

Umweltforschungsplan
des Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit

Förderkennzeichen (UFOPLAN) 206 48 300

Einfluss menschlicher Faktoren auf Unfälle in der
verfahrenstechnischen Industrie

Kurzfassung

Impact of Human Factors on Accidents and Incidents in
the Process Industry

Summary

von

Dr. Babette Fahlbruch

Dr. Inga Meyer

Jörk Dubiel

TÜV NORD SysTec GmbH & Co. KG

Große Bahnstr. 31

22525 Hamburg

IM AUFTRAG

DES UMWELTBUNDESAMTES

Dezember 2007

Die in den Beiträgen geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

Herausgeber: Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
D-06844 Dessau-Roßlau
Tel.: 0340/2103-0
Telefax: 0340/2103 2285
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Fachgebiet III 1.2
Roland Fendler
Dessau-Roßlau, Dezember 2007

Einfluss menschlicher Faktoren auf Unfälle in der verfahrenstechnischen Industrie

Am 08. und 09. Mai 2007 fand in Potsdam der OECD/CCA-Workshop zum Thema „Einfluss menschlicher Faktoren auf Chemieunfälle“ statt. Die übergreifende Zielsetzung des Workshops war es, die Bedeutung von menschlichen Faktoren für die Leitung und den Betrieb von Anlagen, die der Seveso-II-Richtlinie oder vergleichbarem Recht unterliegen, aufzuzeigen. Dazu wurden fünf Themen diskutiert und Empfehlungen für „beste Praxis“ formuliert.

Dieses Vorhaben diente der wissenschaftlichen Vorbereitung der Themen des Workshops sowie der nachfolgenden Ausarbeitung derselben. Auf der Grundlage von ausführlichen Literatur- und Dokumentenanalysen sowie der Recherche zu Ereignissen und Beinahe-Ereignissen in Datenbanken sowie den Ergebnissen des OECD/CCA-Workshops werden in diesem Bericht relevante Aspekte der Beziehung zwischen menschlichen und organisationalen Faktoren (Human Factors) und Unfällen in der verfahrenstechnischen Industrie identifiziert und deren Potential zur Unfallverhütung dargestellt.

Generell versteht man unter Human Factors alle organisatorischen, umgebungs- und aufgabenbedingten Faktoren sowie individuelle und generelle Eigenschaften des Menschen, die den Umgang mit einer technischen Anlage beeinflussen. Beispielhaft für die verfahrenstechnische Industrie seien hier die Gestaltung von Maschinen, betrieblichen Prozessen und der Arbeitsumgebung bei der Produktion, Verarbeitung und Verwendung aber auch der Transport und die Lagerung von gefährlichen Stoffen genannt.

Die Aufdeckung möglicher Zusammenhänge zwischen individuellen, organisatorischen und technischen Faktoren gewinnt durch immer komplexer werdende Systeme auch weiterhin an Bedeutung. Denn je komplexer die technischen Systeme werden, desto mehr rücken die ebenfalls komplexer werdenden Interaktionen zwischen Mensch, Technik und Organisation in den Fokus von zentralen Sicherheitsfragen.

Folgende Themen wurden vom Planungskomitee des Workshops ausgewählt:

1. Arten menschlicher Fehler und Definition relevanter Begriffe
2. Bewertung von Sicherheitskulturen
3. Kompetenz im Thema menschliche und organisationale Faktoren
4. Zusammenwirken von Bedienern und Schutzsystemen
5. Menschliche und organisationale Faktoren im Alarmmanagement

Diese inhaltlichen Themenschwerpunkte wurden ergänzend zu den wissenschaftlichen Analysen in Form thematischer Sitzungen ebenfalls auf dem genannten OECD/CCA-Workshop diskutiert. Als Ergebnis konnten in den verschiedenen Sitzungen Empfehlungen entwickelt, abgestimmt und für die Ergebnisse dieses Vorhabens berücksichtigt werden.

Im Themenfeld „**Arten menschlicher Fehler und Definition relevanter Begriffe**“ wurden die Fragestellungen bearbeitet, welche Definitionen von menschlichen Fehlern und welche Kriterien für die Analyse von menschlichen Fehlern relevant sind. Auf der Grundlage dieser Ergebnisse kann dann ein Entwurf einer Liste relevanter Definitionen für „menschliche Fehler“ einschließlich Erläuterungen der darin verwendeten Begriffe für die OECD-Leitprinzipien zur Verhinderung, Bereitschaft für den Fall und Bekämpfung von Chemieunfällen /1/ erstellt werden.

Die Sammlung zeigt die Vielfältigkeit der verwendeten Definitionen relevanter Begriffe, die im Rahmen von Ereignisanalysen und in der Dokumentation von Ereignissen in der wissenschaftlichen Literatur und in den einschlägigen Ereignis-Datenbanken verwendet werden, auf.

Als Basis für die Zusammenstellung wurden Definitionen und Beschreibungen aus Gesetzen, Regelungen und technischen Standards der HSE, OECD, VDI, DIN EN, ISO sowie die Namur-Empfehlungen verwendet. Weiterhin wurden Berichte über Ereignisse und Beinahe-Ereignisse aus nationalen und internationalen Datenbanken wie beispielweise der MARS-(Major Accident Hazards Bureau)-Datenbank, der ZEMA-(Zentrale Melde- und Auswertestelle für Störfälle und Störungen in verfahrenstechnischen Anlagen) oder der NRC-Datenbank bezüglich der verwendeten Erfassung und Kategorisierung von Unfallursachen sowie Definitionen aus der Forschungsliteratur der Fachrichtungen Psychologie, Human Factors und den Organisationswissenschaften analysiert.

Die Zusammenstellung und Strukturierung von einschlägigen Definitionen aus verschiedenen Forschungsbereichen soll zur weiteren Harmonisierung der Terminologien und Definitionen bei der Analyse und Dokumentation von Beinahe-Ereignissen und Ereignissen in der verfahrenstechnischen Industrie beitragen sowie zur Verbesserung der Kommunikation zwischen den Beteiligten verwendet werden.

Insgesamt wurden zu 28 Begriffen die verwendeten Definitionen zusammengetragen, wovon 12 Begriffe spezifisch für den Bereich Ereignisanalyse und Dokumentation von Ereignissen relevant sind. Des Weiteren wurden Definitionen zu 16 Begriffen, die einen thematischen Bezug zu den Sitzungen des Workshops bzw. einen höheren Generalisierungsgrad aufwiesen, gesammelt.

In den insgesamt 124 analysierten Berichten zu Ursachen von menschlichen Fehlern wurden sehr unterschiedliche Formulierungen und Kategorisierungen zur Ursachenbeschreibung gefunden, so dass zum besseren Verständnis und zur klaren Abgrenzung zwischen den verschiedenen Begriffen sinnvoll erscheint, ein allgemein akzeptiertes Taxonomiemodell zu entwickeln.

Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass das Taxonomiemodell menschliche und organisationale Faktoren einbezieht, einen angemessenen Detaillierungsgrad bezogen auf die beteiligten Faktoren und die Ursachen erreicht und trotzdem für die Anwender handhabbar bleibt.

Da EU- und OECD-Mitgliedsstaaten Ergebnisse von Ereignisanalysen an die Datenbank MARS (Major Accident Reporting System) der EU-Kommission berichten sol-

len, empfahl der OECD-CCA-Workshop ein Taxonomiemodell zu menschlichen Faktoren in Verbindung mit dieser Datenbank zu entwickeln. Hierzu dürften die im Rahmen dieses Vorhabens zusammengestellten, bereits vorhandenen Begriffsdefinitionen und Überlegungen zu Taxonomiemodellen von Nutzen sein.

Im Themenfeld „**Bewertung von Sicherheitskulturen**“ sollte die Fragestellung bearbeitet werden, welche Ansätze, Methoden und Instrumente zur Bewertung von Sicherheitskulturen existieren und welche Schlüsselemente zur Beschreibung und Bewertung von Sicherheitskulturen identifiziert werden können. Dazu wurden zunächst existierende Ansätze, Methoden und Instrumente zur Bewertung von Sicherheitskulturen zusammengestellt. Von besonderer Bedeutung war in diesem Zusammenhang die Identifizierung von Schlüsselementen für die Beschreibung und Bewertung von Sicherheitskulturen, um auf dieser Grundlage Empfehlungen zu Bewertungskriterien für Sicherheitskulturen in der verfahrenstechnischen Industrie abzuleiten. Ein weiterer Fokus der Betrachtungen lag auf der Identifikation von relevanten Elementen und verschiedenen Entwicklungsstufen /2/ der Sicherheitskultur in Unternehmen.

In diesem Zusammenhang bleibt festzuhalten, dass es bis zum heutigen Zeitpunkt keine allgemein verbindlichen Empfehlungen über Methoden zur Bewertung und Sicherstellung von Sicherheitskulturen gibt. Trotz der weiten Verbreitung und der Verwendung des Begriffes Sicherheitskultur sowie der Betonung der Wichtigkeit dieser in Organisationen bleiben das theoretische Verständnis und die praktische Umsetzung des Konzeptes weiterhin vage.

Ein ungeklärtes Problem in der Literatur stellt nach wie vor die Beurteilung der Sicherheitskultur insbesondere in Abgrenzung zum Konzept des Sicherheitsklimas dar. Es werden zwar viele Schlüsselemente der Sicherheitskultur und ebenso viele verschiedene Instrumente zur Bewertung dieser vorgeschlagen, doch erweist sich die Messung/Beurteilung der Indikatoren als äußerst schwierig, da eine Validierung von Verfahren für die verfahrenstechnische Industrie bisher noch aussteht. Spezifische Probleme ergeben sich insbesondere bei der Wahl der Bewertungsebene (individuelle, organisationale oder Gruppenebene), der Bewertungstiefe (Screening oder differenzierte Analyse) und Bewertungsart (Selbst- oder Fremdbeurteilung).

Weitgehende Übereinstimmung besteht hingegen darin, dass Bewertungen der Sicherheitskultur regelmäßig und nach bedeutsamen Veränderungen in der Organisation durchgeführt werden sollten.

Als erster Ansatz zur Bewertung von Sicherheitskulturen werden 23 Schlüsselemente /3/ in Übereinstimmung mit den OECD-Leitlinien /1/ und der Literaturanalyse auf den vier Beurteilungsebenen „Individuum“, „Gruppe“, „Organisation“, „Technik“ identifiziert. Relevante Gruppen, die in die Bewertung einbezogen werden sollen, sind interne und externe Aufsicht, leitendes Management, Betriebsleitung, Vorgesetzte (wie Schichtführer), Mitarbeiter aus den Bereichen Betrieb, Instandhaltung, Überwachung, Rechnungswesen, Logistik, Einkauf und Personalabteilung sowie Fremdpersonal.

Insgesamt ist für eine Beurteilung der Sicherheitskultur ein holistischer Ansatz, d. h. Fragebogenuntersuchungen mit zusätzlichen Beobachtungen, Dokumentenanalysen, Interviews oder Gruppenfeedback könnten für eine Bewertung am ehesten geeignet sein.

Als weiterer Handlungs- und Forschungsbedarf wird die Entwicklung eines Leitfadens zur Selbstbewertung der Sicherheitskultur für die verfahrenstechnische Industrie in Deutschland gesehen. Dieser Leitfaden sollte dann in einem zweiten Schritt bei ausgewählten Betrieben angewendet und umgesetzt werden, um das Verfahren für die Praxis zu validieren und ggf. um Beobachtungen, Dokumentenanalysen, Interviews und Gruppenfeedback-Analysen zu ergänzen. Weiterhin sollte geklärt werden, welche Interventionen geeignet sind, die Sicherheitskultur zu verbessern bzw. zu fördern und welche Mitarbeitergruppen in den Veränderungsprozess eingebunden werden sollten sowie wie eine nachhaltige Veränderung zu erreichen ist.

Im Themenfeld „**Kompetenz im Thema menschliche und organisationale Faktoren**“ wurde detailliert analysiert, welche Kompetenzen für verschiedene Management- und Mitarbeiterebenen unterschiedlicher Organisationen, unter Berücksichtigung der jeweiligen Verantwortungsbereiche, erforderlich sind. Auf der Grundlage dieser systematischen Analyse werden Empfehlungen für Trainings- und Ausbildungsprogramme zum Thema menschliche und organisationale Faktoren für die einzelnen Gruppen in der verfahrenstechnischen Industrie zusammengestellt werden.

In der verfahrenstechnischen Industrie werden als relevant in Bezug auf Kompetenzen im Thema menschliche und organisationale Faktoren folgende Gruppen identifiziert: Regelsetzer, Aufsicht, operationales Management, strategisches Management, Sicherheitspersonal/Sachverständige und Operateure.

Aus der Betrachtung von relevanten Kompetenzfeldern für die Luftfahrt /4/ und für die Kerntechnik /5/ ist erkennbar, dass bereits umfangreiche Inhalte zum Thema menschliche und organisationale Faktoren in Trainingsmodulen vermittelt werden. Für die verfahrenstechnische Industrie sind die dort behandelten Themenfelder (generelle Aspekte, menschliche Leistung und Einschränkung, Sozialpsychologie, leistungsbeeinflussende Faktoren, physikalische Umgebung, Aufgaben, Kommunikation, menschlicher Fehler, und Gefahren am Arbeitsplatz) ebenfalls zu vermitteln, sollten jedoch um die Themen Ergonomie, Krisen- und Human Resource Management ergänzt werden.

Handlungsbedarf besteht in der Entwicklung eines Leitfadens mit gruppenspezifischen Kompetenzfeldern inklusive Lernziele, Ausbildungsinhalten und den adäquaten didaktischen Methoden. Weiterhin ist zu diskutieren, ob und inwieweit Kompetenzen im Thema menschliche und organisationale Faktoren im Regelwerk oder in Ausbildungen einzuführen bzw. verbindlich festzulegen sind.

Für den Themenschwerpunkt „**Zusammenwirken von Bedienern und Schutzsystemen**“ wurde die Frage bearbeitet, welche Strategien basierend auf der Kenntnis menschlicher und organisationaler Faktoren für die Entwicklung von Schnittstellen zwischen Bediener und Schutzsystem besonders effizient sind. Inhaltliche Schwer-

punkte lagen dabei auf der Funktionsallokation und den Automatisierungsstrategien im Mensch-Maschine-System, insbesondere in nichtbestimmungsgemäßen Systemzuständen. Als Grundlage dienten verschiedene Verordnungen, technische Normen und Empfehlungen wie die DIN EN 61511 /6/, VDI/VDE 2180 /7/ oder die Namur-Empfehlung 31 /8/ sowie eine wissenschaftliche Literaturrecherche zu den Themen Funktionsallokation und Automatisierung.

Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass die untersuchten Ansätze zur Mensch-Schutzsystem-Schnittstelle für die Gestaltung von direkten Schnittstellen zwischen Mensch und Maschine konzipiert sind, jedoch Schnittstellen zwischen anderen Operateuren, zur Organisation oder zur Umgebung nicht explizit berücksichtigen.

Damit kann als Ergebnis festgehalten werden, dass bestimmte Formen der Mensch-Maschine-Interaktion bisher nicht ausreichend berücksichtigt werden. Hierzu ist es deshalb zunächst unerlässlich, ein ganzheitliches Prozessmodell zu entwickeln und dann auch umzusetzen, das Situationsaspekte wie die Zeitabhängigkeit von Operateureingriffen, unterschiedliche Systemzustände oder dynamische Veränderungen des Systemverhaltens berücksichtigt und auf ihre Auswirkungen auf die konkreten Aufgabenanforderungen an den Bediener und das Schutzsystem beschreibt. Dazu ist es notwendig, praktische Erfahrungen aus realen Ereignisanalysen, organisatorische Faktoren sowie kognitive Grundlagen des menschlichen Verhaltens empirisch zu erheben und in das Prozessmodell zu integrieren.

Auf der Grundlage der durchgeführten Analysen zeigt sich die Notwendigkeit, bei der Gestaltung der Mensch-Schutzsystem-Schnittstelle zwischen vier Konstellationen der Bediener-Schutzsystem-Interaktion zu unterscheiden und diese in differenzierten Gestaltungsstrategien zu berücksichtigen. Die Ausgestaltung der verschiedenen Strategien muss ebenfalls zukünftig in der Praxis für jede Konstellation einzeln erprobt werden. Hier ist auf eine ausreichend große Stichprobe insbesondere für die verschiedenen Aufgaben und Ereignisse zu achten. Für die Schnittstellengestaltung sollten außerdem konsequent die MABA-MABA-Prinzipien verwendet werden, um eventuelle Schwächen des Menschen möglichst schon in Planung eines Systems zu erkennen und durch die Gestaltung kompensieren zu können.

Weiterhin wird deutlich, dass der Bediener, wenn er als Teil der Sicherheitsfunktion angesehen wird, auch entsprechend in den einschlägigen Standards und Verordnungen verankert sein sollte. Hier besteht sowohl Forschungs- als auch Regulierungsbedarf bezüglich der Festlegung detaillierter Anforderungen, insbesondere für den nichtbestimmungsgemäßen Betrieb sowie an Aufgaben, Ausbildung und Training der Operateure, um eine Verbesserung der Sicherheitskultur insgesamt zu erreichen.

Der Themenschwerpunkt „**An menschliche Fähigkeiten angepasste Alarmsysteme**“ beschäftigte sich mit der Fragestellung nach einem geeigneten Alarmmanagement. Bei der Gestaltung, Änderung und Wartung eines Alarmsystems sollten sowohl menschliche Leistungsfaktoren als auch Leistungsgrenzen berücksichtigt werden, um ein Ereignis für den Operateur beherrschbar zu machen.

Möglichkeiten der Bedienerunterstützung, die in den einschlägigen Verordnungen, technischen Normen und Empfehlungen /9, 10/ oder in der Literatur vorgeschlagen werden, beziehen sich hauptsächlich auf die Bereiche Alarmpriorisierung, Alarmdarstellung, Methoden der Alarmverarbeitung sowie situationsbedingte Alarmunterdrückung.

Zusammengefasst kristallisieren sich vier Kernprinzipien zur Gestaltung eines effizienten Alarmsystems heraus, die in verschiedene Empfehlungen münden. In Abhängigkeit vom Prozesszustand im Normalbetrieb und möglichen Notfallszenarien unter Beachtung der Situationsbedingungen müssen unterschiedliche Möglichkeiten der Benutzerunterstützung, die die Bereiche Alarmpriorisierung (Alarmkategorisierung), Alarmverarbeitung (maximale Alarmrate, Festlegung einer Bearbeitungsreihenfolge der Alarme), Alarmdarstellung sowie situationsbedingte Alarmunterdrückung umfassen, umgesetzt werden.

Generell sollten die Alarme nach Wichtigkeit geordnet sein und eine hohe Zuverlässigkeit besitzen. Dazu ist eine qualitative und quantitative Risikobeurteilung notwendig. Ziel muss es sein, für mögliche Unfallszenarien die maximale Alarmrate zu ermitteln und die entsprechenden Antwortprozeduren schriftlich festzulegen. Zudem ist es erforderlich, dass eine Strategie für das Testen und die Validierung des Alarmsystems entwickelt wird und die Prozeduren entsprechend dokumentiert werden.

Insgesamt wird auf der Basis der Analysen deutlich, dass das Alarmmanagement keine einmalige Aufgabe, sondern ebenfalls ein wichtiger Bestandteil eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses des Gesamtsystems ist. Deshalb muss das Alarmmanagementsystem regelmäßig überprüft und wenn möglich, optimiert werden, um einerseits negative Auswirkungen von Alarmen aufzudecken und andererseits Schwachstellen in der Anlage zu identifizieren. So kann mit der Beseitigung von Schwächen in der Anlage und im Alarmsystem eine deutliche Reduzierung der Alarmmenge erzielt werden. Bezüglich geplanter Veränderungen am Alarmsystem müssen ebenfalls definierte Verfahren, mit denen die vorgeschlagenen Änderungen vollständig analysiert, ihre Folgen abgeschätzt und durchgeführte Änderungen dokumentiert werden, entwickelt und empirisch erprobt werden. Dazu ist es aber dringend notwendig, validierte Evaluationsmethoden für Alarmmanagementsysteme zu entwickeln und die Ergebnisse aus den Evaluationen von Alarmmanagementsystemen entsprechend zu dokumentieren.

Weiterhin zeigt sich, dass die Frage nach einem intelligenten Alarmmanagementsystem in der verfahrenstechnischen Industrie pauschal weder zu beantworten noch sinnvoll ist. Folglich ist die individuelle Anpassung des Alarmsystems und des Alarmmanagementsystems an die tatsächlichen situations-, system- und prozessbedingten Anforderungen einer Anlage der einzige Weg zu einem intelligenten Gesamtsystem.

Außerdem zeigte sich, dass die im Projekt behandelten Schwerpunktthemen auch bei der Fachöffentlichkeit im Rahmen des durchgeführten Workshops auf großes Interesse trafen. Insgesamt beteiligten sich über 160 Teilnehmer aus 32 Ländern an den verschiedenen thematischen Sitzungen. Darunter nahmen Vertreter verschiede-



ner Regierungen, internationaler Organisationen, der Industrie, der Wissenschaft und weiterer fachlich beteiligter Disziplinen teil.

Die Bedeutung des Forschungsvorhabens und des Workshops lassen sich ebenfalls daran erkennen, dass die Ergebnisse in Form eines OECD-Berichtes veröffentlicht werden. Eine besondere Bedeutung kommt den im Workshop entwickelten Schlussfolgerungen und Empfehlungen zu, die nach internationaler Abstimmung Eingang in die OECD Leitprinzipien für die Verhinderung, Bereitschaft für den Fall und Bekämpfung von Chemieunfällen /1/ finden sollen.

Impact of Human Factors on Accidents and Incidents in the Process Industry

In Potsdam, Germany the OECD/CCA workshop “Human factors in chemical accidents and incidents” took place on May 8-9, 2007 as a part of the project. The primary focus over the two workshop days was to understand human performance in chemical processes and to consider ways to minimise the number of abnormal events. The spreading objective of the workshop was to point out the significance of human factors for leading and operating chemical plants, which are subject to the Seveso-II-Directive. For this purpose different topics were discussed and as result recommendations for “best practices” were formulated.

Based on detailed literature-, document- and event-analyses in data bases as well as the results of the OECD/CCA workshop relevant aspects of the relationship between human factors and accidents in the chemical industry were identified and their potential for accident prevention was represented.

In general human factors are all organizational, environment and task-conditioned factors as well as individual and general characteristics of humans, who affect handling with technical plants. Exemplary for the chemical industry are the design of machines, operational processes and the working environment for processing, transport and storage of hazardous materials. Uncovering possible relationships between individual, organizational and technical factors gain in importance for complex systems. The accelerating complexity of technical systems lead to even more complex interactions between humans, technology and organization, and move into the focus of central safety questions.

Thematically the research project focused on human factors regarding management and activities in dangerous plants as well as on the exchange of information about methods and approaches for reduction of human error in the chemical industry, including small and medium-size enterprises.

The primary focus of the project was to analyze the following human factor topics, because of their need of further research:

1. Types of human error, definition of related terms
2. Assessment of safety cultures
3. Appropriate human factors competence
4. Interface between safety and operators
5. Human factors in alarm management

The main topics were also discussed in the five thematic sessions of the workshop to create harmonized conclusions and recommendations.

For the topic „**Types of Human Error, Definition of Related Terms**“ the question of relevant definitions and terminology for different types of human error should be clarified including annotations to terms to be added to the OECD Guiding Principles for Chemical Accident Prevention, Preparedness and Response /1/.

The review of technical standards based on different sources like HSE, OECD, VDI, ISO, Namur and scientific literature from psychology, human factors and organizational studies as well as the analysis of accidents and incidents identified various definitions and terms.

In national and international databases like ZEMA or MARS which are used to report accidents and incidents no consistent classification or terminology of causes are apparent.

The compilation and structuring of relevant definitions and terms could add to further harmonization when analyzing and documenting chemical accidents and incidents. Moreover a coordinated definition of terms improves communication between all parties.

All in all 28 relevant definitions of human error and related terms were collected. Twelve terms were specific to incident investigation and documentation. Furthermore 16 terms and definitions related to the content of this workshop on a more general level were identified.

In overall 124 analyzed reports about causes of human error very different formulations and categorizations for description were found, thus, for better understanding and clear discrimination between the different terms a meaningful and generally accepted taxonomy model has to be developed. However it should be considered that the taxonomy model needs to model human and organizational factors, has an appropriate degree of resolution related to factors and causes involved and nevertheless remains manageable for the users.

The main subject of the topic "**Assessment of Safety Cultures**" was the description of methodologies and instruments to assess safety culture as well as how to improve safety culture in chemical industry. This addressed also the issue of relevant key elements of safety culture. Safety culture means to understand how risks originate, to know that controlling of risks is possible and has priority, to behave in a mutual way based on these assumptions and to be open for learning and improvement. Therefore it is necessary to define basic requirements of these methodologies and instruments related to different dimensions, key elements as well as organizational structures and groups. Beyond this it should be explained which relationship between safety culture assessment and improvement of safety does exist.

The aim of this topic was to create conclusions and recommendations for assessment of safety cultures, because there are several practical and theoretical problems in dealing with this concept.

One reason for the diversity of elements and approaches of safety culture is seen in its relative novelty, thus, it is not surprising that the term lacks theoretically, method-

ologically and practically. In spite of its wide diffusion and use, the term safety culture is still vague in its understanding and theoretical underpinnings - ranging from cognitive characteristics of the members of an organization to a more comprehensive notion including also behavior not only of the members of a given organization but of all actors in the system understood in its wider sense: individual organization members, work teams, organizational features and units, extra-organizational environment, technology. A growing consensus emerges that safety culture ought to be conceived as a holistic and integrating concept /2/.

Another continuous problem in the literature is seen in the assessment of safety culture especially in relation to the concept of safety climate. Multiple key elements for safety culture have been suggested but also various instruments for the assessment of those. But the assessment of the indicators remains difficult, because a validation of instruments for the process industry is still missing. Specific problems result from the choice of level of assessment (individual, group or organisational level), from the depth of assessment (screening or in-depth-analysis) and from the way of assessment (self-assessment vs. assessment from outside).

In accordance with scientific literature it was concluded that assessments should be repeated regularly and after significant changes of the organization.

As a first approach to the assessment of safety culture 23 key elements /3/ in line with the OECD-Guiding Principles /1/ and the literature were identified on four levels of assessment – individual, group, organization, technology. Relevant actors to be included into the assessment are: internal and external regulation, top-management, plant-management, supervisors, employees from different domains like operation, maintenance, quality control, finance, and human resources as well as contractors.

All together for the assessment of safety culture a holistic approach seems adequate, i.e. questionnaires combined with additional observations, analyses of documents, interviews and group-feedback-analyses. However, additional need for research and action is identified here: A guideline for the self-assessment of safety culture in the German process-industry should be developed. The guideline should be implemented and put into practice within selected organizations, to validate the instrument and complete it with observations analyses of documents, interviews and group-feedback-analyses. Furthermore, it research should be conducted according to which interventions could be adequate to improve the safety culture and which employees should participate in the change-process to reach a sustainable enhancement of safety culture.

For the topic “**Appropriate Human Factors Competence**” the main research question was to find out which human factor qualifications are necessary for different management and co-worker levels in different organizations, in regard to their responsibilities. On the basis of this systematic analysis recommendations for training programmes about human factors were derived for the different groups in the chemical industry.

In the chemical industry the following groups were relevant to human factors competences: Regulation, enforcement, operational management, strategic management, safety personnel / third party experts and operators.

In aviation /4/ and nuclear technology /5/ already extensive contents about human factors are obtained in training modules (general, human performance and restrictions, human resource management, ergonomics, social psychology, performance shaping factors, workplace environment, tasks, communication, human error, hazards at the workplace, crisis management). For the process industry the topic could be transferred, but supplemented with “ergonomics”, “crisis management” and “human resources management”. There is the need for the development of a guideline with group-specific fields of competence including learning goals with training-contents as well as the adequate didactical methods. Furthermore it should be discussed, whether and how human-factors-competencies should be included into regulations or professional education.

For the issue „**Interfaces Between Safety Systems and Operators**“ the objective was to identify operator tasks in man-machine-systems especially in abnormal situations and to develop a human factors-based strategy for “efficient” interface design between safety systems and operators. Another topic was the assessment of automatic safety systems (interlock, cut-off, shut-off, instrumented safety system) designed in accordance to the DIN EN 61511 /6/ standard taking human skills into consideration. The process of design, realization and maintenance of functional safety described in DIN EN 61511 should integrate human factor requirements on different levels of the safety management system. These ergonomic requirements disregard important issues like training and maintenance of knowledge and skills of operators, integration of contractors and management.

Other key aspects of activity for design were allocation of function between man-machine and automation strategies which allow operator action to prevent automatic shut-offs, but the results of the research were indifferent with the exception that the operator is part of the safety function. Furthermore it becomes clear that the operator, if he is regarded as part of the safety function should be embodied also accordingly in the relevant standards and regulations /7, 8/.

As one result it can be held that the examined approaches are conceived to the direct man-machine interface and do not take into account interfaces to other operators, to the organization or to the environment.

Thus, it can be stated from the literature that certain types of the man-machine interaction are not sufficiently considered so far. It is necessary to develop a generic process-model and to implement this, which covers situational aspects like time-dependence of operator's interventions, different system states or dynamic system changes and predicts their consequences for concrete task requirements for the operator as well as for the safety system. For this development it is necessary to collect practical experience from event-analyses, organizational factors as well as cognitive basics of human performance and to integrate them.

According to the man-safety systems-interface there is a need to differentiate between the four possible constellations (fully automated safety system, operator as part of the safety system, operator not always in the control-room, no automated safety system) and to take them into account for separate design-strategies. The design has to be tested for each single configuration in the future. It is important to have a sufficient sample size especially according to different tasks and events. For the interface-design MABA-MABA-principles should be used, to identify possible weaknesses during the planning phase and compensate them by design.

Here both research and regulation needs exist concerning the definition of detailed requirements for the discriminative types of human influence on the safety system, in particular for abnormal situations in order to reach an improvement of the safety culture. Therefore it is necessary to enforce task-analysis, education and training and to take ergonomic requirements into account.

For the topic **“Human factors in Alarm Management”** it was asked, how to prepare a suitable alarm management. For design, change and maintenance of alarm systems both human performance factors and limits should be considered, in order to make accidents and incidents for the operating staff controllable. Possibilities of operator support as suggested in relevant regulations, technical standards and recommendations or in the literature, refer mainly to alarm prioritization, alarm representation, methods of alarm processing as well as situational alarm suppression /9, 10/.

Overall four core principles are crystallized for design of an efficient alarm system leading to different recommendations. Dependent on the process state during normal operation and abnormal operation different ways of operator support should be implemented which cover display, prioritization, processing of alarms as well as situational suppression of alarms. Generally alarms should be arranged according to importance and reliability. In addition a qualitative and quantitative risk assessment is necessary. For possible accident scenarios the maximum alarm rate has to be identified and appropriate procedures must be documented in written form.

All together it is clear that alarm-management is not a single task, but a part of the continuous improvement process of the system. Therefore, the alarm-management-system has to be tested regularly and optimized if necessary, to detect negative consequences of single alarms as well as to identify weaknesses in the plant. With the deletion of weaknesses in the alarm system and in the plant often the amount of alarms can be reduced significantly. According to planned changes in the alarm system defined procedures should be developed and tested for the complete analysis of the changes and for the documentation of implemented changes. For this it is necessary to develop usable evaluation methods for alarm systems and to document the results of the evaluations.

The individual adaptation of the alarm system and the alarm management to given situational, system and process requirements of a plant seem to be the way to an intelligent system.

Summarized, it can be stated that the different topics of the project also discussed on the OECD/CCA Workshop “Human factors in chemical accidents and incidents” met large interest. Altogether 160 participants from 32 countries in the different sessions took part. Among them representatives of different governments, international organizations, the industry, the science and further technically disciplines participated.

The importance of research project and the workshop shows itself likewise by the fact that results in form of an OECD report are published. A special significance is attached to the conclusions and recommendations developed in the workshop session, which will find entrance into the OECD guidance principles for the prevention, readiness for the case and fight against chemistry accidents after international coordination /1/.

Literatur für die Kurzfassungen

- /1/ OECD (2003). Leitprinzipien für die Verhinderung, Bereitschaft für den Fall und Bekämpfung von Chemieunfällen.
- /2/ Hudson in “Prevention of Accidents involving Hazardous Substances: The Role of the Human Factor in Plant Operation” OECD-Workshop Tokyo, 22nd - 26th April 1991
- /3/ Fahlbruch et al. (2007). OECD-CCA Workshop on Human Factors in Chemical Accidents and Incidents. Discussion Document. 8-9 May 2007. Potsdam, Germany.
- /4/ Commission Regulation (EC) No 2042/2003 of 20 November 2003m on the continuing airworthiness of aircraft and aeronautical products, parts and appliances, and on the approval of organisations and personnel involved in these tasks. Official Journal L 315, 28/11/2003 P.0001-0165.
- /5/ IAEA. (2001).The operating organization for nuclear power plants: safety guide. Vienna: International Atomic Energy Agency (IAEA).
- /6/ DIN EN 61511-1. Funktionale Sicherheit - Sicherheitstechnische Systeme für die Prozessindustrie - Teil 1: Allgemeines, Begriffe, Anforderungen an Systeme, Software und Hardware, Mai 2005.
- /7/ VDI/VDE 2180- 1. Sicherung von Anlagen der Verfahrenstechnik mit Mitteln der Prozessleittechnik (Entwurf), Oktober 2005.
- /8/ NE 031. Anlagensicherung mit Mitteln der Prozessleittechnik. AK 4.5, Juli 2006.
- /9/ Namur-Worksheet NA 102. Alarmmanagement. AK 2.9, Dezember 2005.
- /10/ EEMUA (1999). Alarm Systems: A Guide to Design, Management and Procedurement. EEMUA Publication No. 191. The Engineering Equipment and Materials Users Association: London.