über das System beeinflusst. Die Wahrnehmungen können damit komplex, ungewiß und von zahlreichen Verzweigungen abhängig sein. Eine hinreichende Anzahl von Übungen sollte von den Bedienern ausgeführt werden, um Notfall-Situationen zu verstehen und richtig reagieren zu können.

39. Es wurde die Bedeutung der Ausbildung und des Trainings des Bedienpersonals und anderer betont, sowohl hinsichtlich der Anfangsausbildung als auch des kontinuierlichen Trainings um sicherzustellen, daß die Angestellten die notwendigen Verfahren beherrschen und bei Abweichungen sich richtig verhalten können. Um effektiv zu sein, sollte das Training in einer Sprache, welche das Personal versteht, erfolgen und sich sowohl auf allgemeine Informationen zu dem Verfahren als auch auf die spezifischen Informationen, die in der persönlichen Verantwortung liegen, beziehen. Effektive Ausbildungsprogramme helfen dem Bediener unter anderem zu verstehen:

- die Anlage, das Verfahren;
- mögliche Abweichungen von normalen Zuständen;
- Wahrscheinlichkeiten für andere **abnorme** Situationen;
- Strategien zur Überwindung **abnormer** Situationen.

Das Personal sollte hinsichtlich aller Aspekte der Risikovermeidung und -milderung ausgebildet werden.

40. Die Ausbildungs- und Trainingsprogramme sollten nach den Umständen des Einzelfalls ermittelt, ihre Effektivität kontinuierlich überprüft und ggf. angepaßt werden. Viele Firmen gehen jetzt dazu über, die Beziehung der Mensch-Maschine-Schnittstelle zu analysieren, um die Prioritäten für Trainingserfordernisse zu bestimmen.

41. Bei der Entwicklung und Einführung von Trainingsprogrammen sollten die effektivsten Methoden für die betreffende Aufgabe gewählt werden. Zum Beispiel hat es sich gezeigt, daß Bediener-zu-Bediener-Training eine effektive Methode ist, ebenso on-line-Training und die Verwendung von elektronischen Simulationsmodellen. Die Trainingsprogramme sollten bei den Bedienern ein Beitrag zur Vertrauensbildung leisten, auch um Entscheidungen des übergeordneten Personals oder von automatischen Systemen in Frage zu stellen, wenn es für die Sicherheit wichtig erscheint.

42. Es wurde ausgeführt, daß es bei der Anwendung moderner **automatischer** Systeme zunehmend schwieriger ist, die manuellen und kognitiven Fähigkeiten zu entwickeln und aufrechtzuerhalten, um die Meß- und Regelaktionen der Automatik im Betrieb nachzuvollziehen. Simulatortraining kann dazu beitragen, diese Situationen zu meistern. Gleichwohl jede Einrichtung ihre spezifischen Merkmale hat, was zur Überzeugung Anlaß geben könnte, daß jedes Simulatortraining nur für diese spezifische Einrichtung erstellt werden muß, sei darauf hingewiesen, daß es Modelle für allgemeine Grundoperationen der Verfahrenstechnik gibt. Diese können in vielen Kombinationen zur Verfügung gestellt werden, um Auszubildende in verfahrenstechnischen Grundoperationen zu unterrichten. Neuere Simulator-Trainings-Konzepte arbeiten mit online Zugang zu den Ausbildungszentren von entfernten Workstations. Dies könnte von besonderem Interesse für die kleinen und mittelgroßen Unternehmen (Billiglösung) sein. Es wurde ausgeführt, daß noch viel Forschung benötigt wird, um den Gebrauch von Simulatoren zu optimieren.

43. Workshop-Teilnehmer betonten den Bedarf für ein verbessertes Training und Ausbildung von Ingenieuren und anderen, die für die Konzeption, die Auslegung und den Bau von gefährlichen Anlagen verantwortlich sind, um besser die Bedeutung der Anlagensicherheit, des Gesundheits- und Umweltschutz und der Prinzipien in inhärenter Sicherheit zu verstehen. Es wurde anerkannt, daß Universitäten in einigen Ländern angefangen haben, diese Konzepte in ihre Ausbildungspläne aufzunehmen. Allerdings sollten weitere Bemühungen unternommen werden, das Thema in Polytechnika und Universitäten in einem umfassenden Sinne zu implementieren, was den Studenten erlauben würde, die Notwendigkeit für einen integrierten Ansatz von Anlagensicherheit, Gesundheits- und Umweltschutz im Kontext allgemeiner Technikkonzepte zu verstehen (und nicht als isolierte Disziplinen).

44. Größere Firmen, Industrie- und Berufsverbände sowie andere spielen bei der Förderung von Sicherheitskonzepten und der Bereitstellung von Ausbildungs- und Trainingskapazitäten eine wichtige Rolle. Es wurde festgestellt, daß es für qualifizierte Ingenieure Kurse bei besonderen Ausbildungszentren und Ingenieurverbänden gibt.

45. Obwohl ein Bediener gut ausgebildet, informiert und durch ein gutes Sicherheitsklima motiviert sein kann, müssen dessen grundsätzliche physiologische und psychologische Grenzen berücksichtigt werden. Unter den **Faktoren, die das menschliche Leistungsvermögen** beeinflussen, ist der Leistungswille neben den

physiologischen Fähigkeiten und Fertigkeiten am wichtigsten. Faktoren, wie die individuelle Aufnahmemöglichkeit, Gruppendenken, Selbstschutz und Verlust von gutem Willen beeinflussen direkt die Leistungsfähigkeit des Bedieners. Es ist sehr schwierig zu messen oder zu prognostizieren, wie solche Faktoren Einfluß auf eine konkrete Situation ausüben können.

Regelungen und Überwachung

46. Vertreter mehrerer Ländern als auch der Europäischen Kommission, beschrieben ihre regulativen Systeme und administrative Praxis zur Verbesserung der Sicherheit. Die üblichen Ansätze umfassen die Anforderungen an die:

- Identifizierung und Erfassung (Benachrichtigung) von gefährlichen Einrichtungen,
- Risikoabschätzung,
- Entwicklung von Sicherheits-Management-Systemen,
- Notfallplanung und der Unfallmeldung,
- Information der Öffentlichkeit,
- Inkraftsetzung von Überprüfungs- und Kontrollsystemen,
- Dokumentation der zugrundeliegenden Betriebs- und Bedienerkonzepte.

Anmerkung:

Der europäische regulative **Ansatz** mit der „Seveso-II-Richtlinie“ umfaßt als neue **Anforderung** die Beschreibung der Anlage und Verfahren im Rahmen eines Sicherheitsberichts als Bestandteil eines Sicherheits-Management-Systems. Dies umfaßt die folgenden mit dem menschlichen Faktor zusammenhängenden Anforderungen:

- Identifizierung und Auswertung von größeren Gefahrenpotentialen;
- Betriebsüberwachung;

- Management bei Änderungen;
- Notfallplanung;
- Überwachung;
- Revision und Überprüfung.

In den Vereinigten Staaten erfolgt die regulative Überwachung in erster Linie durch zwei Behörden, die EPA und OSHA, insbesondere durch Rechtsvorschriften wie „Gesetz über Luftreinhaltung (Clean Air Act)“, dem „Anlagensicherheitsprogramm“ der OSHA und das „[Risikomanagementprogramm](#)“ der EPA. Diese Regulierungen reflektieren einen ganzheitlichen Ansatz zum chemischen Sicherheitsmanagement und umfassen Elemente wie Bedienerausbildung und Verfahren.

47. Eine Aufgabe der regulierenden Behörden zur Förderung der Prozeßsicherheit besteht darin, Anleitungsmaterial, z. B. zur Auswertung von Sicherheits-Management-Systemen, zur Verfügung zu stellen. Solches staatliches Anleitungsmaterial und entsprechendes von Berufsverbänden kann kleinen- und mittleren Unternehmen dabei helfen, die Programme einzuführen und deren Erfolg zu überprüfen.

48. Ebenso bestehen Aufgaben für Dritte, wie industrielle Institute für Anlagensicherheit, Überwachungsorganisationen und anderen, die Sicherheits-Management-Systeme im Einzelfall zu bewerten, nicht nur vor dem Hintergrund inwieweit sie bestehende Regelungen erfüllen, sondern auch zur Identifikation von Mängeln, die durch verbessertes Training abgestellt werden können.

49. Weitere Bemühungen sollten übernommen werden, um zu entscheiden, wie Versicherungsgesellschaften durch wirtschaftliche Anreize (z. B. niedrigere Prämien) die Sicherheitsleistung verbessern können, die auf der Grundlage von Sicherheitsrevisionen, guter Sicherheitspraxis oder der Anwendung von sicheren Anlagenauslegungsprinzipien basieren. Versicherungsgesellschaften sollten die Fähigkeit entwickeln, solche Sicherheitsrevisionen zur Überprüfungen von Sicherheitspraxen und Anlagenauslegung selbst durchführen zu können.

Interne/externe Kommunikation

50. Effektive Kommunikation zwischen dem Management, anderen Angestellten und Vertragsunternehmern, die in einer gefährlichen Anlage zusammen arbeiten, ist notwendig. Die Bedeutung eines Dialogs zwischen den Betreibern und den lokalen Behörden wurde zunehmend erkannt. Es sollte darauf geachtet werden, sicherzustellen, daß wichtige Kommunikationsverbindungen nicht durch Sprachunterschiede oder unter der Annahme leiden, daß es den Angestellten oder Vertragsunternehmern egal ist oder die relevanten Fakten nicht verstanden werden.

51. Es wurde die Bedeutung der Bereitstellung von aktiver und passiver Information über gefährliche Anlagen für die Öffentlichkeit sowie zur Mitwirkung insbesondere bei der Gefahrenabwehrplanung betont. Es wurde festgestellt, daß eine wohlunterrichtete Öffentlichkeit direkt zur Verbesserungen bei der Unfallverhütung, Vorbereitung und Abwehr führen kann. In diesem Zusammenhang sollte die Öffentlichkeit nicht nur Zugang zu den Informationen über die gefährliche Anlage, die den Behörden vorliegen, haben (passive Information), sondern auch Informationen in Form von Prospekten oder Flugblättern über die Produkte, mögliche Freisetzungen, die ein Risiko für die Öffentlichkeit darstellen sowie über entsprechende Verhaltensweisen für den Notfall erhalten (aktive Information). Das Ziel ist die Entwicklung einer Partnerschaft, Vertrauensbildung und die Einbeziehung der lokalen Gemeinschaft, bevor ein Unfall stattfindet. Dies ist im Zusammenhang mit der Notfallplanung besonders wichtig. Die Information der Öffentlichkeit ist eine gemeinsame Verantwortung von Behörden (einschließlich lokaler Gemeinden) und den dazugehörigen Firmen.

52. Die Erfahrung hat gezeigt, daß eine wechselseitige Kommunikation von Betreibern und Gemeinschaft sehr nutzbringend ist. Eine wohlunterrichtete Öffentlichkeit wird überdies verstehen, welche Aktionen im Notfall ausgeführt werden müssen und bereitwillig den Anweisungen folgen. Die Fähigkeit der Öffentlichkeit, technisch komplizierte Fragestellungen zu verstehen, sollte nicht unterschätzt werden. Das Ziel sollte sein, die lokale Gemeinschaft in einen Dialog einzubinden bevor ein Unfall stattfindet, dies begründet eine Partnerschaft und schafft Vertrauen.

53. Die Kommunikation innerhalb der Firma, zwischen Behörden und der Öffentlichkeit, kann durch staatliche Vorgaben (z. B. community right-to-know), Initiativen von Industrieverbänden (z. B. das CARE-Programm der chemischen

Industrie) oder durch spezielle Unternehmensinitiativen als Partner in der Gemeinschaft gefördert werden.

54. Die systematische Analyse von Unfällen, Ereignissen und anderen Betriebsstörungen kann einen großen Wert haben und sollte durchgeführt werden. Dies bezieht sich auf das Sammeln aller relevanten Informationen über die Abweichungen in ihrem Zusammenhang und die sorgfältige Analyse durch erfahrene und fähige Experten. Dies erleichtert den Vergleich der Ergebnisse und das Lernen aus Unfällen.

Empfehlungen

55. Der Workshop erreichte Übereinstimmung zu folgenden Empfehlungen für die künftige Arbeit. In vielen Fällen richten sich die Empfehlungen nicht an eine besondere Partei oder Gruppe, die die alleinige Verantwortung für die Umsetzung übernehmen sollte. Nichtsdestoweniger beschloß der Workshop, daß diese Empfehlungen für die Verbesserung der Sicherheit sehr bedeutsam sind und Anlaß für weitere Überlegungen im Rahmen der OECD und anderer Foren geben sollte, die erwünschten Ziele mit Nachdruck zu verfolgen.

56. Weitere Forschung ist erforderlich um zu verstehen, wie Bediener und Andere normale, abweichende und Notfallsituationen wahrnehmen, verstehen und darauf reagieren. Überdies sollten Modelle oder Methoden entwickelt werden, die den Einfluß der verschiedenen Faktoren auf das menschliche Leistungsvermögen erklären und das Verständnis des Erkennungsprozesses verbessern können. Die Fragestellungen lauten:

- wie reagieren Bediener auf vielfache Alarmsignale;
- welche Signale sind am wahrscheinlichsten, um entsprechende Reaktionen auszulösen;
- wie reagieren Betreiber auf **abnorme** Ereignisse, die nicht vorausgesagt worden sind;

- andere Beschränkungen bei der **Informationsverarbeitung** durch Menschen unter Belastungszuständen, die in einer Anlage unter **abnormen** Zuständen auftreten können.

57. Weitere Forschung sollte über die Wirksamkeit von Sicherheits-Management-Systemen, einschließlich der Indikatoren zur Messung der Sicherheit unternommen werden¹. Spezifische Fragestellungen sind wie man:

- **Managemententscheidungen** zur Festlegung der Personalstärken verbessern kann;
- ein entsprechendes Gleichgewicht zwischen Automation und Einbindung des Bedieners bei gegebener Situation erreicht.

Solche Forschung sollte **Industriepraxis** berücksichtigen.

58. Das Management sollte Vorsorge treffen, daß bei sicherheitsbedeutsamen Arbeiten die Tätigkeiten nicht zu routiniert und die Verantwortlichkeit zu unbedeutend sind. Dies ist möglich, zum Beispiel durch sorgfältige Planung der Schichtbesetzungen (z. B. unter Berücksichtigung der speziellen Fähigkeiten des Bedieners) und durch job rotation.

59. Vor dem Hintergrund des zunehmenden Gebrauchs von komplizierten Rechnersystemen sollte Forschung unternommen werden, wie solche Systeme

¹ Beispiele von Quoten oder Indikatoren, die benutzt werden, um Sicherheitsleistung zu messen, umfassen:

- **Unfallhäufigkeit** ist der Prozentsatz an Toten und Verletzten pro 1 Million Arbeitsstunden

$$\text{Unfallhäufigkeit} = (\text{Anzahl Tote und Verletzte} / \text{gesamte Arbeitszeit}) \text{ mal } 1000$$

- **Unfallschwere** stellt die verlorenen **Arbeitstage** pro tausend **Arbeitsstunden** dar

$$\text{Unfallschwere} = (\text{verlorene Arbeitstage} / \text{gesamte Arbeitszeit}) \text{ mal } 1000$$

benutzt werden können, um die Sicherheit bei Auslegung und Betrieb von gefährlichen Anlagen sowie für die Ausbildung von Bedienern und Anderen genutzt werden können.

60. Verstärkte Bemühungen sollten übernommen werden, um das Verständnis über Konzepte zum „inhärent sicheren Design“ innerhalb Industrie und Behörden zu verbessern. Die Haupthindernisse für die Anwendung solcher Konzepte scheinen zu liegen:

- im allgemeiner Mangel an Bewußtsein oder Ausbildung,
- im Mangel an hinreichenden Verfahren und Methoden,
- in der Notwendigkeit den Nutzen solcher Konzepte nachzuweisen,
- im allgemeinen Konservatismus der [Ingenieurgemeinschaft](#) (die es vorziehen, Auslegungen zu benutzen, die in der Vergangenheit benutzt worden sind).

Um diese Konzepte zu benutzen, sollten sicherheitsbedeutsame Fragestellungen schon früh in der Projektkonzeption und -auslegung eingehen. Überdies scheint in einigen Fällen der Gebrauch dieser Prinzipien mit bestehenden Regelungen unvereinbar zu sein.

61. Weitere Bemühungen sind notwendig, um Mittel und Methoden zu entwickeln, Betriebskonzepte zu beschreiben.

62. Bemühungen sollten auch übernommen werden, die finanziellen Auswirkungen einer verbesserten Sicherheitskultur aufzuzeigen (davon ausgehend, daß solch eine Sicherheitskultur von finanziellem Nutzen für die Firmen ist).

63. Behörden, Industrieverbände und Andere sollten das den „human factor“ und Sicherheits-Management-Systeme betreffende Informationsmaterial austauschen und, im allgemeinen, zur verbesserten Sicherheit, Gesundheit und Umweltschutz bei gefährlichen Industrieanlagen kooperieren. Der systematische Austausch solcher Informationsmaterialien auf freiwilliger Grundlage sollte erleichtert werden.

64. Angesichts der anhaltenden Besorgnis um kleine und mittelgroße Unternehmen sollten gemeinsame Bemühungen zur Verbesserung der Kommunikation und Unterstützung unternommen werden. Ein spezifisches Gebiet, welches angesprochen wurde, war die Nutzung von Rechnern zur Verbesserung der Ausbildung in kleinen und mittelgroßen Unternehmen. Behörden, Industrieverbände und größere Firmen (im Sinne von Produktverantwortung und Responsible CARE) sollten an dieser Bemühung teilnehmen.

65. Obgleich es Verbesserungen bei der Aus- und Weiterbildung von Ingenieuren hinsichtlich des sicheren Betriebs von gefährlichen Anlagen gegeben hat, sind weitere Bemühungen notwendig. Verbessertes Sicherheitstraining für Chemiker ist ebenfalls notwendig. Auf der Grundlage einer Analyse der Notwendigkeiten auf diesem Gebiet, erscheint die Entwicklung von Hilfsmitteln zu Unterrichtung von Ingenieuren, Chemikern und anderen betroffenen Disziplinen erforderlich.

66. Vorschriften sollten dahingehend überprüft werden, ob sie die Anwendung von Anlagenauslegungen (wie die, die hinsichtlich des Konzepts inhärent sicherer Prozesse beschrieben werden) behindern können. Die Vorschriften sollten außerdem überprüft werden, inwieweit sie den Gebrauch von **zusätzlichen Sicherheits-einrichtungen** verlangen, die offenkundig unnötig sind, wenn sich das Design verändert.

67. Die Industrie sollte ermutigt werden, einen Dialog mit ihren lokalen Gemeinschaften sowie ihren Vertretern zu beginnen, um sicherzustellen, daß die potentiell betroffenen Öffentlichen gut über die in der Anlage ablaufenden Verfahren, Maßnahmen der Vorsorge und Gefahrenabwehr unterrichtet sind. Speziell sollten die Firmen ermutigt werden, lokale Bürger in den Betrieb einzuladen und lokale Verbindungsgruppen zu fördern.

68. Zur Sammlung, Analyse und Austausch von Ereignisdaten sind weitere Bemühungen erforderlich. Dies sollte in geordneter Form erfolgen, um bedeutsame, vergleichbare Ergebnisse zu erhalten und aus Erfahrung lernen zu können. Lehren aus Unfällen und Beinaheunfällen sollten systematisch gesammelt, ausgewertet und verteilt werden.

69. Betreiber von gefährlichen Anlagen, Industrieorganisationen, Behörden und Andere sollten Überlegungen zur Schaffung eines Klimas des Vertrauens zur

freiwilligen Unterrichtung und Austausch von Information anstellen. In diesem Zusammenhang sollte man sich bemühen, die tieferliegenden Ursachen von Unfällen zu analysieren und solche Informationen für die Firmen und Behörden verfügbar zu machen.

Dr. Uth, UBA II.1.5, 15. Januar 98

Anlagen 3.1-3.6

Anlagen zu Kapitel 5 "Zusammenstellung des Forschungsbedarfs"

Feststellung von Leistungsgrenzen der Bedienperson in Prozeßleitwarten der chemischen Industrie und Untersuchung der Balance zwischen Überforderung und Unterforderung von Bedienern in weitgehend automatisierten Anlagen

Untersuchung und Definition von Leistungsgrenzen der Bedienpersonen in Leit-/Steuerständen von Prozeßanlagen der chemischen Industrie und der Beschreibung der notwendigen Balance zwischen Überforderung und Unterforderung dieses Bedienpersonals.

Dabei soll als erster Schritt versucht werden, anhand von Regelkreisen der Prozesse, die beobachtet bzw. beeinflußt werden müssen, diese Grenzen festzustellen und zu beschränken. Hierzu sollten die Erfahrungen aus der betrieblichen Praxis von Simulations-Prozessen erfaßt und systematisiert werden.

Folgende Randbedingungen sollten betrachtet werden:

- Komplexität der Regelkreise
- Automatisierungsgrad der Regelung
(Überwachung <> Prozeßsteuerungstätigkeit)
- Ausbildung der Bedienpersonen
- Weiterbildung der Bedienpersonen
- Darstellung des Prozesses und Eingriffsgestaltung

Notierung und Darstellung von Bedienaufgaben zur Erfassung der Bedienbelastung

Das Hauptproblem der Bedienerbelastung ist die Erfassung der Gleichzeitigkeit notwendiger Bedienhandlungen. Der Anlagenentwurf ist daran orientiert, für den Einzelkanal im Sinne eines Signalweges die Handbedienbarkeit zu konzipieren. Dagegen müssen für den Bediener Informationsübertragungsströme und Informationsverarbeitungskapazitäten bilanziert werden, d. h. die Summe der Anforderungen muß gegenüber seiner Leistungsgrenze bewertet werden.

Deshalb sind die Anforderungen zu erfassen und dazu ist eine Notierungsform zu entwickeln.

Ein möglicher Denkansatz könnte sein, für die ggf. notwendigen Bedienhandlungen eine funktionsorientierte Darstellung, ähnlich der geräteunabhängigen Darstellung der MSR-Funktionen in einem RI-Schema, zu entwickeln.

Vorstellungen zur Weiterentwicklung der Prozeßleittechnik für die Erhöhung der Bediensicherheit

Einleitung

Die Sicherheit gefährlicher Chemieanlagen gegen Störfälle ist nach jedem spektakulären Schadensereignis ein heiß diskutiertes Thema. Die Analyse der trotz Vorsorge dennoch eingetretenen Störfälle (ZEMA) zeigt, daß bei etwa einem Drittel aller Störfälle menschliches Versagen als entscheidende Ursache angesehen wird. Dabei ist das Versagen des Bedieners in einer Ausnahmesituation häufig nur die Folge von menschlichen Fehlern im Entwurfs- und Gestaltungsprozeß.

Die Experten für die Anlagensicherheit sind sich darin einig, daß die Sicherheit der Anlagen gegen Fehler durch die Bedienung zu den Schwachstellen gehört, bei denen Verbesserungen noch wirkungsvoll sind.

Unter Schirmherrschaft des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit fand 1997 in München ein OECD-Workshop² statt, auf dem der Stand der Technik zur Bediensicherheit erörtert wurde. Der Einfluß ausgeklügelter Automatisierungssysteme wurde dabei diskutiert und auch in den Schlußfolgerungen der OECD benannt (R. Mü, UBA).

Es bestand einhellig die Meinung, daß auf einen bedienenden Menschen auch in hoch automatisierten Anlagen nicht generell zu verzichten ist, da nur der Mensch die Fähigkeit hat, unvorhergesehene Situationen zu bewältigen. Um diese Fähigkeit gut auszunutzen, muß er aber für alle vorhersehbaren Funktionen die mögliche Unterstützung erhalten.

Prozeßleit- und Steuerungssysteme haben in den letzten Jahrzehnten eine Erhöhung der Zuverlässigkeit erfahren, die auf Seiten der Unternehmensleitung und der Verantwortlichen für die Anlagensicherheit noch nicht hinreichend gewürdigt werden.

² Organisation for Economic Co-Operation and Development

Niemand kommt im Alltagsleben auf die Idee, die Automatik einer Waschmaschine hinsichtlich Versagen der Füllstandsteuerung durch einen Menschen zu überwachen. Die Sicherung von gefährlichen Produktionsprozessen oder von Lagern mit gefährlichen Stoffen gegen Umweltschäden, mit Mitteln der Prozeßleittechnik ist nicht gleichermaßen akzeptiert, obwohl man bei solchen Anlagen ein ganz anderes Sicherheitsniveau der Steuerungen erwarten und erreichen kann.

Die Bedienung verfahrenstechnischer Anlagen erfolgt zunehmend auch in kleinen und mittleren Betrieben über Prozeßleitsysteme. Damit ist Informationsverarbeitungskapazität verfügbar, die man zielgerichtet für die Unterstützung des verbleibenden Bedieners nutzen kann und nutzen sollte. Für die Weiterentwicklung der Prozeßleittechnik in dieser Richtung werden fünf Themenkreise betrachtet.

Verbindung von Alarmsignalen mit Zeitangaben über den Handlungsspielraum

Die wesentlichen Informationen zur Aufforderung des Bedieners, in den Prozeß einzugreifen, sind Grenzwert-Überschreitungs-Signale. Es wäre wünschenswert, dem Bediener dazu eine Zeitangabe anzuzeigen, wie lange er sich um Prozeßstabilisierung bemühen kann und ab welchem Zeitpunkt er zwingend in die Notabfahrstrategie "fliehen" muß.

Erfahrungsgemäß treten die gravierenden Störungen mit langjährig erfahrenen guten Bedienern auf, die zu keiner Zeit den Gedanken aufgeben "ich kriege die Anlage wieder in den Griff". Für das Handeln unter Streß, wie in einer Havariesituation, zieht sich der Mensch auf Routineerledigung zurück, die Denkkapazität für strategische Entscheidungen wird zur Sicherung des Routineprogramms weitgehend ausgeschaltet. Die praktische Handhabung eines Störfalles verlangt aber häufig das Umschalten zwischen Stabilisierungsstrategie und Notabfahrstrategie. Nur wenn im Training auch dieses Umschalten geübt wurde, gibt es überhaupt eine Chance, daß ein solches Umschalten vollzogen wird. Anderenfalls wird mit einer der Strategien begonnen und nur diese abgearbeitet, dabei kann durchaus von vornherein die Notabfahrstrategie die Lösung der Wahl sein.

Die Angabe solcher Zeiten kann entweder auf pauschalen Schätzungen beruhen, oder es wird aus den Gradienten mit dem ein Prozeßmeßwert sich der Alarmgrenze nähert, eine solche Zeit berechnet.

Gegenwärtig wird diesem Problem durch zwei gestaffelte Grenzwerte, einen für Warnung und einen für automatische Notabschaltung Rechnung getragen. Es ist aber untersuchenswert, ob durch eine Zeitanzeige die Handlungsfähigkeit des Anlagenfahrers verbessert werden kann.

Zusammenfassung voneinander abhängiger Stelleneingriffe zu Gruppenbefehlen

Viele Handgriffe, sowohl zur Prozeßstabilisierung sowie auch zur Prozeßsicherung (Notabfahren) bestehen aus einer zwangsläufigen Kette von Einzeleingriffen, wie beispielsweise "Umschalten auf Reservepumpe" mit den Schritten

- Einschalten des Antriebs,
- Öffnen des druckseitigen Schiebers,
- Schließen des Schiebers an der gestörten Pumpe,
- Ausschalten des Antriebs der gestörten Pumpe,
- Schließen des saugseitigen Schiebers an der gestörten Pumpe.

Solche Handlungsketten sind im Zeitalter zuverlässiger Steuerungen mit einem Gruppenbefehl abrufbar. Schon vor 10 Jahren war das für die Steuerung von Untertage-Gasspeichern gängige Praxis (Wolf).

Bisher ist es in der Verfahrensindustrie selbstverständlich, daß nur Handeingriffe für die unmittelbaren Stellglieder vorgesehen werden. Das belastet ggf. den Bediener einerseits mit vielen nacheinander abzuarbeitenden Stelleingriffen, andererseits aber auch mit dem Lernaufwand für die notwendige zwangsläufige Reihenfolge. Der Steuerungs- und Planungsaufwand für die Zusammenfassung zu solchen als Gruppe abrufbaren Ketten ist kaum größer als der Aufwand für die aus Sicherheitsgründen zur Verhinderung von Fehlern in der Reihenfolge ohnehin zweckmäßigen und üblichen Verriegelungsschaltungen.

Informationsorientierte Präsentation des Anlagenzustandes

Bisher ist die Darstellung einer Anlage für die Bedienung nach DIN 28004 am Rohrleitungsschaltbild der Anlage orientiert. Das entspricht der in der Vergangenheit

selbstverständlichen physikalischen / maschinentechnisch / verfahrenstechnischen Ausbildung und Denkweise. Inzwischen wächst eine informatikorientierte Generation heran. Damit muß man die rohrlungsorientierte Präsentation des Anlagenschemas in Frage stellen, da das nicht mehr die selbstverständliche Grundlage des Gedankengebäudes ist. Man muß sich fragen, ob andere Formen einer signalflußorientierten Darstellung der Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Prozeßsignalen vielleicht zweckmäßiger sind. Natürlich haben solche Überlegungen zunächst einmal das Beharrungsvermögen des Gewohnten gegen sich. Man muß aber auch respektieren, daß das Durchdenken der signalmäßigen Abhängigkeiten größeren Planungsaufwand erfordert. Mit (Hof) liegt ein erster Versuch vor, wie eine solche Darstellungsweise aussehen könnte. Es ist zu erwarten, daß damit eine andere Qualität der Anlagenbedienung mit geringerem Lernbedürfnis über technisch-physikalische innere Zusammenhänge erreichbar ist.

Beratungssystem (Expertensystem) zur Interpretation von Signalursachen und -folgen

Zu vielen Signalen (Grenzwertüberschreitungen) sind ergänzende Informationen, wie "mögliche Ursachen,...mögliche Konsequenzen", aufzählbar. Im primitiven Falle wären diese als Bildschirmtext darstellbar. Dazu lagen in der Vergangenheit bereits ermutigende Versuche in einer Erdölverarbeitungsanlage vor. Entsprechend den inzwischen verbesserten Möglichkeiten der graphischen Darstellung auf Bildschirmen kann man sich vorstellen, daß die möglichen Ursachen und möglichen Konsequenzen als Signalwege in der Anlagendarstellung farblich und/oder durch Blinken geeignet hervorgehoben werden. Auch das setzt natürlich in der Planung ein viel gründlicheres Durcharbeiten des Prozesses voraus, als es heute zwingend ist.

Verbesserte Diagnose des Anlagenzustandes durch Prozeßmodelle

Die moderne Regelungstechnik hat wiederholt (Teil-) Prozeßmodelle zur Verbesserung der Signalgewinnung genutzt, wie z. B. Kalmánfilter oder Beobachter. Was für die Regelung nützlich war, könnte dem bedienenden Menschen genauso hilfreich sein. Dabei stellt man sich vor, daß die automatische Regelung für den bestimmungsgemäßen Betrieb einer Anlage entworfen ist, für den Menschen der Eingriff in ungewöhnliche (gestörte) Zustände oder Fahrweisen typisch ist. Es ist meines Erachtens noch nicht hinreichend betrachtet, inwieweit für den nicht bestimmungsgemäßen Anlagenbetrieb derartige Prozeßmodelle erarbeitbar sind.

Schlußfolgerungen

Die hier dargestellten Gedanken sollen eine Anregung sein, die Automatisierung nicht nur unter dem Blickwinkel ihrer Aufgabe, sondern auch als Werkzeug für die Bedienung im Sinne der Anlagensicherheit zu sehen. Sie sollten Darstellungen der automatisierungstechnischen Entwicklung, z. B. (Kel), ergänzen.

Prof. R. Müller, Februar 1998

Literatur:

(ZEMA):

Zentrale Melde- und Auswertestelle für Störfälle im Umweltbundesamt, jährliche Berichte über meldepflichtige Ereignisse nach § 11 Störfall-Verordnung.

(R.Mü) Müller, R.:

OECD-Workshop zur Bediensicherheit, Info-Brief der DECHEMA-Fachsektion Sicherheitstechnik Nr. 6, Nov. 1997, S. 3 – 4.

(UBA) Umweltbundesamt:

Workshop on Human Performance in Chemical Process Safety:

Operating Safety in the Context of Chemical Accident Prevention, Preparedness and Response, Texte 61/97.

(Wolf) Wolf, J.; Engshuber, M.:

Festlegung der minimalen Anzahl von Steuerelementen für Transport- und Speicheranlagen, msr Berlin 30 (1988) 4, S. 162 – 164.

(Hof) Hofmann, Th.:

Untersuchung zur aufgabenabhängigen Gestaltung des Informationsangebotes auf Bildschirmen in Prozeßwarten verfahrenstechnischer Anlagen, Dissertation TH-Leipzig 1987.

(Kel) Keller, D.:

Anforderungen an das Prozeßleitsystem der Zukunft, CHEManag 7 (1998) 1, S. 14.

Früherkennung der Annäherung an die Belastungsgrenze des tätigen Bedieners

Sowohl aus Gründen der direkten Belastung eines Bedieners (Operators) aus den Anforderungen der Anlage heraus als auch aus Belastungen, die von außen kommen (z. B. private Sorgen/Ängste, Konflikte mit Vorgesetzten, psychische Instabilität, katastrophale Vorkommnisse in der Anlage, Störung durch Fremdpersonal) kann der Bediener an seine Belastungsgrenze kommen, die zu Fehlhandlungen oder Versagen führen kann. Diese Grenze ist möglicherweise schwankend.

Es soll auf verschiedenen Ebenen untersucht werden, ob es direkte Früherkennungsmerkmale vor der Fehlhandlung gibt. Diese Merkmale können physiologisch sein oder auf der Reaktions- oder Verhaltensebene liegen.

Das ganze Spektrum möglicher direkter oder verdeckter Signale sollte evaluiert werden.

Ziel solcher Erkenntnisse ist es, präventive Maßnahmen zu entwickeln und zu ermöglichen.

Umkehrreaktionen

Die Erfahrung zeigt, daß als Bedienfehler Handlungen vorkommen, die das Gegenteil der Anweisung oder der zu ziehenden Schlußfolgerung ausführen. Es erscheint notwendig, in Auswertung entsprechender Störungen hier noch weitere Ursachenforschung durchzuführen. Dabei liegt die Vermutung nahe, daß die Untersuchung zu 5.5.2. dieses Problem mit einschließt.

Konsequenzen aus Ergebnissen der Dissonanzforschung

1. In der Sozialpsychologie wird im Fachgebiet Dissensforschung/kognitive Dissonanz u.a. auf unterschiedliche Arten von Dissonanzen hingewiesen:

- **Entscheidungsdissonanz**; wenn bei Handlungsalternativen auf die positiven der einen verzichtet und die negativen der anderen in Kauf genommen werden müssen, wobei diese Dissonanz dadurch verringert wird, daß die Attraktivität der Alternativen zugunsten der gewählten umverteilt wird. Beispiel: Verzicht auf Abfahren, um Anlage zu „retten“, um sie dann aber in der Regel gänzlich zu ruinieren.
- **forcierte Einwilligung**: die dann entsteht, wenn jemand in Erwartung von Lob oder Kritik sich insoweit diskrepant verhält, als diese Dissonanz um so größer wird, je geringer das Lob gewichtet wird. Beispiel: Wie vor, „Retter“ der Anlage als eigener Willensakt, wenn Nothalt lange hinausgezögert wird.
- **selektive Informationssuche**, die konsonante Informationen selektiert und dissonante vermeidet, allerdings mit einem Maximum an Dissonanz, ab der eine Entscheidung ernst und zwanghaft nicht mehr aufrecht zu halten ist.

All diese Dissonanzen interagieren obendrein und führen vermutlich dazu, daß die Anlagen wie bekannt nicht rechtzeitig abgefahren werden (Es sei denn, dies ist durch die Leittechnik ohne Eingriff von außen vorgegeben, z. B. Reaktorschnellabschaltungen).

Im vorliegenden Fall kann es also sein, daß jemand bei eingespielten Handlungsweisen solange bleibt und auf ein Umschalten auf die andere Handlungsalternative, nämlich Abschalten der Anlage, verzichtet, bis dieses Umschalten auf eine sichere Anlagenposition nicht mehr aufzuhalten ist. Dabei negiert er selbst schriftliche Anweisungen.

2. Indem jemand trotz entsprechender Bedienungsanleitungen geradezu das Gegenteil vollzieht, könnte u. U. ein typisches legasthenisches Verhalten vorliegen.

Aus der Legasthenieforschung gibt es für unseren Fall offensichtlicher Fehlbedienungen erstaunliche Parallelen. Aus der Legasthenieforschung ist bekannt, daß es insbesondere Schwierigkeiten bei der Auge-Hand-Koordination sowie bei der Verarbeitung der Reihenfolge im Wort gibt; hinzu kommen Schwierigkeiten bei der rhythmischen Wahrnehmung.

Als Erscheinungsbild äußert sich dies in typischen Buchstaben- und Zahlendrehern sowie deren Verarbeitung, wie die typischen Buchstabendreher oder die Spiegelbilder: b-d, g-b. Bei den Zahlendrehern kommen noch Rechenfehler hinzu, bspw. $48 + 4$ ist $= 88$, so daß mit $84 + 4$ zwar richtig gerechnet wurde, aber mit vertauschten Zahlen.

Im Effekt äußert sich dies z. B. dadurch, daß beim sog. Leselernprozeß der notwendige Wechsel zwischen anfänglich rechtshemisphärischen Aktivitäten (Formerkennung von Buchstaben) zu linkshemisphärischen Aktivitäten (Verknüpfung der einzelnen Buchstaben zu einem Wort mit dem entsprechenden Sinn) erhebliche Schwierigkeiten bereitet. Hinzu kommt, daß diese Legasthenie insbesondere im Schulalter auftritt. Sie wird in der Folgezeit durch „Erlernen von Leseergebnissen“ mehr und mehr verdeckt, so daß der Legastheniker in der Folgezeit nicht mehr als solcher sofort erkannt werden kann, weil er entsprechende Wortbilder eingeübt hat.

Problematisch ist dabei auch, daß der Legastheniker aus sich heraus ein Interesse daran hat, seine Legasthenie zu verbergen. Hinzu kommt, daß bis Mitte der 70er Jahre das Problem Legasthenie in den Schulen nicht als solches erkannt worden ist. Dies bedeutet, daß die jetzt 30- und 40jährigen u. U. einer Unterrichtsform unterworfen worden waren, die auf ihre Legasthenie gar nicht einging.

Im vorliegenden Fall könnten die typischen sog. „verbotenen Handlungen“ ihre Erklärung in einer nicht erkannten Legasthenie finden. Aufgrund der o. g. Eigenschaften bei den Schwierigkeiten beim Lesen/Schreibenlernen kann man Ähnlichkeiten entdecken, denen Bedienungsmannschaften von Risikoanlagen im Falle von Entscheidungen ausgesetzt sind. So besehen mag erklärlich sein, daß Hebel geradewegs umgekehrt bedient werden, als dies vorgeschrieben ist.

Ebenfalls Ausdruck von Legasthenie ist die erkannte Schwierigkeit, rechts und links koordinieren zu müssen, auch weil Linkshändigkeit oftmals mit Legasthenie gepaart ist. Hierzu ist daran zu erinnern, daß in Erziehung und Bildung bis in die 70er Jahre versucht wurde, bei angeborenen Linkshändern eine Rechtshändigkeit zu erzwingen. Auch daraus kann es u. U. zu Fehlhandlungen zwischen Recht/Links, Ja/Nein oder verbotenem/vorgeschriebenem Handeln kommen. Dies konnte z. B. in den USA validiert werden. Dort ist ersichtlich der Anteil der Linkshänder vergleichsweise zu uns sehr hoch, zumal in den USA Linkshändigkeit in der Schule nicht „ausgetrieben“ wurde.

Als Ursache dieser Legasthenie gibt es z. Z. keine einheitliche Meinung. Gleichwohl ist aus der Historie bekannt, daß erstmals 1975 in der Bundesrepublik auf die „Tragödie des gut begabten, aber legasthenischen Kindes“ aufmerksam gemacht worden ist. An wissenschaftlichen Ansätzen wird nun die sog. Milieu-Ursache, genetische Vorprägung, Durchblutungsschwierigkeiten während der Schwangerschaft etc. angenommen.

3. Mag sein, daß diese Hinweise uns als Techniker z. Z. noch fremd erscheinen. Gleichwohl gehe ich davon aus, daß vorgekommene und auch in ihrer Handlungsabfolge validierte Fehlhandlungen von der Sozialpsychologie erklärt werden könnten (Quelle: Frey und Greif, Hrgb. Psychologie Verlagsunion 1987 S. 147 ff.). So besehen müßte auch entschieden werden, ob u. U. gutachterliche Mittel hierfür akquiriert werden sollten. Gegebenenfalls könnte vorher untersucht werden, ob in anderen Bereichen, ggf. Reaktorsicherheitskommission oder Flugsicherheitskommission derartige Untersuchungen entweder von staatlicher oder privater Seite bereits durchgeführt worden sind.

Ich verhehle nicht, daß meine Vermutung zur Übertragbarkeit von Legasthenie auf Fehlverhalten in der Bediensicherheit erheblichen Untersuchungsbedarf auslösen würde. Da bislang aber noch keine eingängige Erklärung für offensichtliches Fehlverhalten vorliegt, wäre es den Versuch wert. Allerdings bedeutete eine Bestätigung dieses Effekts eine entsprechende Zugangsbeschränkung für die Beschäftigung an Risikoanlagen gleich welcher Art, ob nun herkömmlicher oder nuklearer Reaktor, ICE oder Flugzeug etc.

Dr. G. W. Sauer, 22. Juni 1998

**Projektbewertung - Protokoll der Beratung der ad-hoc-Gruppe zur
Projektbewertung am 16.03.1998**

Teilnehmer: Herr Dr. Uth, UBA
 Herr Dr. Müller, BASF
 Herr Guterl, BG Chemie
 Herr Dr. Pettelkau, BMU (zeitweise)
 Herr Prof. Dr. Müller (Vorsitz)

Zunächst gab Dr. Uth kurze Informationen zum Umweltforschungs-(UFO)-Plan 1998 mit der Position "Strategien zur Verhinderung von Fehlbedienung in verfahrenstechnischen Anlagen".

Für die Bewertung der eingegangenen Projekte verständigten sich die Anwesenden auf folgende Kriterienliste:

1. Neuheit - Bedarf
2. Umsetzbarkeit
3. Erledigen von Problemstellungen des OECD-Workshops
4. Erkennbarer Vorlauf hinsichtlich eines Lösungsansatzes
5. Praxistauglichkeit der angestrebten Lösung
6. Angemessenheit des angestrebten Ergebnisses zum Aufwand
7. Qualifikation des Antragstellers
8. Zuverlässigkeit des Antragstellers

Gegenwärtig liegen der Arbeitsgruppe 3 Projekte vor, nämlich

- BVCT Halle, Dr. Schmidt, Leitlinie für das Training ...
- BVCT Halle, Dr. Schmidt, TASC (Telematik-Ausbildungs- und Servicecenter)
- TU Berlin , Prof. Wozny, Wissensakquisition, Modellierung und Darstellung des Wissens ...

Prof. Müller informierte, daß darüber hinaus von ihm ein Projekt für eine Zeit nach dem Ausscheiden aus der Landesregierung Brandenburg vorliegt, das naturgemäß nicht in einer von ihm geleiteten Arbeitsgruppe bewertet werden kann. Er hat sich deshalb an die Vorsitzende der Störfallkommission gewandt.

Bewertung der einzelnen Projekte

1. Projektvorschlag "Leitlinie für das Training...."

Nach einer umfänglichen Diskussion zu den Begriffen "Training" und "Anlagenfahrer" wurde festgelegt, den Titel so zu verstehen, als hieße er "Leitlinie für das Training mit Simulation ..".

Die Kriterien 1 bis 3 sind zweifelsfrei mit ja zu beantworten. Zum Kriterium 4 wird eine schärfere Darstellung unter Vorgaben des Arbeitskreises für notwendig gehalten. Kriterium 5 wird mit ja beantwortet. Zum Kriterium 6 sind die Aussagen nicht detailliert genug, die Bearbeitungstiefe ist nicht erkennbar. Die Kriterien 7 und 8 werden zweifelsfrei mit ja beantwortet.

Neben der o. g. Änderung des Titels ist eine Präzisierung der Arbeit erforderlich. Insbesondere sind die Notwendigkeiten der Bearbeitungstiefe klarzustellen. Zweckmäßigerweise sollten auch die Forderungen an eine Leitlinie zur Nutzung von Trainingsanlagen von Prof. R. Müller vom 27.01.1998, aktualisiert am 18.03., Berücksichtigung finden.

Über den vorliegenden Projektvorschlag hinaus, wie ein Training nach dem Beschluß ein solches einzuführen, zu gestalten wäre, werden Aussagen für nötig gehalten, die firmeninterne Entscheidung, **ob** ein Training installiert wird, zu unterstützen.

Weiterhin ist darzustellen, daß es für das Projekt die Abbruchmöglichkeit nach einer

Teilleistung, nämlich dem Ergebnis der Ist-Stand-Analyse gegeben ist.

Da für die in diesem Kontext anstehenden Themen die notwendige interdisziplinäre Sachkenntnis de facto nicht institutionell etabliert ist, ist zu begrüßen, daß eine Evaluierung der Ergebnisse durch externe Gutachter zur Unterstützung der Vergabeinstitution gleich als Bestandteil des Projektes formuliert ist.

2. Projektvorschlag "TASC"

Die Kriterien 1 bis 5 sind mit ja zu beantworten. Zum Kriterium 6 ist zu sagen, daß der dargestellte Aufwand niedrig ist, da Ergebnisse anderer Projekte verwendet werden sollen.

An der Lösung muß ein Eigeninteresse der Chemie-Firmen und vermutlich des VCI bestehen. Es hat aber zweifellos Bedeutung für die Entwicklung und ist deshalb förderwürdig.

Das Eigeninteresse der Firmen sollte in einem entsprechenden Eigenanteil der Finanzierung seinen Niederschlag finden.

Ggf. ist der Anteil der für den hier in Rede stehenden Kontext wesentlichen neuen Erkenntnisse gesondert zu spezifizieren und nur dieser Teil als Projekt zu finanzieren.

3. Projektvorschlag "Wissensakquisition, Modellierung und..."

Die Kriterien 1 bis 3 werden erfüllt. Zum Kriterium 4 ist eine für den hier in Rede stehenden Kontext interessierende Lösung nur zum Teil erkennbar. Der Anteil von Fragestellungen, die unmittelbar mit der Bediensicherheit zusammenhängen, ist zu klein. Es ist wünschenswert, diesen Anteil deutlicher herauszuarbeiten.

Zum Kriterium 5 ist noch nicht erkennbar, wie die Lösung tragfähig sein soll. Es handelt sich um wesentliche Grundlagenuntersuchungen, die im Sinne der Schaffung eines Kompetenzzentrums durchaus wünschenswert sind. Zum Kriterium 6. ist festzustellen, daß ein zu großer Anteil durchaus wichtiger Grundlagen dargestellt wird, die wesentlich breiter sind, als für die Bediensicherheit notwendig. Wichtige Ansätze sind nicht hinreichend über die Bedeutung für die universitäre Ausbildung hinaus dargestellt.

Einordnung der vorliegenden Projekte in Prioritäten:

(eins entspricht höchste Priorität)

Dem Projektvorschlag "Leitlinie für das Training" wird unter Voraussetzung der diskutierten Modifikationen die Priorität 1 (höchste Priorität) zugeordnet. Dem Projektvorschlag "TASC" wird die Priorität 3 zugeordnet. Dem Projektvorschlag "Wissensakquisition und Modellierung" wird die Priorität 3 zugeordnet.

Diskussion zu den Altprojekten:

Im Jahre 1996 wurden der Störfall-Kommission bereits mögliche Projekte zu dieser Thematik vorgestellt. Die Ergebnisse des OECD-Workshops haben keines dieser Projekte entbehrlich gemacht. In der Vorstellung vor der Störfall-Kommission ist bereits eine gewisse Bestätigung der Projekte zu sehen. Die Geschäftsstelle sollte die damaligen Antragsteller fragen, wie der Stand dieser Projekte ist, inwieweit die Aufgabenstellungen mit anderen Geldgebern bereits erledigt sind.

Bearbeitung von interessierenden Fragestellungen, zu denen kein Projektvorschlag vorliegt:

In der Ausarbeitung zur Auswertung des OECD-Workshops hat der Arbeitskreis deutlich gemacht, daß weitere Themen wichtig und interessant sind. Wegen der schon erwähnten Problematik, daß die interdisziplinäre Sachkenntnis in der notwendigen Tiefe nicht institutionell etabliert ist, wurde zunächst auf den Sachverstand von Projektantragstellern gesetzt.

Da das kein genügend breites Angebot gebracht hat, müssen Wege gesucht werden, wie weitere Themen einer Bearbeitung zuzuführen sind. Das betrifft insbesondere Themen aus dem Bereich der Prozeßleittechnik.

Prof. R. Müller, 17. März 1998

Anlagen zu Kapitel 7 “Sicherheitskultur”

Das Konzept der Sicherheitskultur

1. Ursprünge des Begriffes „Kultur“

In den Sozialwissenschaften gibt es eine lange, intensive und kontroverse Diskussion über den Kulturbegriff, allerdings nur in Bezug auf die allgemeinere Organisations- oder Unternehmenskultur. Das Interesse der Führungskräfte an Fragen der Unternehmenskultur hat sich seit 15 Jahren stark erhöht, angeregt durch den Erfolg des Buches „Auf der Suche nach Spitzenleistungen“ der Unternehmensberater Peters und Waterman, herausgegeben 1984.

In diesem Buch wird dargestellt, daß die sogenannten „weichen Faktoren“ im Unternehmen für den Erfolg eines Betriebes besonders zentral seien.

Was den Begriff „Sicherheitskultur“ betrifft, so tauchte er meines Wissens erstmals im Umfeld der Sicherheit von Kernkraftwerken auf, allerdings ohne jeden Bezug auf sozialwissenschaftliche Diskussionen. In dem in diesem Zusammenhang wichtigsten Artikel „Safety culture – A report by the International Nuclear Safety Advisory Group (1991)“ wird der Eindruck nahegelegt, daß Sicherheitskultur erstmals und völlig neu beschrieben wird.

Festzuhalten ist, daß mit dem Begriff Sicherheitskultur eine Eigenschaft der Unternehmenskultur zur eigenen Kulturebene erhoben wird, während Subkulturen im Rahmen des ursprünglichen sozialwissenschaftlichen Konzeptes auf Personengruppen bezogen waren. In Bezug auf die Sicherheit wäre von einer sicherheits- oder risikoorientierten Unternehmens- oder Organisationskultur zu sprechen.

Dieser Unterschied wird in seinen Konsequenzen für diagnostische und maßnahmenorientierte Aspekte im folgenden noch zu diskutieren sein.

2. Die konkurrierenden Grundkonzepte

In der sozialwissenschaftlichen Literatur konkurrieren zwei grundlegend verschiedene Ansätze. In Bezug auf die Sicherheitskultur werden diese unterschiedlichen Herangehensweisen bisher nicht thematisiert. Sie drücken sich höchstens im Unterschied aus zwischen den Versprechungen von Unternehmensberatern einerseits, die sich kompetent genug sehen, erfolgreiche Interventionen durchzuführen und den psychologischen Beratern andererseits aus, die es nur für seriös halten, im Rahmen von Organisationsentwicklungsmaßnahmen für kulturelle Merkmale sensibel zu machen, ohne garantieren zu können, daß diese Bewußtmachungs- und Rückkoppelungsprozesse zum erwünschten Ziel führen werden. Letztere bezweifeln auch, ob massive „Re-ingeneerings-Maßnahmen“ überhaupt zum Erfolg führen können.

2.1 Der „Metaphernansatz“

In dem Metaphernansatz wird das ganze Unternehmen als eine gemeinsam konstruierte Wirklichkeit gesehen. Die Organisation oder das Unternehmen ist also eine Kultur, die sich zwar ständig wandelt, aber nur sehr schwer von außen zu beeinflussen ist.

2.2 Der „Merkmal“ oder „Variable“-Ansatz

In dem Merkmal-Ansatz sieht man Kultur als ein Merkmal neben anderen Merkmalen einer Organisation an. Eine Organisation hat Kultur. Diese dient u. a. der Integration, Koordination und Motivation der Organisationsmitglieder und kann grundsätzlich auch „gemacht“ werden oder durch Intervention kurzfristig gezielt verändert werden.

Auch Berater im Bereich von Sicherheit und Gesundheit praktizieren diese Ansätze. Als „Gärtneransatz“ ist die Betonung des Vorbildes beim sicheren Verhalten zu sehen. Nur der Autonomieansatz wird meiner Meinung nach von keinem, zumindest nicht offen vertreten. Allerdings hat man damit de facto als vorgegebenes Problem immer mehr zu tun, denn nämlich, wenn Deregulation und Outsourcing zu kleinen selbständigen Einheiten oder teilautonomen Gruppen führen.

Dabei können verschiedene Ansätze unterschieden werden:

2.2.1 Der „Macheransatz“

Kultur wird hierarchisch von oben gesteuert.

2.2.2 Der „Gärtneransatz“

Ein langsames Vorgehen in dem Sinne wird bevorzugt, daß das Wachstum bestimmter „Pflanzen“ gefördert, bzw. gebremst wird.

2.2.3 Der „Krisenansatz“

Dieser Ansatz bevorzugt drastische Einschnitte, wie zum Beispiel den Austausch von Verantwortlichen im Topmanagement nach unerwünschten Ergebnissen oder Ereignissen.

2.2.4 Der „Autonomieansatz“

Dieser Ansatz verzichtet weitgehend auf eine direkte Steuerung und empfiehlt Freiräume, innerhalb derer sich im Unternehmen Subkulturen bilden können. Im Gegensatz zu den anderen Ansätzen, die eher die Philosophie haben, daß einheitliche Organisationskulturen Erfolg und Überdauern einer Organisation sichern, geht dieser Ansatz davon aus, daß eher ein Mischkulturenansatz, der auch konkurrierende Mittel beinhalten kann, Erfolg und Überdauern sichert.

3. Definitionen oder Beschreibungen?

Organisations-, Unternehmens-, aber auch Sicherheitskultur werden so weitreichend beschrieben, daß sich die Frage aufdrängt, ob das überhaupt noch eine Definition ist. Im folgenden werden einige „Definitionen“ als Zitat aufgelistet:

3.1 Edgar H. Schein, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology: Organizational Culture:

„Culture can be defined as

- a) a pattern of basic assumptions,
- b) invented, discovered, or developed by a given group,
- c) at it learns to cope with its problems of external adaption and internal integration

- d) that has worked well enough to be considered valid and,
- e) is to be taught to new members as the
- f) correct way to perceive, think, and feel in relation to those problems“.

3.2 Safety Culture - A report by the International Nuclear Safety Advisory Group, 1991:

„Safety culture is that assembly of characteristics and attitudes in organisations and individuals which establishes that, as an overriding priority, nuclear plant safety issues receive the attention warranted by their significance“

3.3 UK's Advisory Committee on the Safety of Nuclear Installations: Third report „Organising for safety“:

„The safety culture of an organisation is the product of individual and group values, attitudes, perceptions, competencies, and patterns of behaviour that determine the commitment to, and the style and proficiency of, an organisations health and safety management.“

3.4 Grote und Künzler (1995)

„Sicherheitskultur ist die Gesamtheit der von allen Mitgliedern einer Organisation geteilten sicherheitsbezogenen Grundannahmen, Werte und Normen, die ihren Ausdruck im konkreten Umgang mit Sicherheit, aber auch in allen anderen Funktionsbereichen der Organisation finden“.

3.5 Pidgeon, Stone, Blockley and Turner, 1990:

„Sicherheitskultur ist die Gesamtheit der Normen, Einstellungen sowie der sozialen wie technischen Praktiken innerhalb einer Organisation, die darauf abzielen, Beschäftigte, Manager, Kunden, Zulieferer und die Öffentlichkeit vor Unfällen zu schützen“.

3.6 Wilpert, 1991:

„Sicherheitskultur ist das geteilte Bewußtsein und das damit verbundene Verhalten aller Personen des Systems, das die Sicherheit des Gesamtsystems steigert“.

4. Wie werden diese Definitionen oder Beschreibungen in analytische oder diagnostische Konzepte umgesetzt?

Es gibt eine Vielzahl von Versuchen, die aufgeführten Definitionen und Beschreibungen zu operationalisieren.

Die Mehrheit der Vorgehensweisen benutzt jedoch die folgenden 3 analytischen Hierarchieebenen.

- a) Die oberste Analyse-Ebene ist eine zusammenfassende Aussage zur Sicherheitskultur in allgemeiner Weise oder in quantitativer Abschätzung von zentralen Dimensionen der Sicherheitskultur. Keiner stellt eigentlich in Frage, daß es dabei um ein Konstrukt von „weichen Daten“ geht.
- b) Die unterste Analyse-Ebene enthält meist eine größere Anzahl von (relevanten) Indikatoren für die Sicherheitskultur. Meistens sind dies harte Daten, also nachvollziehbare und meßbare Details der Organisation. Ergebnis ist die mehr oder weniger detaillierte Aussage über einen „Sicherheitsstandard“. Selten werden auch detaillierte weiche Daten einbezogen.
Nicht immer wird diese Ebene auch direkt erfaßt, zum Beispiel bei Befragungsmethoden. Aber auch dann haben die Befragungsinhalte in der Regel einen postulierten Bezug zu Indikatoren.
- c) Auf der mittleren Analyse-Ebene wird versucht, die erhobenen Indikatoren danach zu beurteilen ob die formal vorhandenen Merkmale und Ausprägungen auch im Sinne einer Sicherheitskultur gelebt werden. Es herrscht mehrheitlich Einverständnis darüber, daß diese Ebene für eine Aussage über die Qualität einer Sicherheitskultur Voraussetzung ist. Denn man kann Sicherheitsanforderungen auch erfüllen und verwalten. Solange sie aber nicht positiv gelebt werden, markieren sie zwar einen bestimmten bürokratischen Typ von Sicherheitskultur, bedeuten aber nicht unbedingt eine gute Sicherheitskultur. Eine „gerichts feste“ Organisation muß nicht unbedingt auch eine gute Sicherheitskultur haben!

5. Methodische Prinzipien innerhalb der beschriebenen Analyse-Ebenen

5.1 Analyse-Ebene der Indikatoren für Sicherheitskultur (untere Ebene)

Kaum eine Vorgehensweise sammelt beliebig Indikatoren. Im einfachsten Fall legen „Experten“ fest, welche Merkmale der Organisation relevant sind. Aufwendiger sind „Experten-Ratings“: Mehrere Experten einigen sich darauf, was bedeutsame Indikatoren für eine gute Sicherheitskultur sind.

Häufig implizieren diese Checklisten von zu erfassenden Indikatoren bereits Wertungen bezüglich der Qualität der Sicherheitskultur. Es werden Mindestvoraussetzungen der Organisation benannt, die zwingend gegeben sein müssen, damit überhaupt eine positive Sicherheitskultur möglich ist.

Ein besonderes Vorgehen hat die Beraterfirma Arthur D. Little International. In einer Art von Kontrastanalyse werden sehr gute Firmen – es wird behauptet, daß alle sehr guten Firmen der Welt analysiert wurden – mit durchschnittlichen oder schlechten Firmen verglichen. Daraus werden Erfolgskategorien abgeleitet: die „best international practices“. Durch die Implikation, daß die von der Sicherheit her weltbesten Firmen auch in hohem Maße gelebte Sicherheit und einen sehr hohen Stand an Sicherheitskultur aufweisen (müssen), kann man alle sicherheitsrelevanten Merkmale und Maßnahmen herausarbeiten, die in schlechteren Firmen nicht zu finden sind. Durch diese implizite Bewertung von Vorhandensein und Ausmaß der gelebten Sicherheit besteht auch nicht unbedingt die Notwendigkeit, auf die mittlere Ebene zu gehen.

Ein Beispiel für diese Vorgehensweise ist im 1993 erschienenen Bericht über die Überprüfung der Organisation des Sicherheitsmanagements bei der Hoechst AG zu sehen.

5.2 Analyse-Ebene der „gelebten Sicherheit“ (mittlere Ebene)

Es gibt Analysen, in der nach umfangreichen und detaillierten Analysen auf der Indikatoren-Ebene mit wenig Worten und kaum nachvollziehbar geschlossen wird, daß nicht nur den formalen Anforderungen Rechnung getragen sei, sondern auch von der gelebten Sicherheit ausgegangen werden könne.

In den meisten Fällen werden aber Subdimensionen der Sicherheitskultur festgelegt. Zu finden sind zum Beispiel im schon genannten Bericht der International Nuclear Safety Advisory Group die 3 Dimensionen: Policy level commitment, managers' commitment und individuals' commitment. Auch an anderen Stellen der englischsprachigen Literatur taucht immer wieder das Merkmal des commitments auf. Hier ist zu berücksichtigen, daß der englische Begriff nicht nur das formale Einverständnis, sondern im hohen Maße auch ein emotionales Einverständnis beinhaltet.

Eine Analyserichtung arbeitet nur auf dieser mittleren Ebene. Ausgehend davon, daß Sicherheitskultur nicht direkt gemessen werden kann, wird versucht, das Resultat - das Sicherheitsklima - durch standardisierte Mitarbeiterbefragungen zu erfassen. Neben Commitment-Dimensionen werden hier auch Rollendimensionen als zentrale Größen für gelebte Sicherheit als Ergebnis von knapp 6000 Fragebogen ermittelt (siehe im einzelnen den Vortrag von Byrom und Corbridge im Berichtsband des OECD-Workshop on human performance in chemical process safety).

Solche Fragebogenmethoden können jedoch nur relative Urteile liefern. In Bezug auf bisherige Ergebnisse oder einer großen „Eichstichprobe“ rangiert die Qualität des Sicherheitsklimas auf einem bestimmten Niveau. Oder es wurde der Fragebogen wiederholt angewandt und eine Verbesserung oder Verschlechterung der Durchschnittswerte des Fragebogens konstatiert.

„Versuche mit standardisierten Fragebogen die Mitglieder einer Organisation beurteilen zu lassen, welche Werte im Unternehmen dominant sind, erscheinen kaum erfolgreich, da die vorherrschenden Wertorientierungen – von den Basisannahmen ganz zu schweigen – häufig nicht bewußt sind“ führt Professor Lutz von Rosenstiel, ein anerkannter Experte auf diesem Gebiet, aus.

5.3 Analyse-Ebene der Sicherheitskultur

Auf dieser Ebene sind mir nur sehr pauschale und beschreibende Formulierungen aus Berichten oder Literatur bekannt. Spätestens hier wird klar, daß der Kulturbegriff eine Worthülse darstellt oder – wie Prof. Wilpert schreibt – ein „Omnibusbegriff“ ist, der so attraktiv ist, weil damit eine holistische und integrative Sichtweise assoziiert werden kann und jeder damit etwas Positives verbinden kann.

6 Ein besonderes methodisches Problem, das durch den objektorientierten Begriff Sicherheitskultur hervorgerufen wird.

Einig ist man sich, daß eine Organisationskultur in der Regel auch Subkulturen beinhaltet. In der Realität gibt es kaum Betriebe mit einer homogenen Sicherheitskultur, sondern mit unterschiedlichen Subkulturen. Ein Produktionsbetrieb kann eine signifikant andere Sicherheitskultur haben als der Vertrieb und das Labor eines Betriebes. Wie soll man das beurteilen?

Etwa, indem man sagt, der Betrieb habe mehrere unterschiedlich gute Sicherheitskulturen und somit insgesamt eine nur mittlere?

7 Aus den Überlegungen zur Sicherheitskultur abzuleitende Interventionen

Aufbauend auf den unterschiedlichsten Analysestrategien zu den Indikatoren und Dimensionen von Sicherheitskultur gibt es noch viel mehr Rezepte, wie man Sicherheitskultur verbessern kann.

Auch hier soll Prof. Rosenstiel zitiert werden: „Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß es ein prägnantes und empirisch fundiertes „Veränderungswissen“ zur Gestaltung einer Unternehmenskultur bisher nicht gibt“.

8 Schlußfolgerungen zum Stellenwert der Sicherheitskultur im Rahmen der Konzeption zu Bediensicherheit

Anlaß für diese Synopse war die Frage ob, und wenn ja in welcher Weise Sicherheitskultur in das Konzept zur Bediensicherheit integriert werden könnte und sollte. Angesichts der geschilderten Komplexität, der analytischen Schwierigkeiten und der Unausgereiftheit des Sicherheitskulturkonzeptes wird von einer Einbeziehung abgeraten.

Dipl.-Psych. B. Ludborzs, September 1998

Ausarbeitung zum Thema "Sicherheitskultur"

1 Aufgabenstellung

Ausgelöst durch eine rege und kontroverse Diskussion im Arbeitskreis BEDIENSICHERHEIT, ob die Eingrenzung der Betrachtungsweise des Arbeitskreises auf die Schnittstelle Mensch/Technik unter besonderer Berücksichtigung der Leistungsgrenzen des Bedieners nicht zu eng gefaßt sei und ob sie um eine umfassendere Berücksichtigung der Sicherheitskultur erweitert werden müßte, wurden die Verfasser dieser Ausarbeitung beauftragt, als Diskussionsgrundlage eine Unterlage auf der Basis der bisher im Arbeitskreis verteilten Papiere zu erstellen. Dabei sollten die nachfolgend als Gliederungspunkte angesprochenen Themen behandelt und von einem realistischen Menschenbild ausgegangen werden.

2 Begriff "Sicherheitskultur"

Der Begriff "Sicherheitskultur" wird allgemein sehr weit ausgelegt und ist nicht einheitlich definiert. Zur grundlegenden Einführung in die Thematik wird hier vorrangig auf die Ausarbeitung von Herrn Ludborz "Das Konzept der Sicherheitskultur" verwiesen.

Als Basis für die weiteren Betrachtungen wird abgeleitet aus den bekannten Definitionen, die Sicherheitskultur verstanden als die im Bewußtsein aller beteiligter Personen verankerte Übereinstimmung in Hinblick auf die Sicherheit betreffende Werte, Normen und Grundsätze, aus der entsprechende sicherheitsgerechte Verhaltensweisen resultieren.

Angesichts der verschiedenen Aktivitäten in diesem Arbeitskreis und anderen Arbeitskreisen (z. B. Arbeitskreis MANAGEMENT-SYSTEME) wird zur Vermeidung von unkoordinierten Parallelentwicklungen eine weitere Eingrenzung der Thematik

vorgenommen. Es wird im wesentlichen das Verhalten der beteiligten Personen innerhalb bestehender Randbedingungen betrachtet. Im ersten Ansatz wird davon ausgegangen, daß die Anforderungen hinsichtlich Organisation und Management, Qualifizierung und Training sowie die Konzeption der Technik einschließlich der Schnittstelle zum Bediener an anderer Stelle ausreichend behandelt wurden oder noch werden. Will man die Sicherheitskultur umfassend betrachten, erscheint jedoch zu einem späteren Zeitpunkt ein Abgleich der verschiedenen von unterschiedlichen Arbeitskreisen behandelten Themen unumgänglich.

Der gewählte Ansatz berücksichtigt die in der Diskussion angesprochene Befürchtung, daß die verschiedenen Arbeitskreise jeweils ihre engeren Themenkreise behandeln und sich für die Sicherheitskultur als übergreifende Thematik niemand zuständig fühlt.

3 Indikatoren

Zugunsten einer besseren Übersichtlichkeit wurde darauf verzichtet, alle den vorhandenen Unterlagen entnehmbare Indikatoren aufzulisten. Die vorliegenden Indikatoren wurden vielmehr gesichtet, sortiert, zusammengefaßt und mehreren als Schwerpunkte erkennbaren Oberbegriffen zugeordnet. Entsprechend der eingangs vorgenommenen Eingrenzung werden hier die Indikatoren nicht berücksichtigt, die anderswo betrachteten Bereichen zuzuordnen sind, wie Organisation, Qualifikation und Training.

Die vorgegebene Unterscheidung in akzeptierte und einzuführende Indikatoren bereitete Probleme hinsichtlich des Verständnisses der Begriffe. Letztendlich wurden als dritte Variante die "sensibilisierenden" Indikatoren eingeführt und die Unterscheidung anhand den Kriterien "prüfbar", "forderbar", "umsetzbar" und "darstellbar" wie folgt vorgenommen:

Indikatoren	Kriterien	Gliederungspunkt	Korrespondierende Aktivitäten
akzeptierte	prüfbar forderbar umsetzbar darstellbar	3.1	keine, da gesetzliche oder untergesetzliche Vorgaben vorhanden
einzuführende	umsetzbar darstellbar	3.2	Regelungen denkbar oder daraus ableitbar
sensibilisierende	darstellbar	3.3	s. Punkt 4.1

Demnach weisen die sensibilisierenden Indikatoren auf Probleme hin, die als solche einen negativen Einfluß auf den sicheren Betrieb einer Anlage haben können, für die es aber noch keine anerkannten Lösungsansätze entsprechend den o. g. Kriterien gibt.

3.1 Akzeptierte Indikatoren

Akzeptierte Indikatoren lassen sich aus den rechtlichen Vorgaben problemlos ableiten. Beispielhaft werden hier nur einige wenige genannt:

- Wird die Betriebsvertretung vorschriftsmäßig beteiligt? (§§ 80, 83 BetrVG)
- Ist die Einbindung von Sicherheitsfachkräften in Investitionsentscheidungen gegeben? (§ 6 ASiG)
- Ist die Einbindung der Sicherheitsfachkräfte bei Planung und Beschaffung gesichert? (§ 5 VBG 1)
- Ist der Betriebsarzt bei Fragestellungen zur Sicherheit und zum Gesundheitsschutz in die Rundgänge eingebunden? (§ 3 ASiG)
- Werden die Mitarbeiter bei den Gefährdungsbeurteilungen nach dem Arbeitsschutzgesetz aktiv mit einbezogen? (§ 5 ArbSchG)
- Wird die PSA vorschriftsmäßig genutzt/getragen, wenn sie erforderlich ist? (§ 15 ArbSchG, div. UVV)

- Werden regelmäßige Kontrollen der Anlagensicherheit durchgeführt? (§ 6 Abs. 1 Ziffer 1 StörfallV)

3.2 Einzuführende Indikatoren

- Hat die Feststellung von Verstößen gegen interne Regelungen Konsequenzen?
- Werden Maßnahmen zur Qualitätssicherung im Bereich der Anlagensicherheit durchgeführt

und

beteiligt sich die Betriebsleitung an den entsprechenden Audits?

- Werden kritische Ereignisse im Betrieb wie Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebes, Beinaheunfälle und sonstige kritische Ereignisse erfaßt, diskutiert und daraus die notwendigen Maßnahmen abgeleitet?

3.3 Sensibilisierende Indikatoren

- Ist Bemühen um Verständnis für die Arbeitsprozeduren erkennbar?
- Besteht Wachsamkeit gegenüber unerwarteten Ereignissen?
- Wird bei Problemen innegehalten und über die richtige Vorgehensweise nachgedacht?
- Wird, wenn notwendig, um Hilfe nachgesucht?
- Legen Mitarbeiter Wert auf Ordentlichkeit, Pünktlichkeit und gutes Haushalten?
- Sind "shortcuts" zu beobachten?
- Werden selbstkritische, sicherheitsorientierte Fragen gestellt?
- Gibt es Motivationsstrategien zur Verbesserung von Sicherheit und Gesundheitsschutz?
- Finden neben den vorgeschriebenen Unterweisungen hierarchieebenenüberschreitende Sicherheitsbesprechungen statt, in denen Probleme offen diskutiert werden können?
- Spielen Fragen der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes bei Personalentscheidungen eine Rolle?

- Steht die Betriebsleitung den Mitarbeitern für Fragen zur Anlagensicherheit zur Verfügung, auch wenn die Fragen sich “nur” mit Kleinigkeiten befassen?
Lässt sie auch kritische Fragen zu?
- Führt die Betriebsleitung regelmäßig Begehungen durch und dokumentiert dadurch Interesse an der Anlagensicherheit?
- Versucht die Betriebsleitung den Mitarbeiter im Gespräch zu überzeugen und zu interessieren? Geht die Betriebsleitung mit gutem Beispiel voran?
- Legen Betriebsleiter und Mitarbeiter Wert auf Vollständigkeit und Genauigkeit bei Berichten? Wie ist der allgemeine Eindruck in der Anlage?
- Welchen Stellenwert hat die Sicherheit bei Zielkonflikten zwischen Sicherheit und Kosten bzw. Sicherheit und Produktion?
- Berücksichtigen Betriebsleitung und Kollegen persönliche (physische oder psychische) Problemlagen?
- Werden Maßnahmen ergriffen, um Streß bei großem Arbeitsanfall oder großer Arbeitsdichte zu vermeiden?
- Wird die persönliche Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter berücksichtigt?

4 Fehlende Gebiete

Die fehlenden Gebiete korrespondieren nach unserer Vorgehensweise mit den sensibilisierenden Indikatoren. Hier werden Themenkreise aufgelistet, die hinsichtlich der vorhandenen Sicherheitskultur und des sicheren Betriebs von Anlagen Probleme darstellen können, deren Lösung aber noch nicht allgemeingültig geregelt werden kann. Ungeachtet dessen sind bei entsprechender Sensibilisierung des Arbeitgebers oder Betreibers individuelle Lösungsansätze denkbar.

4.1 Themenkreise korrespondierend zu den unter 3.3 genannten Indikatoren

- “gelernte Sorglosigkeit”
- Motivation

- Vorgesetztenverhalten
- Personalwesen
- Persönliche Problemlagen wie Familienprobleme u. ä.
- Gesundheitliche Beeinträchtigungen
- Streßfaktoren

4.2 Themenkreise, die in 3 nicht angesprochen wurden

- Mobbing
- Gruppenverhalten
- Suchtprobleme
- persönliche Einstellungen wie Mut oder Angst

5 Erforderliche gesetzliche und untergesetzliche Regelungen

Ungeachtet der bestehenden Gesetze und sonstiger Regelungen läßt sich eine gute Sicherheitskultur nicht von außen oder per Gesetz anordnen. Sie muß gelebt werden. Somit können höchstens Randbedingungen geschaffen werden, die dafür sorgen, daß Defizite erkannt und erforderliche Maßnahmen eingeleitet werden.

Hier ist ein System denkbar, wonach anhand von auszuwählenden Indikatoren Problemfelder erkannt, die Ergebnisse in Audits, Gesprächsrunden oder auch Einzelgesprächen behandelt und möglicherweise unter Beteiligung von externen Fachleuten Wege erarbeitet werden, wie die erkannten Probleme anzugehen sind.

Diese Vorgehensweise einschließlich einer notwendigen "Glaubhaftmachung" könnte entsprechend geregelt werden. Ansätze dazu liefert u. a. das Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG), das von einem umfassenden Arbeitsschutzbegriff einschließlich der Betrachtung von psychischen Faktoren und der Betrachtung des gesamten Arbeitsumfeldes ausgeht. Es wäre zu prüfen, ob die o. g. Indikatoren nicht auch geeignet sind, um in eine Gefährdungsbeurteilung nach ArbSchG einfließen zu können.

Im Vollzug kann eine Einzelfalldenkwiese höchstes die Ausnahme darstellen. Es muß somit das Ziel sein, für alle Betreiber bzw. Arbeitgeber einheitliche Vorgaben zu schaffen. Hier ist zumindest hinsichtlich der Vorgehensweise eine allgemeingültige und anwendbare Lösung anzustreben, deren Einhaltung durch die jeweiligen Überwachungsbehörden überprüfbar ist.

RGD Dr. J. Baumanns, RGD H.-B. Hochgreve, 10. Februar 1999

**Gesellschaft für Anlagen-
und Reaktorsicherheit
(GRS) mbH**

Geschäftsstelle
Störfall-Kommission und
Technischer Ausschuß für Anlagensicherheit

Schwertnergasse 1

50667 Köln

Telefon (0221) 20 68 7 15

Telefax (0221) 20 68 8 90
