Computerunterstütztes Sicherheitsmanagement

Gestaltung von Auswertungssystemen für sicherheitskritische Ereignisse in Industrieanlagen mit hohem Gefährdungspotential

Vorgelegt von

Diplom-Psychologe

Steffen Szameitat

Berlin

Von der Fakultät V – Verkehrs- und Maschinensysteme

der Technischen Universität Berlin

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Philosophie

- Dr. phil. -

genehmigte Dissertation

Promotionsausschuß:

Vorsitzender: Prof. Dr. Arnold Upmeyer

Berichter: Prof. Dr. Dr. h.c. Bernhard Wilpert

Berichter: Prof. Dr. Klaus-Peter Timpe

Tag der wissenschaftlichen Aussprache: 25. Mai 2001

Berlin 2003

D 83

Zusammenfassung

Informationstechnologien (IT) werden im Sicherheitsmanagement als Möglichkeit gesehen, Risiken zu kontrollieren und nachhaltig zu reduzieren. Durch den Computereinsatz können sicherheitsrelevante Ereignisse effektiver verarbeitet werden. Da die Organisationsstrukturen sehr unterschiedlich, Prozesse des Erfahrungstransfers komplex und Möglichkeiten von IT breitgefächert sind, stellt sich bei der Implementierung im Einzelfall die Frage nach der angemessenen Gestaltung der Computerunterstützung für ein ereignisbasiertes Sicherheitsmanagementsystem (eSMS).

Zum gegenwärtigen praktischen Einsatz von eSMS wurden zwei Feldstudien durchgeführt. In Studie I wurden organisatorische, technische und legislative Rahmenbedingungen des Sicherheitsmanagements in der deutschen Kerntechnik und in der norwegischen Offshore-Industrie verglichen. Dabei konnten Designkriterien identifiziert werden, welche extern auf ein eSMS wirken. In Studie II wurden die eSMS verschiedener Anlagen gegenübergestellt, indem die Organisationsstrukturen und Prozesse analysiert wurden. Hierbei konnten anlageninterne Designkriterien identifiziert werden. Diese externen bzw. internen Faktoren haben maßgeblichen Einfluss auf ein effizientes Design einer Systemunterstützung für ein eSMS.

In einer Laborstudie wurden Auswirkungen computervermittelten Kommunikation auf Erfahrungstransfer untersucht. Dazu wurde eine Simulationsumgebung aufgebaut, in welcher Gruppen typische Ereignisszenarien aus Kernkraftwerken hinsichtlich verursachender Bedingungen untersuchten. Dabei wurde das Kommunikationsmedium (direkt mündlich bzw. computervermittelt) variiert. Die Ergebnisse von 15 Versuchsgruppen zeigen, dass bei computervermittelten Ereignisanalysen die Menge der gesammelten Ereignisinformationen größer ist. Diese ist die Basis für die Analyse beitragender Bedingungen. Die Analysetiefe wird nicht vermindert, jedoch das Lernen in den Gruppen einschränkt. Somit wird geschlossen, dass IT Sicherheitsmanagement effektiv unterstützen kann.

Abstract

Information technologies (IT) in safety management are seen as opportunity to control and reduce risks. The processing of safety-critical event information, a central function of safety management, could be more efficient using computers. But organization structures are different, the processes of experience transfer are complex and the opportunities of IT are broad. To implement a support system is to question about design criteria of computer support for an event-based Safety Management System (eSMS).

Three studies have been conducted. Study 1 compares the organizational, technical and legal conditions for Safety Management in the German Nuclear Industry and the Norwegian Offshore Industry. It could identify design criteria, which independent from the operator influence the eSMS. Study 2 compares the eSMS of different nuclear power plants anlyzing the organization structures and processes. Those internal and external criteria have a significant influence on a efficient design of a system support for eSMS.

The third study makes the options and impact of computer support on experience transfer in eSMS as subject of discussion. For this purpose a simulation environment has been created. Groups investigated typical event scenarios from a nuclear power plant for contributing factors. The communication medium has been manipulated (face-to-face versus computer-mediated). Results of 15 groups indicate, that the collection of event information was promoted by computer-mediated communication. This is the foundation of the identification of contributing factors. The depth of analysis has not been influenced. Computer mediation hampers the learning of facts. IT can support safety management effectively.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Abbkürzungsverzeichnis

APM	Ravens Advanced Progressive Matrices
ASRS	US Aviation Safety Reporting System
ASSET	Assessment of Safety Significant Event Teams
AtG	Atomgesetz
AtSMV	Atomrechtliche Sicherheitsbeauftragten- und Meldeverordnung
AV	Abhängige Variable
BE	Betriebselektriker
BEVOR	Datenbanksystem zur Meldung besonderer Vorkommnisse (GRS)
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BHB	Betriebshandbuch
BHF	Beauftragter für Human Factors
BIS	Berliner Intelligenzstruktur-Modell
BKS	Beauftragter für kerntechnische Sicherheit
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BS	British Standards
CAA	Civil Aviation Authority (Norwegen)
CEA	Computerunterstützte Ereignisanalyse nach SOL
CIS	Collective Information Sampling Modell
CMC	Computer-Mediated Communication
DCSS	Decision Support System
DKT	Deutsche Kerntechnik
DM	Dieselmechaniker
DOE	US Department of Energy
DWR	Druckwasserreaktor
eSMS	ereignisbasiertes Sicherheitsmanagementsystem
EVU	Energieversorgungsunternehmen
FB	Fachbereich
FTF	Face-to-Face
GM	Gruppenmitglied
GRS	Gesellschaft für Reaktorsicherheit mbH
HF	Human Factors
HPES	Human Performance Enhancement System
HRA	Human Reliability Analysis
HTML	Hypertext Markup Language
IAEA	International Atomic Energy Agency
INES	International Nuclear Event Scale
IRS/AIRS	Incident Reporting System/Advanded Incident Reporting System (IAEA)
ISA	Intelligent Safety Asssistant
ISRS	International Safety Reating System
IT	Informationstechnologie
JAESS	Japanese HPES Analysis and Evaluation Support System
J-HPES	Japanese HPES
KKW	Kernkraftwerk
KTA	Kerntechnischer Ausschuss, Sachverständigenausschuss des BMU
KV	Kontrollvariable
LF	Leitstandsfahrer
LPS	Leistungsprüfsystem (Horn, 1983)
LTI	Loss Time Incident
MAPS	Mishap Analysis and Prevention System
MMS	Mensch-Maschine-Schnittstelle
NOI	Norwegische Offshore Industrie
NPD	Norwegian Petroleum Directorate
NUCLARR	US Nuclear Computerized Library for Assessing Reactor Reliability
OL	Organisationales Lernen
OMR	Optical Mark Reading
OSART	Operational Safety Review Teams
PSA	Probabilistic Safety Analysis

PSÜ	Periodische Sicherheitsüberprüfung
PUME	Fachbereiche Produktion-Überwachung-Maschinentechnik-Elektrotechnik
PUTI	Fachbereiche Produktion-Überwachung-Technik-Instandhaltung
QOCM	Questions-Options-Criterias-Measures
QS	Qualitätsicherungsbeauftragter
RSK	Reaktorsicherheitskommission (beratendes Gremium des BMU)
SACRE	System d'Analyses et des Critères des Représentatifs Evénements
SADT	Structured Analysis and Design Technique
SIP	Social Information Processing Theory
SIS	Sicherheitsinformationssystem
SL	Schichtleiter
SMS	Sicherheitsmanagementsystem
SOL	Sicherheit durch Organisationales Lernen
SRI	Sicherheitsrelevante Information
STEP	Sequentially Timed Events Plotting
StrSchV	Strahlenschutzverordnung
SWR	Siedewasserreaktor
TIP	Time-Interaction-Performance Model
TM	Transactive Memory
UV	Unabhängige Variable
VGB	Technische Vereinigung der Großkraftwerksbetreiber e.V.
WANO	World Association of Nuclear Operators
WLN	Weiterleitungsnachricht

Einleitung

Die Verbesserung von Lebensqualität sowie die Abwendung bzw. Kontrolle von Gefahren ist wesentliches Motiv der wissenschaftlich-technischen Entwicklung. Während es im Laufe der Wissenschafts- und Technikgeschichte zunehmend gelang, sich vor Folgen unerwünschter Naturphänomene und -einflüsse zu schützen, wurden neue, künstliche Risiken erzeugt. Die neuen technischen Großsysteme entfalteten im zu Ende gegangenen zwanzigsten Jahrhundert zuvor unbekannte Gefahrenpotentiale. Industrie- und Verkehrskatastrophen zeigten in bestürzender Regelmäßigkeit, dass die vom Menschen geschaffenen, künstlichen Systeme bei wachsender Komplexität und Leistungsfähigkeit zunehmend mit menschlichen Unzulänglichkeiten behaftet und dadurch einer Wahrscheinlichkeit des Totalversagens mit fatalen Konsequenzen unterworfen sind.

Zwischen Technikinnovationen, gesellschaftlicher Entwicklung und neuartigen Gefahren für Mensch und Umwelt besteht offenbar ein paradoxer Zusammenhang. Jede bedeutende Erfindung, vom Otto-Motor bis zum Computer, bewirkte Veränderungen in der Gesellschaft und Lebensqualität. Doch neben der Zeittafel technologischer Innovationen ist die Chronik folgenschwerer Unfälle in Industrie und Transportwesen fortzuschreiben.

Die Wahrnehmung von Risiken ändert sich mit den Ereignissen: Namen wie *Concorde*, *Birgen Air*, *Estonia* und Tschernobyl stehen in der deutschen Öffentlichkeit für ein plötzliches Bewusstwerden der Gefahren, die im Falle eines Kontrollverlusts von innovativen Großsystemen ausgeht. Art und Ausmaß der Unfallfolgen erreichten neue Qualitäten. Die hohen Opferzahlen sowie teilweise das Ausmaß der Umweltzerstörung bei Flugzeugabstürzen, Schiffsunglücken oder Chemieunfällen waren in früheren Jahrhunderten schlicht unbekannt.

Häufig werden Risiken für Mensch und Umwelt während der Entwicklung eines technischen Systems aufgrund fehlender Erfahrungen unterschätzt und erst nach dessen fatalen Zusammenbruch offensichtlich. Denn erst durch einen Unfall wird die Fehlbarkeit neuer Techniksysteme erfahrbar und unrealistischer Optimismus in die Sicherheit dieser Technologien widerlegt. Ein Beispiel: Der Unfall im niedersächsischen Eschede, bei dem am 3. Juni 1998 ein Hochgeschwindigkeitszug vom Typ ICE bei Reisegeschwindigkeit aufgrund eines defekten Radreifens gegen eine Brücke prallte und über 100 Menschen starben. Dieses folgenschwere Systemversagen kommentierte der SPIEGEL (21/1999):

> ... „Eschede“ steht für ein Ende der Technikgläubigkeit. (...) Es ist das gewaltigste Unglück in der Nachkriegsgeschichte der deutschen Eisenbahnfahrt [sic!]. Noch nie hatte sich mit einem Fahrzeug das Gefühl totaler Sicherheit so verbunden, wie mit dem ICE; noch nie wurde ein Zug bei Tempo 200 mit solchen Folgen von den Gleisen gefegt. Das vermeintlich Irrationale bringt eine rationalisierende Gesellschaft aus dem Takt. (...) Ein gebrochener

> Radreifen, bei einem 50 Millionen Mark teuren Wunderzug von 410m Länge ein Billigteil, hatte apokalyptische Kräfte entwickelt. (S.36f)

Automatisch stellt sich die Frage nach Unfallursachen und -entstehung, um technologische Risiken nachhaltig einzudämmen und zu kontrollieren. Beim Unfall von Eschede zeigen sich Widersprüche zwischen langjähriger Zuverlässigkeit der deutschen Bahn und diesem Ereignis, zwischen der langjährigen Betriebserfahrung deutscher Eisenbahningenieure und der fatalen Unterschätzung von Risiken, zwischen der Geringfügigkeit der Ursachen und den apokalyptischen Konsequenzen, zwischen den Vorzügen einer innovativen Technik und dem hohen Opferzoll, den der Kollaps des komplexen Systems „ICE“ kostete.

Dennoch wird auch in Zukunft auf den Einsatz moderner Technologien mit hohem Gefahrenpotential nicht verzichtet werden können. Bereits wenige Tage nach dem Unfall wurden ICE-Züge wieder für den Reiseverkehr eingesetzt. Augenscheinlich werden beim Betrieb technischer Großsysteme unbekannte und unkontrollierbare Risiken in Kauf genommen, um die Vorteile der Technologie zu nutzen. Einfach gesagt, solange der Anspruch schnell zu reisen besteht, können mit einer gewissen, wenn auch geringen, Wahrscheinlichkeit, Unfälle geschehen, bei denen die aufgewandten Kräfte Passagieren zum Verhängnis werden. Es gibt also keine einhundertprozentige Sicherheit beim Einsatz moderner Technologien.

Offenbar ist die Entscheidung über die Nutzung einer Technologie mit Risiko-Nutzen-Abwägungen verbunden. Dazu konstatiert Hermann Rappe, ehemaliger Vorsitzender der Gewerkschaft IG Chemie-Papier-Keramik:

> Die Forderung nach absolut risikoloser Technik ist eine irreale Utopie und damit ein großes qualitatives Risiko für den gesellschaftlichen Fortschritt.

Rappe spricht sich als Arbeitsnehmervertreter für die Akzeptanz bestimmter technischer Risiken aus, um den gesellschaftlichen Fortschritt zu gewährleisten. Doch was ist Sicherheit, was ein annehmbares Risiko für die Allgemeinheit, wenn es an Erfahrungen beim Einsatz einer Technologie mangelt?

Spektakuläre Unfälle bleiben insbesondere in dieser Hinsicht nicht ohne dauerhafte Konsequenzen. Einschneidende Ereignisse mit einer starken Präsenz im öffentlichen Bewusstsein verändern die Wahrnehmung technischer Risiken nicht nur bei den Experten, sondern auch in der Bevölkerung. Dieser Wandel führt dann in vielen Fällen zur politisch vermittelten Einflussnahme auf die Gefährdungsverursacher. Beispielsweise steht letztlich noch als Folge der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl 1986 die Sicherheit der Kernindustrie in der öffentlichen Diskussion. Der Unfall machte deutlich, welches Gefahrenpotential aus der Energieerzeugung durch den Abbrand von Kernbrennstoffen erwachsen kann und begründet die Zweifel, die breite Bevölkerungskreise, aber auch Experten, gegenüber dem Betrieb kern-

technischer Anlagen haben. Unbestritten sind die nuklearphysikalischen, verfahrens- und sicherheitstechnischen Bedingungen deutscher Anlagen schwer mit denen ehemals sowjetischer KKW zu vergleichen. Doch die Folgen der Reaktorkatastrophe von 1986 waren auch für die deutsche Bevölkerung spürbar. Sie beschädigten das Vertrauen in die Sicherheit kerntechnischer Anlagen so stark, dass der Ausstieg aus dem Betrieb von KKW im Jahr 2000 beschlossen wurde.

Das Aufgeben einer Technologie ist nicht die zwingende Konsequenz folgenreicher Unfälle, wie am Beispiel des ICE ersichtlich. In der Kontrolle und Eindämmung der Risiken besteht eine Alternative zum Ausstieg. Anstelle des Verbots der Nutzung der Technologie wird aus dem Umfeld der Betreiberorganisation, d.h. durch Staat, Behörden, Verbände, Medien, Öffentlichkeit usw., politisch vermittelter Einfluss genommen. Meist werden technische und organisatorische Vorkehrungen gegen fatale Systemzusammenbrüche gefordert.

Öffentlichkeit, Gesetzgeber und Aufsichtbehörden usw. sind dabei Elemente in einem Regelungssystem zur Eindämmung technischer Gefahren und letztlich zur Gewährleistung der Sicherheit des einzelnen. Ziel staatlicher Regulation ist die Einflussnahme auf sicherheitsrelevante Handlungen des Betreibers. Eine Betreiberorganisationen sollte alle Maßnahmen ergreifen, die entsprechend dem aktuellen Wissensstand für den sicheren und störungsfreien Betrieb der Anlage erforderlich sind (für die deutsche Kerntechnik vgl. AtG § 7 Abschnitt 2 Satz 3). Politische Einflussnahme bleibt nicht auf die Betreiberorganisation als ganzes beschränkt, sondern dringt, vermittelt durch deren Organisationsstruktur, bis auf die Ebene der an einer möglichen Ereignisentstehung beteiligten Personen nieder.

Dabei wird Einfluss auf die Gestaltung *organisationaler Prozesse* genommen. Die Konstrukteure, Operateure und Instandhaltungsfachleute usw., handeln im Rahmen dieser organisationalen Prozesse. In den Betreiberorganisation finden sich entsprechende Prozessbeschreibungen, welche die Zusammenarbeit von Experten festschreiben. Insofern besteht ein Ziel politisch vermittelter Einflussnahme des Organisationsumfelds in der Förderung und Entwicklung geeigneter Prozesse und Strukturen der Betreiberorganisationen, welche den zuverlässigen und unfallfreien Betrieb der Technologie gewährleisten.

Sicherheit einer Technologie erscheint dadurch als Folge gesellschaftlich-normativer Einflussnahme (vgl. Rochlin, 1999). Die Wahrnehmung einer Situation, einer Technologie bzw. einer Organisation als sicher ist, neben der Qualität technischer Vorkehrungen, von Bewusstseinsgrad und Akzeptanz technischer Risiken in Organisation und Gesellschaft abhängig. Nicht der Betreiber allein, sondern insbesondere das Umfeld der Betreiberorganisation legt fest, was als sicher gilt bzw. welche Sicherheitsvorkehrungen als zureichend zu bewerten sind.

Ein Verständnis von Sicherheit als die Abwesenheit negativer Konsequenzen bei der Nutzung einer Technologie ist jedoch, angesichts ständig neuartiger Unfälle mit unvorhersehbarer Verursachung, unangemessen zur Kontrolle von Gefahren, da sie zur Risikoeindämmung bei fortwährender technologischer Entwicklung wenige Ansatzpunkte bietet. Spezifische Ursachen für sicherheitsrelevante Ereignisse, die erst im fortschreitenden Entwicklungsprozess ihr Gefährdungspotential entfalten, können bei einer Fokussierung auf Konsequenzen nicht vorausschauend abgewendet werden. Denn ebenso wie die technologische Entwicklung vorangeht und bestimmte Systeme ermöglicht, zeigen sich bestimmte Ursachenkombinationen das erste Mal bei den Zusammenbrüchen dieser Systeme.

Wie kann dieses Problem gehandhabt werden? Eine verbreitete Hilfsannahme in der Sicherheitsforschung ist, dass, unabhängig von der Schwere des Unfalls, Ursachenkombinationen von Ereignissen sich wiederholen bzw. einem technischen System immanent sind (Bird & Germaine, 1966; Reason, 1990; perrow, 1990). Um Sicherheit komplexer Systeme zu gewährleisten und fatale Konsequenzen zu vermeiden, sind folglich die Ursachen bereits geringfügiger Ereignisse zu eliminieren. Dazu wären bereits kleine Abweichungen systematisch zu erfassen und hinsichtlich verwertbarer Erfahrungen zu analysieren.

Eine Sicherheitsdefinition sollte folglich nicht im Ausschluss negativer Konsequenzen bestehen, sondern die Überwachung des Systems nach Ereignissen mit Konsequenzen, die von den Zielen in Design, Betrieb und Instandhaltung usw. abweichen, in den Mittelpunkt rücken. Entsprechend definieren Fahlbruch und Wilpert (1999):

> In line with Roland & Moriarty … we define system safety as a quality of a system that allows the system to function without major breakdowns, under predetermined conditions with an acceptable minimum of accidental loss and unintended harm to the organization and its environment. (S.56)

Roland und Moriarty bezeichneten Systemsicherheit als eine besondere Qualität eines Systems, ohne *nachhaltige* Störungen zu funktionieren (zitiert nach Fahlbruch und Wilpert). Die Sicherheit eines Systems sei dann gegeben, wenn es ohne wesentliche Störungen unter vorbestimmten Bedingungen funktioniert. Wohl treten erwartungsinkonforme (und deshalb sicherheitsrelevante Ereignisse) mit negativen Konsequenzen auf, jedoch erhalten diese einen anderen Stellenwert bei der Beurteilung der Sicherheit eines Gesamtsystems.

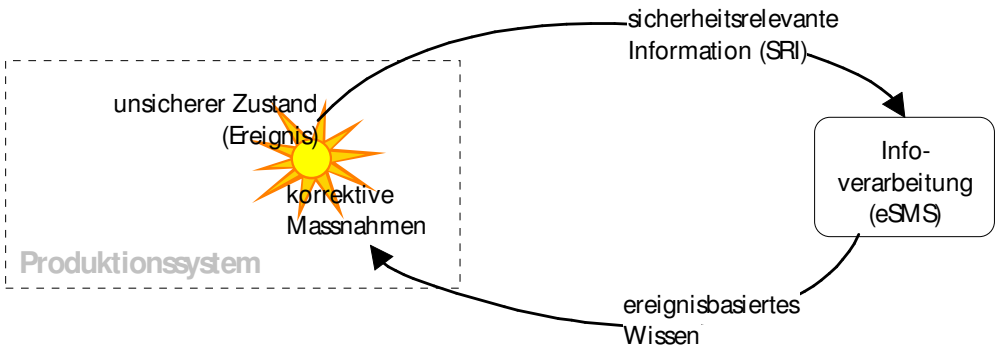
Diese Sichtweise scheint an das Sicherheitskonzept tiefgestaffelter Barrieren in der Verfahrenstechnik angepasst zu sein. Dieses Konzept wird in 2.2.2 und 2.3.2 eingehend erläutert. Es erlaubt das Auftreten solcher sicherheitsrelevanter Ereignisse bis zu einer gewissen Schwere, ohne Personal bzw. Umwelt signifikant gefährdet oder geschädigt werden. So wird beispielweise die kontrollierte Freisetzung einiger schädlicher Stoffe, deren Entstehen als Beiprodukt des Betriebs der Anlage unvermeidbar ist, innerhalb gesetzlichen Grenzwerte

akzeptiert. Das Neue in der Definition von Fahlbruch und Wilpert besteht also darin, dass die Autoren nicht mehr auf den idealen, jedoch realitätsfernen Zustand der Abwesenheit negativer Konsequenzen zurückgehen, sondern erklären, dass Sicherheit die *Kontrolle* negativer Konsequenzen darstellt und somit eines fortwährenden Überwachungsprozesses benötigt.

Wie ist diese Kontrolle durch das Umfeld in der Betreiberorganisation herzustellen? Die Absicht des Umfelds auf die Betreiberorganisationen liegt offenbar in der Einflussnahme auf Organisationsstrukturen, welche diese Kontrolle verankern. Zur Absicherung gegen negative Konsequenzen werden gegenwärtig zwei Ansätze verfolgt: Sicherheitsmanagement und Sicherheitskultur.

Sicherheitsmanagement dient der kontinuierliche und planvolle Steuerung der Zuverlässigkeit komplexer technischer Systeme. Durch die Rückkopplung von Abweichungen und Ereignissen werden sicherheitsoptimierende Maßnahmen abgeleitet. Dieser Regelkreis existiert nicht gegenständlich, sondern ist in Organisationen hohen Gefährdungspotentials als Prozess implementiert (z.B. als Berichtswesen) (Abbildung 1).

Abbildung 1 Rückkopplungskreis ereignisbasierten Sicherheitsmanagements



Der Rückkopplungskreis versinnbildlicht die sicherheitsbezogene Informationsverarbeitung. Korrektive Maßnahmen können auf verschiedenen Wegen vor oder nach dem Eintritt eines sicherheitsrelevanten Ereignisses abgeleitet werden. Rasmussen (1991) unterscheidet diesbezüglich Strategien des Sicherheitsmanagements:

1. Strategien zur Abschätzung des zukünftigen Verhaltens von technischen Komponenten und menschlichen Akteuren (Feedforward-Kontrolle). Durch die Berechnung von Ausfall- und Fehlerwahrscheinlichkeiten kann der Zustand höchster Sicherheit für ein technisches System definiert, die gegenwärtige Abweichung davon bestimmt und entsprechende korrektive Maßnahmen in der Gegenwart ergriffen werden. Methoden unter dieser Strategie sind die Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA) für technische Komponenten und Human Reliability Analysis (HRA) für menschliche Akteure (Kirwan, 1997).

2. Strategien der Rekonstruktion und Analyse des vergangenen Verhaltens technischer Komponenten und menschlicher Akteure (Feedback-Kontrolle). Entsprechende Methoden dienen der Identifikation von Faktoren, durch die das Ereignis zustande kam. Dazu ist es notwendig, den Ereignishergang zu rekonstruieren. Methoden unter diesen Strategien sind Instrumente zur Ereignisanalyse, wie z.B. das Verfahren der Technischen Vereinigung der Großkraftwerksbetreiber (VGB, 1994) oder SOL (vgl. 4.2).
3. Kombinierte Strategien. Hierbei handelt es sich entsprechend um die Zusammensetzung verschiedener Verfahren, welche die Vorteile beider Strategien nutzen sollen. Beispielhaft für eine solche Methode ist CREAM (Hollnagel, 1998), welche insbesondere auf die Abschätzung der Zuverlässigkeit menschlicher Akteure zugeschnitten ist. Sträter (1997) entwickelte das Modell einer Schnittstelle zwischen Ereignisanalyse- und probabilistischen Verfahren.

Diese Unterscheidung von Rasmussen eignet sich zur Klassifikation von Instrumenten des Sicherheitsmanagements. Allerdings ist anzumerken, dass sowohl Feedforward-Methoden auch Feedback-Methoden einen zukünftigen Zustand höherer Sicherheit anstreben, in der Gegenwart appliziert werden und auf Daten bzw. Aufzeichnungen der Vergangenheit (z.B. Messschriebe, Wartungsprotokolle, Aussagen der Systembetreuer usw.), also Erfahrungen, beruhen. D.h., zur zuverlässigen Schätzung von Ausfall- und Fehlerwahrscheinlichkeiten werden bestmöglich Erfahrungswerte tatsächlichen Verhaltens benötigt. Zumeist werden Feedforward-Methoden aus Datenbanken bedient, welche z.T. aus Ereignisanalysen hervorgehen (Kirwan, 1997; S.77; Sträter, 1997). Somit bedingt die Anwendung von Feedforward-Methoden mittelbar das Verwenden von Feedback-Methoden, jedoch nicht umgekehrt.

Zur Ableitung der sicherheitsoptimierenden und effizienten Maßnahmen ist die Ereignisinformation durch ein *ereignisbasiertes Sicherheitsmanagementsystem (eSMS)* zu sammeln, aufzubereiten und zu analysieren. Einer ausführlichen Darstellung und Diskussion ist das Kapitel 1 gewidmet. Korrektive Maßnahmen können sich auf alle Aspekte der Sicherheit beziehen (Design, Instandhaltung, Betrieb usw.). Sie können auch eine überdauernde Veränderung organisationaler Prozessen bewirken. Sie wirken dadurch auch auf die Organisationsstruktur, die sich dadurch inkrementell fortentwickelt.

Im kybernetischen Sinne bedeutet Regelung „eine Steuerung, die sich fortlaufend an der Messung ihres Erfolges orientiert“ (Bischof, 1995; S.5). Unter der Prämisse, dass die Organisationsstruktur die Sicherheit gewährleistet, kann nur eine individuelle Abweichung von Regeln und Anweisungen *und/oder* deren unzulängliche Beschaffenheit an sich zu einem Ereignis führen. Sicherheitsmanagement reguliert deshalb sicherheitskritische Handlungen in der Organisation, indem die Formalisierung als Routine oder Anweisung optimiert sowie deren Befolgung überwacht werden. Hierbei weisen Ereignisse auf die unzulängliche

Beschaffenheit von Anweisungen bzw. deren Nichtbefolgung hin, sei es der Operateur, der eine unverständliche Prozedur nicht befolgt, der Konstrukteur, der technische Spezifikationen oder Operationen unangemessen ausgelegt, oder die Führungskraft, die mehrdeutige Anweisungen gegeben hat.

Die Industriegeschichte lehrt jedoch, dass Betreiber von Technologien hohen Gefährdungspotentials bei rationaler Planung und Vorhandensein von Managementsystemen dennoch katastrophale Unfälle produzieren (vgl. Perrow, 1992). Offensichtlich sind die organisatorischen Möglichkeiten von Menschen zu beschränkt, um einen absolut sicheren Betrieb hochkomplexer technischer Systeme zu gewährleisten.

Ein Grund hierfür ist die geringe Vorhersagbarkeit von Handlungen und Entscheidungen, die für deren organisatorische Steuerung und Kontrolle durch Regeln gegeben sein muss. Zu diesem Problem führt Rasmussen (1997) aus:

> The problem is, that all work situations leave many degrees of freedom for choice by the actor even when the objectives of work are fulfilled. To complete a description of a task as being a sequence of acts, these degrees of freedom must be 'rational' to a task analyst or instructor. They cannot, however, foresee all local contingencies of the work context and, in particular, a rule or instruction is often designed separately for a task in isolation whereas, in the actual situation, several tasks are active in a time sharing mode which poses additional constraints on the procedure to use, which were not known by the designer or the work planner. In consequence, rules, laws and instructions practically speaking are never by the word. (S.6f)

Abgesehen davon, dass Unfälle durch willentliche Missachtung von Vorschriften, Sabotage usw. verursacht sein können, liegt es offenbar in der Natur von Anweisungen und Vorschriften, dass sie einen Interpretationsspielraum abhängig vom Anwendungskontext einschließen. Deshalb sind sie nicht immer im Wortlaut einzuhalten und lassen Raum für die Modifikation bei der Ausführung. Grundsätzlich müssen sich Interdependenz von Handlungen in wechselseitigen Referenzen der Regeln zueinander niederschlagen, wodurch die Formulierbarkeit, Verständlichkeit und Kommunizierbarkeit derartiger Regularien erheblich vermindert wird. Die Zergliederung und Formulierung bestimmter komplexer Aufgaben erscheint unmöglich, da diese Aufgaben ein schrittweises Vorgehen und situationsabhängig verschiedene Lösungswege erfordern.

Zudem muss nicht jeder Bruch von Regeln und Vorschriften zu einer Abnahme der Zuverlässigkeit führen. In einigen Fällen können Regelübertretungen zur Gewährleistung der Sicherheit nötig sein, insbesondere dann, wenn diese Regeln sich in der aktuellen Situation als unangemessen erweisen. Van der Schaaf (1999) stellt fest, dass erfahrene Operateure aufgrund kumulierter Erfahrungen in plötzlich auftretenden, gefährlichen Situationen kurzfristig (und abweichend von den Prozessen) zur Planung und Umsetzung von Handlungen,

die der Beseitigung der Gefahr dienen, in der Lage sind. Für diese Art von Handlungen lassen sich keine Prozesse vorschreiben; zum Teil muss die Möglichkeit des Regelüberschreitens zur Sicherheitsgewährleistung paradoxerweise explizit gegeben sein.

Sicherheitsmanagement wird durch die Optimierung organisationaler Prozesse zwar sehr viele Ereignisse und Unfälle verhindern können. Letztlich kann jedoch ein Fehler in einem Prozess unentdeckt bleiben, solange der Prozess nicht zum Ereignis geführt hat. Selbst eine optimierter Prozess bietet keine Gewähr dafür, dass deren Ausführung nicht zum Ereignis führen. In diesem Sinne dient Sicherheitsmanagement der Eindämmung von Risiken, negative Konsequenzen können jedoch nicht vollständig ausgeschlossen werden. Die Rationalität derartiger Ansätze wurde von Organisationstheoretikern verschiedentlich in Frage gestellt (z.B. Cohen, March & Olsen, 1972). Auch Sicherheitsforscher bemängeln die Unzulänglichkeiten eines rigide rationalen Zugangs (Aase, 1997; Ringstad, 1998; van der Schaaf & Kanse, 2000).

Um die dem rationalen Sicherheitsmanagement unzugänglichen Sicherheitsaspekte positiv zu beeinflussen, finden Kulturkonzepte der Sicherheit zunehmend Beachtung. Dieses gründet sich auch auf der Erfahrung, dass viele Ereignisse nicht allein auf das Nichtbefolgen bzw. die unzulänglichen Beschaffenheit zurück zu führen sind. Beispielhaft ist dafür der Kritikalitätsunfall in der japanischen Wiederaufbereitungsanlage Tokaimura am 30.09.99, bei dem drei Arbeiter hohe und 49 weitere geringere Strahlendosen erhielten.

Die Untersuchung des Unfalls erbrachte, dass die Arbeiter statt den zugelassenen 2,5 kg Uranoxids insgesamt 16 kg in eine Salpeterlauge eingebracht hatten. Anstelle der Verwendung eines vorgeschriebenen Einfüllbehälters, der nur die zulässige Höchstmenge aufnehmen kann, hatten die Arbeiter ein anderes Gefäß zum Einbringen des Uranoxids verwendet, offenbar um sich die Arbeit zu vereinfachen. Durch diese Menge gelösten Uranoxids wurde die kritische Masse um Faktor drei überschritten mit der Folge einer nuklearen Kettenreaktion.

Die Untersuchung zeigte, dass diese Abkürzung des Verfahrens bereits seit Jahren auf diese Weise praktiziert worden war (GRS, 1999). Das dieses Vorgehen praktiziert wurde, obschon eine anderslautende Anweisung bestand, erscheint irrational. Ein funktionierendes Sicherheitsmanagement hätte dieses Ereignis demnach nicht unbedingt verhindern können. Offenbar handelt es sich bei diesem Ereignis um verhaltensregulierende Bedingungen, die sich am ehesten mit der besonderen Sicherheitskultur in Tokaimura erklären lassen.

Doch was genau ist Sicherheitskultur? In einem Kommentar zu diesem Unfall in der „Los Angeles Times“ erläutert sehr anschaulich Meshkati (1999) Bestandteile von Sicherheitskultur, wie sie ursprünglich durch die IAEA (1998) konzipiert wurde:

> The safety culture is defined as the assembly of characteristics and attitudes in organizations and individuals that establishes safety as an overriding priority. Three general components of the safety culture are the appropriate organizational structure, the responsibility of the top management and the attitude of staff at all levels. The requirements of individual employees are questioning attitude, a rigorous and prudent approach and communication. (01.10.99).

Neben der Organisationsstruktur sind die Verantwortlichkeit des Managements und die berufsbezogenen Einstellungen der Mitarbeiter für die Sicherheitskultur kennzeichnend. Ein Hinweis, dass diese Aspekte von Sicherheit in der Anlage von Tokaimura nicht den notwendigen Standards entsprechen, ist weiterhin, dass bereits am 11.03.97 ein „ernsthafter Unfall" stattfand, in dessen Folge 37 Personen verletzt wurden und Radioaktivität freigesetzt wurde (Meshkati, 1999). Zwei schwere Unfälle einer Anlage innerhalb von zwei Jahren ist für Anlagen dieser Art nicht typisch.

Es scheint nun geboten, die Aspekte sicherheitsbezogener Unternehmenskultur zu untersuchen und zu korrigieren. Warum die Arbeiter die Prozedur abgekürzt haben und warum sich offensichtlich eine Norm der Nichtbefolgung der Prozedur durchsetzen konnte, bedarf Erklärungen, die aus einer Analyse verhaltensregulierender, kognitiver Prozesse, wie *Einstellung* und Normen, der Organisationsstruktur und der Wahrnehmung von Managementverantwortung zu geben sind (vgl. Wilpert, Ignatov & Schöbel, 2000).

Eine Sicherheitsoptimierung in der Organisation ist, ergänzend oder alternativ zum Sicherheitsmanagement, durch einen gesteuerten Kulturwandel zu erreichen. Bisher stellt jedoch die Erfassung, Beschreibung und Messung von Sicherheitskultur ein bisher nicht vollständig gelöstes methodisches Problem dar. Solange jedoch keine methodisch hinreichenden Instrumente zur Erfassung von Sicherheitskultur von Hochrisikoorganisationen verfügbar sind, ist die Optimierung von Organisationsstruktur bzw. organisationalen Prozesse durch Sicherheitsmanagement der alternative Zugang zur Gewährleistung von Sicherheit. Möglichkeiten der Verbesserung von Sicherheitsmanagement, insbesondere durch einen planvollen Einsatz von Computersystemen, werden in dieser Arbeit untersucht.

Dennoch ist ein Zusammenhang zwischen Sicherheitsmanagement und Sicherheitskultur festzustellen. Sicherheitsmanagement fokussiert die Optimierung von Design-, Betriebs- und Instandhaltungsvorschriften sowie deren Verankerung in der Organisationsstruktur. Auch Sicherheitskultur hat die Analyse und Verbesserung von Organisationsstrukturen zum Ziel. Praktisch gesehen führt Sicherheitsmanagement zur Optimierung von Standards und Strukturen, während Sicherheitskultur die Befolgung von Vorschriften sowie das Engagement bei deren Optimierung verbessert. Fortschritte im Sicherheitsmanagement einer Betreiberorganisation dürften daher ebenso positive Auswirkungen auf deren Sicherheitskultur haben und umgekehrt.

Zurück zur Optimierung von Sicherheit durch systematische Auswertung sicherheitsrelevanter Ereignisse. Das Grundprinzip des Sicherheitsmanagements ist der Rückkopplungskreis, der die Informationsverarbeitung zur Erfassung sicherheitsrelevanter Ereignisse sowie zur Ableitung proaktiver sicherheitsoptimierender Maßnahmen versinnbildlicht. Durch die Identifikation ursächlicher Abweichungen von Vorschriften und/oder unzulängliche Anweisungen in Betrieb, Instandhaltung und Überwachung wird die Anpassung organisationaler Prozesse bzw. der Organisationsstruktur reguliert, um den störungsfreien und gefahrlosen Betrieb von Technik zu gewährleisten.

In der Praxis werden zur Unterstützung dieser Informationsverarbeitung zunehmend Ereignisdatenbanken eingesetzt. Doch ist breiter Einsatz dieses Hilfsmittels problematisch. Abgesehen von konzeptionellen Unzulänglichkeiten dieser Tools (vgl. 1.5.1) bestehen in vielen Unternehmen, trotz einer grundsätzlichen Befürwortung technischer Innovationen, Vorbehalte gegenüber komplexe Aufgaben unterstützenden Informationstechnologien: Eine Studie von Minolta (1999) zeigt, dass einfache Systeme wie E-Mail recht häufig, anspruchsvolle Anwendungen wie z.B. Computer-Konferenzsysteme, Groupware und Application Sharing-Anwendungen jedoch sehr selten in Unternehmen Verwendung finden, obwohl deren Nutzen und Kosteneffizienz erwiesen ist. Eine mögliche Erklärung dieses Befunds ist, dass mit der Anzahl unterstützter Funktionen die verdeckten Belastungen der Benutzer steigen, z.B. durch höhere Anforderungen an die Qualifikation: In einem Vergleich von Entscheidungsunterstützungssystemen schlussfolgert Schmid (1998, S.28), dass ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen Umfang unterstützter Funktionen und erforderlichen methodischen Kenntnisse des Benutzers existiert.

Ohne Zweifel ist es notwendig, Unterstützungssysteme für Sicherheitsmanagement an die Anforderungen von Organisation und Benutzer anzupassen. Gleichzeitig werden Informationstechnologien, indem sie Prozesse unterstützen, zum „Bestandteil der technischen Infrastruktur zur Erzeugung, Aufrechterhaltung und Weiterentwicklung von Organisations- und Managementstrukturen“ (Oberquelle, 1991; S.45). Der Einsatz Informationstechnologien im Sicherheitsmanagement an sich modifiziert also Organisationsstrukturen, unabhängig von systematischen Veränderungen durch Sicherheitsmanagement. Es besteht deshalb die Chance, durch Einsatz von Informationstechnologien Prozesse und Strukturen in Bezug auf Sicherheit zu verändern.

Eine Nichtbeachtung dieser Wechselwirkung zwischen Unterstützung, Organisation und Benutzer kann zu Fehlfunktionen im Managementsystem führen. Ein Beispiel aus der norwegischen Offshore-Industrie: Um die Entwicklung eines computerunterstützten anlageninternen Sicherheitsmanagementsystems zu koordinieren, wurde 1992 von zwei Betreibern und drei Zulieferern das Projekt „SYNERGI“ initiiert zur Entwicklung eines aus zwei Modulen

bestehenden Datenbanksystems, der SYNERGI Company Version und der SYNERGI Central Database.

Mit der SYNERGI Company Version werden innerhalb einer Betreiberorganisation sicherheitsrelevante Ereignisse gesammelt und ausgewertet. Das zweite Modul, die SYNERGI Central Database, stellt die Schnittstelle her zwischen mehreren anlageninternen Datenbanken (SYNERGI Company Version). Das Ziel bei der Implementierung dieser Schnittstelle war der Erfahrungsaustausch zu sicherheitsrelevanten Ereignissen zwischen verschiedenen Herstellern und Zulieferern, da diese in einem ähnlichen technischen Umfeld agieren, mit analogen Sicherheitsproblemen konfrontiert werden und fast identischen behördlichen Sicherheitsauflagen unterliegen. Somit sind Prozesse und Strukturen in den Anlagen ähnlich und die Erfahrungen übertragbar.

Eine umfangreiche Evaluation der Central Database erbrachte, dass sie hinsichtlich der Informationsqualität gravierende Defizite aufweist: Um behördlichen Vorgaben zu folgen wurde besonderer Wert auf die Informationsmenge gelegt, was zu Kapazitätsproblemen bei der Auswertung, Analyse und zu subjektiven, nicht nachvollziehbaren Klassifikation von Ereignissen sowie zum übermäßigen Berichten irrelevanter Ereignisse führte (Aase & Ringstad, 1998). Der Versuch, mit Hilfe einer Ereignisdatenbank den Erfahrungstransfer zwischen Organisationen und Wettbewerbern zu fördern, ist damit gescheitert. Administration und Vertrieb der SYNERGI Central Database wurden im Herbst 1999 eingestellt.

Der positive Nebeneffekt dieses Projekts besteht in der Entwicklung einheitlicher anlageninterner Sicherheitsmanagementsysteme in den einzelnen Anlagen. Das ursprüngliche Ziel eines anlagenübergreifenden Erfahrungsaustauschs wurde jedoch verfehlt. Doch sollte das dies nicht zu der Schlussfolgerung führen, dass die Unterstützung von Sicherheitsmanagement durch Informationstechnologien grundsätzlich unmöglich ist. Das Scheitern der SYNERGI Central Database ist vielmehr als Hinweis darauf zu verstehen, dass die verwandten Konzepte computerunterstützten Sicherheitsmanagements unzureichend sind, da Qualität und Effektivität der Wissensbasen nicht gewährleistet werden können.

Eine effektive Systemunterstützung von Erfahrungstransfer ist offensichtlich ein kritischer Erfolgsfaktor für das Sicherheitsmanagement. Die nachfolgende Literaturschau und empirischen Untersuchungen dienen der Präzisierung, wie Informationstechnologien im ereignisbasierten Sicherheitsmanagement unter Erhalt der Qualität sicherheitsrelevanter Informationen eingesetzt werden können. Kapitel 1 stellt zunächst theoretische Konzepte des Sicherheitsmanagements dar. Möglichkeiten und Folgen des Computereinsatzes werden diskutiert.

Aus der bisherigen Darstellung lassen sich drei wesentliche Stellgrößen für eine Systemunterstützung von Sicherheitsmanagement ableiten:

- Die Berücksichtigung der Auswirkungen der politisch-vermittelten Einflussnahme des Umfeldes (Behörden, Öffentlichkeit usw.): Welches die wesentlichen Merkmale und Auswirkungen externer Einflüsse auf den Rückkopplungskreis für Ereignisinformationen? In Studie I wurden Sicherheitsmanagement in der deutschen Kerntechnik (DKT) und in der norwegischen Offshore-Industrie (NOI) verglichen. Die Auswirkungen externer Einflussnahme werden diskutiert.
- Prozesse des Erfahrungstransfers: Welches sind die zu unterstützenden Prozesse im Sicherheitsmanagement? Dazu wurden in Studie II die Sicherheitsmanagementsysteme verschiedener Kernkraftwerke gegenübergestellt, die Kernprozesse identifiziert und dokumentiert.
- Kontrolle der Auswirkung des Mediums auf die Informationsverarbeitung: Welche Auswirkungen hat computervermittelte Kommunikation auf die Ergebnisse komplexer Analysen? In Studie III wird untersucht, wie der Einsatz von Informationstechnologien Verarbeitungs- und Lernprozesse im virtuellen Rückkopplungskreis, insbesondere den Erfahrungstransfer, beeinflusst und ob dieses Medium für diese Aufgaben geeignet ist. Im Labor wurde die Ereignisanalyse in Teams simuliert und die Wirkung des Kommunikationsmediums dabei untersucht.

Die Komplexität der Einflüsse sowie die Wichtigkeit von Sicherheitsmanagement in Einrichtungen hohen Gefährdungspotentials erfordern einen breiten theoretischen und methodischen Zugang. Anliegen dieser Arbeit ist, Entwicklern und Anwendern einen konzeptionellen Rahmen für die Gestaltung und die Nutzung computerunterstützten Sicherheitsmanagements zu liefern.

1 Sicherheitsmanagement und Erfahrungstransfer

Anliegen dieser Arbeit ist die Ableitung von Gestaltungsrichtlinien für computerunterstütztes und ereignisbasiertes Sicherheitsmanagement. Zur Entwicklung eines theoretischen Rahmens, welcher die Analyse organisationsexterner bzw. –interner Gestaltungsfaktoren für ein solches System ermöglicht, wird in diesem Kapitel folgenden Fragen nachgegangen:

- Was ist Sicherheitsmanagement und welches sind die theoretischen Prinzipien von Sicherheitsmanagement?
- Welches sind die Prozesse im Sicherheitsmanagement?
- Welche können sinnvoll unterstützt werden und wie?
- Was ist Best Practice? Welche Informationstechnologien finden gegenwärtig Verwendung und wie ist deren Effektivität im Hinblick auf die Ziele und Prinzipien des Sicherheitsmanagements?
- Welche weiteren, bisher nicht genutzten Möglichkeiten bestehen?
- Welche Auswirkungen hat die Nutzung von Informationstechnologien auf die Organisation bzw. das Sicherheitsmanagementsystem selbst?

Technische Effekte der Verwendung von Computern als Medium, die Auswirkung auf Kommunikationsprozesse in Organisationen haben, werden getrennt in Kapitel 4 dargelegt.

1.1 Sicherheitsmanagement

Das systematische Gewährleisten von Sicherheit weist als Forschungsthema mit ausgeprägtem Anwendungsbezug Entwicklungsparallelen auf zur technischen Entwicklung und zur Ausweitung des Risikopotentials von Industrieanlagen (vgl. Fahlbruch & Wilpert, 1999). Obwohl Heinrich bereits 1936 mit seinem Buch „Industrial accident prevention“ (Neuauflage 1959) eine Grundlage schrittweiser Sicherheitsoptimierung in Industrieanlagen legte, bezeichnet Visser (1998; S.44) den später erschienenen Untersuchungsbericht zur Explosion der “Piper Alpha” als Ausgangspunkt der Entwicklung moderner Managementsysteme zur Gewährleistung industrieller Sicherheit. Dieser Unfall einer Ölplattform am 06.07.1988, bei dem 167 Personen ums Leben kamen, gilt mit Schäden von 2,76 Mrd. $ als einer der bislang schwersten Industrieunfälle (SwissRe, 1999) und zog eine öffentliche Untersuchung unter der Leitung von Lord Cullen nach sich.

Im Untersuchungsbericht betonte Cullen (1990; S.370) die Notwendigkeit, von Anlagenbetreibern, neben den üblichen technischen Sicherheitsvorkehrungen, den Nachweis systematischer organisatorischer Maßnahmen zur permanenten Sicherheitsoptimierung zu

verlangen. Derartige *Sicherheitsmanagementsysteme* (SMS) seien in allen Organisationen zu installieren, um die Zweckmäßigkeit der technischen Anlagen sowie die Angemessenheit von Design und Betriebsprozessen von Anlage bzw. Ausrüstung zu gewährleisten und gegenüber Öffentlichkeit und Behörden nachzuweisen. Das SMS sollte organisationsinterne Kriterien bezogen auf Sicherheit sowie ein System zur Zielerreichung festlegen, d.h. die zu erreichenden Leistungsstandards sind zu bestimmen und notwendige Ressourcen bereitzustellen, die zur Umsetzung und Überwachung dieser Standards notwendig sind. Das SMS umfasst somit eine komplette Vorschrift, wie Sicherheit in Auslegung (Design) und Betrieb gewährleistet werden kann. Elemente eines solchen Systems sowie Funktionen der Organisation, die durch das SMS nach Cullen gesteuert werden sollen, sind in Tabelle 1 dargestellt.

Nach dem Vorschlag von Cullen sollte die informatorische Steuerungsgrundlage eines SMS über Sammlung und Analyse sicherheitsrelevanter Informationen mit einer Methodenkombination aus probabilistischer Sicherheitsanalyse (PSA), Ereignisanalyse und Audits sowie dem Transfer der Analyseergebnisse hergestellt werden. Grundsätzlich schlägt er vor, die Prinzipien des Qualitätsmanagements nach BS 5750 und ISO 9000 für das SMS zu übernehmen (ebd., S.371), deren Grundkonzept die Optimierung eines Zielkriteriums (der Qualität von Produkten) durch Rückkopplung von Abweichungen von definierten Zielzuständen (Qualitätsmängel) ist.

Tabelle 1 Elemente eines Sicherheitsmanagementsystems nach Cullen (1990, S.370)

Element	Funktion
Richtlinien, Organisation und Implementierung	Schaffung einer geeigneten Organisationsstruktur Einbezug der Belegschaft und der Subunternehmer in das Sicherheitsmanagement
Funktionsbereiche	Standards für Managementpersonal (Führungsleitbilder) Ausbildung für Betrieb und Notfälle Planung und Entwurf; Auslegungsrichtlinien (design procedures) Prozeduren für Betrieb, Instandhaltung, Änderungen und Notfälle Sicherheitsmanagement von Subunternehmern bezüglich deren Arbeit
Informationssystem	Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA) Berichtswesen für Unfälle und Ereignisse, Ereignisanalyse und Maßnahmenverfolgung Überwachen und Auditieren der Funktionsweise des SMS Systematische Neubewertung des Systems unter Rückgriff auf die Erfahrung des Betreibers und der Industrie

Später wurde die britische Industrienorm BS 8800 (BSI, 1996) entwickelt, die der Vorläufer einer zukünftigen europäischen Norm sein könnte. Die Norm BS 8800 integriert eine britische Richtlinie für das Gesundheits- und Sicherheitsmanagement und die europäische Norm ISO 14001 für Umweltmanagementsysteme.

Der Ausgangspunkt einer Implementierung eines SMS nach BS 8800 ist die Statusüberprüfung des aktuellen Zustandes des Sicherheitsmanagements (“status review”). Als Informationsbasis werden dazu Ergebnisse früherer Audits, die Evaluation eines möglicherweise bestehenden Systems, die Bewertung der Organisationsstruktur, Berichten von “best practices” des SMS usw. gesammelt und zusammengestellt.

Implizit wird im BS 8800 davon ausgegangen, dass in Organisationen hohen Gefährdungspotentials grundsätzlich Systeme zur Gefahrenkontrolle vorhanden sind, die es zu optimieren gilt. Mit der Informationsbasis des „status review“, welche Aufschluss über die Wirksamkeit bestehender Prozesse gibt, werden Leitlinien entwickelt, an welche das zukünftige System anzupassen ist (“policy”). Es ergeben sich konkrete Maßnahmen zur Reorganisation, Planung und Implementierung des neuen Systems. Dazu gehört, dass Funktionen zur Identifikation kritischer Arbeitssituationen, Risikoabschätzung (“risk assessment”), regelmäßiger Evaluation des SMS (“measuring performance”) und für Audits (Tabelle 2) in das System eingebunden werden.

Innerhalb der SMS-Funktion “Organisation” werden verantwortliche Personen in einer Organisation bestimmt. Diese sind ggf. für das Management von Sicherheit zu qualifizieren. Kommunikations- und Dokumentationsrichtlinien für den Informationsaustausch sind festzulegen. Unter Berücksichtigung ökonomischer Rahmenbedingungen (z.B. durch die Größe des Unternehmens, die Phase des Produktzyklus (Entwicklung, Markteinführung bzw. Produktion) werden in der SMS-Funktion “Planung und Implementierung” Richtlinien zur Festlegung sicherheitsbezogener Ziele entwickelt. Probleme, für die ein Lösungsalgorithmus festzulegen ist, betreffen die Gewichtung konkurrenter Ziele gegeneinander, wie z.B. Sicherheit und Kosteneinsparung.

Für derlei Gewichtung werden wiederum Risikoabschätzungen benötigt. Die Risikoabschätzung erfolgt über die Zerlegung von Arbeitsaufgaben, die Identifikation von Gefährdungen, die Abschätzung des Eintritts der Wahrscheinlichkeit einer Schädigung (Risiko) sowie die Festlegung des akzeptablen, in vielen Fällen durch gesetzliche Regelungen vorgegeben Risikoniveaus. Spätestens an diesem Punkt wird eine systematische Dokumentation von Betriebserfahrung notwendig, d.h. alle Unfälle und Ereignisse, die bei einer bestimmten Arbeit (zumeist an einer bestimmten technischen Komponente) aufgetreten sind, müssen dokumentiert sein. Denn die Häufigkeiten von Fehlern, Versagen und Funktionsstörungen sind die Ausgangsdaten zur Kalkulation von Fehlerwahrscheinlichkeiten mittels probabilistischer Verfahren (vgl. S.13f). Dokumentation und Berichtswesen sind somit zentraler Bestandteil eines SMS nach BS 8800.

Entsprechend der Zielstellungen von BS 8800 (S.2), (1.) Reduktion der Risiken für Mitarbeiter und andere, (2.) Verbesserung der geschäftlichen Leistungsfähigkeit von Organisationen

und (3.) Unterstützung des Images einer verantwortungsbewussten Organisation in der Gesellschaft, ist es notwendig, die negativen Konsequenzen mangelhaften Sicherheitsmanagements, also Ereignisse und Unfälle, zu kontrollieren. Der kontinuierliche und systematische Transfer von Betriebserfahrung ist Grundlage der Leistungsbewertung des SMS ("measuring performance"). Die Evaluation des Sicherheitsmanagements erfolgt anhand der Richtlinien festgelegter sicherheitsbezogener Teilziele, deren Erreichung anhand Ereignisstatistiken bewertet wird. Sicherheitsrelevante Ereignisse weisen in diesem Sinne auf Abweichungen des SMS von den Zielen *oder* auf die Unangemessenheit sicherheitsbezogener Ziele hin. Für die zweite Bewertungsstrategie, die proaktive Evaluation, werden Verfahren genannt, die den Stand der Implementierung des SMS sowie Bekanntheit und Akzeptanz der Sicherheitsziele innerhalb einer Organisation feststellen lassen (S.29).

Tabelle 2 Elemente eines Sicherheitsmanagementsystems nach BS 8800

Element	Funktion
Richtlinien	- Wahrnehmung von Sicherheitsmanagement als integraler Bestandteil des wirtschaftlichen Erfolgs - Erreichen eines Höchstmaßes an Sicherheit mit Konformität zu den gesetzlichen Erfordernissen als Minimum und einer kontinuierlichen, kosteneffizienten Leistungsverbesserung - Bereitstellung adäquater Ressourcen zur Implementierung des Systems - Festlegung und Bekanntmachung der sicherheitsgerichteten Ziele, wenn auch nur durch interne Anzeige - Festlegung des SMS als wichtige Verantwortlichkeit des Linienmanagements - Sicherung des Verständnisses, der Implementierung und Aufrechterhaltung in allen Ebenen - Mitarbeiterbeteiligung und -befragung zur Erhöhung der Akzeptanz der Richtlinien und deren Implementierung - Periodische Überprüfung der Richtlinien, deren Befolgung und der des SMS - Absicherung der Trainingsnotwendigkeit und –durchführung unter den Mitarbeitern aller Ebenen und Überprüfung der Kompetenz in der Ausführung ihrer Pflichten und Verantwortlichkeiten
Organisation	- Verantwortlichkeiten und Verfügbarkeiten - Beteiligung von Mitarbeitern - Feststellung und Entwicklung von Kompetenzen und Qualifikation - Kommunikation und Dokumentation - Engagement von Experten
Planung und Implementierung	- Planung des SMS im wirtschaftlichen Kontext - Definition von Effizienzkriterien - Bereitstellung notwendiger Ressourcen - Abwägung von Zielen und Maßnahmen - Implementierung von Maßnahmen - Kontrolle der Wirksamkeit
Risikoabschätzung (Risk assessment)	- Zur Erfüllung gesetzlicher Vorgaben bzgl. akzeptabler Risiken - Zur Verbesserung proaktiver Sicherheit
Evaluation	- Kontrolle der Implementierung des Systems - Überprüfung der Effektivität der Kontrolle von Risiken - Lernen aus Ereignissen und Fehlern des Managementsystems - Unterstützung der Funktion des Systems durch Informationen aller beteiligten Instanzen - Informationssammlung zur Bewertung des Systems
Audit	- Akzeptanz von Audits sichern - Kooperation der Auditoren

Element	Funktion
	- Entwicklung eines Auditsystems - Organisation und Durchführung von Audits - Auswahl und Training der Auditoren - Berichtslegung und Dokumentation von Ergebnissen - Distribution der Auditergebnisse und Maßnahmenumsetzung

Das Ziel von Ereignisanalysen wird im BS 8800 wie folgt definiert:

> The prime purpose of the investigation procedure is to prevent further hazardous events. The occurrence of a hazardous event is usually evidence of management system failures. Therefore, to find out why an accident or incident happened, shortcomings in the [safety management] system and 'sharp end' failures should be investigated. (S.31)

"Sharp end failures" sind sichtbare Ursachen, welche zu einem Ereignis führen (menschliche Handlungen, Funktionsstörungen einer technischen Komponente usw.; vgl. Reason, 1997; S.10). Daneben existieren systemimmanente Ursachen, welche dem unmittelbaren Erkennen verschlossen sind. Diese lassen sich nur aus einer intensiven Analyse der Gründe der sichtbar ursächlichen Handlungen ableiten ("blund end failures", ebd.) und sind zumeist in den Prozessen zu finden.

Dem BS 8800 liegt also die Prämisse zugrunde, dass sicherheitsrelevante Ereignisse nur dann auftreten können, wenn Defekte im SMS vorhanden sind. Das Aufspüren und Beseitigen der Defekte führt vermittelt über die Optimierung des SMS zur Sicherheit des Gesamtsystems. Aus diesem Grund wird die Durchführung spezieller Ereignisanalysen empfohlen, um zugrundeliegende Ursachen im SMS und im Management der Organisation zu identifizieren, die Erkenntnisse allen relevanten Interessenten mitzuteilen sowie die Analyseergebnisse in den fortlaufenden Statusüberprüfungsprozess einfließen zu lassen (S.32). Übergreifende Anpassungen und Verbesserungen des Gesamtsystems werden in Audits abgleitet.

BS 8800 bezieht sich ursprünglich auf die Vermeidung von Arbeitsunfällen und ist damit im Anwendungsbereich beschränkt. Konzeptionelle Anleihen wurden beim Umweltschutz- und Qualitätsmanagement betätigt, in dem das Prinzip einer iterativ-rekursiven Erschließung von Steuerungsinformation zur inkrementellen Optimierung eines Zielkriteriums (siehe virtueller Rückkopplungskreis, vgl. Abbildung 1) verankert wurde. Es scheint deshalb sinnvoll, bei der Statusüberprüfung zu analysieren, wie sich vorhandene Systeme, die, auf den gleichen Prinzipien basierend, unterschiedliche Kriterien optimieren, integrieren lassen. Wenn drei verschiedene Systeme zur Optimierung der Leistungsparameter Umweltschutz, Arbeitsschutz bzw. Sicherheit und Qualität implementiert sind (vgl. ebd., S.9), ist die Frage zu stellen, inwieweit ressourcenverbrauchende Redundanzen wirtschaftlich und organisatorisch realisierbar, effizient und zielführend sind. Des weiteren ist zu fragen, ob ein ausschließliches

Fokussieren auf die Vermeidung von Arbeitsunfällen beim eigenen und beim Fremdpersonal auch zur umfassenden Erhöhung der Zuverlässigkeit technischer Systeme sowie der gesamten Organisation führt (vgl. S. 85). Diese Frage wird später noch einmal aufgegriffen.

Beide Systeme unterscheiden sich in der konzeptionellen Strukturierungstiefe. Während Cullen in seinem Bericht wesentliche Funktionsbereiche eines SMS für Offshore-Plattformen definiert, die er aus der Analyse des Piper-Alpha-Unfalls ableitete, handelt es sich beim BS 8800 um ein allgemeineres, breiter anwendbares Konzept. Dennoch ist beim BS 8800 (aufgrund der Natur der Publikation als britische Norm) eine deutlichere Beschreibung und Formalisierung zu erkennen. Die Formulierung als Norm bietet den Vorteil, dass Einzelelemente des SMS hinsichtlich des Funktionierens in der Praxis einfacher evaluiert und ggf. optimiert werden können. Der Nachteil der Norm BS 8800 besteht darin, dass die Bedeutung von Einzelelemente in einzelnen Industrien unterschiedlich ist, hierauf jedoch kein Bezug genommen wird.

Dennoch überschneidet sich die Norm BS 8800 mit dem System Cullens. Sicherheitsbezogene Ziele beziehen sich hierin nicht allein auf Handlungen der konkret-operativen Ebene, wie technische Vorgaben für den Arbeitsschutz, sondern werden sukzessive überprüft, fortentwickelt und somit an den Prozess technischer und struktureller Entwicklung einer Organisation angekoppelt. In beiden Managementsystemen ist das Konzept einer schrittweisen Herstellung von Sicherheit erkennbar. Sicherheit wird in einer kontinuierlichen, sukzessiven Korrektur einzelner Schwachstellen in Organisation und Technik gewährleistet. Offensichtliche Ursachen eines sicherheitsbedeutsamen Ereignisses (sharp end failures) werden als Phänomene tieferliegender Fehlanpassungen des SMS, der Organisation und des allgemeinen Managements an die Erfordernisse zuverlässiger und sicherer Auslegung und Betriebs verstanden. Für den Anpassungsprozeß werden in beiden Modellen Mittel, wie Berichtswesen, Ereignisanalyse, probabilistische Methoden sowie Audits als Prozesse vorgeschlagen, deren Kernfunktion die Informationssammlung, Analyse und Weiterleitung sowie die Nutzbarmachung sicherheitsrelevanten Wissens ist. Tabelle 3 gibt eine zusammenfassende Darstellung der wesentlichen Elemente eines SMS wieder.

Tabelle 3 Elemente von Sicherheitsmanagementsystem (Zusammenfassung)

Element	Funktionen
Richtlinien und Politik	Unternehmensleitlinien, Konformität zu gesetzlichen Vorgaben, Richtlinien von Betreiberorganisationen und Interessensverbänden sowie von Gewerkschaften
Organisation und Implementierung	Organisationsstrukturen, Subunternehmen, Technik, National- und Organisationskultur, Definition von Effizienzkriterien
Informationssystem: Ereignisbasiertes SMS	Sammlung, Analyse, Weiterleitung und Ableitung korrektiver Maßnahmen, probabilistische Risikoanalysen

Evaluation des SMS	Reflexion und Bewertung der SMS-Prozesse (z.B. in Audits)

Der kritische Prozess in der Fortentwicklung und letztlich zur Anpassung eines SMS ist die Informationsverarbeitung. Selbst bei neu in Betrieb gehenden Anlagen ist heute davon auszugehen, dass aufgrund regulativer Vorgaben bereits beim Anfahren der Anlage ein SMS gegenüber den Aufsichtsbehörden nachzuweisen ist. In der deutschen Kerntechnik würde dieser Fall aufgrund der Referenzierung des §2 der Atomrechtlichen Störfallmeldeverordnung (AtSMV) auf alle unter das Atomgesetz (AtG) fallende Anlagen gewährleistet sein, in der norwegischen Offshore-Industrie aufgrund der Richtlinien zur Internen Kontrolle (NPD, 1996). Ist in einer Einrichtung hohen Gefährdungspotentials ein SMS implementiert, so zeigt sich die Auswertung der gewonnenen Betriebserfahrung anhand sicherheitskritischer Ereignisse als der *primäre* Ausgangspunkt für Verbesserungen des SMS und schließlich für Optimierungen der Sicherheit und Zuverlässigkeit. Aus diesem Grunde werden im folgendem ausschließlich die Elemente eines SMS analysiert und diskutiert, welche der Nutzung des Wissens aus sicherheitsrelevanten Ereignissen dienen.

Zur Abgrenzung derartiger SMS gegenüber der ursprünglichen Konzeption von SMS wird der Begriff der *ereignisbasierten Sicherheitsmanagementsysteme* (eSMS) eingeführt. Ein eSMS ist ein System zur Standardisierung, Formalisierung und Unterstützung der Lern- und Anpassungsprozesse einer Organisation, die durch Transfer von Betriebserfahrung zur Optimierung der Sicherheit von Mensch, Technik und Organisation beitragen (zur Definition eines Systems zur Nutzung von Betriebserfahrung vgl. Wilpert, Becker, Maimer, Miller, Fahlbruch, Gans, Leiber & Szameitat, 1997; S.5). Es reguliert die Sammlung, Analyse und Bereitstellung von ereignisbasierten Informationen als Grundlage von Entscheidungen und Handlungen, die zur Umsetzung sicherheitskorrektiver Maßnahmen führen. Diese Maßnahmen, abgeleitet aus der Verarbeitung von Ereignisinformationen, wirken rekursiv auf die Gestaltung von Technik und Organisation, also auf Design, Betrieb, Überwachung und Instandhaltung sowie auf Struktur und Funktion des gesamten SMS.

1.2 Erfahrungstransfer als Lernen von Organisationen

Aufgrund des inkrementellen Charakters der Herstellung von Sicherheit hat die Metapher einer Organisation als lernendes System weite Verbreitung in der Sicherheitsforschung gefunden (Freitag & Hale, 1997; Kjellén, 1998; Reason, 1991; Ringstad, 2000; Sitkin, 1991; Wilpert et al., 1997; van der Schaaf, 1991). Besonders in Verbindung mit dem Ereignisentstehungsmodell von Reason (1990), welches die Herstellung von Sicherheit durch die Ausmerzung latenter Schwachstellen impliziert, hat das Konzept des Organisationalen Lernens (OL) Akzeptanz in Wissenschaft und Praxis gefunden.

Doch Sicherheitsoptimierung bedarf mehr als die Rückkopplung von Betriebserfahrung. Clarke & Perrow (1996) fanden in einer Feldstudie, dass sicherheitsbezogene Lernprozesse fehlschlagen können: Einem Kernkraftwerksbetreiber gelang es nicht, auch bei vorhandenem SMS einen sukzessiven Zuwachs an Zuverlässigkeit von Notfall- und Evakuierungsprozeduren durch formalisierte Rückkopplungs- und Lernprozesse zu erreichen. Obwohl ein Informationssystem zur Sicherheitsoptimierung implementiert war, stellte sich bei einer Notfallübung heraus, dass für wichtige Tätigkeiten Prozeduren einerseits fehlten, verschiedentlich „Phantasiedokumente“ ohne Anwendungsbezug jedoch vorhanden waren. Diese „Phantasiedokumente“, so Clarke & Perrow (S.1035), seien Ergebnis von Maßnahmen zur Sicherheitsoptimierung, die aber aufgrund fehlender Erfahrungen bzw. unsystematischer Erfahrungsrückkopplung keinem „reality check“ unterworfen waren. Die Autoren bemängeln, dass in dieser Anlage teilweise Verantwortlichkeiten unklar, Kontrollspannen zu groß und für Überprüfungen zuständige Personen überlastet waren, d.h. die Koordination bei der Erfahrungsnutzung offenbar fehlschlug.

Offenbar werden Prozesse des Erfahrungslernens in Organisationen durch eine Reihe organisationaler und sozialer Randfaktoren beeinflusst. Es erscheint notwendig, den theoretisch postulierten Zusammenhang zwischen Rückkopplung von Betriebserfahrung und Sicherheitsoptimierung detailliert zu analysieren. Dazu ist anzumerken, dass Lernen in der Psychologie ein Konzept ist, welches ursprünglich mit der Wissensaneignung von Individuen verknüpft ist. Lernen in Organisationen bedingt, dass dieser Prozess zwischen mehreren Personen stattfindet. Es sind also die Fragen zu klären, worin das Ziel organisationalen Erfahrungslernens besteht und wie es vonstatten geht. Aus Mangel an empirischen Studien, die, das Konzept des OL nutzend, einen positiven Effekt hinsichtlich Sicherheit nachweisen, wird im folgenden Abschnitt die konzeptionelle Evidenz des organisationalen Erfahrungstransfers für eSMS diskutiert.

Leavitt & March (1988) definieren Lernprozesse in Organisationen wie folgt:

> ... organizations are seen as learning by encoding inferences from history into routines that guide behavior. (S.320)

Organisationen lernen, wenn Rückschlüsse aus der Betriebserfahrung auf die Funktionalität organisationaler Standards und Prozesse gezogen werden. Damit lehnen sich Leavitt & March an das bereits erwähnte Konzept eines virtuellen Rückkopplungskreises an (vgl. S.13). Somit dienen die Erfahrungen bei der Ausführung von Prozessen deren Kontrolle. Unangemessene, dysfunktionale Prozesse würden organisationalen Zielen und Standards nicht genügen und deshalb verändert oder durch neue ersetzt werden. Erfolgreiche Prozesse würden beibehalten werden. Damit wüchse das Wissen über zur Lösung

spezifischer Aufgaben, was die Möglichkeit zur planvollen Anpassung und Veränderung der Organisation als Ganzes eröffnet.

Mit dem Modell der Erfahrungsrückkopplung lassen sich Anpassungen standardisierter organisationaler Handlungsabläufe in der Praxis theoretisch nachbilden (Argyris & Schön, 1972; Epple, Argote & Devadas, 1991; Kolb & Fry, 1975). Fehler bzw. Ereignisse, d.h. ungeplante Kontingenzen in den Arbeitsergebnissen, sind hierin Ausgangspunkt systematischer organisationaler Lern- und Adaptationsprozesse (Sitkin, 1996).

Die Analyse von Erfahrungsrückkopplung in der Praxis (Kapitel 3) wird zeigen, dass der ideale Rückkopplungskreis sehr häufig unterbrochen ist, d.h. bestimmte Ereignisse führen auch bei einem implementierten SMS nicht zwangsweise zur Verhinderung ähnlicher Ereignisse (Reason, 1991). Die Störungen des idealen Rückkopplungskreises werden als *Informationspathologien* bezeichnet (z.B. Kim & Senge, 1994, March & Olsen, 1975; Scholl, Hoffmann & Gierschner, 1993). Informationspathologien erzeugen Situationen, in denen Entscheidungen mit unzulänglicher informationeller, also nicht planbasierter, Fundierung, getroffen werden. Willenski und Sorg haben umfangreiche Zusammenstellungen möglicher Informationspathologien angefertigt (zitiert nach Giesa, 1993). Da diese Unterbrechungen des virtuellen Feedbackkreises von den Autoren phänomenologisch beschrieben und klassifiziert werden, ist schwer zu entscheiden, worauf die Informationspathologien letztlich zurückzuführen sind. Es scheint jedoch, dass insbesondere in Situationen mit einer geringen Standardisierung der Handlungen und einer hohen Interdependenz zwischen den beteiligten Akteuren diese Informationspathologien häufiger auftreten.

Offenbar lassen sich die Informationspathologien auf soziale Phänomene der Zusammenarbeit in Gruppen zurückführen. Außerdem gewinnt man den Eindruck, als besitze das Modell des Rückkopplungskreises zur Beschreibung organisationaler Lernprozesse nur unter Zuhilfenahme des mithin unscharfen Konstrukts der Informationspathologien ausreichenden Erklärungswert für unterschiedliche Lernsituationen. Dieses stark an der Kybernetik orientierte Lernmodell ist somit nicht ausreichend für eine allgemeine Beschreibung des inkrementellen Lernens in Organisationen, denn es stößt bei organisationalen Handlungen mit geringer Standardisierung und Situation hoher Interdependenz verschiedener Akteure auf Grenzen. Es berücksichtigt die sozialen Bedingungen des Erfahrungslernens in Gruppen und Organisationen nicht und ist für nichtstandardisierte Aufgaben und Lernprozesse, in denen die soziale Interdependenz und der Koordinationsbedarf hoch sind, unzureichend (Aase, 1997; Lundberg, 1995; Nicolini & Meznar, 1995). Hierfür ist ein Modell vonnöten, welches die sozialen Prozesse innerhalb eines virtuellen Rückkopplungskreises genauer beschreibt.

Das Konstrukt der Informationspathologien basiert darauf, dass Informationen bei der Erfahrungsrückkopplung unterdrückt oder hinsichtlich ihrer Bedeutung verändert werden (March &

Olsen, 1975). Wird die Bedeutung von Information abgewandelt, ändert sich seine Qualität. Des weiteren stellt Huber (1991; S.91) fest, dass Erfahrungslernen nur teilweise systematisch und zielgerichtet erfolgt, häufiger jedoch Erfahrungen spontan und unsystematisch gesammelt werden. Aus diesem Grunde rückt die Kontrolle der Informationsqualität in einem eSMS aus dem Blickwinkel seiner Nutzer in den Fokus. Huber (1991) präzisiert die Definition organisationaler Lernprozesse:

> An organization learns if any of its units acquires knowledge that is recognized as potentially useful to the organization. (S.89)

Lernen findet in Organisationen dann statt, wenn *nützliches* Wissen dem bestehenden angefügt wird. Für die Organisation ist das Wissen nützlich, welches konkrete Handlungen zur Erreichung organisationaler Ziele impliziert. In einem eSMS verarbeitete Information ist nur dann nützlich, wenn sie im Arbeitskontext der Nutzer zur Sicherheitsoptimierung führen kann. Jede weitere, überflüssige Information sollte das System unterdrücken, da sie Ressourcen zur Informationsverarbeitung okkupieren und den Benutzer unnötig belastet (Aase, 1997b; Timpe, 1998; Wildavski, 1983). Überflüssige Information kann bereits durch den Abgleich registrierter Information mit sicherheitsbezogenen Zielen des eSMS sowie durch die Eliminierung von Redundanzen drastisch reduziert werden. Nicht nützlich und damit qualitativ unzureichend ist Information im eSMS, wenn *Aktualität, Zuverlässigkeit und Bezug zur Sicherheitsoptimierung* nicht gegeben sind. Die Qualität der Informationen sollte auf allen Verarbeitungsstufen eines eSMS überwacht werden, da ein Qualitätsverlust bei sequentieller Informationsverarbeitung auf nachfolgenden Stufen nicht zu kompensieren wäre (vgl. 1.3).

Information ist für den Entscheidungsträger dann nützlich, wenn diese entscheidungsgenerierend oder handlungsauslösend innerhalb eines spezifischen Aufgabenkontexts ist. Die Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung bedingt so mittelbar die Nützlichkeit der verarbeiteten Information: Eine hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit erlaubt die Rückkopplung von Informationen innerhalb eines Zeitraumes, in welchem sie eine hinreichende Aktualität und Entscheidungsrelevanz für den Nutzer in einer spezifischen Situation haben. Es sollte vermieden werden, dass der Nutzer mit veralteten Informationen belastet wird.

Die Qualität der Information kann bei deren Verarbeitung sich gewollt oder ungewollt ändern. Ein Beispiel ungewollter Veränderung ist die Verwendung statistischer Analysemethoden, ohne dass die Voraussetzung zu deren Anwendung in der Datenqualität gegeben ist (z.B. Skalenniveau, Normalverteilung, Herkunft aus gleicher Grundgesamtheit).

Der Bezug zur Sicherheitsoptimierung von Informationen, welche in derartigen Managementsysteme verarbeitet wird, ist schwer einzuschätzen, jedoch häufig sehr gering.

Wildavski (1983) bemerkt, dass Managementinformationssysteme häufig zuviel unspezifische und zuwenig strukturierte Informationen enthalten, deshalb wenig Unterstützung für Entscheidungsträger anbieten. Dieses äußere sich in einer Diskrepanz zwischen im System vorhandenen und den vom Nutzer benötigten Informationen. Chappell (1994) stellt bei der Betrachtung von eSMS fest, dass Daten freiwilliger Ereignisberichte selten überprüft werden können und damit durch individuelle Verzerrungseffekte (Bias) kontaminiert sind und bleiben. Reason (1991) erklärt, die Informationsverarbeitung bestehender eSMS sei zu langsam und kopple zu wenig Information zurück, um proaktiv organisationale Mängel im SMS beseitigen zu können. Eine der Ursachen hierfür sieht er darin, dass Ereignisse zunächst über einen langen Zeitraum gesammelt werden, um anschließend mit statistischen Methoden grundlegende Muster der Ereignisverursachung aufzudecken, womit eine Verzögerung in der Erfahrungsrückkopplung bewirkt wird. Ringstad (2000) stellt ergänzend fest, dass moderne Organisationen durch schnelle Veränderungen in Technologie, Managementprinzipien und Organisationsstrukturen gekennzeichnet seien, was eine Identifikation reliabler, überdauernder Muster der Ereignisentstehung anhand langer Beobachtungszeiträume unmöglich werden lässt. Letztlich, so Reason (ebd., S.20), wird bei der herkömmlichen statistischen Analyse festgestellt, dass sich keine gemeinsamen Muster erkennen lassen, man ausschließlich Listen unsicherer Situationen von geringem Wert erhält. Deshalb seien qualitative Auswertungen von Einzelfällen der statistischen Analyse mehrerer Fälle vorzuziehen. Statistische Analysen sind auf die Auswertung von Häufigkeiten zu beschränken, da die Datenqualität die Anwendung inferenzstatistischer Verfahren nicht zulässt (Chappell, ebd.). Die Aussagekraft von Ereignisstatistiken ist, da sie generell nicht gegen zufällige Effekte abzusichern sind, in methodologischer Hinsicht grundsätzlich in Frage zu stellen (Krause & Metzler, 1988; S.11ff). Dennoch sind sie gegenwärtig elementares Element der Verarbeitung sicherheitsrelevanter Ereignisse für Sicherheitsmanagement.

Die Antwort auf obige Frage muss also lauten, das Managementsysteme nicht allein durch die Formalisierung und Organisation einer Rückkopplungsschleife, die sicherheitsrelevante Informationen transportiert und verarbeitet, zur Sicherheitsoptimierung führen. Durch unangemessene standardisierte Verarbeitungsprozesse, welche die Informationsqualität schädigen, werden möglicherweise Ressourcen verbraucht, ohne dass ein effektiver Sicherheitszuwachs resultiert.

Zurück zu den Prozessen des Erfahrungslernens. Die Definition Hubers hebt hervor, dass organisationales Wissen durch Einheiten einer Organisation erworben wird. Eine präzise Definition des Begriffs der Einheit, sei darunter ein Individuum oder eine Gruppe von Personen verstanden, gibt Huber nicht. Ein offensichtlicher Unterschied zwischen individuellem Lernen auf der einen Seite und Lernen von Gruppen auf der anderen ist, dass bei individuellem Lernen eine Repräsentation aller möglichen Formen von Informationen in einem

vergegenständlichtem Speicher, dem menschlichen Gehirn, vorstellbar ist. Hingegen ist eine interpersonale Repräsentation von Wissen nur schwer vorstellbar, da nicht für alle Formen des Wissens einheitliche vergegenständlichte Speicher verfügbar sind. Um organisationales Erfahrungslernen erscheint es jedoch notwendig zu erklären, wie kollektives, organisationales Wissen gespeichert werden kann.

Zur Ableitung eines solchen Konstrukts werden zunächst Bedingungen individuellen Erfahrungslernens in Organisationen erklärt. Dazu werden verschiedene Aufgabentypen, deren Bearbeitung Möglichkeiten zur Erfahrungssammlung bieten, sowie Formen des so gewonnenen Wissens unterschieden. Anschließend werden Modelle des Speicherns und des Transfers unterschiedlicher Wissensarten diskutiert, um Schlussfolgerungen für die Gestaltung von eSMS abzuleiten.

Für das Erfahrungslernen in Organisationen relevante individuelle Lerngelegenheiten werden durch die Art der Aufgaben gestaltet, an denen die Organisationsmitglieder arbeiten. Brown & Duguid (1991) unterscheiden dahingehend zwei Arten: Zum einen sind dies gut strukturierte, durch Handlungsanleitungen und Prozeduren bzw. Prozesse definierte Aufgaben (*kanonische Aufgaben*). Das für die Aufgabenbewältigung notwendige Wissen ist als Prozedur oder Handlungsanleitung dokumentiert bzw. als Auftrag verbalisiert für das Individuum verfügbar. Für diese Bedingung ist das Modell des virtuellen Rückkopplungskreises angemessen: Die Prozedur wird ausgeführt und entsprechend der Kontingenz im Arbeitsergebnis durch die Organisation beibehalten oder verändert.

Neben gut strukturierten Aufgaben mit festen Lösungsalgorithmen werden Organisationsmitglieder mit Aufgaben konfrontiert, in denen das Wissen über Lösungsalgorithmen sowie die Prozesse unzureichend sind, und die ein adaptives Vorgehen des Individuums erfordern (*nonkanonische Aufgaben*). Die Lösung solcher Aufgaben erfordert Wissen, welches in der Organisation offenbar nicht dokumentiert, da teilweise nicht verbalisierbar, ist. Notwendiges Wissen wird durch das Individuum in der Situation schrittweise in einem inkrementellen Lösungsprozess produziert. Für solche Aufgaben ist das Modell des virtuellen Rückkopplungskreises unangemessen. Da unzureichend Wissen über den Lösungsweg vorhanden ist und nonkanonische Aufgaben keine ideale Lösung besitzen, kann die Angemessenheit des Vorgehens nicht bewertet werden, womit die Erfolgs-/Misserfolgsbewertung als Voraussetzung für Erfahrungsrückkopplung nicht gegeben ist. Auch wenn die Aufgabe erfolgreich bewältigt würde, bliebe unklar, ob der gewählte Lösungsweg effizient und ressourcensparend ist. Folglich muss neben der Erfahrungsrückkopplung ein anderer Prozess stattfinden, der zur Optimierung bei nonkanonischen Aufgaben führt.

Orr (1987) untersuchte die Lösung derartiger Aufgaben bei Servicemechanikern. Deren Auftrag war die Reparatur von Kopiermaschinen. Zur Erledigung der meisten Reparaturaufträge

lagen Handbücher vor. In einigen Fällen boten die Handbücher keine Hilfe für die Mechaniker, da die dokumentierten Arbeitschritte nicht zu dem erwünschten Ergebnis führten. Da bei dieserart Problemen nicht auf vorgefertigte Komplettlösungen zurückgegriffen werden konnte, wurde eine gangbare Lösung durch Erfahrungsaustausch konstruiert.

Diese nonkanonischen Aufgaben lösten die Mechaniker, indem sie sich gegenseitig Erfahrungen mit ähnlichen Problemen berichteten. Im Dialog zerlegten die Monteure sukzessive das Problem in Teilaspekte, für die schrittweise anhand der Ähnlichkeiten der Problemlage zur erfolgreichen Problemlösung Auswege entwickelt wurden. Auch diese Lösungsentwicklung basiert auf Expertenwissen, welches zwar offensichtlich vorhanden war, jedoch nur schrittweise aus dem Gedächtnis abgerufen werden konnte.

In Anlehnung an Polani (zitiert nach Nonaka, 1994) wird diese Form von Erfahrungswissen, im Unterschied zu verbalisiertem, explizitem, allgemein als stilles oder implizites Wissen bezeichnet. Sein wesentliches Unterscheidungsmerkmal ist die *erschwerte gesteuerte Abrufbarkeit*, weswegen implizites Wissen nicht dokumentiert und extern gespeichert werden kann (zum Begriff des impliziten Wissen vgl. 4.1.3). Man könnte jedoch meinen, dass implizites Wissen deshalb so bedeutsam ist, da im Laufe der Zeit unter Explizierung und Austausch kumulierter Erfahrung (impliziten Wissens) sich jede nonkanonische Aufgabe lösen lässt.

Zu seiner erschwerten Abruf- und Verbalisierbarkeit kommt hinzu, dass es verloren geht, wenn es nicht benutzt wird. Es ist nicht dauerhaft, sondern bedarf einer *permanenten Aufrechterhaltung*. Dazu muss es abgerufen werden: Die Befunde von Orr (1987) legen nahe, dass dieses automatisch-unbewusst im spezifischen Handlungskontext geschieht. Ist dieses dauerhaft nicht möglich, geht das implizite Erfahrungswissen verloren.

MacKenzie & Spinardi (1991) erläutern dieses Phänomen und seine Auswirkung auf Sicherheit am Beispiel von Kernwaffenexperten. Aufgrund des internationalen Teststopps und der Stopps von Entwicklungsprogrammen können heutige Kernwaffenexperten aktuell keine Erfahrungen im Umgang mit dieser Technologie sammeln. Dadurch wird diese Branche für einen Teil der Experten mit Blick auf ihre berufliche Entwicklung unattraktiv und sie wandern aus dieser Domäne ab. Ein weiterer Teil scheidet nach einer gewissen Zeit altersbedingt aus. Durch den Kernwaffensperrvertrag, zweifelsohne auch aus militärischen Gründen, werden die verbleibenden Experten, welche zum Bau einer voll funktionsfähigen Atombombe in der Lage sind, nicht in andere potentielle Atommächte reisen dürfen, um dort ihre Kenntnisse anzuwenden und damit aufrecht zu erhalten. Für die zukünftige Lagerung, Wartung und Überwachung oder für die Demontage vorhandener Sprengköpfe unentbehrliches Erfahrungswissen geht verloren. Die Autoren stellen die Frage, ob für diese Aufgaben der Zukunft explizites Wissen ausreichend ist, ob sich das implizite Wissen bei den verbleibenden Experten angemessen erhalten wird und über welchen Zeitraum (S.92). Wahrscheinlich müssen in

Zukunft neue Expertenteams ausgebildet werden, die derzeit noch vorhandene Problemlösungen zukünftig neu entwickeln. Für diesen Prozess ist die Sammlung praktischer Erfahrungen im Umgang mit Kernwaffen vonnöten, die Handhabung dieser Waffen muss "neu erfunden" werden. Die Studie von MacKenzie & Spinardi (1995) weist Ähnlichkeiten mit der gegenwärtigen Situation in der deutschen Kerntechnik auf, in der ebenfalls das Problem des Kompetenzerhaltes besteht (RSK, 1997; vgl. 2.2). Um implizites Erfahrungswissen organisatorisch zu nutzen, sind Gelegenheiten zur Erfahrungssammlung, aber auch zum Erfahrungsaustausch zu gewährleisten.

Wissen ist an die Speicherung von Informationen, organisationales Wissen an organisationale Wissensspeicher gebunden (Duncan & Weiss, 1979). Explizites Wissen ist aufgrund seiner Eigenschaften leicht zu dokumentieren und in organisationalen Wissensspeichern zu vergegenständlichen. Pautzke (1989) entwickelte zur Beschreibung der Speicherung organisationalen Wissens das Schichtenmodell der Organisationalen Wissensbasis: Danach besteht das Ergebnis des organisationalen Lernprozesses in der Übertragung individuellen Wissens in eine gemeinsame Wissensbasis, die sich in vergegenständlichten Wissensspeichern, also Dokumenten, Datenbanken usw., manifestiert, also explizites Wissen darstellt. Sowohl explizites als auch latentes (implizites) individuelles Wissen wird durch Lernprozesse in den Zustand permanenter Abruf- und Nutzbarkeit durch die Organisation überführt. Zuvor nicht zugängliches individuelles Wissen wird anderen Organisationsmitgliedern verfügbar gemacht.

Das geschieht nach Pautzkes Modell, indem Metawissen expliziter Art über den Speicherort impliziten Wissens erzeugt und gespeichert wird. Es enthält Information darüber, welche Person über welcherart Erfahrung bzw. implizites Wissen verfügt. Dieses Prinzip wird in einigen internationalen Beratungsunternehmen, welche sehr stark von individuellen Expertisen und Erfahrungen abhängen, eingesetzt. Die persönliche Expertise und Erfahrung von Mitarbeitern wird, neben der üblichen bibliografischen Verwaltung von Literatur, Projektberichten und Dokumenten, in Datenbanken und Schlagwortverzeichnisse integriert. Möchte ein Berater auf implizites Wissen und persönliche Erfahrungen eines anderen Beraters zugreifen, so kann er über die Suche in der expliziten Organisationalen Wissensbasis, dem Schlagwortverzeichnis der Expertisen, an diesen Kontakt gelangen (Quinn, Anderson & Finkelstein, 1996).

Der Zugriff auf implizites Wissen kann so organisiert werden, jedoch bleibt implizites Wissen doch an individuelle Speicherung gebunden. Das Ausscheiden eines Beraters aus der Organisation bedeutet für diese weiterhin den Verlust von Erfahrungen, implizitem Wissen bzw. Kompetenzen.

Wie kann eine Organisation unabhängiger werden vom individuellen Besitz kritischen Wissens? Dazu müssten individuelle Erfahrungen transferiert werden. Die Studien von Orr (1987; 1990) beschreiben organisationale Lernbedingungen, in denen implizite Erfahrungen übertragen und Kompetenzen erhalten werden: Durch das *Erzeugen kollektiver mentaler Modelle* (shared mental models) wird die Verbindung zwischen individuellem und organisationalem Wissen hergestellt (Kim, 1993). Mentale Modelle sind konzeptualisiert als dynamische Form der Informationsrepräsentation und Informationsverarbeitung (Hinsz, 1995). Für Personen jeder Expertisestufe stellt ein ursprüngliches mentales Modell den Ausgangspunkt sämtlicher geplanter Handlungen und Problemlöseprozesse dar. Komplexe kognitive Informationsverarbeitungsprozesse (Schlussfolgern, Speicherung, Informationsabruf usw.) können als Konstruktion, Modifikation und Evaluation dieser mentalen Modelle betrachtet werden. Je stärker die Expertise einer Person ausgeprägt ist, um so elaborierter wird deren mentales Model zu dieser Domäne (vgl. Mandl, Gruber & Renkl, 1995).

Ein kollektiv geteiltes mentales Modell kann durch den Abgleich individueller Modelle in Gruppendiskussionen hervorgerufen werden. Im Gegensatz zum formellen Berichtswesen als eine Form institutionalisierten Erfahrungsaustauschs (siehe Giesa, 1993) besteht in Gruppen die Möglichkeit zum zeitweilig informellen, unstandardisierten Dialog. Ausgangspunkt des Dialogs sind die Abweichungen in den individuellen mentalen Modelle. Während des Dialogs werden schrittweise unterschiedliche implizite Ziele, Bewertungen und Normen und weitere die Differenzen in den mentalen Modellen verdeutlicht. Hierdurch besteht die Chance zur Harmonisierung, Koordination und schließlich zur Schaffung eines kollektiven mentalen Modells (Isaac, 1993; S.23). Den Dialog vom diskursiven Austausch in Debatten abgrenzend, bezeichnet Isaac (S.25) diesen als “anhaltende kollektive Erkundung von Prozessen, Annahmen und Überzeugungen, welche die tägliche Erfahrung zusammensetzten” (Übers. d. A.) .

Der Austausch in Gruppen dient also der *Reflexion des Offensichtlichen*, wozu das Individuum aufgrund der Beschränkung des gesteuerten Abrufs impliziten Wissens allein nicht in der Lage ist (Dienes & Perner, 1999; S.741). Grundsätzliche Erfahrungen und implizites Wissen werden bewusst gemacht und zum Gegenstand des Informationsaustausches (Kim & Senge, 1994; Kofman & Senge, 1993; Schein, 1993; Tompkins, 1995). Die Sichtbarmachung, Beschreibung und Strukturierung von spezifischen Fakten und Prozessen vor dem *Hintergrund eines konkreten Problems* bewirkt eine soziale Konstruktion eines gemeinsamen, problembezogenen mentalen Modells (Nicolini & Meznar, 1995; S.739). Der Abgleich von mentalen Modellen bzw. impliziten Wissensinhalten durch soziale Konstruktion eröffnet der Gruppe die Fähigkeit zu kollektivem, koordiniertem und zielgerichtetem Handeln (Hutchins, 1990; Weick & Roberts, 1993).

Transfer und Zugriff auf gespeichertes implizites Wissen erfordert in der Diktion Isaacs den idealtypischen Zustand des Dialogs. Hier wird die Reflexion von Unterschieden und der Abgleich durch Lernen voneinander möglich und die konflikthafte Durchsetzung von Meinungen, Wertungen und Präferenzen vermieden. Kofman & Senge (1993) sehen kulturell bedingte Einstellungen und Grundhaltungen als ursächlich für allgemeine Blockaden bei der Herstellung von Dialogsituationen. Simplifizierte Sichtweisen ohne den Blick für das Ganze, hindernder Wettbewerb unter den Gruppenmitgliedern und die Tendenz zu reaktiven, kompensatorischen anstelle proaktiver, kreativer Entscheidungen erzeugen eine Gruppendynamik, bei der die Durchsetzung individueller Standpunkte die Entwicklung und Verfolgung gemeinsamer Ziele dominiert. Coopey (1995; S.197) weist darauf hin, dass Macht und soziale Einflussnahme in jeder Organisationsstruktur verankert sind und den offenen Informationsaustausch und somit Lernprozesse beeinflussen. Schein (1993) betont, dass nur die Herstellung einer Dialogsituation die ursprünglichen Blockaden zur Erzeugung gemeinsamer mentaler Modelle beseitigen und langfristig die Kultur in einer Organisation verändern kann. Kofman & Senge sehen gar die Gruppen im Dialog als das Herz einer lernenden Organisation. Auch wenn die Implementierung einer solchen „Dialogkultur“ in einer Organisation weitaus mehr bedarf als entsprechende Angebote an die Mitarbeiter, sollte die Wesentlichkeit des Erfahrungsaustausches in Gruppen für Sicherheitsmanagement nachfolgend als gegeben betrachtet werden. Der von Isaac und Schein beschriebene offene Dialog erscheint unter praktischen Gesichtspunkten als sehr normatives und präskriptives Modell organisationalen Erfahrungslernens, das mit den tatsächlichen Lern- und Austauschprozessen in Organisationen wenig übereinstimmt (vgl. Tsang, 1997). Jedoch kann dieses Idealmodell als Orientierung für die Bewertung und Gestaltung von Kommunikationssituationen zur Förderung des Erfahrungstransfers in eSMS gelten: Formen der Einflussnahme auf den Verlauf des Dialogs von außen können zu einer Abweichung von dem idealen Zustand führen, der eine optimale Harmonisierung mentaler Modelle und den Transfer impliziten Wissens ermöglicht.

Implizites Wissen ist also in geteilten mentalen Modellen speicherbar und im Dialog transferierbar. Mit Blick auf die Befunde von MacKenzie & Spinardi (1995) und Orr (1987, 1990) ist anzunehmen, dass zur Ermöglichung eines Erfahrungstransfers ein Dialog vor dem Hintergrund eines gemeinsamen, konkreten Problems stattfinden muss. Der Erfahrungsaustausch findet also nur aufgabenabhängig statt. Inhalt, Umfang und Dauer des Dialogs werden durch eine gemeinsame Aufgabe eingeschränkt und zielorientiert. Dialog ist für den Transfer impliziten Wissens förderlich, für den Transfer des expliziten sind andere Lernformen angemessen. Die beiden Wissensarten sind jedoch auch ineinander übertragbar. Diesbezüglich unterscheidet Nonaka (1994) vier Modi des Wissens- und Erfahrungstransfers (Tabelle 4):

„Sozialisation“ (implizit → implizit) basiert auf dem generischen Erwerb erfahrungsbasierten, impliziten Wissens. Lernende arbeiten mit ihren Mentoren zusammen und erwerben handwerkliches Können nicht durch sprachliche Unterweisung, sondern durch Beobachtung, Imitation und Übung. Die Erfahrung der Mentoren wird auf die Lernenden übertragen. „Kombination“ (explizit → explizit) entspricht der Erzeugung neuen Wissens durch das Sammeln, Restrukturieren, Kategorisieren von Informationen. Das Faktenwissen anderer überträgt sich auf die Lernenden, indem über die Nutzung vorhandener Informationsquellen (Personen und Wissensspeicher) neues Wissen produziert wird.

Die anderen zwei Modi basieren auf der Annahme, dass beide Wissensformen ineinander übertragbar sind. Die „Externalisierung“ (implizit → explizit) ist identisch mit den Ausführungen zum idealen Dialog. Implizites Wissen wird durch die Reflexion in der Gruppe Gegenstand des Informationsaustausches. „Internalisierung“ (explizit → implizit) ist mit Übung verbunden, da durch häufige Nutzung expliziten Wissens dieses habituiert und Bestandteil des nicht verbalisierbaren individuellen Wissensbestandes wird.

Für den Wissenstransfer im eSMS sind „Externalisierung“ und „Kombination“ von Bedeutung, da diese Prozesse im eSMS handhabbares explizites Wissen verfügbar machen: Durch Kombination der im eSMS verarbeiteten Informationen (z.B. in Grafiken, Tabellen, Statistiken) können Gemeinsamkeiten, Unterschiede bzw. Zusammenhänge von Ereignissen identifiziert werden, wodurch neues explizites Steuerungswissen erzeugt wird. Wird neben der Sammlung und Weiterleitung expliziter Ereignisfakten im eSMS die kollektive, dialogische Elaboration dieser Information als Ereignisanalysen in Teams institutionalisiert, können externalisierte persönliche Erfahrungen übliches Steuerungswissen ergänzen. Mithin sind die anderen beiden Lernformen für die Sicherheitsoptimierung relevant, für ein eSMS jedoch von untergeordneter Bedeutung.

Tabelle 4 Vier Modi des Wissenstransfers nach Nonaka (1994)

		Erzeugte Qualität des Wissen	
		Implizit	Explizit
Vorhandene Qualität des Wissens	Implizit	Sozialisation (On-the-job-Training)	Externalisierung (Dialog)
	Explizit	Internalisierung (Übung, Verhaltenstraining)	Kombination (Schlussfolgern und Problemlösen)

Aus der bisherigen Darstellung von Erfahrungstransfer und -rückkopplung, die als organisationale Lernprozesse Verbesserungen organisationaler Standards und Prozeduren bewirken, lassen sich Funktionen und Evaluationskriterien ableiten, die sich zur Bewertung entsprechender Verarbeitungsprozesse in einem eSMS eignen (Tabelle 5): Ziel einer Institutionalisierung von Erfahrungsrückkopplung und -transfer im eSMS sollte eine funktionale Informa-

tionsverarbeitung unter Berücksichtigung möglicher Qualitätsverluste sein. Die Qualität ereignisbezogener Information kann anhand deren Aktualität, Zuverlässigkeit und deren Bezug zur Sicherheitsoptimierung bewertet werden. Unangemessene Prozesse im eSMS, die z.B. zur Registrierung für die Sicherheitsoptimierung überflüssiger Information, zu unzureichenden Analyseergebnissen oder zu Verzögerungen in der Informationsverarbeitung führen, können eine Abnahme der Informationsqualität bewirken.

Ein System für Erfahrungstransfer sollte die Sammlung, die Weiterleitung, die Nutzung und Speicherung beider Formen des Wissens, explizitem und implizitem, ermöglichen. Dieses ist für explizites Wissen durch die Institutionalisierung funktionaler Informationsverarbeitung gewährleistet. Zum Abruf bzw. zur Sammlung impliziten Wissens dient die Erzeugung von organisationalen Metawissen über persönliche Erfahrungen und Expertisen von Organisationsmitgliedern. Die Erzeugung kollektiver mentaler Modelle im aufgabenorientierten Dialog zur Elaboration von Ereignisinformation, d.h. Dialog über die Verursachung und korrektive Maßnahmen sicherheitsrelevanter Ereignisse durch Ereignisanalysen in Teams, sind wesentlicher Bestandteil der Informationsverarbeitung eines eSMS:

Tabelle 5 Funktionen und Bewertungskriterien von Informationsverarbeitungssystemen für Erfahrungslernen in Organisationen

Funktion			**Kriterium**
Qualität der Information		Aktualität	Schnelle Rückkopplung von Betriebserfahrung
		Zuverlässigkeit	Informationen werden durch Verarbeitung nicht verfälscht
		Relevanz für Optimierung	Ausschließlich relevante Information wird verarbeitet, d.h. ist zur Optimierung brauchbar
Verarbeitung sicherheitsrelevanter Information	Explizites Wissen	Sammlung	Relevante Erfahrung wird vollständig gesammelt
		Transfer	Erfahrung wird an relevante Personen in der Organisation weitergeleitet
		Analyse	Erfahrung wird analysiert, interpretiert und Schlussfolgerungen bzgl. korrektiver Maßnahmen werden gezogen
		Speicherung	Erfahrungsbasierte Information wird organisiert und gespeichert
	Implizites Wissen	Metawissen der Organisation über persönliche Erfahrung und Expertise (Sammlung und Speicherung)	Systematisch werden Informationen über personengebundene sicherheitsrelevante Erfahrungen gesammelt und gespeichert
		Aufgabenorientierter Dialog (Transfer, Analyse und Speicherung)	Erfahrungen werden im Dialog analysiert und ausgetauscht

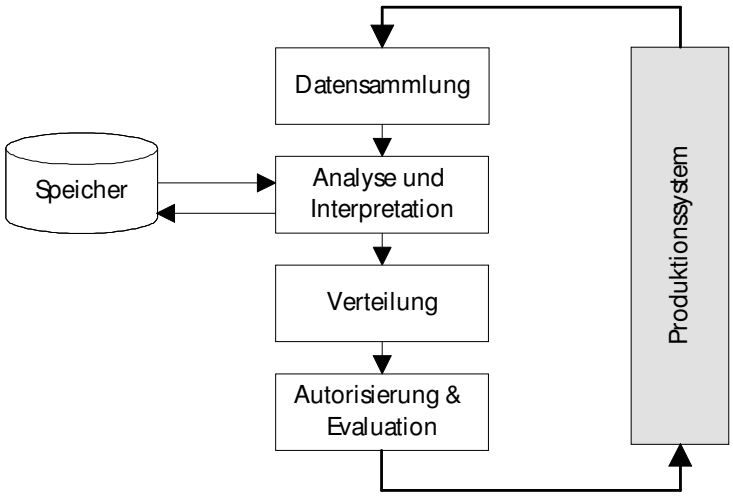
Erfahrungstransfer ist dann institutionalisiert, wenn viele Benutzer sich am Erfahrungsaustausch beteiligen. Die Implementierung einer Möglichkeit zum Dialog im eSMS führt zum Austausch impliziten Wissens. Das ist gleichzeitig ein Erfolgsfaktor für das eSMS: Versorgt das System die Benutzer mit aufgabenspezifischen, aktuellem Wissen, gewinnt es an Akzeptanz und entwickelt sich *nicht* zur bürokratischen Gewohnheitshandlung (Aase, 1997b). Die Implementierung von Ereignisanalysen in Teams als Dialogform kann die Effektivität des eSMS steigern.

1.3 Ereignisbasiertes Sicherheitsmanagementsystem (eSMS)

Wie können Prozesse organisationalen Erfahrungslernens standardisiert und institutionalisiert werden? Kjellén (1998) schlägt als Unterstützungssystem für Sicherheitsmanagement ein Sicherheitsinformationssystem (SIS) vor, welches grundsätzlich in Konzept und Zielstellung vergleichbar mit dem in 1.1 abgeleiteten eSMS ist. Jedoch orientiert sich Kjellén vornehmlich an technisch-organisatorischen Aspekten der Informationsverarbeitung, wie z.B. der Methodenauswahl und den Verarbeitungsschritten, und weniger an Prozessen individuellen und organisationalen Lernens. Die Hauptaufgabe eines SIS liege in der Sammlung, Speicherung, Verarbeitung und Bereitstellung von Informationen zur Optimierung eines SMS. Die Wirksamkeit eines Sicherheitsinformationssystems hänge von der Fähigkeit des Managements ab, die bereitgestellten Informationen nutzbar zu machen, Entscheidungen zu treffen und diese zu implementieren (Kjellén, 1998; S.4). Wichtige Aspekte des Erfahrungstransfers, wie die Sicherung der Informationsqualität sowie der Weitergabe impliziten Wissens (vgl. Tabelle 5), werden in diesem Modell nicht berücksichtigt.

Für Erfahrungsrückkopplung ist eSMS, im Vergleich zu Kjelléns Modell, das breitere Konzept, da hierin Bedingungen des Lernens von Individuen in Organisationen berücksichtigt werden. Kjelléns Darstellung liefert Hinweise für die Gestaltung informationsverarbeitender Prozesse für das Sicherheitsmanagement. Kjellén unterscheidet im SIS fünf Funktionen der Informationsverarbeitung: Datensammlung, Analyse und Interpretation der Daten, Verteilung, Entscheidung (Autorisierung und Evaluation korrektiver Maßnahmen) und Speicherung (vgl. Abbildung 2).

Abbildung 2 Elemente eines ereignisbasierten Sicherheitsmanagementsystems nach Kjellén (1998)



Auch für ein eSMS sind diese Funktionen essentiell. Bei der Datensammlung sind sicherheitsrelevante Informationen möglichst vollständig und valide zu erfassen. Dazu müssen sicherheitsrelevante Ereignisse im Produktionsprozess identifiziert und entsprechend der inhaltlichen Vorgaben im eSMS registriert werden. Die Beschreibung eines Ereignisses sollte eine detaillierte und neutrale Beschreibung aller technischen, personenbezogenen und organisationalen Handlungen und Bedingungen enthalten, welche zum Ereignis führten (van der Schaaf, 1991). Datensammlung schließt eine Reihe von Methoden ein: Beobachtungen, Interviews, Stellungsnahmen bzw. Fragebögen, Gruppendiskussionen, elektronische Registrierung usw. Die Speicherung erfolgt in Form von Dokumenten oder Dateien und beschränkt sich zunächst auf explizites Wissen über Ereignisse. Dabei ist anzumerken, dass, wie bereits ausgeführt, ein beträchtlicher Teil der personengebundenen Informationen zu einem Ereignis in diesem System nicht dokumentierbar ist und nur über den Dialog mit den jeweiligen Personen dem eSMS zugänglich gemacht werden kann (vgl. 1.2).

Bei der Weiterverarbeitung sind die gesammelten und gespeicherten Daten zu analysieren und zu interpretieren. Dieses dient der Übertragung von Daten in sinnhafte Information. Die Aufdeckung von Mustern der Ereignisverursachung, indem die Information klassifiziert, kombiniert bzw. über geeignete Methoden analysiert wird, erzeugt handlungsrelevantes Optimierungswissen. Um relevantes implizites Wissen dem eSMS zugänglich zu machen, sollten die Analysen in Dialogform, d.h. in Ereignisanalyseteams, durchgeführt werden. Ergebnis einer funktionalen Analyse ist die Identifikation aller beitragenden menschlichen, technischen und organisationalen Faktoren der Ereignisentstehung. Dazu werden explizite Analysemethoden benötigt, welche gemeinsame Muster aufzudecken helfen und vor fehlerhaften Interpretationen und Schlussfolgerungen schützen. Die Interpretation dieser Analyseergebnisse dient der Ableitung korrektiver, präventiver Maßnahmen, die an Entscheidungs-

träger weitergegeben werden. Folgen diese dem Vorschlag unter praktischen, wirtschaftlichen und weiteren Gesichtspunkten, werden die Maßnahmen autorisiert und anschließend in das Produktionssystem implementiert. Das System sollte es weiterhin ermöglichen, den Stand der Umsetzung sowie die Effektivität implementierter Maßnahmen zu überwachen.

In, sind die bisherigen Ausführungen zu SMS und eSMS, organisationalen Erfahrungslernens sowie SIS zusammengeführt und organisationale Prozesse identifiziert. Diese Prozessübersicht eines eSMS wird in Studie II als Bewertungsrahmen werden (vgl. auch van der Schaaf, 1991; S.34). Durch Vergleichen der Prozessübersicht mit der Beschreibung eines vorhandenen Systems können fehlende Elemente und Funktionen identifiziert und eingefügt sowie Vertauschungen in der Sequenz der Elemente korrigiert werden. Nach van der Schaaf könnte so auch ein komplett neues eSMS implementiert werden. Außerdem, so van der Schaaf, eigne sich ein solche modellhafte Übersicht als deskriptive Checkliste für die Entwicklung von Unterstützungsfunktionen und -systemen für das eSMS. Dazu gehören Dokumentenflusssysteme, Trainingsprogramme und Entscheidungsunterstützungssysteme. Weiterhin ist es für die Planung des Einsatzes von Informationstechnologien und Computerunterstützung bzw. für die Evaluation vorhandener Unterstützungssysteme einsetzbar.

Tabelle 6 Prozessübersicht eines ereignisbasierten Sicherheitsmanagementsystems (eSMS; nach Kjéllen, 1998 und van der Schaaf, 1991)

Prozess	Funktion	Anforderung für Erfahrungsrückkopplung bzw. –transfer	Methoden / Prozesse
Datensammlung	Detektion	Vollständigkeit der Information	Meldekriterien (vgl. 2.2.4)
	Selektion	Relevanz der Information	Abschätzung der Bedeutung für die Sicherheitsoptimierung (BS 8800)
	Erfassung	Strukturierung und Organisation von Information	Formulare, Fragebögen, Interviews (DOE, 1997; Kap.6)
Dokumentation	Speicherung	Erhalt der Informationsqualität	Gliederung für Dokumente und Dateien (DOE, 1997; S. 9-5)
	Quantifizierung	Aufbereitung für statistische Analysen	Zuverlässigkeitsanalysen (Sträter, 1997)
Analyse und Interpretation	Analyse	Schlussfolgern korrektiver Maßnahmen	Ereignisanalysemethoden (DOE, 1997; VGB, 1994)
		Reflexion impliziten Wissens	Ereignisanalyse in Teams (Becker et. al., 1995)
	Berichtslegung	Nachvollziehbarkeit	Dokumentation der Analyseergebnisse (DOE, 1997; Kap.9)
Transfer	Weitergabe der Analyseergebnisse	Transfer dokumentierbarer Information	Dokumentenfluss (Berichtswesen) (Giesa, 1993)
		Transfer nicht dokumentierbarer Information	Metawissen: Dokumentation persönlicher Expertisen (Quinn, Anderson & Finkelstein, 1996)
Autorisierung und Evaluation	Abschätzung der Effizienz korrektiver Maßnahmen	Rückkopplung von ereignisbezogenem Wissen in das Produktionssystem	Prozesse zur Kosten/Nutzen-Kalkulation (DOE, 1997; Kap.8)
	Implementierung korrektiver Maßnahmen		Auftragswesen
	Evaluation korrektiver Maßnahmen		Kontrolle der Übereinstimmung mit sicherheitsbezogenen Zielen in Audits (BS 8800; BSI, 1996)

Ursachen für mögliche Abweichungen zwischen Modell und Praxis lassen anhand der Prozessübersicht sich nicht unbedingt erklären. Es liegt jedoch nahe, dass Unterschiede entweder auf Wirkfaktoren in bzw. außerhalb der Organisation verursacht werden. Die empirische Analyse möglicher externer und interner Einflussfaktoren auf die Organisation und Gestaltung von eSMS wird in Studie I bzw. Studie II dargestellt.

1.4 Exkurs: Möglichkeiten einer Computerunterstützung

Gegenwärtig werden, so lässt sich bisher zusammenfassen, einzelne Teilfunktion von eSMS mit Informationstechnologien unterstützt. Aufgrund der bisherigen Gegenüberstellung stellt sich die Frage, wie ein prototypisches eSMS-Unterstützungssystem unter aktuellen technischen Möglichkeiten gestaltet werden könnte, so dass es Rückkopplung und Transfer expliziten und impliziten Optimierungswissens unterstützt.

Grundsätzlich sollte ein Unterstützungssystem den in Tabelle 5 bzw. Tabelle 6 dargestellten Anforderungen und Funktionen organisationaler Erfahrungslernprozesse bzw. eSMS gerecht werden und entsprechend technisch unterstützen. In diesem Abschnitt werden Möglichkeiten einer Computerunterstützung von eSMS aufgezeigt. Diese Darstellung kann keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben, da fortlaufend technische Neuentwicklungen bekannt werden. Dieser Abschnitt dient deshalb weniger der wissenschaftlich-analytischen Klassifikation und Untersuchung technischer Optionen der Computerunterstützung als der kursorisch-explorativen Dokumentation aktueller Unterstützungsmöglichkeiten für eSMS im Gesamtzusammenhang.

Datensammlung:

Zur Detektion und Selektion sicherheitsrelevanter Ereignisse würden sich Assistenzsysteme eignen, welche den Benutzer schrittweise durch eine Prozedur zur Aufdeckung und Bewertung der Sicherheitsrelevanz von auftretenden Ereignissen führen. In der Praxis sind eSMS häufig direkt an ein systemexternes Störungsmeldesystem angekoppelt, wodurch zunächst sämtliche Abweichungen und bemerkenswerten Situationen im Regelbetrieb erfasst werden (vgl. Kapitel 3). Dazu zählen auch Informationen mit geringer Sicherheitsrelevanz Um die Nützlichkeit des eSMS für den Benutzer zu gewährleisten, sollten sicherheitsrelevante Ereignisse aus der Menge überflüssiger Informationen herausgelöst werden (vgl. Wildavski, 1983; S.29). Dafür eignen sich Assistenzsysteme, welche den Benutzer schrittweise unterstützen: Eine Struktur von Entscheidungskriterien könnte abgefragt werden, welche zur Einschätzung der Sicherheitsrelevanz führen (vgl. BS 8800).

In die dezentrale Erfassung ereignisrelevanter Informationen, also Fakten, welche die Entstehungsbedingungen von Ereignissen näher beschreibt und somit die Grundlage einer möglichen Analyse bildet, sollten alle betroffenen Mitarbeiter eingebunden werden. Dieses könnte gewährleistet werden, indem beispielweise in der Anlage dezentrale Eingabeterminals zugänglich sind. Eine dezentrale Erfassung wäre auch durch die Verteilung von Papierformularen möglich, die nach Meldungen gesammelt und mittels eines Dokumentenscanners sowie spezieller Software (Optical Mark Reading – OMR) in eine Ereignisdatenbank eingelesen werden.

Speicherung:

Die Speicherung der Information kann zentral, wahlweise in einer Datenbank oder über ein Netzwerk, in gemeinsamen Verzeichnissen in beliebigen Datenformaten erfolgen. Hierfür wäre eine administrative und editoriale Betreuung der gespeicherten Daten notwendig, um Aktualität und Vollständigkeit der Information zu einem Ereignis zu gewährleisten sowie Redundanzen zu beseitigen (vgl. Ringstad, 1998). Moderne Datenbanken erlauben die Speicherung verschiedener Datenformate, so dass die Einbindung von Fotos und Grafiken (z.B.

Messschriebe, Vorschriften) sowie anderer relevanter Dokumente (z.B. Schaltpläne) eine Erweiterung des Informationsumfangs zum Ereignis bei gleichzeitiger Reduktion des organisatorischen Aufwandes zur Ablage und zum Wiederauffinden verbundener Dokumente darstellen würde.

Analyse und Interpretation:

Unterstützungssysteme für die Analyse von Ereignissen wurden in 1.4 diskutiert. Neben Datenbanken mit Analysefunktionen, Software zur methodischen Unterstützung der Analyse sind verteilte Systeme möglich, welche die Kommunikation bei der Ereignisanalyse ermöglichen. Wie in Kapitel 3 und 4 dargestellt wird, arbeitet ein Teil des Personals verfahrenstechnischer Anlagen in (unterschiedlichen) Schichten, was eine Koordination gemeinsamer Meetings erschwert und den Zeitbedarf für die Durchführung vollständiger Analysen erhöht. Diese Meetings sind jedoch Voraussetzung für den Transfer impliziten Erfahrungswissens, da sie eine Form des dafür notwendigen Dialogs darstellen (vgl. 1.2). Werden sie virtuell über verteilte Kommunikationssysteme durchgeführt, kann die asynchrone Kommunikation den Analyseprozess beschleunigen, da dieser unabhängig von Meetings durchgeführt werden kann. Werden Informationen zum Ereignis mit Hilfe eines Computer-Konferenzsystems zusammengetragen, könnten mehr Personen als üblich zur vertiefenden Informationssammlung einbezogen werden. Auch wäre eine kollaborative Analyse der beitragenden Faktoren, vermittelt durch ein derartiges System, denkbar. In Computer-Konferenzen können, im Gegensatz zu E-Mailsystemen, immer mehrere Personen zeitunabhängig (asynchron) oder auch parallel (synchron) kommunizieren. Veröffentlichte Inhalte können redaktionell bearbeitet werden, so dass Information in diesen Systemen eine zunehmende inhaltliche Strukturierung und Spezialisierung entwickeln. Einfache Computer-Konferenzsysteme sind mittlerweile mit Hilfe gängiger Office-Software zu realisieren, die Anforderungen an die vorhandene Hardware sind geringfügig. Ein Prototyp eines solchen Systems wurde zur Überprüfung der Qualitätsveränderungen beim Erfahrungstransfer mittels Computermedium eingesetzt (vgl. 4.5.4). Bei Einsatz solcher Technologien wäre zuvor zu evaluierten, welchen Einfluss computervermittelte Kommunikation auf die Analyseergebnisse hat (siehe dazu Kapitel 4).

Für eine Analyse und Interpretation eigenen sich Visualisierungstools, die vorhandene Daten in verschiedenen grafischen Formaten anzeigen können. So lassen sich leichter Gemeinsamkeiten und Zusammenhänge erkennen und Schlussfolgerungen daraus ableiten (Maimer, Baggen & Szameitat, 1999, vgl. Anhang B.3).

Für die Verfügbarkeit der Analyseergebnisse im eSMS sollten diese dokumentiert werden. Neue Technologien zur Unterstützung von Meetings erlauben eine sofortige Digitalisierung ausgetauschter Informationen während des Gesprächs (vgl. Minolta, 1999). Damit wären

Besprechungsergebnisse bereits unmittelbar nach Sitzungsende als digitale Dateien verfügbar und können in die Datenbasis des eSMS eingefügt werden. Die routinemäßige Erstellung von Berichten, Grafiken und Tabellen könnte automatisiert erfolgen (z.B. Decision Systems, 1995). Gegenwärtig werden diese Funktionen häufig zur Erstellung von statistischen Monats-, Quartals- und Jahresberichten verwandt. Da Ereignisdatenbanken zunehmend Textfelder enthalten sollten (Kirchsteiger, Rushton & Kawka, 1999), ist auch die automatische Generierung von schriftlichen Berichten möglich.

Deskriptorsysteme, hierarchische bzw. objektorientierte Datenbanken (vgl. (Sträter, 1997). ermöglichen diese Aufbereitung der Daten für statistische Analysen, die für die Abschätzung von Fehlerwahrscheinlichkeiten für probabilistische Risikoanalysen, wie sie auch von Genehmigungsbehörden gefordert werden, notwendig sind (vgl. 2.2.5 und 2.3.5). Hierbei sind mögliche Einschränkungen aufgrund konzeptioneller Schwierigkeiten, die in 1.5.1 diskutiert worden sind, zu beachten.

Transfer:

Der Transfer impliziten Wissens kann durch die Entwicklung von Metawissen über individuelle Expertisen und Berufserfahrungen gefördert werden (vgl. 1.2). Dazu können bestimmte Ereignismerkmale enthaltende Adressdatenbanken angelegt werden, die den an der Analyse beteiligten Personen die Kontaktaufnahme für weitere Nachfragen ebenso wie die Recherche nach Ansprechpartnern für konkrete Probleme ermöglichen. Der Einsatz derartiger Metawissensbasen verläuft in anderen Industrien erfolgreich: Das amerikanische Aviation Safety Reporting System (ASRS, 2000) umfasst eine ebensolche Callback-Funktion, die es dem Analysten eines anonymisierten Ereignisberichtes ermöglicht, am Ereignis und dessen Analyse beteiligte Personen zu ihren persönlichen Erfahrungen zu befragen.

Die zentrale Funktion eines eSMS liegt im Transfer von Ereignisinformation und Analyseergebnissen innerhalb der Organisation, wofür sich Netzwerktechnologien, verteilte Datenbanken und E-Mail anbieten. Die Verteilung der Berichte erfolgt über Abruf aus der Datenbank, die Speicherung eines Berichts in einem gemeinsamen Verzeichnis bzw. in der einfachsten Form über die Versendung per E-Mail bzw. per Hauspost. Über diese Wege kann ergänzt durch eine Metawissensbasis der Transfer expliziten und impliziten Wissens gefördert werden, indem Dokumente gesucht und ausgetauscht sowie Kontakte zwischen Informationssuchenden und Besitzern dieser Information hergestellt werden (Stucky, 1995).

Autorisierung und Evaluation:

Nachdem das Ereignis hinreichend analysiert und dokumentiert ist, sollte sich die Menge effektiver, sicherheitsoptimierender Maßnahmen eingrenzen lassen. Ereignisanalysemethoden führen in der Regel zur Ableitung mehrerer Maßnahmenvorschläge (Freitag & Hale, 1997). Um Maßnahmen auszuwählen und deren Umsetzbarkeit zu bewerten, sind z.T.

betriebswirtschaftliche Kosten-Nutzen-Analysen durchzuführen, die durch Entscheidungshilfesysteme unterstützt werden kann. Schmid (1998, S.21) sieht die Möglichkeiten dieser Tools in der Erhöhung der Entscheidungsqualität und Vermeidung teurer Fehlentscheidungen. Die Auswahl und Bewertung von Entscheidungsalternativen kann hierdurch methodisch angeleitet, strukturiert und vereinfacht werden.

Erfolgte die Auswahl einer oder mehrerer zuverlässigkeitskorrektiver Maßnahmen, so können mittels Terminverfolgungs- bzw. Projektmanagementsoftware die Umsetzung und Implementierung der Maßnahmen beschleunigt, überwacht und notwendige administrative Vorgänge teilweise automatisch ausgelöst werden (z.B. Materialbeschaffung, Arbeitsauftrag, Freischaltungsmitteilung, Quittierungsformulare usw.).

Schließlich sollte die Effizienz implementierter, korrektiver Maßnahmen überprüft werden. Dazu wäre der gegenwärtige Zustand in bezug auf Sicherheit mit dem Zustand vor dem Ereignis sowie dem angestrebten Optimierungszustand zu vergleichen. Eine umfassende Computerunterstützung eines eSMS würde die Evaluation erheblich erleichtert, da alle während der Verarbeitung der Ereignisinformation anfallenden Daten leicht abrufbar und Systemanalysen schnell anzufertigen wären. Ist eine Metawissensbasis implementiert, könnten zusätzlich alle beteiligte Personen für eine Expertenevaluation des Systems (Rossi, Freeman & Hoffmann, 1988) befragt werden. Auch hier ließen sich die Vorteile asynchronen Informationsaustausches nutzen, indem ein Computer-Konferenzsystem für ein virtuelles Audit geschaltet wird bzw. entsprechende Berichte und Fragebögen zur Vorbereitung eines Audits an die Personen per E-Mail versandt werden.

Auch wenn die zuvor vorgeschlagene Unterstützungsformen realistisch und plausibel erscheinen würden, so ist deren Effizienz hinsichtlich der zuvor benannten Ziele und Funktionen erfahrungsbasierten Sicherheitsmanagements nicht nachgewiesen. Auf konzeptionelle und methodische Schwierigkeiten einzelner, in der Praxis vielfach eingesetzter Unterstützungssysteme wurde bereits hingewiesen. Die Untersuchung von Unterstützungsmöglichkeiten einer zentralen Funktion des eSMS, die Informationsweiterleitung bzw. der Erfahrungstransfer, ist Gegenstand des Kapitels 4.

In Tabelle 7 sind die in diesem Abschnitt aufgezeigten Unterstützungsmöglichkeiten von eSMS durch Informationstechnologien zusammenfassend dargestellt. Die Unterstützungsmöglichkeiten werden anhand der Elemente und Funktionen dargestellt.

Tabelle 7 Möglichkeiten der Computerunterstützung von eSMS

Prozess	Funktion	Unterstützungsmöglichkeit	Technische Option			
			Ereignis-datenbank	Konferenz-system	E-Mail	EA-Software
Datensammlung	Detektion	Assistenzsysteme	X	X		
	Selektion		X			X
	Erfassung	Datenmasken, Scanner, dezentrale Eingabeterminals	X			X
Speicherung		Datenbanken, geteilte Verzeichnisse	X			
Analyse und Interpretation	Analyse	Assistenzsysteme, Visualisierungstools,	X			X
		Asynchrone Kommunikationssysteme		X		
	Berichtslegung	Digitalisierungssysteme, automatische Berichtserstellung, Assistenzsysteme für Klassifikation	X		X	
Transfer	Weitergabe der Analyseergebnisse	Alle Formen des Datentransports	X		X	
		Adressdatenbanken (call-back-Funktion)	X		X	
Autorisierung und Evaluation	Abschätzung der Effizienz korrektiver Maßnahmen	Entscheidungsunterstützungssysteme				X
	Implementierung korrektiver Maßnahmen	Terminplanungs- und Projektmanagementtools	X		X	X
	Evaluation korrektiver Maßnahmen	Nutzung gespeicherter Daten, asynchrone Kommunikation	X	X	X	X

1.5 Gegenwärtige Ansätze zur Computerunterstützung

Was ist gegenwärtige Praxis bei der Unterstützung von Sicherheitsmanagement? In diesem Abschnitt werden gegenwärtige Ansätze dargestellt: Systeme zur Organisation und Speicherung ereignisbezogenen Wissens (Datenbanksysteme), Systeme zur Unterstützung des Analysealgorithmus (Ereignisanalysesysteme) bzw. Systeme zum Austausch ereignisbezogener Daten und Erfahrungen in Organisationen (verteilte Kommunikationssysteme).

1.5.1 Datenbanksysteme

Bestandteil vieler eSMS sind Ereignisdatenbanken. Beispiele für Datenbanksysteme in der Kerntechnik sind NUCLARR (Nuclear Computerized Library for Assessing Reactor Reliability - Reece, Gilbert. & Richards, 1994), das IRS (Incident Reporting System) bzw. Advanced-IRS der IAEA (2000), die deutsche Datenbank BEVOR (Besondere Vorkommnisse; Kotthoff & Voswinkel, 1981), das französische System SACRE (EdF, 1992) und sowie das japanische JAESS (Japanese HPES Analysis and Evaluation Support System; Iwai, Takano & Hasegawa, 1992).

Sie vereinfachen Registrierung, Speicherung und Abruf sowie statistische Analysen ereignisbezogener Daten. Wie bereits dargestellt, handelt es sich dabei um Funktionen ereignisbasierten Sicherheitsmanagements (vgl. Tabelle 3, S.26). Im Sinne organisationalen Erfahrungslernens stellen Ereignisdatenbanken externe Speicher expliziten Wissens dar (Tabelle 5, S.38). Das Grundprinzip besteht in der Verarbeitung möglichst aller Ereignisse mit Abweichungen von zuvor festgelegten Sicherheitsnormen. Die Datenbankstruktur wird aufgrund von Ordnungsmerkmalen der Ereignisse (Kategorien oder Deskriptoren) zur Zusammenfassung unterschiedlicher Ereignisse abgeleitet. Ziel ist dabei eine Strukturierung und vereinfachte Darstellung von Daten bei gleichzeitiger Reduktion des Speicherbedarfs gegenüber den ursprünglichen Ereignisdaten.

Gemeinsame Merkmale von Ereignissen ermöglichen deren Strukturierung. Eine Ereignisdatenbank sollte jedoch für eine wirklichkeitsnahe Abbildung der semantisch-kausalen Bedingungsstruktur von Ereignissen eine komplementäre Struktur in ihren Kategorien bzw. Ordnungsmerkmalen aufweisen, welche eine valide Abbildung des Ereignisses in der Datenbank ermöglicht. Bei mangelnder Korrespondenz zwischen Datenbankstruktur und Ereignisdaten gehen Informationen zum Ereignis verloren, wodurch deren Verursachung möglicherweise nicht festgestellt werden kann und die Ableitung effektiver korrektiver Maßnahmen unwahrscheinlich wird. Eine mangelnde Korrespondenz kann durch eine unzureichende Datenbankstruktur, Fehler beim Datenbankeintrag oder nachherige Veränderung der Datenbankstruktur entstehen.

Ein ein Ereignis repräsentierender Datensatz besteht aus mehreren Ordnungsmerkmalen, die für jeden Datensatz eine spezifische Kombination von Ausprägungen der Ordnungsmerkmale aufweisen. Wird ein bestimmtes Ereignis in der Datenbank mit einer definierten Ausprägung eines oder mehrerer Merkmale gesucht, kann diese sehr schnell durch einen einfachen Vergleich des gesuchten Merkmals mit den in den speziellen Kategorien vorhandenen Datensätzen gefunden werden. Mit statistischen Prozeduren können tiefer liegende Ursachen für Ereignisse identifiziert werden (Rosenthal, 1997; für die Kerntechnik vgl. Wilpert et al., 1994). Da jede Statistik mit der Größe des Stichprobenumfangs, d.h. der Menge an Datensätzen, an Aussagekraft und Zuverlässigkeit gewinnt, werden umfangreiche Datenbasen über Qualitätsabweichungen bzw. sicherheitsrelevante Ereignisse angestrebt.

Große Datenbanken werden erzeugt, indem mehrere dezentrale, kleinere Datenbanken harmonisiert und zusammengeführt werden, was jedoch organisatorisch-administrative Probleme mit sich bringt (McDonnald,1997; Ringstad, 2000). Das *organisatorisch-administrative Problem* entsteht bei der Zusammenführung unterschiedlicher Datenbanken, die zwar die gleiche Funktion innerhalb verschiedener SMS innehaben und vergleichbare Informationen enthalten, jedoch unterschiedliche Datenbankstrukturen aufweisen. Damit sind nicht die Kompatibilitätsprobleme zwischen Software gemeint, sondern die mangelhafte

inhaltliche Übereinstimmung ähnlicher Ordnungsmerkmale. McDonald (1997) spricht von "einer Reihe von Kompromissen", die bei großen Projekten zur Harmonisierung von Datenbanken in Kauf genommen werden müssen. Denn bisher ist unbekannt und schwer nachprüfbar, inwieweit durch Harmonisierung (Vereinigung oder Zulieferung) mehrerer kleinerer Ereignisdatenbanken zu einer großen ein einzelnes Ereignis in dieser noch valide abgebildet wird. Es wird angenommen, dass die entstehende umfangreiche Datenbasis durch statistische Repräsentativität an Aussagekraft gewinnt. Die Harmonisierung bedingt jedoch, dass teilweise nicht äquivalente Kategorien zusammengeführt werden. Da diese Kategorien die inhaltlichen Merkmale jedes einzelnen Ereignisses in der Datenbank darstellen, führt eine Veränderung der inhaltlichen Bedeutung durch Import nicht äquivalenter Inhalte zu einer Redefinition ex post facto, womit die Bedeutung bisheriger Einträge verändert wird, und die Validität der Ereignisdaten in der Datenbank rapide abnimmt.

Der Bedarf an möglichst großen, repräsentativen Datensätzen steht somit dem Bedarf an aussagekräftiger und zuverlässiger Dokumentation von Ereignissen entgegen. Dieses Vorgehen hat aufgrund des Bedarfs an großen Datensätzen weite Verbreitung gefunden, z.B. im SYNERGI-System oder im IRS.

Ein weiteres konzeptionelles Problem von Datenbanken ist deren *strukturelle Rigidität*: Wissen über ein Ereignis ist Ergebnis eines schrittweisen Analyseprozesses, bei dem eine anfängliche Ereignisrekonstruktion durch relevante Fakten zunehmend ergänzt wird. Durch Bestimmung der kausalen Ereignisbedingungen in der Analyse wird so Ereigniswissen erzeugt, dessen Übereinstimmung mit dem tatsächlich Vorgefallenem zunimmt, je vollständiger relevante Fakten in die Ereignisrekonstruktion integriert werden. Durch die schrittweise Integration neuer Information verändert sich das mentale Bild vom Ereignis, das ereignisbezogene Wissen, bei der Person, welche mit der Analyse befasst ist. Für eine Dokumentation dieses mentalen Bildes wird eine kongruente Datenbankstruktur benötigt, die eine verlustfreie Wissensspeicherung gewährleistet.

Veränderungen in mentalen Abbildern benötigen deshalb eine Anpassung der Datenbankstruktur. Anderenfalls führt die Speicherung der Ergebnisse von Ereignisanalysen zwangsweise zum Bedeutungs-, d.h. Informationsverlust. Ein Beispiel: Verändert sich der Analysefokus aufgrund der wachsenden Erfahrung bei der Verarbeitung von Ereignissen, wird so beispielweise zunehmend stärker auf spezifische Human-Factors-Aspekte der Ereignisentstehung geachtet, so muss die verwandte Datenbank eine Speicherung derartiger Ereignisinformation ermöglichen. Wurde die Datenbankstruktur für die Erfassung technischer Entstehungsbedingungen konzipiert, wird eine Reorganisation der Datenbankstruktur notwendig, was technisch möglich, jedoch aus Gründen, die bereits bei der Harmonisierung von Datenbanken benannt worden sind, im nachhinein wenig sinnvoll erscheinen. Eine Veränderung der Kategorien einer Datenbank durch Redefinition oder Hinzunahme von Kate-

gorien würde zu einer zumindest partiellen Inkompatibilität der Datensätze untereinander sowie dem Verlust an statistischer Vergleichbarkeit führen.

Bei der Speicherung von Ereigniswissen in Datenbanken werden üblicherweise *Deskriptoren* vergeben (Kirchsteiger, Rushton & Kawka, 1999), welche ein drittes konzeptionelles Problem darstellen. Deskriptoren sind inhaltlich stark verdichtete Ereignismerkmale und werden als binäre Datenbankkategorie realisiert. Mit Deskriptoren (z.B. „Kommunikation fehlerhaft“) lassen sich Ereignisse einfach beschreiben („trifft zu/trifft nicht zu“). Durch ihren Einsatz sind Ereignisinformationen standardisiert und leicht auswertbar (Sträter, 1997; S.124). Deskriptoren definieren diskrete Merkmale, anhand derer sich Ereignisse klassifizieren lassen (vgl. Wilpert et al., 1997). Stetige Merkmale, wie z.B. die Zeit, lassen sich mit Deskriptoren nicht abbilden. Man könnte sagen, Deskriptoren repräsentieren ein Konstrukt möglicher diskreter Ereignisentstehungsbedingungen.

Eine vertiefte Ereignisanalyse, welche das Konstrukt der Ereignisentstehung verändern könnte, aber auch technische und organisatorische Veränderungen, machen neue Deskriptoren notwendig, was nachträglich unter Validitätsaspekten nicht zu empfehlen ist. Ist bei der Registrierung eines Ereignisses ein Deskriptor mit gesuchter inhaltlicher Ausprägung in der Datenbank nicht vorgesehen, so muss das Ereignis zwangsläufig in anderen, unpassenden Kategorien kodiert werden und Informationsverlust in Kauf genommen werden. Ein Phänomen für eine fehlende Übereinstimmung zwischen Deskriptoren und Wissen über ein Ereignis ist die Häufung von Einträgen in eine Restkategorie (“Sonstiges/Fehlende Information/Andere/usw.”; vgl. Aase & Ringstad, 1998). Da auch dieser Vorgang bislang unkontrolliert, d.h. ohne empirische Überprüfung des tatsächlichen Informationsverlustes geschieht, ist weder dessen Wert noch Menge bestimm- bzw. kontrollierbar. Sträter bewertet die Auswirkungen der Kodierung von Ereignisinformation in Deskriptoren, die auch für menschliche Fehler relevant wären:

> Ereignisse so zu erfassen, dass sowohl konsistente als auch detaillierte Angaben über menschliche Fehler möglich sind, ist mit dem deskriptor-orientierten Ansatz also prinzipiell nicht möglich. (S. 126)

In der *Halbwertzeit von Ereignisdatenbanken* offenbart sich ein weiteres konzeptionelles Dilemma, ausgelöst durch eine mögliche Rekonzeption des verwandten Ereigniskonstrukts. Becker et al. (1995) betonen das Vorhandensein eines Ereignisentstehungsmodells als Voraussetzung für vertiefende Ereignisanalyse. Es ist anzunehmen, dass beim Fehlen einer expliziten Theorie die Struktur einer Ereignisdatenbank zumindest implizit ein Ereignisentstehungskonstrukt darstellt. Sollte durch die sorgfältige Analyse mehrerer Ereignisse ein Konstrukt der Ereignisentstehung und somit eine angemessene Struktur der Datenbank bestimmt sein (z.B. anhand von Deskriptoren), so könnte durch eine vertiefende Elaboration

von Ereignisinformation eine semantische Struktur von einem Ereignis erzeugt werden, die ein neues Ordnungswissen für Ereignisse im allgemeinen darstellt.

Diese Veränderungen im Verständnis der Ereignisentstehung lässt sich in der Literatur belegen; so identifizieren Fahlbruch & Wilpert (1999) verschiedene Phasen der Sicherheitsforschung, die durch einen Wandel in der Fokussierung bestimmter Ursachen für Unfälle und Ereignisse gekennzeichnet sind. Reanalysen vorhandener Daten unter dem Aspekt eines neuen Konstrukts werden ausgelöst. Ex post facto Analysen von Datenbanken basieren auf induktiven Schlüssen. Dabei wird nach Plausibilität für bestimmte Hypothesen in einer Datenstruktur gesucht, welche die notwendigen Inhalte zur Entscheidung der Hypothesen bestenfalls implizit enthalten. Kirchsteiger, Rushton & Kawka (1999) sowie Kojima, Mimura & Yamaguchi (1997) versuchten, aus Ereignisdatenbanken Verläufe von Ereignishäufigkeiten festzustellen, die durch menschliche Fehler verursacht worden sind, obwohl diese nicht in der Form der Fragestellung erfasst wurden. Abgesehen von der Kritikwürdigkeit des Konzepts “Menschlicher Fehler” (vgl. Wilpert et al., 1997) zeigen sich diese Analysen als in ihrer Aussage begrenzt, da das Konstrukt “Menschlicher Fehler” und entsprechende Kategorien/Ordnungsmerkmale bei der Registrierung der Ereignisse nicht vorhanden waren. Die Autoren weisen zumeist selbst auf die Unzulänglichkeit der Daten für derart Analysen hin. Offenbar benötigt die Speicherung ereignisbezogenen Wissens eine vergleichsweise zuverlässige, jedoch hinsichtlich der Veränderung des allgemeinen Ereigniskonstrukts flexiblere Form.

Die aufgezeigten Dilemmata bestehen offenbar überwiegend bei Ereignisdatenbanken, die Informationen besonderer Qualität enthalten, wie sie für Ereignisdaten charakteristisch ist. Diese sind von anderen Datenbanken abzugrenzen, welche in vielen Industrien im Bereich der Instandhaltung ein probates Mittel des Wissensmanagements darstellen.

Dennoch gibt es weitere Belege für die Existenz der angeführten konzeptionellen Probleme. Die Internationale Atomenergiebehörde (IAEA, 2000) berichtet, dass die IRS-Datenbank (Incident Reporting System) in die AIRS (Advanced IRS) umgestellt wurde, die nun neben Texteingaben auch Fotos und Grafiken, also deskriptorungebundene Ereignisinformationen, aufnehmen kann. Vom norwegischen SYNERGI-System wurde berichtet, dass die sich auf der Harmonisierung mehrerer Inhouse-Datenbanken gründende, zentrale Datenbank aufgrund unzureichender Effizienz aufgegeben wurde.

Unübersehbar ist ein Vorteil von Ereignisdatenbanken, dass Speicherung und Abruf großer Datenmengen möglich ist. Jedoch ist die Repräsentation ereignisbezogenen Wissens in Datenbanken, da es Besonderheiten in Qualität und Zuverlässigkeit aufweist, eine offene Forschungsfrage: Sträter schlussfolgert (1997), dass herkömmliche Datenbanken, welche Deskriptoren bzw. Kategorien zur Speicherung von Ereigniswissen benutzen, durch objekt-

orientierte Datenbanken ersetzt werden sollten. Objektorientierte Datenbanken würden eine flexiblere Speicherung umfangreicher Informationen ermöglichen sowie eine Schnittstelle zwischen feedbackbasiertem Erfahrungstransfer und probabilistischen Verfahren der Risikoabschätzung herstellen können.

Eine weitere Forschungsfrage bezieht sich auf Teilen und Austausch organisationalen Wissens: Da Datenbanken externe Speicher kollektiven Wissens darstellen, so ist zu fragen, ob das repräsentierte Wissen dem Bedarf des individuellen Benutzers entspricht und ihn für die Teilnahme am Erfahrungstransfer, vermittelt über eine verteilte Datenbank, motiviert.

Weiterhin blieb in vielen Ereignisdatenbanken die Erfassung impliziten Erfahrungswissens bisher unberücksichtigt. Aufgrund der Merkmale impliziten Wissens erscheint es gegenwärtig technisch nicht möglich zu sein, implizites Wissen direkt in einer Datenbank zu speichern. Jedoch kann, wie in 1.2 bereits erwähnt, Metawissen über Expertise und spezielle Erfahrungen von Organisationsmitgliedern in expliziter Form in Datenbanken gespeichert werden. Eine weitere Lösung bieten Systeme, die neben der Speicherung expliziten Wissens den Transfer impliziten Erfahrungswissens ermöglichen, indem sie die Ereignisanalyse im Team unterstützen.

1.5.2 Ereignisanalysesoftware

Ereignisanalysesoftware unterstützt den Algorithmus bei der Analyse ereignisbezogener Informationssysteme. Solche Entscheidungshilfesysteme (Decision Support System - DCSS; vgl. Timpe, 1998) bieten Strukturierungshilfe für den Prozess der Analyse sowie Methoden für das Problemlösen und Entscheiden an. Das Lösen intellektueller Probleme, wie sie bei der Analyse komplexer Ereignisse entstehen, kann durch automatisierte Inferenzen, Hinweise auf Inkonsistenzen eingegebener Daten, Auralisierung bzw. Visualisierung, adaptierbare Informationsdarbietung Unterstützung erfahren. Die Software kann dazu wissensbasierte Systeme, Checklisten, Faktenwissen, Glossare, Lexika sowie Fallsammlungen enthalten. Der Entscheidungsprozeß kann durch softwaregestützte Zielstrukturierung, Alternativenbewertung und Gewichtung unterstützt werden (Krais, 1990; Timpe, 1998).

Ereignisanalysesoftware bietet darüber hinaus zumeist eine Berichtsfunktion an, d.h. der Entscheidungsprozeß zur Ableitung korrektiver Maßnahmen wird grafisch bzw. schriftlich dokumentiert. Diese Unterstützungssysteme führen den Benutzer durch die Analyse, definieren das Format der Informationssammlung und unterstützen die systematische Rekonstruktion und Konzeptualisierung ereignisbezogener Information (Baggen & Szameitat, 1998; Maimer, Baggen & Szameitat, 1999). Beispiele für derartige Unterstützungssysteme sind REASON (Decision Systems, 1995), MAPS (Conger & Elsea, 1996), SINS/ISA (Koorneef & Hale, 1997) und CEA-SOL (Maimer, Baggen & Szameitat, 1999)

Da es sich bei Ereignisanalysen um Problemlösesituationen handelt, für die selten detaillierte, standardisierte Lösungsschritte zu identifizieren sind, tauchen auch hier konzeptionelle Probleme hinsichtlich der Gewährleistung von Qualität und Zuverlässigkeit der Informationen bei der Verarbeitung auf. Sheridan (2000) benennt insgesamt zwölf Dilemmata von Entscheidungshilfesystemen bei Überwachungstätigkeiten, wovon sich einige auf die Situation bei der Ereignisanalyse übertragen lassen. Beispielsweise geht er der Frage nach, inwieweit ein Benutzer einem Entscheidungshilfesystem vertrauen kann (S.4): Erweist sich die durch das System hervorgebrachte Entscheidung als unangemessen, so steht der Benutzer den Konsequenzen einer Entscheidung unvorbereitet gegenüber, da er sie anfänglich als angemessen, problemlösend betrachtet. Abgesehen von einer fehlgeschlagenen, da nicht zu erhöhter Sicherheit führenden Analyse, werden die Konsequenzen (z.B. erneutes Ereignis) überraschen, und es könnten Schwierigkeiten bei der Ereignisbeherrschung entstehen, da dieses Sicherheitsproblem als behoben betrachtet wurde. Ist das Entscheidungshilfesystem als unzuverlässig erkannt, d.h. entwickelt es teils richtige, teils falsche Entscheidungen, werden dessen Vorschläge ignoriert, womit seine Existenz für den Benutzer irrelevant geworden ist. Innerhalb dieser Punkte liegt ein Bereich, in dessen Rahmen der Benutzer sich zu einem bestimmten Maß an Skepsis gegenüber den Lösungen des Systems gezwungen sieht, was den Wert der Hilfe drastisch reduziert.

Ein weiteres, von Sheridan (S.5) benanntes Dilemma: Die vom Entwickler integrierten Algorithmen der Entscheidungshilfesysteme folgen zumeist der traditionellen normativen Entscheidungstheorie (Schmid, 1998; S.24-27), während in der Forschung andere Ansätze populär sind:

> . . . naturalistic, recognition-primed, ecological, and situated, decision-making becoming popular (. . .) This author . . . agrees that much of human decision making, especially when under time stress or in familiar situation, does not fit the available normative theory. . . (Sheridan, 2000; S.5).

In der normativen Entscheidungstheorie werden in der Lösung die Alternativen entsprechend ihrer zugehörigen Wahrscheinlichkeiten und Instrumentalitäten berücksichtigt. Sheridan argumentiert, dass verschiedene Entscheidungshilfesysteme von ihrem Bestimmungszweck abweichen, da sie situative Randfaktoren für Entscheidungen, wie Zeitdruck oder Vertrautheit einer Situation, nicht berücksichtigen. Damit ist das in der Software implizierte Benutzermodell unangemessen und kann nur mit einer gewissen Trefferquote echte Fehler eines Analyseexperten erkennen und kompensieren. Für eine Kompensation wäre Voraussetzung, dass das Entscheidungshilfesystem zur Fehlerkorrektur um Schwächen und Fehler des Benutzers "weiß" (vgl. Timpe, 1998; S.4). Ein die Schwächen des Benutzers nicht kompensierendes Entscheidungshilfesystem wird ein gewisses Quantum unangemessener Lösun-

gen hervorbringen, welche das Vertrauen des Benutzers und dessen Motivation, es anzuwenden, reduziert.

Für Ereignisanalysen konstatieren Wilpert et al. (1997; S.16f) das Auftreten fundamentaler Attributionsbias', also grundsätzlicher situationsbedingter Abweichungen in der Wahrnehmung von Kausalitäten und Wechselwirkungen, bei Ereignisanalysen. Dieses ist als Hinweis darauf zu betrachten, dass situative Faktoren auch bei Expertenentscheidungen eine bedeutende moderierende Wirkung auf Analyseergebnisse haben (vgl. auch Ross, 1977). Selektive Informationssammlung, Wahrnehmungsprozesse, die mentale Ereignisrekonstruktion usw. spielen offenbar eine derart wichtige Rolle bei Analysen dieser Art, dass rationale, mathematisch modellierte Hilfesysteme die Entscheidung eines erfahrenen Analyseexperten weder vollständig ersetzen noch deren Richtigkeit in der Situation bewerten können. Somit kann offenbar ein Entscheidungsunterstützungssystem zwar die Abfolge bestimmter Analyseschritte vorschlagen sowie Methoden und Visualisierungstechniken zur Entscheidungsstrukturierung anbieten, automatisierte Schlussfolgerungen und Entscheidungen scheinen jedoch gegenwärtig technisch nicht realisierbar zu sein.

Unterstützungssysteme können folglich gegenwärtig keine vollständigen Ereignisanalysen automatisiert durchführen. Forschungs- und Entwicklungsfragen bei Ereignisanalysesoftware sind vielmehr die nach Nützlichkeit und Effizienz der Methoden zur Strukturierung und Unterstützung des Problemlösens (Baggen & Szameitat, 1997, Ringstad, 2000) sowie softwareergonomische Fragestellungen (Lang, 1999). Der Vorteil ihres Einsatzes läge folglich in einer Benutzerführung durch eine Abfolge von Analyseschritten bei komplexen Ereignissen. Diese Systeme unterstützen somit die Erzeugung geteilten, expliziten Wissens über Ereignisse und deren Entstehungsbedingungen. Eingesetzt in Ereignisanalyseteams würde zusätzlich implizites Wissen transferiert, da dieses den aufgabenorientierten Dialog strukturieren und fördern. Um Erfahrungstransfer zu unterstützen ist die Unterstützung von aufgabenorientiertem Dialog notwendig, was verteilte Kommunikationssysteme gewährleisten können.

1.5.3 Verteilte Kommunikationssysteme

Die Kommunikation von Ereignisdaten zur Ableitung korrektiver Maßnahmen bildet eine wesentliche Funktion, die innerhalb eines eSMS computerunterstützt werden sollte. Diese Funktion ist für die Informationsverarbeitung deshalb so wichtig, da für organisationale Handlungen relevantes Wissen zwischen den Akteuren unterschiedlich verteilt ist (vgl. Duncan & Weiss, 1979). Für eine umfassende Sicherheitsoptimierung in allen Organisationsbereichen ist es deshalb notwendig, relevante Informationen den jeweiligen Organisationsmitgliedern durch Austausch und Weiterleitung zugänglich zu machen.

Diesem Problem wird bereits in dem zuvor skizzierten Ansatz der Wissenspräsentation in Datenbanken zu begegnen versucht (1.5.1). Allerdings bleibt es wohl aufgrund der Besonderheit organisationaler Entscheidungsprozesse eine idealtypische Wunschvorstellung, dass einem spezifischen Entscheidungsträger in einer speziellen Situation mit einem speziellen Problem die passende, weil fehlende Information durch das System angeboten werden kann. Cohen, March & Olsen (1972) benutzen in ihrem etwas überspitzten, dennoch häufig rezipierten Modell organisationaler Entscheidungen die Metapher eines Papierkorbs. Entscheidungsträger, Entscheidungssituation, Alternativen und Entscheidungsgelegenheiten werden auf Zetteln notiert, in besagten Korb geworfen und danach kräftig durchgeschüttelt. Entscheidungsträger treffen dann in Entscheidungssituationen auf bestimmte Alternativen, so dass hinter der Entscheidung für eine Alternative keinerlei Plan oder Rationales zu finden ist.

Das Aufeinandertreffen der organisationalen Komponenten einer Entscheidung im Modell von Cohen, March & Olsen kann nur metaphorisch gemeint sein. Tatsächlich handelt es sich bei vielen organisationalen Entscheidungen in der Praxis um verteilte Entscheidungen, d.h. verschiedene Personen wirken über örtliche und räumliche Distanzen an der Lösung eines Problems mit, wodurch das deduktiv-rationale Kalkül eines Entscheidungsprozesses durch soziale Prozesse angereichert wird (für einen Überblick siehe Rasmussen, Brehmer & Leplat &, 1991). Aus diesem Grund wird zuvor in Datenbanken abgelegtes explizites Wissen in vielen Fällen dem kontextspezifischen Bedarf der Entscheidungsträger oftmals nicht gerecht werden können.

Die Befunde der Studie I (um es vorwegzunehmen) werden belegen, dass in der deutschen Kerntechnik und der norwegischen Offshore-Industrie in der Tat verschiedene Experten an der Entscheidungsfindung bei Optimierungsmaßnahmen beteiligt sind: Durch Diversifikation und Spezialisierung ist zumeist das Wissen verschiedener Experten innerhalb einer Organisation zur Lösung eines Problems notwendig. Zusätzlich ist ein Trend eines verstärkten Bedarfs an Erfahrungsaustausch innerhalb der Industrie bzw. zwischen den Anlagen und den Aufsichtsbehörden zu verzeichnen (Wilpert et al., 1996). Denn insbesondere auf Entscheidungen zur Umsetzung korrektiver Maßnahmen haben auch Entscheidungsträger außerhalb der Organisation Einfluss, z.B. Gutachter, Behörden oder Experten anderer Anlagen (vgl. Kapitel 2 und 3).

Obwohl die Informationsweiterleitungsfunktion hinsichtlich des Lernens aus Ereignissen durch virtuelle Erfahrungsrückkopplung und Erfahrungstransfer offenbar eine Schlüsselfunktion im eSMS ist, sind nur wenige Systeme bekannt, die umfassende Unterstützungsfunktionen für den Informationstransfer anbieten. So enthält die SYNERGI-Company Version zwar eine E-Mail-Funktion, welche die unmittelbare Verschickung eines Ereigniseintrages vom Desktop ermöglicht. Zur zielgerichteten Weiterleitung der Informationen bedarf institu-

tionalisierter Verteilerlisten, die nicht im System vorhanden sind. Eine kritische Funktion, die leicht zum Informationsverlust bei fehlender Weiterleitung bzw. zur Informationsüberflutung bei unspezifischer Weiterleitung wurde in diesem System nicht implementiert.

Jedoch lassen die Notwendigkeit zur Kommunikation ereignisrelevanter Information in der Organisation, die Einbindung organisationaler Entscheidungsträger sowie die Einflussnahme extraorganisationaler Entscheider die Bedeutung des Informationsaustausches in einem eSMS zur kritischen Funktion anwachsen. Zudem filtern klassische Berichtssysteme, also konventionelle eSMS, bisher implizites Wissen, obwohl auf Seiten der Entscheidungsträger ein großer Bedarf daran besteht (Aase, 1997a; vgl. Kapitel 3). Deshalb erscheinen die Entwicklung und Überprüfung neuer Systeme, die sowohl explizites Wissen als auch implizites Wissen transferieren, notwendig. Insbesondere hinsichtlich einer zu erwartenden Minderung der Analyseleistung sowie des Wissensaufbaus aufgrund der Reduktion der Bandbreite ausgetauschter Informationen bei computervermittelter Kommunikation (Daft & Lengel, 1986) sind diese Systeme kritisch zu bewerten.

Technisch sollten sich diese Systeme relativ einfach in die bestehende Infrastruktur von Internet, Intranets und Datenleitungen integrieren lassen. Da weitaus mehr Formen verteilter Kommunikationssysteme denkbar sind, als sie bisher implementiert wurden (Johansen, 1989; siehe Kapitel 3), sollte insbesondere der Zusammenhang zwischen der Art der Problemlöseaufgabe und Form der Computerunterstützung stärker in den Mittelpunkt rücken (Straus & McGrath, 1994), damit hinsichtlich der Effekte der Computerunterstützung differenzierte Aussagen getroffen und explizite Designrichtlinien zur Gestaltung solcher Systeme abgeleitet werden können.

Empirische Befunde zur Verwendbarkeit verteilter Kommunikationssysteme für Sicherheitsmanagement sind nicht bekannt. Hier besteht Forschungsbedarf: Aufgrund der wesentlich stärkeren Etablierung von Ereignisdatenbanken und Ereignisanalysesoftware sind diese neueren Systeme zur Kommunikation von Ereignisdaten konservativ hinsichtlich positiver und negativer Effekte auf Erfahrungstransfer im eSMS zu untersuchen.

In Kapitel 4 wird, aufbauend auf die theoretische Diskussion der kognitiven und sozialen Prozesse bei der Ereignisanalyse in Teams, der Forschungsstand zur computervermittelten Kommunikation (computer mediated communication - CMC) in Gruppen sowie eine experimentelle Untersuchung von CMC in eSMS dargestellt.

1.6 Folgen von Informationstechnologien

Neben den Auswirkungen einer unbekannten Wirksamkeit einzelner Unterstützungssysteme für spezifische eSMS-Funktionen wird ein integratives computerbasiertes eSMS insgesamt Folgen für Organisation und Ausführung von Sicherheitsmanagement haben. Im folgenden

Abschnitt werden Befunde und Modelle zur Effizienz und den organisationalen Folgen des Computereinsatzes in Managementsystemen dargestellt.

Verschiedentlich werden bei Implementierungsprojekten computerunterstützter eSMS die ursprünglichen Projektziele nicht erreicht, was u.a. auf Wechselwirkungen des Systems mit generellen organisationaler Rahmenbedingen zurückzuführen ist. So berichtet Ringstad (2000), dass der Betrieb SYNERGI Central Database aufgegeben wurde aufgrund unzureichender Zuverlässigkeit, Aktualität und Relevanz der Informationen im. Die Datenbank enthielt zu viele Ereignisse ohne Sicherheitsrelevanz, was auf eine zu wörtliche Befolgung der in der norwegischen Offshore-Industrie bestehenden Richtlinie, möglichst viele Ereignisse zu sammeln, zurückzuführen war. Hirotsu (1999) berichtete, dass das japanische computerbasierte eSMS JAESS beim Personal einer zu geringen Akzeptanz unterliegt, da die intensive Nachfrage zu Ereignisfakten bei Ereignisanalysen mit dem bedeutenden japanischen kulturellen Wert der “Wahrung des Gesichts” konfligiert. In der Folge wurden nur sehr wenige Ereignisse freiwillig gemeldet, d.h. die eigentlichen Benutzer des Systems wurden in den Erfahrungstransfer nicht eingebunden.

Informationstechnologien verbessern die Informationsverarbeitung, sie verändern jedoch auch die Organisation. Werden Prozesse computerunterstützt, so werden Veränderungen in der Organisation ausgelöst (vgl. Einleitung): Einige Personen führen wiederholt bestimmte standardisierte Handlungen aus. Andere dürfen die Handlungen nicht wie bisher ausführen. Es müssen bestimmte Vorgaben und Formblätter berücksichtigt werden. Der Informationsfluss wird möglicherweise verändert. Verursacht werden, sozusagen als Nebeneffekt, unterschiedliche, nicht zwangsweise zieloptimierende Veränderungen in der Organisation, welche wiederum auf die Effizienz des eSMS wirkt. Welche sind das?

Die Effekte auf die Struktur werden u.a. durch die höhere Geschwindigkeit und Kapazität der Informationsverarbeitung hervorgerufen, die schnelleres Erkennen von Problemen, bessere Informationsverfügbarkeit und Entscheidungen ermöglichen. Damit einher geht eine zunehmende Formalisierung: Wiederholen sich Handlungen oftmals, lassen sich diese in Software implementieren. Gezwungenermaßen führt die Entlastung der Benutzer durch Automatisierung zur stärkeren Standardisierung, denn implementierte Handlungen werden dann ausschließlich durch das Unterstützungssystem und nie durch Personen ausgeführt. Die Folge ist, dass Prozesse und damit die Organisationsstruktur teilweise in Software festgeschrieben sind. Die Implementierung eines Computersystems für eSMS basiert auf einer ebensolchen Institutionalisierung von Prozessen. Die Automatisierung der Prozesse bedeutet eine Loslösung von menschlichen Handlungen und die Verlagerung menschlicher Tätigkeiten von der Ausführung hin zur Steuerung und Überwachung. Notwendige Voraussetzung für den Transfer von Erfahrungen durch ein Unterstützungssystem ist die Benutzung durch viele Organisationsmitglieder. Um jedoch eine aktive, selbständige Benutzung des Systems zu

erreichen, muss dieses den Motiven und Gewohnheiten potentieller Benutzer im Kontext der Arbeitsaufgaben entgegenkommen.

Technischer Unterstützungssysteme führen standardisierte Handlungen äußerst zuverlässig mit hoher Geschwindigkeit aus. Personen können von eintönigen Handlungen entlastet werden. Notwendiger spontaner Input für eSMS, das Beobachten, Registrieren sowie das Bestimmte Aufgaben, wie Ursachenanalyse, kann nur durch den Menschen geleistet werden. Diese wichtigen Funktionen sind durch ein Unterstützungssystem nicht zu leisten. Es ist also erforderlich, eine hinreichende Passung zwischen Funktionen des Unterstützungssystems und Wissen, Fähigkeiten, Bedürfnissen des Benutzers herzustellen, um ein zielgerechtes und zuverlässiges Funktionieren der Unterstützung zu gewährleisten (vgl. Norman, 1986).

Ein weiterer Erfolgsfaktor eines Unterstützungssystems ist, ob sein Einsatz für den Benutzer motivierend ist. Auch bei Informationsverarbeitungsprozessen im eSMS liegt die Motivation des Benutzers darin, das Unterstützungssystem bei der Erledigung seiner Aufgaben einzusetzen. Huber (1991) stellt fest:

> Where individuals are not given resources to learn and experiment with the new technology, or not given specific, client-related applications that help them accomplish their production work within the technology, the immediate pressures of daily production tasks and deadlines will tend to dominate their decision around how they allocate their time. (S.248)

Benutzer werden auf die Nutzung von Informationstechnologien zurückgreifen, wenn diese ihre individuelle professionelle Effektivität bei der Erreichung organisationaler Ziele fördern. Da individuelle Ziele und Bedürfnisse weder statisch noch übergreifend verallgemeinerbar sind, deutet sich bereits hier die Notwendigkeit eines adaptiven, schrittweisen Implementierungsprozesses an, bei dem individuelle Anforderungen exploriert und das System entsprechend angepasst wird

Hinsichtlich der Effektivität eines eSMS sind offensichtliche Abhängigkeiten zwischen technischem Unterstützungssystem, Organisation und Organisationsumfeld zu bemerken. Letztlich, da Organisationen aus Einzelakteuren bestehen, deren interdependentes Handeln durch Organisationsstruktur in Prozessen formalisiert wird (vgl. Einleitung), ist ein wesentliches Bestimmungsstück der Effizienz der Einfluss des Systems auf Handlungen der Benutzer als Organisationsmitglied. Und genau in diesem organisationalen, nicht individuellen Bezugsrahmen sind Erfolgschancen und Auswirkungen der Implementierung eines computerunterstützten eSMS abzuschätzen.

Die Auswirkungen der Einführung von Informationstechnologien zeigen sich auf verschiedenen Ebenen der Organisation. Huber (1990) stellt Auswirkungen fest auf die

Organisationsstruktur, die Managementebene, die operative Ebene sowie auf die Wissensbasis (Tabelle 8).

Auf der Managementebene zeigt sich eine Verlagerung verschiedener Koordinationsfunktionen auf das System. Wenn organisationale Handlungen, d.h. auch Entscheidungen, durch das System automatisiert werden, die Informationen für die das operative Personal verfügbar sind, wird das Management von einzelnen Steuerungsaufgaben entlastet bzw. entbunden. Dieser Effekt reflektiert auf die operationale Ebene, die stärker und häufiger in Entscheidungsprozesse eingebunden wird und am Informationsfluss stärker partizipiert. Informationstechnologien ist offenbar, aufgrund der Reduktion hierarchischer Barrieren, ein erhöhter Informationsaustausch zwischen Organisationsmitgliedern immanent. Um daraus einen aufgabenorientierten Informationsaustausch werden zu lassen, ist es, wie bereits erwähnt, notwendig, dass das System der operativen Ebene bei deren Aufgabenerfüllung nutzt. Schließlich postuliert Huber (1990) für den Aufbau organisationalen Steuerungswissens positive Effekte, die sich aus der gesteigerten Informationsverarbeitungskapazität und -geschwindigkeit herleiten.

Tabelle 8 Auswirkungen von Informationstechnologien auf Organisationen (nach Huber, 1991)

	Effekte der Nutzung von Informationstechnologien zur Unterstützung von Kommunikation und Entscheidungsfindung
Effekt auf die Struktur	- Zunehmende Formalisierung, Standardisierung, Spezialisierung von Informationsverarbeitungsprozessen - Beobachtung des Umfeldes: Schnellere und genauere Feststellung von Problemen und Möglichkeiten - Informationsverarbeitung: genauer, aktueller, umfassender und leichter verfügbar - Entscheidungen: bessere Qualität - Genehmigung: Zeitbedarf für Autorisierungsprozesse sinkt
Effekt auf der Managementebene	- Zentralisation von Entscheidungsfindung: Größere Variation der in eine Entscheidung einbezogenen Ebenen - Anzahl der Ebenen, die in Genehmigung einbezogen werden: Reduzierung der Anzahl der Ebenen, die in die Genehmigung vorgeschlagener Maßnahmen involviert werden - Anzahl der Knoten im Informationsnetzwerk: Reduzierung der Ebenen einer Organisation, die in die Weiterleitung von Informationen involviert sind
Effekte auf der operativen Ebene	- Partizipation bei Entscheidungsprozessen: Größere Anzahl unterschiedlicher Personen tragen Informationen zu Entscheidungen bei - Größe und Heterogenität der Entscheidungseinheiten: Weniger Personen werden in die klassischen mündlichen Entscheidungssitzungen eingebunden - Häufigkeit und Dauer von Meetings: Zeitaufwand der Organisation für Meetings wird reduziert
Effekte auf die Organisationale Wissensbasis	- Computer-speicherbare Informationen: Häufigere Entwicklung und Nutzung zur Kompensation von Personalfluktuation und Abschätzung zukünftiger Trends - Interne computerbasierte Expertensysteme: Häufigere Entwicklung und Nutzung solcher Systeme zur Analyse, Informationsbeschaffung und Lokalisation externer Experten

Hubers Modellvorhersagen mögen zunächst positiv und hinsichtlich einer breiten Partizipation von Organisationsmitgliedern am Erfahrungstransfer durch eSMS wünschenswert wirken. Dennoch bleibt zu fragen, ob diese Effekte vermittelt über die individuelle Zielerreichung zur Gewährleistung der Funktionsausführung durch das Managementsystem beitragen. Obwohl Barrieren im Informationsfluss durch Informationstechnologien verringert werden (Attewell, 1992), kann die Entlastung des Managements von Steuerungsfunktionen auch zum Verlust von Einfluss, Kontrollmöglichkeiten, Reputation, Prestige und Karrieremöglichkeiten führen, wodurch Widerstände gegen das System als Ganzes entstehen können (Orlikowski, 1993.; S.248).

Welche Implikationen haben diese möglichen Effekte für den Implementierungsprozess eines computerunterstützten eSMS? Orlikowski (1993) identifizierte bei der Einführung eines internen computerbasierten Kommunikationssystems, genutzt in einer Beratungsfirma, strukturelle Merkmale, wie Bildungs- und Belohnungssystem, als Erfolgsfaktoren. Gerade in der ersten Implementierungsphase kann die Verwendung des Systems, u.a. aufgrund der Einarbeitungszeit, für den einzelnen Benutzer einen Mehraufwand bei der Erledigung seiner

Aufgaben bedeuten. Individuelle und organisationale Gewinne stellen sich erst mit Verzögerungen ein. Individueller Mehraufwand bei Benutzung des Unterstützungssystems ist durch flankierende Maßnahmen zu kompensieren.

Als weiteres Merkmal des Implementierungserfolgs identifiziert Orlikowski das Vorhandensein kollektiver mentaler Modelle der Koordination von Einzelbeiträgen in solchen Systemen. Damit der einzelne Benutzer das System effizient nutzen kann und seinen Beitrag zu der Wissensbasis in einer entsprechenden Form leistet, muss jeder Benutzer darüber informiert sein, in welcher Form andere seinen Beitrag erwarten. Dieses trifft im besonderen Maße für nonkanonische Aufgaben zu, für die keine expliziten Handlungsvorschriften existieren. Differieren hierbei die mentalen Modelle der Benutzer zu stark voneinander, wird koordiniertes Handeln erschwert und ein verteiltes System kann, nicht aufgrund technischer Unzulänglichkeiten, sondern aufgrund von Koordinationshemmnissen, nicht effizient funktionieren. Als Mittel zum Abgleich differierender, für organisationale Handlungen relevanter mentaler Modelle wurde in 1.2 der Erfahrungsaustausch in Dialogform gekennzeichnet. Die Einführung computerbasierter Kommunikationssysteme bedarf folglich ebenso eines schrittweisen Vorgehens unter Einbindung der Benutzer.

Stucky (1995) betont, dass für ein praxisorientiertes Design Erwartungen potentieller Benutzer einzubeziehen sind. Bei der Entwicklung des Systems sollten Benutzer als aktives Systemelement im Gegensatz zum einfachen Informationslieferanten involviert werden. Nielsen (1993) schlägt hierfür einen inkrementellen Designzyklus zwischen Entwurf und Bewertung der Usability (Angemessenheit) durch den Benutzer vor. Rollen- und Zielkonflikte der Benutzer sind bei der Entwicklung prospektiv zu analysieren (Ching, Holsapple & Whinston, 1992; Gianetti & Garbino, 1995; Oberquelle, 1991; S.47). Orlikowski präferiert Pilotprojekte zur Einführung von Informationssystemen. Dabei gewonnene Erfahrungen können in die weitere Adaptation des Systems an die organisationalen Erfordernisse einfließen. Denn der Grad der Einflussmöglichkeiten von Benutzern auf die Ausgestaltung und Implementierung des Systems hat entscheidenden Einfluss auf dessen Effektivität (Manchen & Grote, 1999).

1.7 Zusammenfassung

Sicherheitsmanagementsysteme sind die modernen Instrumente zur Gewährleistung technologischer Systemsicherheit. Der Nachweis eines Sicherheitsmanagementsystems gegenüber Öffentlichkeit und Aufsichtsbehörden ist nach Cullen (1990, S.380) die wesentliche Sicherheitsmaßnahme in Ergänzung zur üblichen Installation technischer Sicherheitsvorkehrungen. Die Festlegung von Richtlinien und Politik des Sicherheitsmanagements, die Formalisierung der Organisation und Implementierung von Informationsverarbeitung, das

Informationssystem sowie organisationale Maßnahmen zur Evaluation und Anpassung vorhandener SMS sind dabei zu überprüfen und ggf. zu verbessern.

Zur Optimierung des Informationssystems, dem eSMS, eignen sich Informationstechnologien, da hiermit sicherheitsrelevante Informationen schneller und zuverlässiger verarbeitet werden können. Insbesondere formalisierbare, sich wiederholende Tätigkeiten lassen sich computerunterstützten. Welche Prozesse sind im einzelnen innerhalb eines eSMS zu unterstützen?

Grundsätzlich sollte ein eSMS Erfahrungstransfer unterstützen (vgl. 1.2). Erfahrungsrückkopplung basiert auf einem kybernetischen Lernmodell, demnach Prozesse durch die Rückmeldung des Erfolgs- bzw. Misserfolgs beibehalten, verändert oder ersetzt werden. Unsicherheiten bei einzigartigen, nichtstandardisierten Handlungen hingegen können informatorisch durch den Transfer persönlicher, impliziter Erfahrungen verringert werden. Dieser Transfer zumeist impliziter Erfahrungen, welche durch eine erschwerte gesteuerte Abrufbarkeit gekennzeichnet sind, kann durch institutionalisierte Formen des Dialogs gefördert werden (Isaac, 1993; Nonaka, 1994). Für beide Formen, Erfahrungsrückkopplung und -transfer, ist eine Überprüfung der Qualität bzw. möglicher Verzerrungen verarbeiteter Informationen notwendig, damit eine tatsächliche Sicherheitsoptimierung gewährleistet ist.

Bisher werden für die Computerunterstützung von eSMS Datenbanken zur Speicherung und Ereignisanalysesysteme zur Analyse von Ereignisdaten eingesetzt. Dabei erreichen die Computersysteme hervorragende Leistungen aufgrund der Quantität der verarbeiteten Information, jedoch ist die Qualität und Zuverlässigkeit der computergestützt gespeicherten und analysierten Informationen eingeschränkt. Da implizite Erfahrungen durch diese Systeme kaum verarbeitet werden, Erfahrungstransfer demnach nur geringfügig unterstützt wird, wären neue Unterstützungsformen, wie verteilte Kommunikationssysteme, hinsichtlich des Einsatzes in eSMS zu prüfen. Die Unzulänglichkeiten herkömmlicher Unterstützungssysteme sind offenbar auf die unselektive Verlagerung der Informationsverarbeitung auf den Computer zurückzuführen. Deshalb sind Einzelfunktionen eines eSMS, wie sie in 1.3 dargestellt sind, hinsichtlich der tatsächlichen praktischen Ausführung sowie deren günstigste Unterstützungsform zu untersuchen.

Ein verstärkter Einsatz von Informationstechnologien für Aufgaben des Sicherheitsmanagements lässt positive Effekte auf Menge und Qualität von Steuerungsinformation für Sicherheitsmanagement erwarten, z.B. durch stärkere Beteiligung operativen Personals aufgrund der Entlastung von bürokratischen Tätigkeiten durch das eSMS, Steigerung der Akzeptanz durch höhere Transparenz des eSMS, vereinfachte Informationsverarbeitung und Einsparungen beim Betrieb des eSMS. Folgende Fragen sind zu klären:

1. Welche Prozesse sind durch das Unterstützungssystem auszuführen, um Benutzer zu entlasten und Erfahrungstransfer zu gewährleisten?
2. Welche organisationsexternen bzw. -internen Faktoren beeinflussen die Effizienz des eSMS?
3. Welche Auswirkungen hat computervermittelte Kommunikation auf die Qualität der Informationsverarbeitung im eSMS?
4. Wie ist eine Unterstützung zu implementieren?

Es deutet sich bereits jetzt an, dass eine intensive Nutzung von Informationstechnologien einen deutlichen Vorteil für den Transfer sicherheitsrelevanter Erfahrung und somit für die kontinuierliche und systematische Optimierung von Sicherheit hat (vgl. 1.4). Die dabei wesentliche Funktion des eSMS, die Weiterleitung von Informationen, wird jedoch von gegenwärtig eingesetzten Systemen kaum oder unzureichend unterstützt. Doch hier besteht die Möglichkeit, die Informationsverarbeitung bei der Erfahrungsrückkopplung durch den Einsatz verteilter Kommunikationssysteme, wie verteilten Datenbanken, E-Mail- oder Computerkonferenzsystemen, nachhaltig zu verbessern.

2 Studie I: Externe Einflüsse auf Sicherheitsmanagement

In diesem Kapitel wird der Frage nachgegangen, wie sich externe Einflussnahmen auf Betreiberorganisationen gestalten und welche. Auswirkungen sie auf das Sicherheitsmanagement bei dem Betreiber haben.

Warum ist die Klärung dieser Frage wichtig für die Entwicklung von Gestaltungsvorschlägen für ein computerunterstütztes eSMS? Bei einer Diskussion zur Entwicklung Sicherheitssystems für die Luftverkehrsüberwachung fomulierte Jens Rasmussen, einer der anerkanntesten Sicherheitsforscher: „You have to have an idea, what the total system is." Ein System losgelöst vom Kontext zu analysieren und zu entwickeln führe, so Rasmussen, zu akademischen Lösungen, welche zwar wissenschaftlichen Standards genüge, die jedoch für den praktischen Einsatz nur beschränkt verwendbar sind. Vielmehr liegen die Lösungen der Zukunft in einer interdisziplinären Betrachtung verschiedener Aspekte: Von gesellschaftlich-politischen über wirtschaftliche und technische bis hin zu politischen.

Entsprechend wird der „scope" dieser Arbeit breiter angelegt: In Studie I sind es die historisch-gesellschaftlichen und rechtlichen Aspekte, in Studie II die wirtschaftlich-administrativen und in Studie III die technischen und psychologischen Aspekte einer Systemunterstützung von Sicherheitsmanagement. Die historisch-gesellschaftlichen und rechtlichen Aspekte erscheinen im Zusammenhang mit Sicherheitsmanagementsystemen zunächst etwas ungewöhnlich.

Aber nicht in jedem Fall entwickelten Betreiber SMS aus eigener Motivation. Häufig werden Systeme implementiert, welche die gesetzlichen Festlegungen für das Sicherheitsmanagement umsetzen. Doch der Gesetzgeber besitzt nicht das alleinige Expertentum hinsichtlich eines sicheren Betriebs moderner verfahrenstechnischer Anlagen. Es besteht die Gefahr, dass durch gesetzliche Vorgaben innovativere Konzepte eines Betreibers zum Scheitern gebracht werden. Es besteht offensichtlich wechselseitige Abhängigkeiten zwischen den Betreibern und den Behörden, die eine Bedeutung für die Gestaltung von SMS haben.

In den folgenden Abschnitten werden diese Rahmenbedingungen beschrieben und strukturiert, mit denen Entwickler und Nutzer von SMS gegenwärtig konfrontiert werden. Grundannahme dabei bleibt, dass an der Sicherheit von Einrichtungen hohen Gefährdungs-potentials und der Fortentwicklung moderner SMS ein generisches Interesse außerhalb der Betreiberorganisation besteht.

2.1 Fragestellung und Vorgehen

Die Einflüsse auf Sicherheitsmanagement, die bereits in der Einleitung angedeutet wurden, zeigen sich komplex und diffus. Rasmussen (1997) stellt fest, dass bisher eine interdisziplinäre Erforschung des komplexen Gesamtsystems „Sicherheitsmanagement-Organisation-Umfeld“ kaum stattfand, da die Forschungsfragestellungen zumeist aufgrund struktureller Merkmale des Systems entwickelt wurden: Fragestellungen der behördlichen Regulation wurden bisher in den Politik- und Rechtswissenschaften, Managementfragen in den Wirtschaftswissenschaften sowie der Industriesoziologie bearbeitet. Fragestellungen des menschlichen Einflusses und der Mensch-Maschine-Schnittstellengestaltung seien Forschungsthemen in der Psychologie usw. Für einen integrativen, interdisziplinären Zugang schlägt Rasmussen die funktionale (anstelle einer strukturellen) Dekomposition des Gesamtsystems vor und verweist auf die Modellierung komplexer Interaktionen zwischen den strukturellen Bestandteilen des Gesamtsystems. Ohne eine Methode explizit zu benennen, macht Rasmussen deutlich, dass ein Zugang zur Modellierung des Gesamtsystems diese Interaktionen erfassen und modellieren sollte.

In Studie I werden die Interaktionen des SMS mit dem Umfeld untersucht. Dazu ist deren Beschreibung und nachfolgende Systematisierung notwendig. Die Vereinfachung komplexer Sachverhalte durch Dimensionen und Faktoren ist in der Wissenschaft ein probates Vorgehen. Komplexität wird reduziert, indem vorhandene Daten und Beobachtungen auf Wesentliches und Gemeinsames reduziert werden, indem Oberbegriffe für voneinander abhängige oder sich stark ähnelnden Phänomenen abgeleitet werden. Dabei gilt die Prämisse, dass mit wenigen, unabhängigen Faktoren möglichst die gesamte Bandbreite der beobachteten Phänomene beschrieben wird.

Eine in der psychologischen Forschung verbreitete statistische Methode ist die Faktoren-analyse, bei der mittels multipler Zusammenhangsmaße zwischen Beobachtungsdaten (Korrelationen) Faktoren extrahiert werden. Die Faktoren repräsentieren typische Merkmale des Untersuchungsgegenstands.

Für die Identifikation externer Faktoren des Sicherheitsmanagements sind keine adäquaten quantitativen Daten verfügbar, weshalb in dieser Studie auf die qualitative Beschreibung von Beobachtungen ausgewichen werden muss. Gleichzeitig sind die Befunde vorsichtig zu inter-pretieren. Denn im Gegensatz zur statistischen Extraktion von Faktoren existiert bei der qualitativen Faktorisierung kein Maß für den Erklärungswert jedes einzelnen Faktors bzw. aller Faktore. Deshalb ist es schwierig, die Aussagekraft einer qualitativen Analyse externer Einflüsse abzuschätzen oder einzelne Faktoren hinsichtlich ihrer Bedeutung gegeneinander zu gewichten.

In Analogie zur statistischen Faktorenanalyse kann für das Vorgehen geschlossen werden, dass Unterschiede und Ähnlichkeiten zwischen den Beobachtungsdaten Hinweise auf Faktoren liefern. Externe Faktoren, die das Sicherheitsmanagement in verfahrenstechnischen Anlagen beeinflussen, sollten sich zeigen, wenn unterschiedliche Anlagen in bezug auf das SMS miteinander verglichen werden, und zwar um so deutlicher, je unterschiedlicher das Umfeld dieser Organisationen zueinander ausfällt. Aus diesem Grunde wird im folgenden das Sicherheitsmanagement in der deutschen Kerntechnik (DKT) dem der norwegischen Offshore-Industrie (NOI) gegenübergestellt.

Heutige Einrichtungen hohen Gefährdungspotentials in der Deutschen Kerntechnik und der Norwegischen Offshore-Industrie verfügen aufgrund gesetzlicher Vorgaben ausnahmslos über interne SMS. Struktur und Funktion der SMS wurden jedoch nicht ad hoc, sondern schrittweise entwickelt. Die *Geschichte* einer Industrie wirft ein Licht entwicklungsbedingten Zusammenhänge von Struktur und Funktion der SMS. Eine generelle Beschreibung der *Sicherheitskonzepte* im Produktionsprozess liefert einen Überblick über Prinzipien der Steuerung und Sicherheitsgewährleistung der technischen Anlage. *Organisationsprinzipien* spiegeln die Struktur von Betreiberorganisationen wider. *Rechtliche Grundlagen* sowie die Ausgestaltung des *offiziellen Berichtswesens* sind offenkundige, externe Rahmenbedingungen des SMS.

Die Datenbasis für Studie I bilden einschlägige Gesetze und Vorschriften, wissenschaftliche Publikationen sowie Experteninterviews, die dem explorativen, schrittweisen Erschließen des Problemfeldes dienten. In der deutschen Kerntechnik wurden Vertreter der Aufsichtsbehörden sowie der KKW befragt, in der norwegischen Offshore-Industrie Vertreter der Aufsicht sowie Experten mit detaillierten Kenntnissen über die Industrie und den Gegebenheiten an Bord von Offshore-Installationen interviewt.

Anzumerken ist, dass es sich bei der Beschreibung der technischen und organisatorischen Gegebenheiten in den folgenden Abschnitten um ein deduktives Erschließen der Situation basierend auf Literaturstudium, Dokumentenanalysen und Interviews handelt. Das im folgenden wiedergegebene Bild wurde durch Qualität und Zuverlässigkeit der Informationsquellen und Einschränkungen der verwandten Methodik beeinflusst. Dadurch kann sich diese Darstellung von dem Eindruck eines Praktikers nachhaltig unterscheiden. Ich bitte zu beachten, dass diese Analyse zweckgebunden und unter der Perspektive des Sicherheitsmanagements durch die Nutzung von Betriebserfahrung erfolgt. Eine narrative Beschreibung der technischen und sozialen Gegebenheiten in Einrichtungen hohen Gefährdungspotentials ist zur Identifikation externer Einflussfaktoren auf SMS notwendig, da quantitative Daten mit einer hinreichenden Qualität nicht vorliegen und auch nicht mit einem im Rahmen dieser Arbeit vertretbaren Aufwand zu erzeugen sind.

2.2 Die Deutsche Kerntechnik (DKT)

2.2.1 Geschichte

In beiden Industrien liegt der Beginn der kommerziellen Produktion in den frühen Siebzigern. Nachdem Anfang der sechziger Jahre in Deutschland kleinere Kernkraftwerke zu Forschungs- und Erprobungszwecken gebaut und betrieben worden waren (Kahl, Gundremmingen A und Lingen), wurde 1972 die kommerzielle Energieerzeugung in den KKW Stade und Würgassen aufgenommen. Es folgten eine Reihe von Kernkraftwerksneubauten und die Konsolidierung der Sicherheitstechnik in der deutschen Kerntechnik Ende der siebziger Jahre (RSK, 1997), bis 1989 das vorerst letzte Kernkraftwerk (Neckar 2) den kommerziellen Betrieb aufnahm. Seitdem gab es keine weiteren Neubauten.

Das Umfeld dieser wichtigen Industrie wird beeinflusst durch zwei Hauptgeschehnisse der jüngeren Geschichte. Nach der Deregulation der Energiemärkte sinken die Preise, welche die Erzeuger für den in KKW produzierten Strom auf dem Markt erzielen können - damit sinken auch die Gewinne. Daneben wird die Entwicklung der Industrie nachhaltig beeinflusst durch den Verlust des Energiekonsenses Mitte der achtziger Jahre: Beim Bundesparteitag der SPD 1984 in Essen lehnten die Delegierten die Wiederaufbereitung und den Bau neuer KKW ab. Die Bundestagsfraktion “Die Grünen” brachte am 28.08.1984 den Gesetzesentwurf eines sogenannten Atomsperrgesetzes ein, der eine entschädigungsfreie Abschaltung aller KKW binnen einer Frist von sechs Monaten vorsah. Nach dem Regierungswechsel im Jahr 1998 beschloss die Koalition aus SPD und Bündnis 90/Die Grünen, den Ausstieg aus der Kerntechnik zu vollziehen (BMU, 1999). Damit sind zukünftig Neubauten von Kernkraftwerken in Deutschland unwahrscheinlich und die Abschaltung der vorhandenen Kernkraftwerke in den kommenden Jahren und Jahrzehnten ist zu erwarten, womit die Beendigung der kommerziellen Nutzung der Kernenergie gegenwärtig in der Regierungspolitik verankert ist.

Die deutsche Kernindustrie ist einer der Wirtschaftszweige mit einem wichtigen Einfluss auf die deutsche Nationalökonomie: Alle Kernkraftwerke produzierten 1997 etwa 170,4 Milliarden kWh elektrische Energie, was 34% der Gesamtenergieproduktion in Deutschland ausmachte. Der Hauptanteil der Energieproduktion stammte aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe (60%), 4% wurden durch Wasserkraft erzeugt und 2% stammen aus anderen Energiequellen (Wind, Sonne usw.). Zwei Reaktortechnologien, Siedewasserreaktoren (SWR) und Druckwasserreaktoren (DWR), sind im Einsatz. Der Hauptunterschied liegt in einem zusätzlich vorhandenen Kühlkreislauf mit Wärmetauscher bei DWR, um die räumliche Unterbringung von mit radioaktivem Dampf beaufschlagten Komponenten innerhalb der

Schutzhülle des Reaktorgebäudes (Containment) zu ermöglichen. 1999 wurden in Deutschland 6 SWR und 14 DWR an 15 Standorten betrieben.

Unter dem Eindruck der sich wandelnden Zukunftsaussichten für diese Industrie verfasste die Reaktorsicherheitskommission (RSK, 1997) als beratendes Gremium des Bundesumweltministers ein Memorandum zur Sicherheitskultur. Eine Aussage des Memorandums besteht in einer Warnung, Aspekte der Sicherheit und des Kompetenzverlustes durch eine ausstiegsorientierte Aufsicht und kriterienorientierten Vollzug hinter vermeintlich aktuellen Sicherheitsinteressen zurücktreten zu lassen und somit langfristig ein Sicherheitsproblem zu schaffen, da die Anlagen selbst im abgeschalteten Zustand nach dem Stand von Wissenschaft und Technik überwacht und eventuell rückgebaut werden müssen. Dafür sei bereits gegenwärtig ein hinreichendes Förderumfeld für zukünftige Fachleute in der Kerntechnik zu schaffen.

2.2.2 Sicherheitskonzepte

KKW sind verfahrenstechnische Anlagen. Hauptaspekt bei der technischen Auslegung ist die Kontrolle der nuklearen Kettenreaktion innerhalb des Sicherheitsbehälters sowie die Abschirmung aller toxischen und radioaktiven Stoffe gegen die Biosphäre. Alle sicherheitsrelevanten Komponenten zur Verhinderung von Ereignissen mit negativen Konsequenzen für Personal, Anlage und Umwelt sind redundant und diversitär ausgelegt: Die technischen Sicherheitseinrichtungen des nuklearen Teils moderner Anlagen sind mit vierfacher (4 mal 50%) Redundanz versehen, d.h. jede dieser Komponenten ist vierfach vorhanden und kann 50% der benötigten Leistung im Vollastbetrieb zur Verfügung stellen. Des weiteren sind diversitäre Sicherheitssysteme funktional, z.T. auch räumlich voneinander getrennt. Beispielsweise befinden sich die redundanten Komponenten zur Notstromerzeugung in unterschiedlichen Bereichen der Anlage und sind durch entsprechenden baulichen Schutz gegen Einwirkungen von außen (z.B. Druckwellen) geschützt.

Die Steuerung der Produktion folgt dem “fail-safe”-Prinzip. Wenn eine Abweichung technischer Parameter außerhalb der Sicherheitstoleranz durch das automatische Überwachungssystem festgestellt wird, wird der Reaktor durch physikalische Prinzipien abgeschaltet. Um fehlerhafte Handlungen bei der Störfallbeherrschung zu vermeiden, wurde das 30-Minuten-Prinzip eingeführt: Binnen dieser Zeitspanne werden alle Eingaben, die zur Störfallbeherrschung notwendig sind, durch die automatische Steuerung getätigt. Die Strategie zur Aufrechterhaltung eines kontinuierlichen Produktionsprozesses beruht auf der Definition von Kriterien des sicheren Betriebs (Schutzzielen), welche die Operateure überwachen und einhalten müssen. Alle Handlungen sind in Prozeduren formalisiert und im der Genehmigung durch die Aufsichtbehörde unterliegenden Betriebshandbuch (BHB) festgeschrieben.

Wenn eine Handlung eines Operateurs unangemessen ist bzw. eine Sicherheitseinrichtung versagt und die Parameter den Auslegungsbereich verlassen (z.B. zu hoher Druck), greift das automatische Schutzsystem in die Steuerung der Anlage ein, was zum Abschalten der Anlage und zur Unterbrechung des Produktionsprozesses führen kann. Somit ist die *Netzverfügbarkeit* der Anlage (Aufrechterhaltung der kontinuierlichen Energieerzeugung) ein gutes Maß für die Angemessenheit der technischen Auslegung und der Zuverlässigkeit der Anlage (vgl. Deutsches Atomforum, 1999). Dieses ist mit der Abwesenheit von Ereignissen, Unfällen und Störungen logisch verknüpft, weshalb Zuverlässigkeit, Sicherheit und Verfügbarkeit, soweit diese die Schadenfreiheit gegenüber Personal und Umwelt einschließen, konzeptionell miteinander eng verwandt sind (vgl. Einleitung).

Ein weiteres Sicherheitsprinzip in Einrichtungen hohen Gefährdungspotentials ist das tiefgestaffelter Barrieren (defence in depht; vgl. Bohn, 1986; S.50ff). Sogenannte Barrieren kontrollieren den Stoff- und Energiefluss, d.h. die Produktionsprozesse in der Anlage. Barrieren können physischer Natur sein, wie z.B. ein Sicherheitsbehälter, oder prozedural, wie z.B. eine Notfallprozedur für die Operateure zur Isolation eines Rohrstrangsystems. In Voraussicht, dass eine solche Barriere brechen kann, sind tiefergestaffelte Barrieren implementiert, um die Folgen eines Barrierenbruchs aufzufangen. Zur Sicherung von Prozeduren könnten das mechanische Schutzeinrichtungen sein, die Schaltanlagen unter bestimmten Bedingungen blockieren, deren Betätigung zu einem Ereignis führen könnte.

Für sicherheitskritische Komponenten existieren Schätzungen der Zuverlässigkeit, d.h. der Wahrscheinlichkeit des Versagens dieser Komponenten, welche die Aufsichtsbehörde im Rahmen Periodischer Sicherheitsüberprüfungen (PSÜ) begutachten lässt. Die Ausfallswahrscheinlichkeiten werden errechnet aus den Ergebnissen von Experimenten, den Angaben der Hersteller sowie Wartungs- und Betriebsprotokollen. Das BMBF bestimmten in Kooperation mit technischen Gutachtern in einer umfangreichen Studie die Ausfallwahrscheinlichkeit von Standardkomponenten in deutschen Kernkraftwerken (Deutsche Risikostudie; GRS, 1981; 1989). Für die Abschätzung der Folgen von Barrierenversagen bei Großkomponenten des Primärkreislaufs wurden in Großfeldversuchen erhebliche Sicherheitsreserven in der Reaktorauslegung gefunden. Die Daten dieser Experimente bilden die Ausgangsdaten für realistische Computersimulationen von Gefahrenszenarien (RSK, 1997).

Die Sicherheitsoptimierung durch Änderungen und durch permanente Instandhaltung der Anlage unterliegen einem strikten Sicherheitsregime. Änderungen der technischen Auslegung benötigen teilweise die Genehmigung der Aufsichtsbehörde. Für jede Arbeit innerhalb des Kontrollbereiches eines KKW benötigt das Personal einen schriftlichen, von der Verwaltung (Arbeitsauftragswesen) freizugebenden Arbeitsauftrag (vgl. 3.4.1). Den Mitarbeitern ist nicht erlaubt, eine Aufgabe unvollständig zu beenden oder eine zweite zu

beginnen, wenn dieses nicht im Arbeitsauftrag explizit ausgewiesen ist. Sobald eine Arbeit beendet wurde, muss eine diesbezügliche Meldung an den Leitstand abgegeben werden. Damit wird die Abstimmung, Überwachung und Dokumentation aller Arbeiten in der Anlage gewährleistet. Sehr viele Instandhaltungs- und Änderungsaufträge werden während des Stillstands erledigt, d.h. in der Zeit des Brennelementwechsels, da einige Komponenten nur in dieser Periode zugänglich sind. Dazu ist ein komplexes Zeit- und Projektmanagement notwendig.

Die sicherheitstechnischen Bedenken gegen diese Technologien konzentrieren sich auf einen Reaktorunfall mit Freisetzung von toxischen Stoffen und Radioaktivität sowie auf das Problem der Endlagerung abgebrannter Brennelemente (RSK, 1997).

2.2.3 Organisationsprinzipien

Der hohe Grad an Zuverlässigkeit und Sicherheit deutscher Kernkraftwerke wird nicht zuletzt durch den hohen Grad der Standardisierung gewährleistet. Die Mehrzahl aller größeren Komponenten und Einbauten wird durch eine vergleichsweise kleine Zahl von Herstellern produziert, die über entsprechende Technologie und notwendiges Know-how verfügen. Abgesehen von einigen speziellen technischen Besonderheiten, abhängig von Typ und Alter der Anlage, besteht in dieser Industrie eine, verglichen mit anderen Industrien, einmalige Übereinstimmung im technischen Design.

Ebenso ähneln sich die Aufbaustrukturen eklatant. Eine Studie identifiziert nur zwei unterschiedliche Organisationsprinzipien: PUTI und PUME (Fraser, 1985). Diese Abkürzungen stehen für die Hauptabteilungen in einem KKW, nach denen dieses organisiert wurde. In einer PUTI-Anlage bedeutet das Produktion (P), Überwachung (U), Instandhaltung, Technik (T) und Instandhaltung (I). In der häufigeren PUME-Struktur ist die Belegschaft in die Abteilungen Produktion (P), Überwachung (U), Maschinentechnik (M) und Elektrotechnik (E) aufgeteilt. Die Abteilung Produktion ist verantwortlich für den Betrieb der Anlage, umfasst also das operative Personal, das zumeist aus sechs bis sieben Schichten besteht. Im Unterschied zur PUTI-Struktur sind in einem PUME-KKW die Funktionsbereiche Instandhaltung und Technik in die Funktionsbereiche Maschinentechnik und Elektrotechnik unterteilt, die wiederum in die Teilbereiche Technik und Instandhaltung untergliedert sind. Die besonderen Vorkehrungen aufgrund des hohen Gefährdungspotentials von KKW für Personal und Umwelt finden ihre Entsprechung in der Abteilung U, welche für die Überwachung radioaktiver und chemischer Emissionen, die Qualitätsüberwachung sowie den Schutz gegenüber Einflüssen von außen verantwortlich ist. (ebd., S.16). D.h. der Hauptunterschied zwischen beiden Organisationsformen besteht darin, dass die Teilung zwischen Technik und Instandhaltung auf der ersten (PUTI) bzw. zweiten Ebene (PUME) stattfindet.

Wesentlich ist, dass sich, angepasst an die funktionale Teilung aufgrund verschiedener Aufgaben von Operateurs- und Instandhaltungspersonal, ein Gegenstück in der Strukturierung der Organisation findet. Diese funktionale Teilung findet ihre Begründung im Bedarf an speziell qualifiziertem Personal für den Betrieb und die Überwachung bzw. für Montage, Reparatur und Wartung der technischen Komponenten. Unterschiede bestehen also nur auf der Führungsebene der Fachbereichsleitung (ebd., S.365)

Insgesamt werden in jeder Anlage im Mittel ca. 350 Personen beschäftigt. In der Mehrzahl handelt es sich um Personen mit einer handwerklichen oder technischen Ausbildung, welche zusätzliche Qualifikationen für den Kraftwerksbetrieb erworben haben. Führungskräfte verfügen zumeist über eine Ingenieursausbildung. Der Betreiber muss gegenüber der Behörde die Fachkunde des Personals nachweisen, in einigen Funktionsbereichen dürfen nur Mitarbeiter mit entsprechenden Fachkundenachweisen beschäftigt werden (GRS, 1993). Während des Stillstandes, üblicherweise ein Zeitraum zwischen zwei und drei Wochen, werden neben dem üblichen Stammpersonal einer Anlage z.T. mehr als 1000 Mitarbeiter von Fremdfirmen in der Anlage beschäftigt. In einem festen Zyklus werden erweiterte Revisionen durchgeführt, bei denen technische Großkomponenten geprüft und gewartet werden, wodurch sich die Stillstandszeiten verlängern. Gewöhnlich finden die Brennelementwechsel jährlich statt.

Um die Anlagen gegen Einflüsse von außen zu sichern, sind diese durch eigenen Werkschutz stark gesichert. Für alle Personen besteht strenge Zugangskontrolle (vgl. Fraser, 1985; S.305). Die Anlage an sich ist, entsprechend der radioaktiven Belastung, in verschiedene Zugangsbereiche aufgeteilt, deren zentraler Bereich die Kontrollzone ist. In der Kontrollzone dürfen sich nur Personen mit einer entsprechenden Genehmigung und nur zur Ausführung bestimmter Arbeiten aufhalten. Beim Betreten und Verlassen des Kontrollbereichs wie des Anlagengeländes werden die Strahlendosen für jede Person ermittelt. Die Bestimmung der Jahreskollektivdosis gilt als Maß für die Zuverlässigkeit und Effizienz des Strahlenschutzes, ist jedoch von Auslegung und Alter der Anlage abhängig (vgl. Deutsches Atomforum, 1999). Strenge Reinhaltung im Kontrollbereich dient der schnellen Auffindung potentieller Kontaminationen.

2.2.4 Rechtliche Grundlagen

Die für das Sicherheitsmanagement relevante rechtliche Grundlagen der Aufsicht bestehen im Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz - AtG), die Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) und in der Verordnung über den kerntechnischen Sicherheitsbeauftragten und über die Meldung von Störfällen und sonstigen Ereignissen (Atomrechtliche Sicherheitsbeauftragten- und

Meldeverordnung - AtSMV). Die atomrechtliche Aufsicht wird durch die Ministerien der Länder entsprechend der bundeseinheitlich geltenden Gesetze vollzogen.

Der im AtG festgelegte Aufsichtsgrundsatz lautet:

> Leben, Gesundheit und Sachgüter vor den Gefahren der Kernenergie und der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlen zu schützen und durch Kernenergie oder ionisierende Strahlen verursachte Schäden auszugleichen (§1, Absatz 2)

Im zentralen Aufsichtsfokus steht also der Schutz vor Gefahren und die Kompensation von Schäden, nicht jedoch privatrechtliche Belange des Betriebes kerntechnischer Anlagen. Nach AtSMV fallen Betreiber kerntechnischer Anlagen mit einer thermischen Dauerleistung von mehr als 50 MW unter die Auflage der Bestellung eines Sicherheitsbeauftragten. Seine Aufgaben bestehen, in Anlehnung an das bewährte Modell des Strahlenschutzbeauftragten der Strahlenschutzverordnung schwerpunktmäßig in der Mitwirkung bei der Auswertung sicherheitstechnisch bedeutsamer Ereignisse. Daneben obliegt dem Sicherheitsbeauftragten die Mitwirkung bei der Planung von Änderungen der Anlage sowie die Kontrolle der Einhaltung der Vorschriften über Meldung sicherheitstechnisch bedeutsamer Ereignisse an die Aufsichtsbehörde. Somit schafft der Gesetzgeber einen Verantwortlichen und innerbetrieblichen Ansprechpartner bei der Aufsicht über Erfassung, Analyse und Dokumentation von Ereignissen. Als dieser gilt ein Mitarbeiter der Anlage, der durch den Betreiber gegenüber der Aufsichtsbehörde mit Namen und Dienststellung zu benennen ist und dessen Fachkunde nachgewiesen wurde (§ 2). Eine beauftragte fachkundige Person ist nach KTA (1996) „eine vom Strahlenschutzbeauftragten mit der Wahrnehmung bestimmter Strahlenschutzaufgaben beauftragte Person, welche die für die jeweilige Aufgabe notwendige Fachkunde besitzt“. Die Tätigkeit des Sicherheitsbeauftragten wird in der AtSMV als Mitarbeit beschrieben, womit er keineswegs die Federführung bei Ereignisanalyse und Berichtswesen übernehmen muss. Da sich Fachkunde auf Strahlenschutz und nicht auf Methodenkenntnisse oder spezifisch technisches bzw. Human Factor-Wissen bezieht, wird m.E. eine wesentliche Voraussetzung für die Erfüllung seiner Aufgaben nicht gefordert.

Im Hinblick auf die besondere organisatorische und soziale Situation in Kernkraftwerken lässt die Formulierung AtSMV Interpretationsspielräume zu. Wie die Interviews in den Anlagen zeigen, ist die Fluktuation beim Personal sehr gering. Gleichzeitig handelt es sich bei KKW um formal stark gegliederte und nach außen abgegrenzte Organisationen. In der Folge entwickeln sich sehr stabile Arbeits- und Sozialbeziehungen, die neben Funktion und hierarchischer Position Organisationsstrukturen definieren. Es liegt nahe zu vermuten, dass diese Strukturen sehr resistent gegen eine Einflussnahme von außen sind, z.B. durch den Gutachter oder eine Behörde. Angesichts dessen haben die Formulierungen des § 5 “Stellung des Sicherheitsbeauftragten”, in dem die Benachteiligung seiner Person aufgrund der

definierten Tätigkeiten untersagt sowie die Möglichkeit der direkten Ansprache der Geschäftsleitung festgeschrieben werden, eine fragliche Implikation. Denn unter der Annahme der stabilen Beziehungen zwischen Mitarbeitern des KKW wird der Sicherheitsbeauftragte explizit zur Aufgabe der Loyalität gegenüber der Anlagenleitung aufgefordert, was das Vertrauensverhältnis der Mitarbeiter ihm und seiner Arbeit gegenüber schaden dürfte. Da seine Funktion jedoch nachhaltig mit eSMS verknüpft ist, ist diese Implikation, wenn sie zur Realität wird, förderlich für den Informationsfluss nach außen und hinderlich für die interne Verarbeitung sicherheitsrelevanter Ereignisse.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass der Gesetzgeber bei der rechtlichen Implementierung des Sicherheitsbeauftragten in der deutschen Kerntechnik eine Schnittstelle des Gesetzgebers zu internen Berichtssystemen in den Anlagen geschaffen hat. Durch die Festlegung seiner Aufgaben sowie der Reglementierung der Berichtswege, welche mithin Interpretationsspielräume offen lassen, wird eine Stärkung der behördlichen Informationsbasis geschaffen, ohne das alle in 1.3 dargestellten Funktionen des eSMS unterstützt und begutachtet werden. Keineswegs wird die Evaluation und inkrementelle Optimierung von Prozessen des SMS erreicht, wie sie beispielsweise in den Vorschlägen von Cullen (1990) oder dem BS 8800 angestrebt werden. Evaluationen, die Bestandteil eines funktionellen SMS sind (vgl.1.1) und über deren Ergebnisse die Aufsichtsbehörden informiert werden, werden ausschließlich innerhalb der Operational Safety Review Teams (OSART) - Missionen der Internationalen Atomenergiebehörde (IAEA, 1988) durchgeführt.

Die IAEA organisiert Audits in Form von Missionen internationaler Expertenteams, sogenannten OSART-Missionen, welche u.a. den Status des eSMS einer Anlage bewerten. In Peerreviews, bei denen Teams aus Experten verschiedener Fachgebiete und Anlagen systematisch anhand eines Kriterienkatalogs den aktuellen Zustand von Betriebsführung, Schulung, Betrieb, Instandhaltung, Strahlenschutz, Chemie und Notfallschutzplanung bewerten, werden Mängel, Empfehlungen und beispielhafte Prozesse (“best pratices”) herausgestellt, in Berichten dokumentiert und dem Betreiber der begutachteten Anlage innerhalb eines Audits zurückgemeldet. Durch die Begutachtung durch Personen, die z.T. identische Aufgaben und Funktionen in anderen Anlagen erfüllen, wird die Akzeptanz und die Unabhängigkeit der Empfehlungen gewährleistet. Teil der Begutachtung durch das Expertenteam ist die Bewertung des eSMS, so dass für unzulängliche oder verbesserungswürdige Prozesse der Erfassung, Analyse und des Transfers von Betriebserfahrung Verbesserungsvorschläge gemacht werden. Die Vorschläge dienen als Grundlage zur Abfassung des offiziellen IAEA-Berichtes, welcher der zuständigen Aufsichtsbehörde zugänglich ist. Ein Teil der Berichte von OSART-Missionen sind publiziert worden (z.B. IAEA, 1992b).

2.2.5 Offizielles Berichtswesen

Rechtliche Grundlage der Meldung berichtspflichtiger Ereignisse ist die StrlSchV § 36 Satz 2:

> Der Eintritt eines Unfalls, eines Störfalls oder eines sonstigen sicherheitstechnisch bedeutsamen Ereignisses ist der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde . . . anzuzeigen.

Entsprechend dem AtG, welches den Schutz vor möglichen Gefahren durch die Kerntechnik als zentrales Ziel behördlicher Überwachung festlegt, sind zwei Kriterien für die Meldung ausschlaggebend: die *tatsächliche* sowie die potentielle Freisetzung von Radioaktivität aufgrund *Barrierenversagens*. Da in deutschen KKW ein hoher Grad an Standardisierung vorhanden ist, wurden alle sicherheitsrelevanten Komponenten definiert, deren Versagen zu einer unmittelbaren bzw. durch nachgelagerte Prozesse vermittelten Freisetzung von Radioaktivität bzw. anderweitig toxischer Stoffe führen. Alle derartigen Komponentensysteme sind in der AtSMV bzw. den Betriebshandbüchern der KKW festgelegt, technische Spezifikationen in den Auslegungsrichtlinien des Kerntechnischen Ausschusses ausgewiesen (vgl. KTA, 1999).

Im Falle eines Ereignisses an einer als sicherheitsrelevant gekennzeichneten Komponente wird die Berichtspflicht gegenüber der Aufsichtbehörde ausgelöst. Die ersten bundeseinheitlichen Meldekriterien wurden im Jahr 1975 per Rundschreiben des Bundesministers des Inneren in Kraft gesetzt. Die Meldekriterien wurden durch die Betriebsgenehmigung verbindlich gemacht und später in die Betriebshandbücher übernommen. Mit der AtSMV wurden die Meldepflichten der Betreiber kerntechnischer Anlagen gesetzlich formuliert und die überarbeiteten Meldekriterien 1992 in Kraft gesetzt.

Alle gemeldeten Ereignisse werden hinsichtlich der Sicherheitsrelevanz eines Ereignisses nach den Kategorien V, S, E oder N klassifiziert. S und E-Meldungen werden innerhalb weniger Stunden an das BMU und die GRS gemeldet, Ereignisses der Kategorie N können bis zu sechs Wochen benötigen. Der Betreiber ist nur der Aufsichtbehörde des Bundeslandes berichtspflichtig. Die Landesbehörde kann zur Bewertung des Anlagenzustandes und zur Untersuchung des Ereignisses technische Gutachter bestellen. Allerdings werden Analysen vor Ort selten durchgeführt, zumeist ist der Betreiber für die Ereignisanalyse verantwortlich. Ereignismeldungen leiten die Landesbehörden aufgrund einer Vereinbarung zwischen Bund und Ländern an das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) und die Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) weiter. Das BfS übernimmt abschließend die Einschätzung der Sicherheitsrelevanz des Ereignisses und veröffentlicht in regelmäßigen Abständen die meldepflichtigen Ereignisse. Die GRS übernimmt die Sammlung, Dokumentation und Auswertung der Ereignisse. Im Berichtsjahr 1997 wurden insgesamt 117 Ereignisse gemeldet, davon wurden 114 als N und 3 als E eingestuft (BfS, 1999).

Ein Teil der gemeldeten Ereignisse werden als Weiterleitungsnachricht (WLN) klassifiziert und an alle deutschen KKW als Form des Erfahrungsrückflusses verschickt. Die Aufsichtsbehörden einiger Bundesländer verlangen zu jeder WLN eine Stellungnahme der Betreiber. Gleichzeitig werden besondere Ereignisse mit hoher sicherheitstechnischer Relevanz an das Incident Reporting System (IRS) der Internationalen Atomenergiebehörde (IAEA) weitergemeldet, zu der sämtliche Aufsichtsbehörden von Staaten berichten, welche KKW betreiben. Gegenwärtig sind 2800 Ereignisse registriert. Jährlich werden zwischen 100 und 140 Neueinträge vorgenommen (IAEA, 2000).

Für den internationalen Vergleich der Sicherheitsrelevanz von Ereignissen in KKW werden diese nach der International Nuclear Event Scale (INES; IAEA; 1992a) eingestuft. Auch diese Kategorisierung orientiert sich an potentiellen Ereignisfolgen, d.h. Freisetzung radioaktiver Substanzen bzw. Ausfall von tiefgestaffelten Sicherheitseinrichtungen.

2.2.6 Industriekooperationen

Die Technische Vereinigung der Großkraftwerksbetreiber (VGB), eine Interessensvertretung der Energieversorgungsunternehmen (EVU) und damit der Betreiber von Kernkraftwerken in Deutschland, hat, insbesondere nach dem Ereignis im KKW Biblis A im Jahre 1987 (vgl. Wilpert & Klumb, 1991), die Entwicklung einer Methode zur Erfassung und Behandlung von Human Factors bei der Ereignisentstehung initiiert und koordiniert. Mit dem VGB kooperieren auch ausländische KKW, so aus der Schweiz und den Niederlanden.

In der Folge wurde der Arbeitskreis “Human Factors” ins Leben gerufen, welcher ein Forum für den unmittelbaren Erfahrungsaustausch zwischen den Anlagen darstellt. In diesem Arbeitskreis wurde das VGB-Verfahren (VGB, 1994) zur Optimierung der Mensch-Maschine-Schnittstelle entwickelt und anschließend auf Empfehlung des VGB in allen deutschen Kernkraftwerken implementiert. Gleichzeitig wurde den Anlagen empfohlen, die Stelle eines HF-Beauftragten einzurichten. Diese Position deckt sich nicht mit dem kerntechnischen Sicherheitsbeauftragten, wird jedoch in einigen Anlagen in Personalunion geführt (vgl. 3.4.2).

Die Prämisse dieser Ereignisanalysemethode besteht darin, dass durch Fehlhandlungen ausgelöste Ereignisse auf unzureichende Mensch-Maschine-Schnittstellen zurückzuführen sind. Sicherheit wird demnach hergestellt, wenn Schwachstellen in der Schnittstellengestaltung identifiziert und beseitigt werden.

Ziel bei der Einführung des VGB-Verfahrens war eine verbesserte Erfassung und Auswertung von Ereignissen, in deren Verursachung offensichtlich Personal involviert war. Ein konzeptionelles Problem aller Ereignisanalysen besteht in der Freiwilligkeit der Meldungen. Wenn Handlungen von Personen als ursächlich für die Ereignisentstehung identifiziert werden, führt dieses in ein Dilemma: Sollen sich diese Personen an der Aufdeckung der

Verursachung des Ereignisses beteiligen, oder nicht, um Schuldzuweisungen, Ansehensverlust und Haftungsansprüche abzuwehren? Grundsätzlich werden alle verfügbaren Informationen zu einem Ereignis für eine Ableitung effizienter korrektiver Maßnahmen benötigt, denn die Aufdeckung der Ursachen ist Voraussetzung für das Verstehen der Ereignisentstehung und das Erschließen von Gegenmaßnahmen. Unter Umständen kann es im Interesse eines über kritische Informationen zur Rekonstruktion des Ereignishergangs verfügenden Mitarbeiters liegen, diese Informationen nicht weiterzugeben, da er sich vor eventuellen negativen Konsequenzen schützen will (Baram, 1997).

Aus diesem Grunde sollte durch das VGB-Verfahren eine Möglichkeit geschaffen werden, Ereignisse zu analysieren, ohne auf die Schuld bzw. Verantwortung der Mitarbeiter zu fokussieren. Dadurch wird den Mitarbeitern die Möglichkeit eingeräumt, bei der Klärung eines Ereignishergangs auf eine unzureichend optimierte Schnittstelle zu verweisen.

Der “fundamentalen Attributionsfehler” (Ross, 1977), also der Effekt, dass Personen die kausale Wirkung von Persönlichkeitsfaktoren und daraus folgenden Handlungen stärker einschätzen als situative Bedingungen, wird in diesem Verfahren jedoch nicht thematisiert und offenbar auch nicht kompensiert. Somit ist davon auszugehen, dass auch diesem Verfahren die Ursachen für ein Ereignis *überwiegend* eher den involvierten Personen und weniger technischen und organisationalen Einflussfaktoren zugeschrieben werden (vgl. Fahlbruch & Wilpert, 1997).

Andererseits müssen sich die Betreiber aufgrund rechtlicher und versicherungstechnischer Sachzwänge gegen willentliche, fahrlässige Fehlhandlungen absichern und Verdachtsmomente sorgfältig auswerten. Wenn eine partielle Notwendigkeit der Einschätzung individuellen Verhaltens gegeben ist, so ist ein Ausweichen auf MMS unzureichend. Nur die umfassende Beschreibung aller Bedingungsfaktoren einer Handlung lässt mit Sicherheit die “Unschuld” des Betroffenen, die ohne Zweifel in fast allen Fällen gegeben ist, nachweisen. Fraglich ist allerdings, ob die Entwicklung einer Methodik möglich ist, die den fundamentalen Charakter des Attributionsfehlers überkommen kann. Denn falsche Kombinationen vorhandener Informationen bzw. das Fehlen von Informationen sind offenbar Gründe der fehlerhaften Kausalattributionen, was nicht in jedem Kontext mittels einer feststehenden Routine (Methode) zu beheben ist.

Für den internationalen Erfahrungsaustausch melden die Betreiber sicherheitsrelevante Ereignisse an die Weltbetreiberorganisation (World Association of Nuclear Operators - WANO) und führen in regelmäßigen Intervallen Peerreviews durch, die ähnlich wie die OSART-Missionen organisiert sind. Dazu stellt die WANO ebenfalls Expertenteams aus Anlagen verschiedener Länder zusammen, um in einer Anlage Leistungs- und Sicherheitsparameter einzuschätzen und Sammlung, Analyse und Transfer von Betriebserfahrung zu evaluieren. Der

Unterschied gegenüber den OSART-Missionen besteht darin, dass weder Methode noch Ergebnisse publiziert, somit vertraulich innerhalb der WANO behandelt werden.

2.3 Die norwegische Offshore-Industrie (NOI)

2.3.1 Geschichte

Wie in der DKT beginnt die kommerzielle Geschichte der NOI in den frühen siebziger Jahren, die Gegenwart ist gekennzeichnet durch steigende Produktionskosten und schwankende Erträge auf den Rohstoffmärkten. Nachdem 1962 erste Vorkommen von Erdöl in der Nordsee entdeckt wurden, begann 1972 die kommerzielle Förderung. Es folgte eine Periode prosperierender Explorations- und Produktionsaktivitäten auf dem norwegischen Kontinentalschelf. Der Boom zog eine Serie von Unfällen nach sich, welche Menschenleben kosteten und ein bisher nicht gekanntes Ausmaß der Verschmutzung des Meeres verursachten. Bis 1985 starben bei der Erdöl- und Erdgasproduktion im norwegischen Teil der Nordsee etwa 200 Personen bei Unfällen. Die Kenterung der Plattform *Alexander L. Kjelland*, bei der allein 132 Menschen starben, das Bersten der Förderleitung der *Ekofisk Bravo*, wodurch 70.000t Rohöl ins offene Meer freigesetzt wurden, veränderten die Wahrnehmung von Risiken der Offshore-Ölproduktion in der norwegischen Bevölkerung nachhaltig.

Gleichzeitig besteht eine Abhängigkeit der norwegischen Wirtschaft von diesem Industriezweig: Die NOI hat gegenüber der DKT eine vergleichsweise größere Bedeutung für die Nationalökonomie. Erdöl und Erdgas machen einen Anteil von 38% aller norwegischen Exporte aus. Etwa 80.000 Personen werden in dieser Industrie beschäftigt, davon ungefähr 10.000 auf Offshore-Installationen. Hinzu kommen eine Reihe von Wirtschaftszweigen des sekundären und tertiären Sektors, die als Zulieferer oder Dienstleister mit der NOI verbunden sind.

Als Reaktion auf die Unfälle in den 70iger und 80iger Jahren etablierten sich in der “post accidental period” (Aase, 1997a; S.11) neue Sicherheitsvorschriften und neue Formen behördlicher Kontrolle, so die Prinzipien der Internen Kontrolle (“internal control”; Hovden & Tinmannsvik, 1990), welche die Verantwortung der Betreiber für das Management von Sicherheit stärkt. Daneben forderten die norwegischen Aufsichtbehörden Automatisierung, Mechanisierung und Fernhantierung gefährlicher Prozesse, um somit die unmittelbaren Risiken für das Personal zu reduzieren (vgl. NPD, 1997). Heute sind die Unfallzahlen aufgrund der Entwicklung der Sicherheitstechnik und organisatorischen Anpassungen drastisch zurückgegangen.

Dennoch ereigneten sich auch in der jüngeren Vergangenheit schwere Unfälle, so dass in dieser Industrie neben der hohen Gefährdung auch ein vergleichsweise hohes Risiko zu ver-

zeichnen ist. Die Kenterung der im Bau befindlichen Plattform *Sleipner A* im August 1991 aufgrund eines Konstruktionsfehlers verursachte Schäden von 700 Millionen US$. Die Strandung der *Braer* vor den Shetlands am 03.01.1993 führte zur Freisetzung von 80.000t Rohöl in die Nordsee und zur Zerstörung von Zuchtfischbeständen im Wert von 60 Millionen £. Ein Helikopterunfall an der Küste Norwegens am 08.09.1997 forderte 12 Tote.

Anhand des Verlustes der *Sleipner A* lässt sich das ökonomische Motiv der Betreiber zu Sicherheits- bzw. Zuverlässigkeitsmanagement nachvollziehen. (Eine Diskussion dieses Problems findet sich bei Reason (1997, S.117ff) und Rasmussen (1996)). Zwar steigern Sicherheitsbemühungen die Kosten, auf der anderen Seite ist der Nutzen bei der Vermeidung von Ereignissen nicht unerheblich. Aber nicht nur die technisch bedingten Produktionsausfälle, auch Arbeitsunfälle erzeugen hohe Kosten in der NOI. Visser (1998, S.43) zitiert eine britische Studie, nach der die Kosten für die Kompensation von Gesundheitsschäden beim Personal etwa 14% des Gewinns ausmachen und damit deutlich über Vergleichswerten anderer Industrien liegen. So ist in dieser Industrie zu beobachten, dass die Betreiber heute zur Unfallvorbeugung eine sehr strenge Sicherheitsausbildung des Personals gewährleisten. In diesem Sinne besteht in der NOI eine bemerkenswerte Form der Interdependenz zwischen Aufsicht und Wirtschaft, da beide, zumindest in ökonomischer Hinsicht, gemeinsame Ziele zur möglichst effizienten Ausbeutung der Ressourcen verfolgen.

Die Zusammenarbeit zwischen Behörde und Betreibern ist teilweise von Kooperation geprägt. Das Betreibergremium, welches den Helikopterunfall von 1997 untersuchte, stellte selbstkritisch fest, dass in dieser Zeit unnötig viele Flüge zu den Plattformen stattfanden, da einige der im Bau befindlichen Installationen noch keine Unterkünfte für das Personal auf dem Meer boten. Der Bericht bildet die Grundlage neuer Regulationen durch die Civil Aviation Authority (CAA) und das NPD (NPD, 1998; S.89). Das Betreibergremium schlägt vor, Helikoptertransport als expliziten Bestandteil interner SMS zu betrachten (Skorve, 1999). Und weiter (ebd.):

> To reduce helicopter traffic, the committee suggests that all new offshore facilities should completed inshore as far as possible. (S.47)

Also werden korrektive Maßnahmen implementiert, die unmittelbar auf die beitragenden Faktoren (nicht vorhandene Unterkünfte auf unvollständig montierten Plattformen) *und* das Management von Sicherheit wirken (Berücksichtigung von Helikoptertransport als Funktionsbereich des SMS). Die Maßnahmen wurden nicht durch die Behörde, sondern die Betreiber selbst vorgeschlagen. Aus diesem Grund stellt besagter Unfall ein gutes Beispiel für das Prinzip interner Kontrolle dar. Ein Betreibergremium als mittelbare Verursacher wie auch als Experten hinsichtlich der Sachzwänge beim Helikoptertransport Vorschläge zur Verbesserung des Sicherheitsmanagements entwickeln zu lassen und auf deren Basis eine

Regulation zu formulieren und in Kraft zu setzen, sichert die Akzeptanz und Befolgung dieser Richtlinien besser, als wenn die Aufsichtsbehörde aufgrund der Unfalluntersuchung der norwegischen Polizei Regulationen erlassen würde, ohne die Betreiber zu beteiligen. Die Einbindung der Betreiber in die Entwicklung neuer Regulationen erfordert bei interner Kontrolle das Engagement der Betreiber, *bevor* Regulationen den Maßstab des Handelns definieren.

Schwankende Ölpreise, aufwendigere Ausrüstung und tiefere Bohrungen, die aufgrund der ständigen Abnahme der Menge förderbaren Öls notwendig sind, verstärkten seit den achtziger Jahren die Bemühungen um Kostenreduktion und Effizienzsteigerung. Im Jahresbericht der Aufsichtsbehörde wird der Konflikt zwischen Kosten- bzw. Zeitdruck und Instandhaltung auf mobilen Installationen beklagt (NPD, 1997; S.75):

> … when times are good, the industry does not have time to carry out proper maintenance, while when times are bad, the industry does not have the money.

Im Zuge der Kosteneinsparungen werden heute neue Installationen in Form mobiler Plattformen sowie Bohr- und Produktionsschiffe eingesetzt. Diese produzieren jedoch mehr Unfälle als die herkömmlichen permanenten Installationen (NPD 1998; S.79). Offensichtlich stößt das Konzept der internen Kontrolle dort auf Grenzen, wo gegenwärtige Probleme kuriert, zukünftige Veränderungen und wechselnde Anforderungen jedoch außer acht gelassen und nicht durch prospektive Maßnahmen aufgefangen werden.

Die Zukunft in der NOI gehört der Ausbeutung kleinerer Lagerstätten mit mobilen Installationen. Aber auch diese ist zeitlich begrenzt. Bei steigender Förderleistung und gleichzeitig abnehmenden Beständen wird die Kostenreduktion für Erschließung und Produktion strategisches Ziel der Betreiber bleiben. Große permanente Installationen werden nur noch für ergiebige Vorkommen verwandt werden. Damit wird sich der Trend einer geringen Standardisierung im technischen Layout, des Kostendrucks und der Automatisierung fortsetzen. Gegenwärtig wird an Projekten zur Entwicklung unbemannter, fernhantierter Installationen gearbeitet. Sowohl die Automatisierung als auch der Einsatz hocheffizienter, kleiner Installationen wird zum Personalabbau führen, was bei gleichbleibendem Risikoniveau zur Abnahme der Anzahl schwerer Unfälle führen wird.

2.3.2 Sicherheitskonzepte

Permanente und mobile Offshore-Installationen sind verfahrenstechnische Anlagen. Bei Förderung und Aufbereitung liegt das Hauptziel in der Kontrolle des unter hohem Druck stehenden Stoffflusses sowie in der Vermeidung der Freisetzung von Substanzen in die Umwelt, z.B. bei der Produktion anfallenden, hochexplosiven Gases. Für die Aufrecht-

erhaltung des Produktionsprozesses ist eine Reihe unterstützender Prozesse notwendig (Erkundung, Bohren, Catering, Errichtung und Instandhaltung, Transport und Logistik, Tiefseeoperationen usw.). Diese Verknüpfung des eigentlichen Produktionsprozesses mit Unterstützungsfunktionen vergrößert den Personalbedarf auf den Installationen und bewirkt zusätzliche Gefährdungen für Personen und Umwelt. Deshalb ist der Rahmen des Sicherheitsmanagements in der NOI über die Grenzen einzelner Unternehmen hinaus zu setzen und Unterstützungsfunktionen wahrnehmende Unternehmen einzubeziehen. Die Einbeziehung von Subunternehmen in das SMS ist gesetzlich verankert.

Da es sich um verfahrenstechnische Anlagen handelt, gelten auch hier die Prinzipien der redundanten und diversitären Auslegung sicherheitsrelevanter Komponenten sowie die Formalisierung von Arbeitschritten in Prozeduren. Verglichen mit der DKT ist jedoch auf Offshore-Installationen kein vergleichbarer Grad der Standardisierung zu verzeichnen, nicht zuletzt, da eine entschieden höhere Zahl an Herstellern für Komponenten am Markt und wesentlich mehr Subunternehmen in den unmittelbaren Betrieb der Anlagen involviert sind.

Hauptaspekte des Sicherheitsmanagements sind die Verhinderung von Arbeitsunfällen, von Gaslecks, Feuern und Explosionen sowie der unkontrollierten Freisetzung von Substanzen in die Luft oder ins Meer. Die Risiken für das Personal sind, verglichen mit KKW, erheblich größer, die Gefährdung der Umwelt hingegen deutlich geringer.

Wesentlich stärker als in der DKT haben technologische Veränderungen und Innovationen eine sichtbare Wirkung auf die Optimierung der Sicherheit. So werden heute Tiefseeinstallationen fernhantiert, was die Anzahl der Tauchgänge und damit verbundener Unfälle reduziert. Automatische Positionierungssysteme machen die Vertäuung von Versorgungsschiffen an den Installationen überflüssig und beseitigen die Gefahr für die Besatzungen, die von gebrochenen Verbindungen ausgehen. Die Reduzierung des benötigten Personals verringert die Anzahl der Hubschrauberflüge, die ebenso durch automatische Positionierungssysteme sicherer geworden sind. Letztlich führt die Automatisierung der Handhabung des Bohrgestänges auf dem Bohrdeck durch Roboter ebenfalls zur Ausschaltung dieser Gefahrenquelle (vgl. NPD, 1997, 1998).

2.3.3 Organisationsprinzipien

Die Organisationsprinzipien in der NOI sind gekennzeichnet durch eine Vielzahl von Unterstützungsprozessen und der Einbindung von Vertragsunternehmen, welche für den Betrieb der Anlagen koordiniert werden müssen, den Inselcharakter der Installationen, deren weitläufige Verteilung in der Nordsee sowie unterschiedlichen Subkulturen in der Belegschaft.

Aase (1997a, S.4) spricht von “Megaprojekten”, die zur Entwicklung und Erschließung eines neuen Ölfeldes initiiert werden. Zumeist ist kein einzelner Betreiber in der Lage, ein solches Megaprojekt auszuführen. Normalerweise engagieren Betreiber Vertragspartner, welche die Projektleitung übernehmen und Spezialfirmen als Subauftragnehmer engagieren, koordinieren und überwachen. Bei Aufnahme der Produktion auf einem neuen Ölfeld erteilen die Betreiber erneut Aufträge an Subunternehmen, die bestimmte Aufgaben, z.B. das Bohren des Ölbrunnens oder die Versorgung der Arbeiter auf den Installationen usw., ausführen.

Die Aufsichtbehörde unterscheidet folgende Hauptfunktionen: (1.) Management und Produktion (Administration / Production), (2.) Bohren / Bohrbrunnen (Drilling / Well Operations), (3.) Versorgung und Unterbringung (Catering) sowie (4.) Errichtung und Instandhaltung der Installation (Construction / Maintenance). Zumeist übernehmen die Betreiber nur die Produktion, alle anderen Aufgaben werden durch Vertragspartner ausgeführt. Teilweise werden diese Funktionen noch einmal untergliedert und entsprechende Spezialfirmen damit beauftragt (z.B. Unterseeinstandhaltungen und normale Instandhaltungen).

Typisch für die NOI ist der Inselcharakter der Installationen, d.h. alle benötigten Materialien und Ausrüstungsgegenstände, aber auch das Personal und dessen Verpflegung müssen über weite Strecken von der Küste bzw. von anderen Installationen antransportiert werden. Gleichzeitig sind Komponenten zur Förderung und Produktion sowie Wohnunterkünfte auf engem Raum konzentriert. Um die Anzahl der Helikopterflüge zu reduzieren, arbeitet das Personal gewöhnlich 14 Tage in 12 Stundenschichten. Die gesetzlichen Vorgaben hinsichtlich der Arbeitszeit sind streng, nur in Ausnahmefällen dürfen diese Zeiten überschritten werden.

Die langen Aufenthalte werden mit Freizeit und erheblicher Entlohnung kompensiert, weshalb ein Arbeitsverhältnis auf den Installationen für das Personal sehr attraktiv ist. Aase (1997a; S.5) konstatiert das Vorhandensein unterschiedlicher arbeitsbezogener Kulturen zwischen Offshore-Arbeitern, dem Personal an der Küste sowie dem Management, welche durch unterschiedliche Ausbildungen, Werthaltungen und professionelle Einstellungen gekennzeichnet sind. Zunehmend setzt sich, wie auch im internationalen Seeverkehr, eine Internationalisierung des Personals durch, was zu einer weiteren Diversifikation der arbeitsbezogenen Kulturen führen sollte. Aase konstatiert, dass aus dem Vorhandensein der Subkulturen Behinderungen sicherheitsbezogenen Erfahrungstransfers resultieren.

Grundprinzip der Verankerung von Sicherheit in der Organisation ist die Delegation von Verantwortung an das Linienmanagement. Durch die Berufung eines Linienmanagers als Sicherheitsbeauftragten erfüllen die Betreiber die rechtlichen Vorgaben und fördern die Nutzung lokalen Wissens der Linienmanager (Aase, 1997b).

2.3.4 Rechtliche Grundlagen

Die rechtliche Grundlage für die Aufsicht auf dem norwegischen Kontinentalschelf sind u.a. Petroleum Act, Work Environment Act sowie der Pollution Control Act. Die verantwortliche Aufsichtbehörde für alle nationalen und internationalen Installationen im norwegischen Teil der Nordsee ist das Norwegian Petroleum Directorate (NPD). Die Aufgaben des NPD werden in der Einleitung der Jahresberichte benannt (NPD, 1998).

> The Norwegian Petroleum Directorate shall provide for a highest possible creation of value and contribute to a safe conduct of the petroleum activities and a sound exploitation of the resources, while having due consideration for the environment. (…) The most important tasks of the Norwegian Petroleum Directorate are to have the best possible knowledge concerning discovered and undiscovered petroleum resources in an efficient and prudent manner and to maintained and further developed. The Norwegian Petroleum Directorate also has an important role with regard to influencing the industry to develop solutions, which serve the best interests of the society as a whole. (S.2)

Im Kern besteht die Aufgabe der Regulationsbehörde in der Kontrolle der norwegischen Vorkommen an Öl und Gas in der Nordsee, deren Ausbeutung dem Staat und der Gesellschaft als Ganzes zugute kommen soll. Über die Ausbeutung der Ressourcen hinaus muss das NPD gewährleisten, dass Folgen der Ausbeutung natürlicher Ressourcen möglichst gering gehalten und entsprechende Kompensationen reguliert werden. Beispielweise macht das Erschließen eines Ölfeldes die Sperrung dieses Seegebiets für die Fischerei notwendig. Die Verschmutzung durch Produktionsaktivitäten auf dem Meer kann Erträge der Fischer erheblich dezimieren. Die erhöhten Gesundheitsrisiken für Offshore-Arbeiter belasten die Sozialsysteme usw., wofür ein wirtschaftlicher Ausgleich zu schaffen ist.

Gleichzeitig verfügt das NPD die Vergabe von Erkundungs-, Bohr- und Produktionslizenzen an Betreiber. Betreiber mit nachweislich unzureichendem Sicherheitsmanagement auf lizenzierten Installationen haben keine Aussichten auf Erteilung neuer Lizenzen. Gleichzeitig besteht eine große Konkurrenz um Lizenzen für attraktive Ölfelder. Aus diesem Grunde muss jeder Betreiber zur Erhaltung bestehender und in Voraussicht der Beantragung notwendiger neuer Lizenzen hinreichende Erfüllung aller Richtlinien und gesetzlichen Auflagen gewährleisten. Nachweisliche Unterlassungen oder gesetzliche Übertretungen können nicht nur zu Strafen führen, sondern auch zum Entzug von Lizenzen und langfristig zu erschwerten Genehmigungsprozessen.

Die Aufsichtsrichtlinie wird durch das Prinzip der internen Kontrolle gewährleistet. Durch das Etablieren von Sicherheitskontrollsystemen, einschließlich Prozeduren und Kontrollprozesse, weist die Betreibergesellschaft die Einhaltung gesetzlicher Vorgaben in allen Phasen des Betriebs nach. Der Betreiber ist dafür verantwortlich, dass auch Subunternehmer entspre-

chende Systeme implementieren (NPD, 1996; S.967). Hovden und Tinmannsvik (1990) geben folgende Definition der internen Kontrolle:

> All systematic actions a company utilized to ensure that the activity is planned, organized, executed and maintained according to the requirements stipulated in or in accordance with acts or regulations. (S.22)

Interne Kontrolle hat zur Folge, dass Betreiber den *Nachweis* eines Managementsystems zur Kontrolle von Risiken zu erbringen haben. Die Risikobeherrschung an sich ist nur vermittelt über das SMS Gegenstand der Aufsicht. In früheren Jahren verwandten die norwegischen Aufsichtbehörden detaillierte Regulationen hinsichtlich technischer und organisatorischer Aspekte und überprüften bei Vorortinspektionen deren Einhaltung durch die Betreiber. Infolge zunehmender technischer Entwicklung, wachsendender technischer Komplexität und sicher nicht zuletzt aufgrund des geringen Standardisierungsgrades in der NOI wurden Veränderungen in der Aufsicht notwendig. Die norwegischen Aufsichtsbehörden, die über 100 Installationen in der Nordsee und zusätzlich eine Reihe von Installationen an der Küste wachen, würden unangemessen viele Ressourcen verbrauchen, um traditionelle, kriterien-orientierten Überwachung in den Anlagen zu vollziehen. Anstelle von Vorortinspektionen wurden Sicherheitsaudits eingeführt, um die Erfüllung gesetzlicher Vorgaben durch die Betreiber zu prüfen. Somit liegt die Verantwortung der Betreiber im Nachweis eines funktionierenden internen Kontrollsystems (vgl. NPD, 1996; S.967ff), was wiederum dem NPD bei der Überwachung der Lizenzvergabe sowie aller Entscheidungsprozesse mit Einfluss auf die Sicherheit und den Arbeitschutz auf den Installationen dient (NPD, 1997; S.75).

In den norwegischen Regulationen wird nicht vollständig auf technische Spezifikationen verzichtet. Allerdings sind diese nicht kriteriums-, sondern funktionsorientiert. Es wird nicht definiert, wie beispielweise ein Notstromsystem ausgelegt sein muss, sondern welche Funktionen es *minimal* zu erfüllen hat (NPD, 1996; S.377). Für die praktische Zusammenarbeit zwischen NPD und Betreibern bedeutet das, dass jeder Betreiber das NPD über die Implementierung eines internen Sicherheitsmanagementsystems, die Installierung relevanter Sicherheitssysteme bzw. alternative Lösungen informieren muss. Weitere Berichtspflichten hinsichtlich Ereignissen und Unfällen sind im nächsten Abschnitt (2.3.5) dargestellt.

Eine weitere Einrichtung zur Überwachung des sicheren Betriebs ist das Instrument des Sicherheitsbeauftragen (safety delegate, vgl. NPD, 1996, S.166ff; s.o.). Für jede Installation hat der Betreiber einen Sicherheitsbeauftragten zu benennen, der als gewerkschaftlicher Arbeitnehmervertreter durch die Belegschaft der Anlage gewählt wird. Der Sicherheits-beauftragte ist für die Dokumentation aller sicherheitsrelevanten Vorkommnisse und Unfälle verantwortlich und kann, wenn der sichere Betrieb der Anlage nicht gewährleistet ist, die

Produktion der Anlage ohne Einverständnis des Betreibers stoppen. Aus diesem Grunde sind die Betreiber zur Herstellung sicherer Arbeitsbedingungen für das Personal auch gegenüber den Gewerkschaften verpflichtet.

Aktuell besteht ein Regulationsproblem wegen der Zunahme mobiler Installationen. Diese arbeiten für einige Wochen oder Monate an einem Standort, um ihn anschließend zu wechseln. Da es sich zumeist bei den Betreibern um internationale Unternehmen handelt, die diese Anlagen in verschiedenen Nationalterritorien einsetzen, kommt es beim Standortwechsel zu Schwierigkeiten in der Umstellung der Regulation. Befindet sich beispielweise eine mobile Installation auf dem britischen Kontinentalschelf, so gelten während der Produktion die britische Regulation, beim Standortwechsel das Seerecht und bei Aufnahme der Produktion auf dem norwegischen Kontinentalschelf die Regulation durch das NPD. Eine engmaschige Kontrolle mobiler Installationen erscheint aus beschriebenen Gründen schwierig, gleichzeitig kann dieses Problem nicht ausschließlich mit den Methoden der internen Kontrolle behoben werden, da sich die regulativen Anforderungen für interne Kontrolle beim Standortwechsel ändern.

2.3.5 Offizielles Berichtswesen

Die Berichtspflicht des Betreibers umfasst neben Informationen über den Status des internen Kontrollsystems zur Gewährleistung der Sicherheit entsprechend der gesetzlichen Richtlinien auch die Offenlegung sicherheitsrelevanter Ereignisse (NPD, 1996):

> The operator shall . . . report all personal injuries, other damages of significance and hazardous situations caused by a fire in progress, an incipient fire, or an accidental discharge of inflammable or noxious gas to the Norwegian Petroleum Directorate. (S.373)

Und weiter (NPD, 1996):

> A written report relating to the causes of such incident or damage, or the danger thereof, shall as soon as possible be submitted to the Ministry. The Ministry shall also be notified of reparation of damage. The operator shall ensure that there are established routines for co-coordinated notification and reporting to the Ministry. (S. 295)

Das NPD als Vertreter des für die NOI zuständigen Ministeriums ist der Empfänger dieser Berichte. Die Kriterien für die Meldung von Ereignissen sind Personenschäden, gefährliche Situationen, wie z.B. Feuer und Gaslecks, sowie die Emission gefährlicher oder giftiger Stoffe. Im Gegensatz zur DKT steht für die Meldung von Ereignissen nicht die potentielle Gefährdung durch den Ausfall eines Sicherheitssystems, sondern das tatsächliche Eintreten von Konsequenzen im Vordergrund. Die damit verbundene Aufsichtsphilosophie kann so verstanden werden, dass Unfälle und Ereignisse als Phänomene eines unangemessenen

internen Kontrollsystems erfasst und ausgewertet werden. Die Berichtspflichten des Betreibers umfassen ggf. eine detaillierte Untersuchung des Ereignishergangs, eine Risikoanalyse, das Aufzeigen von Mängeln im Sicherheitsmanagementsystem sowie korrektive Maßnahmen zur Behebung dieser. Unfälle werden durch die norwegische Polizei im Hinblick auf strafrechtliche Konsequenzen untersucht, dem NPD werden die abschließenden Untersuchungsberichte ausgehändigt.

Darüber hinaus bestehen Regulationen, wie mit sicherheitsrelevanten Ereignissen unterhalb der Meldeschwelle zu verfahren ist (NPD, 1996; S.292ff). Dazu gehört ein Berichtswesen, welches Ereignisse während des gesamten Lebenszyklus eines Ölfeldes in allen Bereichen der Erschließung und Produktion dokumentiert. Für spezielle Aufgaben sind probabilistische Risikoanalysen durchzuführen.

Das NPD pflegt eine Datenbank über alle Ereignisse, welche zur Nichtverfügbarkeit einer Arbeitskraft (Lost time incidents - LTI) geführt haben. Ein LTI tritt ein, wenn infolge der Ausführung eines Arbeitsauftrages ein Mitarbeiter verletzt wird, medizinische Hilfe in Anspruch nehmen muss und für mindestens einen Tag ausfällt. Das NPD registriert alle derartigen Arbeitsunfälle in einer hierarchisch organisierten Datenbank (vgl. Iliffe, Chung & Kletz, 1999). Statistische Auswertungen werden in Form kumulativer Häufigkeiten kalkuliert über Kategorien wie Betreiber, Ölfeld, Organisationsbereich, Art der Tätigkeit, Ursache der Verletzung oder Erkrankung (z.B. Lärm, fallende Objekte usw.; NPD, 1997; S.84ff). Die Rückschlüsse, die diese Analysen erlauben, sind offensichtlich begrenzt: Werden Ereignisse dann erfasst, wenn medizinische Interventionen zur Kompensation arbeitsbedingter gesundheitlicher Beeinträchtigung notwendig sind, so werden Informationen in die Datenbasis eingefügt, die keineswegs auf Sicherheitsmängel oder Mängel im SMS hinweisen, z.B. spontane Erkrankung, Spätfolgen, Nichtbehandlung von Erkrankungen oder deren Simulation usw. Ringstad (2000) merkt an, dass verletzte Personen auf den Installationen sogar für andere Tätigkeiten eingesetzt werden und somit diese Verletzungen nicht in die Statistik eingehen. Mithin können eventuell Trends der Verursachung von Erkrankungen erkannt werden, die Hinweise für weitere Ursachenanalysen liefern können.

Eine Evaluation dieser Datenbasis findet im Rahmen einer Kooperation mit den britischen Aufsichtsbehörden für die Erdöl- und Ergasindustrie statt. Ziel sei die Präsentation von Statistiken in der gleichen Form, um die Aufdeckung gemeinsamer Probleme zu ermöglichen. Eine Harmonisierung der Registrierung von Arbeitsunfällen soll zu kompatiblen Klassifikationssystemen für Arbeitsunfälle führen (NPD, 1997; S.83), unter Berücksichtigung der europäischen Richtlinien zur Harmonisierung von Datenbanken zur Erfassung von Arbeitsunfällen (EC, 1992).

Neben den grundsätzlichen konzeptionellen Problemen der Registrierung von sicherheitsrelevanten Ereignissen (Iliffe, Chung & Kletz, 1999, Kirchsteiger & Kawka, 1999; Koorneef & Kingston-Howlett, 1999) und der Aussagekraft von statistischen Analysen derartiger Datenbanken bzgl. der Sicherheit einer Organisation hohen Gefährdungspotentials bzw. deren SMS (Chappell, 1994; Ringstad, 2000) ist zu fragen, ob die Erfassung von Arbeitsunfällen der notwendigen Qualität von Information im eSMS (insbesondere Relevanz und Zuverlässigkeit) zur Bewertung des SMS in verfahrenstechnischen Anlagen für die Aufsichtsbehörde genügt. Die Sammlung dieser Ereignisse gründet sich auf der hohen Anzahl von Arbeitsunfällen in der Geschichte der Offshore-Industrie im allgemeinen. Eine Erfassung von Ereignissen an sicherheitsrelevanten Komponenten erscheint aufgrund der geringen technischen Standardisierung der Anlagen erschwert oder unmöglich. Offensichtlich trifft diese Datenbasis jedoch nicht die Informationsbedürfnisse der Aufsichtsbehörde; Hovden & Tinmannsvik (1990; S.26) zitieren Vertreter des NPD, die ein ritualisiertes Berichtsregime bei gleichzeitigen Fehlen systematischer Überwachung und Evaluationskriterien konstatieren. Dennoch, so die Autoren, seien durch das Prinzip der internen Kontrolle bessere und effizientere Mittel und Maßnahmen für das Management von Sicherheit und Gesundheitsschutz entwickelt worden (vgl. auch Hovden, 1998).

2.3.6 Industriekooperationen

Die organisatorische Vermaschung verschiedener Unternehmen in Erschließungs- und Produktionsprojekten legt eine übergreifende, strategische Abstimmung untereinander nahe. Letztlich operieren alle Betreiber in einem ähnlichen Aufgabenfeld, müssen gleiche Regulationen beachten und stehen offensichtlich vor identischen Problemen bezüglich der Sicherheit des Personals und der Zuverlässigkeit der Anlagen, weswegen strategische Allianzen zur Entwicklung standardisierter und miteinander vernetzter SMS naheliegend sind.

Konsequenterweise wurde 1992 ein Projekt zur Entwicklung eines einheitlichen computergestützten, internen SMS durch zwei norwegische Betreiber sowie drei Subunternehmer bzw. Zulieferer initiiert (vgl. Einleitung). Kernstück des Systems, welches auf dem International Safety Rating System (ISRS) basiert, ist eine Datenbank zur deskriptororientierten Erfassung sicherheitsrelevanter Ereignisse. Diese liegt in zwei Versionen vor, der internen Version (SYNERGI Company Version) und der zentralen Datenbank (SYNERGI Central Database). Die interne Datenbank stellt ein computergestütztes eSMS dar und wurde bei einer Reihe von Betreibern und Subunternehmen, aber auch von Unternehmen in Industriezweigen mit geringer oder keiner Verbindung zur NOI (z.B. Forstwirtschaft, Schienenverkehr oder Schiffbau), eingesetzt. Die zentrale Datenbank enthält Informationen über alle Ereignisse, die bei den beteiligten

Unternehmen registriert worden sind und wird jährlich auf den neuesten Stand gebracht. Die zentrale Datenbank wurde durch einen kommerziellen Betreiber administriert und ist als CD-ROM oder im Internet erhältlich. Im Zeitraum von 1992 bis 1996 wurden etwa 68.000 Einträge registriert.

Die in SYNERGI verwendete Ereignisdefinition des ISRS lautet (DNV, 1998):

> Accident: An undesired event, which results in harm to people, damage to property, loss of process or/and harm to the environment.
> Incident: An undesired event which under slightly different circumstances could have resulted in harm to people, damage to property, loss of process and/or harm to the environment. (S.2)

Der Unterschied zwischen Ereignissen und Beinahe-Ereignisse besteht darin, dass bei Unfällen die Konsequenzen offensichtlich sind, hingegen bei Beinaheereignisse mögliche Konsequenzen in einer gefährlichen Situation ausbleiben. Es werden Ereignisse erfasst, die gesundheitliche Auswirkungen auf das Personal haben oder Umweltverschmutzungen bewirken (könnten). Weiterhin werden Ereignisse mit materiellen Schäden bzw. Produktionsstillständen erfasst. Damit verwendet SYNERGI eine wesentlich breitere Ereignisdefinition als die Aufsichtsbehörde der meldepflichtigen Ereignisse, es erfasst alle meldepflichtigen und darüber hinaus alle sicherheitsrelevanten Ereignisse, wie es durch die entsprechenden Regulationen zur internen Kontrolle erforderlich ist.

Resultat ist eine enorme, inhomogene Datenmenge. Verglichen mit der DKT, die insbesondere Ereignisse an sicherheitsrelevanten Komponenten erfasst, werden in diesem System alle Arbeitsunfälle und zusätzlich Ereignisse an technischen Komponenten aufgenommen, auch unterhalb der Meldeschwelle. Damit sind die bereits erwähnten konzeptionellen Probleme auch auf dieses System zu übertragen, denn es bleibt fraglich, inwieweit Arbeitsunfälle ein repräsentatives Maß für die Systemsicherheit sind, d.h. inwieweit die erfassten Ereignisse einer Sicherheitsoptimierung dienen (s.o.).

Diese Vermutung wird durch die Evaluation des Systems durch Ringstad (2000) und Aase & Ringstad (1998; 1999) bestätigt. So zeigt sich, dass auch irrelevante Ereignisse, z.B. Verletzungen beim Küchenpersonal, berichtet werden, ebenso Ereignisse mit teilweise unvollständigen Information. Die Menge der Daten erzeugt Kapazitätsprobleme bei der Verarbeitung und Analyse der Information (Aase & Ringstad, 1998). Des weiteren zeigt sich, dass die Mehrzahl abgeleiteter korrektiven Maßnahmen zur technischen Instandhaltung, jedoch nur ein geringer Anteil zu Änderungen in Prozeduren und technischer Auslegung führte. Da in der NOI neben den eSMS ebenso Qualitätssicherungs- und Instandhaltungssysteme implementiert sind, ist zu fragen, ob SYNERGI mit Daten kontaminiert ist, die generisch nicht der Aufzeigung von Mängeln im SMS bzw. in der internen Kontrolle dienen, sondern auf

auszuführende Instandhaltung hinweisen. Offensichtlich könnte die Qualität der Informationsbasis verbessert werden, wenn das Ziel der Erfassung von Ereignissen klarifiziert und Ereignisse mit geringem Wert für die Sicherheitsoptimierung gelöscht bzw. in anderen Systemen weiterverarbeitet würden.

SYNERGI wird von den Betreibern zur Evaluation von Subunternehmern verwandt, was paradoxerweise zu gezieltem, übermäßigem Berichten von Ereignissen führt. Die Sicherheitsrelevanz registrierter Ereignisse wird durch Abschätzung der potentiellen Gefährdung anhand der Risikopotential-Matrix bestimmt (vgl. Ringstad, 2000; S.57). Ähnlich dem im BS 8800 vorgeschlagenen “Risk Level Estimator” (BSI, 1996, S.27) wird in dieser Matrix das Ausmaß potentieller Schädigungen (Verletzungen, Ölverschmutzungen, Freisetzung chemischer Substanzen, Beschädigungen und Produktionsverluste) in Bezug zur geschätzten Häufigkeit des erneuten Auftretens bewertet. Ein Ereignis mit gravierenden Schädigungen und hoher Wiederholungswahrscheinlichkeit erhält eine dementsprechend hohe, Ereignisse mit geringfügigen Konsequenzen und geringer Wiederholungs-wahrscheinlichkeit eine geringe Gewichtung. Üblicherweise wird in der NOI das arithmetische Mittel dieser Gewichte aller gemeldeten Ereignisse zur Bewertung des Sicherheitsstatus eines Unternehmens verwandt. Führt das Auftreten eines schweren Ereignisses zu einen Anstieg dieser Maßzahl, so kann das gezielte, gehäufte Berichten von Ereignissen mit geringer Gewichtung zur Senkung des Durchschnittswerts führen. Grundsätzlich akzeptieren Betreiber und Behörden dieses strategische Berichten, da eine große Datenmenge wünschenswert ist und als Zeichen eines funktionierenden eSMS verstanden wird (Aase & Ringstad, 1998). Die Qualität der Daten im System wird dabei jedoch nicht beachtet und sinkt offensichtlich rapide.

Unbestritten hat das System eine Reihe positiver Auswirkungen auf die Motivation und Aufmerksamkeit gegenüber Sicherheitsaspekten erreicht (Aase & Ringstad, 1998; S.4). Im Hinblick auf Erfahrungslernen in Organisationen ist eine Datenbasis geschaffen worden, die aufgrund ihres Umfangs die Ableitung einer Reihe korrektiver Maßnahmen ermöglichte. Des weiteren wurde der Austausch über technische und organisatorische Aspekte des internen SMS zwischen verschiedenen Organisationen gefördert. Letztlich wurde durch die beteiligten Organisationen ein internes System zur Registrierung und Analyse von Ereignissen sowie der Verfolgung und Evaluation korrektiver Maßnahmen implementiert, wodurch die Maßgaben von Cullen (1990, dem BS 8800 sowie der internen Kontrolle der Aufsichtsbehörden erfüllt werden.

2.4 Vergleich

Die Rahmenbedingungen für ereignisbasiertes Sicherheitsmanagement von DKT und NOI werden im folgenden unter Rückgriff auf die theoretischen Annahmen und Vorüberlegungen in Kapitel 1 beschrieben. Einflüsse auf die Informationsverarbeitung im eSMS, deren Ursprung außerhalb der Anlagen liegt, werden als externe Einflussfaktoren identifiziert.

2.4.1 Gemeinsamkeiten

Zunächst ist festzustellen, dass beide Industrien auf der verfahrenstechnischen Kontrolle von Stoff- und Energieflüssen beruhen. Beide besitzen hohes Gefährdungspotential aufgrund der Handhabung großer Energiemengen sowie teilweise giftiger Stoffe, deren Freisetzung zur Schädigung der umgebenden Biosphäre führen. Sowohl in der DKT als auch in der NOI werden komplexe, technische Großinstallationen eingesetzt. Die Sicherheitsstandards sind hoch und zumeist in Vorschriften und Handbüchern formalisiert. Die Handlungen vom Personal sind in großen Teilen durch Prozeduren ebenfalls standardisiert.

In beiden Industrien sind die Investitionen beträchtlich, die Entwicklungszeiträume bis zur Produktionsaufnahme betragen mehrere Jahre. Aufgrund von Veränderungen auf den Energiemärkten sanken bzw. schwankten die erzielten Gewinne in den letzten Jahren, was den Anstieg des Kostendrucks in beiden Industrien mit sich brachte. In der Folge besteht ein strategisches Ziel der Betreiber in der konsequenten Kostenreduktion im Produktionsprozess. In keiner der Industrien hat sich dadurch die Anzahl der meldepflichtigen Ereignisse erhöht. Sie ist sogar leicht rückgängig (NPD, 1997; Kotthoff, 1999), was nicht zuletzt auf Innovationen in der Sicherheitstechnik rückführbar ist. Zu Beginn der neunziger Jahre haben sich sowohl in der DKT als auch in der NOI industrieweite Kooperationen zwischen den Betreibern mit dem Ziel der Optimierung der Sicherheit etabliert. Diese haben das Ziel, Interessen zu bündeln und Pflichten gegenüber der Aufsicht entgegen- bzw. zuvorzukommen.

Aufgrund des Gefährdungspotentials unterliegen alle Betreiber einer engen behördlichen Überwachung. So sind sowohl für den Betrieb von KKW als auch von Offshore-Installationen Betriebsgenehmigungen bzw. Lizenzen notwendig. Diese werden alleinig durch die Aufsichtsbehörden vergeben und sind Mittel zur Durchsetzung staatlicher Interessen gegenüber den Betreibern. In beiden Industrien hat in bezug auf Sicherheit die strafrechtliche Sanktionierung von Verstößen gegen Gesetze und behördliche Auflagen gegenüber der Vergabe von Betriebsgenehmigungen und Lizenzen in der Anzahl eine untergeordnete Bedeutung.

Da beide Industrien einen großen Einfluss auf die jeweilige Nationalökonomie haben, sind Interdependenzen zwischen staatlicher Einflussnahme und Interessen der Industrie zu verzeichnen. In Deutschland zeigt sich dieses in dem 1998 bekannt gegebenen Ausstieg aus

der Kerntechnik (BMU, 1999), dessen Vollzug noch längere Zeit benötigt. In der NOI spiegeln sich Interdependenzen im Prinzip der internen Kontrolle wieder, welche die Verantwortlichkeiten, aber auch die Einflussmöglichkeiten auf Sicherheitsrichtlinien vergrößern.

Die zukünftige Entwicklung beider Industrien ist zeitlich beschränkt und wird gegenwärtig auf etwa 30 Jahre geschätzt. Die NOI wird die Produktion einstellen müssen, wenn die Vorkommen erschöpft sind. Die DKT wird aufgrund des in der gegenwärtigen Regierungspolitik verankerten Ausstiegs aus der Kerntechnik in Deutschland bereits in den kommenden Jahren die ersten Anlagen schließen.

2.4.2 Unterschiede

Auffälligster Unterschied zwischen beiden Industrien ist, dass die NOI auf dem Meer produziert, wozu eine Reihe von Unterstützungsfunktionen benötigt werden und die unmittelbaren Gefahren für das Personal erheblich vergrößert. Ölförder- und Ölproduktionsanlagen auf dem Festland benötigen nur einen Bruchteil der technischen Sicherheitsausrüstungen. Damit verknüpft sind Unterschiede im Risikobild. Während in der DKT die Gefahr eines Arbeitsunfalls für das Personal gering ist, liegt sie für das Personal von Offshore-Anlagen sehr hoch. Umgekehrt ist die Gefährdung der Umwelt durch die DKT aufgrund der möglicherweise katastrophalen Folgen eines schweren Unfalls für die Umwelt hoch, während es in der NOI *vergleichsweise* gering ist. Selbstverständlich kann auch die Produktion von Erdöl und Erdgas auf der Nordsee nachhaltige Auswirkungen auf die umgebende Biosphäre haben (vgl. 2.3.1). Allerdings sind die Auswirkungen, verglichen mit der weiträumigen Kontamination nach dem Unfall von Tschernobyl, wesentlich geringer (NEA, 1995).

Hinsichtlich organisatorischer Prozesse weist die NOI eine wesentlich ausgeprägte Komplexität auf. Aufgrund der Notwendigkeit zur Einbindung spezialisierter Subunternehmen in die Erschließung bzw. Produktion, sind an der Aufrechterhaltung der Produktion in der NOI vergleichsweise mehr Akteure als in der DKT beteiligt. Dort sind Subunternehmen hauptsächlich in den Brennelementwechsel und die Instandhaltung während des Stillstandes eingebunden, während in der NOI die Subunternehmen kontinuierlich Unterstützungsfunktionen ausführen.

Die Aufbauorganisationen ist zwischen Anlagen der DKT vergleichbar, während dieses in der NOI aufgrund der Megaprojekte nicht der Fall ist. Gleichzeitig ist die Standardisierung technischer Komponenten in der DKT außerordentlich hoch, in der NOI hingegen vergleichsweise gering ist. Die technische Komplexität ist in der DKT wesentlich höher, da zur Beherrschung der nuklearen Kettenreaktion tief gestaffelte, mehrfach redundante Sicherheitsbarrieren benötigt werden, die untereinander eng gekoppelt sind. Die technische

Komplexität in der NOI ergibt sich durch die große Anzahl und Verschiedenheit der benötigten Komponenten. D.h. die technische Komplexität in der DKT besteht in der Anzahl technischer Komponenten und deren enger Verkopplung, in der NOI durch die Anzahl verschiedenartiger Komponenten.

Die Personalfluktuation ist in der DKT, verglichen mit anderen deutschen Wirtschaftszweigen, bemerkenswert gering. In der NOI zeichnet sich ein Trend zur verstärkten Internationalisierung der Belegschaft als Folge der Zuwanderung und dem zunehmenden Einsatz ausländischer Fachleute auf den Plattformen ab. Probleme des Erfahrungstransfers und Kompetenzerhaltes werden in der DKT verursacht durch das Altern des Personals, ohne dass neue, junge Fachkräfte an die kommenden Aufgaben herangeführt werden können. Dieses Problem dürfte in den kommenden Jahren an Bedeutung gewinnen. In der NOI könnte der Erfahrungstransfer aufgrund kulturell und sprachlich bedingter Barrieren behindert werden. Maßnahmen zur Optimierung des Erfahrungstransfers dürften also in beiden Industrien unterschiedlichen Zielen folgen.

Aufgrund der Unterschiede in der organisationalen Komplexität, im Standardisierungsgrad und den Risikobildern entwickelten sich unterschiedliche Strategien des Aufsichtsvollzuges. Die Aufsichtsbehörde der NOI muss etwa 100 permanente und mobile Installationen auf dem norwegischen Kontinentalschelf betreuen, während die verschiedenen deutschen Aufsichtsbehörden 20 Reaktoren an 15 Standorten überwachen. Während in Deutschland die Aufsicht über kerntechnische Anlagen dezentral den lokalen Aufsichtsbehörden der Länder obliegt, wird die NOI zentral durch eine Aufsichtsbehörde kontrolliert. Daraus resultiert für diese eine Aufsichtsbehörde der NOI ein wesentlich höherer Ressourcenbedarf, der eine engmaschige Überwachung unmöglich werden lässt.

Tabelle 9 Vergleich der Rahmenbedingungen für Sicherheitsmanagement zwischen deutscher Kerntechnik und norwegischer Offshore-Industrie.

	Deutsche Kerntechnik	**Norwegische Offshore-Industrie**
Gefahren	Für das Personal gering, für die Umwelt hoch	Für das Personal hoch, für die Umwelt vergleichsweise gering, jedoch vorhanden
Definition eines sicherheitsrelevanten Ereignisses	Fehlfunktion einer sicherheitsrelevanten Komponente oder Freisetzung von Radioaktivität	Schädigung von Personen oder der Umwelt, materielle Verluste, gefährliche Situationen, Produktionsstillstände
Anzahl intern registrierter sicherheitsrelevanter Ereignisse	10 bis 40 pro Anlage und Jahr	Bis 900 pro Installation und Jahr
Technik	Hohe Komplexität bei hoher Kopplung aufgrund von Redundanzen und tiefgestaffelter Sicherheitsbarrieren, ausgeprägte Standardisierung	Hohe Komplexität bei geringer Kopplung aufgrund verschiedener Unterstützungsfunktionen (Helikoptertransport, Unterseeoperationen usw.)
Organisation	Stark strukturiert und einheitlich,	Megaprojekte, Einbindung vieler

	Subunternehmen in die Revision eingebunden	Subunternehmen
Personal	Geringe Fluktuation	Internationalisierung
Regulation von Behörden	Dezentral; kriteriumsorientiert; Evaluation technischer Sicherheitssysteme	Zentral; funktionsorientiert; Evaluation internen Sicherheitsmanagements
Wirtschaftliches Umfeld	Sinkende Erträge, Ausstieg	Stark schwankende Erträge, Abnahme der Ressourcen
Ziel bei der Zusammenarbeit der Betreiber	Verbesserung der Informationsqualität, (Entwicklung eines einheitlichen Verfahrens zur Ereignisanalyse)	Verbesserung des Wissenstransfers (Entwicklung eines computerunterstützten eSMS)

Die Aufsicht wird in der DKT anhand von Kriterien vollzogen, die den Schutz vor Gefahren durch Kernspaltung garantieren. Der Betreiber muss nachweisen, dass er die sicherheitstechnischen Vorkehrungen zur Beherrschung des Produktionsprozesses und möglicher Störungen anhand dazu vorliegender technischer Spezifikationen getroffen hat. Ein meldepflichtiges Ereignis tritt bei einer Funktionsstörung an einer sicherheitsrelevanten Komponente bzw. bei der Freisetzung von Radioaktivität ein. Die Aufsicht in der NOI wird anhand der Prinzipien der internen Kontrolle vollzogen. Die Betreiber müssen nachweisen, dass sie über ein funktionierendes System zum Management aller sicherheitsrelevanten Aspekte des Betriebs, einschließlich der Beherrschung von Störungen, verfügen. Ein meldepflichtiges Ereignis tritt ein, wenn eine Person verletzt, eine schädliche Substanz freigesetzt oder eine gefährliche Situation (z.B. Feuer) hervorgerufen worden ist. Während in der DKT Ereignisse, die zumeist nur potentielle, jedoch kaum signifikante Folgen haben, erfasst und verarbeitet werden, werden in der NOI alle Ereignisse mit Folgen und darüber hinaus die mit einer potentiell starken Schädigung erfasst. Während in der DKT der Fokus der Aufsicht auf der Evaluation von technischen Sicherheitssystemen liegt, liegt der Schwerpunkt in der NOI auf der Evaluation des internen SMS (vgl. Hovden, 1998). Dennoch existieren auch in der DKT Regulationen, die auf die Implementierung sowohl eines internen eSMS als auch eines interorganisationalen Erfahrungsaustausches wirken. Jedoch die Begutachtung interner SMS ist in der DKT kein Bestandteil behördlicher Aufsicht.

Die wirtschaftlichen Bedingungen und beider Industrien unterscheiden sich nicht wesentlich voneinander, abgesehen davon, dass in der DKT die Einstellung der Produktion politisch, in der NOI durch das Versiegen der Ölquellen in der Nordsee erzwungen wird.

Als Folge unterschiedlicher Risikobilder und verschiedener Aufsichtsleitlinien hat die Zusammenarbeit der Betreiber einer Industrie ungleiche Ziele. Während die Betreiber in der DKT aufgrund der behördlichen Fokussierung auf Fehlfunktionen sicherheitsrelevanter Komponenten ein gemeinsames, bundeseinheitliches Verfahren zur Analyse von Ereignissen mit Fehlhandlungen entwickelten, lag der Schwerpunkt der norwegischen

Betreiber auf der Entwicklung eines computergestützten eSMS, um der behördlichen Kontrolle des SMS zu begegnen. Beide Projekte verbreitern die Datenbasis für das Feedback von Betriebserfahrung, jedoch ist das Projekt der DKT auf die Erhöhung der Analysequalität gerichtet, das Projekt der NOI auf die Vergrößerung der Quantität der Ereignisinformation. Tabelle 9 zeigt eine Zusammenfassung der Rahmenbedingungen für Sicherheitsmanagement in der DKT bzw. der NOI.

2.4.3 Zusammenfassung externer Einflüsse

Anliegen dieser Studie ist die Beantwortung der Frage, welche anlagenexternen Faktoren die Informationsverarbeitung beeinflussen, d.h. Informationsquantität und -qualität im eSMS vermindern.

Grundgedanke bei der Implementierung und Evaluierung von SMS ist, dass die Quantität der Steuerungsinformation Sicherheitsoptimierung gewährleistet. Das entspricht dem Modell des Rückkopplungskreises und dementsprechend sind gegenwärtige Regulationen bzgl. SMS ausgelegt. Mithin spielt das Problem des „under reporting“, d.h. des Nichtberichtens vorgefallener Ereignisse, in beiden Industrien ein Rolle. Doch kann gleichzeitig in beiden Industrien auf sehr große Datenmengen in den Sicherheitsmanagementsystemen verwiesen werden. Die Brauchbarkeit der Datenbasis zur Sicherheitsoptimierung allein aufgrund der Anzahl der verarbeiteten Ereignisse zu bewerten (vgl. Bird & Germaine, 1966), scheint im Hinblick auf die theoretischen Betrachtungen in Kapitel 1 verkürzt zu sein. Denn mit der Rückkopplung möglichst vieler, jedoch zur Sicherheitsoptimierung unbrauchbarer, Informationen kann Erfahrungstransfer nicht gewährleistet werden (vgl. Tabelle 5, S. 38).

Bereits in Kapitel 1 wurde das Modell des Rückkopplungskreises, aus dem sich die Forderung nach der größtmöglichen Anzahl erfasster und verarbeiteter Ereignisse ableitet, durch das Konzept des Erfahrungstransfers ergänzt (vgl. 1.2). Die Ableitung effektiver sicherheitskorrektiver Maßnahmen, die eine systematische und kontinuierliche Sicherheitsoptimierung durch ein Managementsystem gewährleistet, erfordert nicht allein eine große Anzahl gemeldeter Ereignisse, sondern eine *angemessene Qualität* der Rückkopplungsinformation. Diese Qualität wird im Arbeitskontext der Benutzer bewertet, weshalb diese in die Prozesse der Informationssammlung, -analyse und -weitergabe einzubinden sind (Nevis, DiBella & Gould, 1995).

An der Gewährleistung dieser Qualität besteht ein Interesse im Umfeld. Sie kann durch die Implementierung von Prozessen, möglicherweise innerhalb eines Unterstützungssystems für eSMS, hergestellt werden. Dabei dürfen die organisationsexternen Einflüsse auf SMS nicht übersehen werden, möglicherweise kompensatorische Maßnahmen zu ergreifen. So könnte beispielsweise die Ereignisdefinition der Behörde dahingehend geprüft werden, ob hiermit in

der Tat für den Anlagenbetrieb bzw. die interne Sicherheitsoptimierung relevante Informationen erfasst werden. Dabei ist es hilfreich zu bestimmen, ob diese externen Einflüsse systematisch erfolgen. Ein Teil der Einflüsse sind unintendiert, da sie entwicklungsbedingt entstanden und eher industrietypisch sind. Nachfolgend werden die Einflüsse, unabhängig davon, ob sie systematisch erfolgen oder nicht, anhand der Einflussnahme auf bestimmte Elemente eines SMS gruppiert und zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 10 Extraorganisationale Einflussfaktoren auf Sicherheitsmanagementsysteme (vgl. S.26) und deren Ausprägung in der Deutschen Kerntechnik bzw. der norwegischen Offshore-Industrie.

Element des SMS	Faktor	Ausprägung	
		Deutsche Kerntechnik	Norwegische Kerntechnik
Richtlinien und Politik	Regulationsprinzipien	Kriterienorientiert: Kontrolle der Funktion von Sicherheitstechnik	Systemorientiert: Kontrolle der Funktion des SMS
	Prinzip des Sicherheits-managements	Sicherheitsstandards und Prozeduralisierung	Automatisierung, Sicher-heitsstandards und Prozeduralisierung
	Risikobild	Gefährdungen für Personal gering und für Umwelt hoch	Gefährdungen für Personal hoch und für Umwelt geringer
	Nationalökonomische Bedeutung	Hoch	
	Industriekooperationen	Standardisierung von Ereignisanalyse und Erfahrungsaustausch	Standardisierung von eSMS und Erfahrungsaustausch
	Markt	Sinkende Erträge, Kostendruck	
	Entwicklungs-perspektiven	Politisch bedingter Ausstieg	Ressourcenbedingtes Ende
Organisation und Implementierung	Standardisierung	Hoch (nur wenige Hersteller)	Geringer (sehr viele Her-steller)
	Technische Komplexität	Große Anzahl, hohe Kopplung (mehrfache Barrieren)	Hohe Anzahl, geringere Kopplung
	Organisationale Komplexität	Hoch, standardisiert	Hoch, geringe Standardisierung
Informations-system	Kriterien für Sicherheitsrelevanz	Funktionsstörung an sicherheitsrelevanter Komponente oder Freisetzung von Radioaktivität	Arbeitsunfall, Unterbre-chung der Produktion, Sachschäden oder Umweltschäden
	Optimierungsbedarf	Hoch	Hoch
	Kompetenzerhalt	Problematisch: geringe Fluktuation und zunehmender Altersdurchschnitt des Personals	Unproblematisch: durch-schnittliche Fluktuation
Evaluation	Reflexion der Wirksam-keit des SMS	Externe Audits (OSART oder WANO-Missionen)	Interne Audits und Audits mit Behörden

Einflüsse auf Richtlinien und Politik:

Quantität und Qualität der verarbeiteten sicherheitsrelevanten Information richten sich zunächst nach den *Regulationsprinzipien*, da die Betreiber zuerst Ereignisse erfassen, deren Meldung gesetzlich gefordert ist. Das Regulationsprinzip orientiert sich offensichtlich an dem *Prinzip des Sicherheitsmanagements* einer Industrie, da die Betreiber praktische Expertise zur Zuverlässigkeit ihrer Anlagen besitzen. Das Prinzip des Sicherheitsmanagements ist wiederum angepasst an das *Risikobild*, das ein Abbild der Risiken der Industrie für Personal

bzw. Umwelt darstellt. Das Risikobild ist Ausdruck der Wahrnehmung von einer Industrie ausgehender Gefahren, die zwischen Betreiber und Umfeld differieren kann. Insbesondere schwere Unfälle und spektakuläre Ereignisse formen das Risikobild (wie z.B. die Reaktorkatastrophe von *Tschernobyl* oder die Kenterung der *Alexander L. Kjelland*).

Die *Bedeutung* einer Industrie *für die Nationalökonomie* verändert die Balance des Einflusses des Behördenverhaltens und das politischer Institutionen auf der einen Seite und der Betreiberinteressen auf der anderen. *Industriekooperationen* bündeln gemeinsame Interessen verschiedener Betreiber gegenüber den Behörden und anderer Einflüsse des Umfelds. Wirtschaftliche Bedingungen beeinflussen den Rahmen für das Sicherheitsmanagement (Reason, 1997; S.107ff). Der *Markt*, auf dem die Betreiber agieren, gibt vor, welche Margen aus der Produktion zu erzielen sind und wie viele Ressourcen u.a. dem Management von Sicherheit zugewiesen werden. Die effektive Gestaltung bzw. Neugestaltung organisationaler Abläufe kann diesen negativen Einfluss auf das SMS in Zeiten, da die Gewinne durch eine ungünstige Marktsituation geringer ausfallen, kompensieren. Die *Entwicklungsperspektiven* einer Industrie bedeuten einen Vorgriff auf künftige Gewinnerwartungen.

Einflüsse auf Organisation und Implementierung von SMS:

Nicht immer lässt sich ein theoretisch hergeleitetes SMS bzw. eSMS in der Praxis implementieren. Hohe *organisationale Komplexität*, verursacht beispielsweise durch die Einbindung einer Vielzahl von Subunternehmern, erschwert eine weitreichende Implementierung organisationaler Standards und Prozesse. Geringe *technische Komplexität*, welche durch die Anzahl der technischen Einzelkomponenten und den Grad deren Kopplung bestimmt wird (Hopkins, 1999; S.94; Perrow, 1992), macht Prozesse, z.B. die Verwendung von Analysemethoden zur Auflösung der Komplexität von Ereignissen, z.T. überflüssig, besonders wenn die organisationale Komplexität ebenso gering ist. Ein geringer Grad der Standardisierung der Technik führt zu eingeschränkter Generalisierbarkeit bzw. Übertragbarkeit von Betriebserfahrung zwischen verschiedenen Anlagen.

Einflüsse auf das Informationssystem:

Die Qualität und Quantität von Informationen im SMS werden ebenfalls durch das in einer Industrie gängige Prinzip des Sicherheitsmanagements beeinflusst. Anhand dessen wird entschieden, welches Ereignis als sicherheitsrelevant und deshalb verarbeitungswürdig gekennzeichnet wird (*Kriterien der Sicherheitsrelevanz*), bestimmte Informationen in das System aufgenommen bzw. durch das System ausgeschlossen werden. Der *Optimierungsbedarf*, der sich aus der Anzahl beobachteter Mängel bzw. Abweichungen ergibt und der durch eine entsprechende Definition der Behörde verändert werden kann, beeinflusst die Bedeutung des Informationssystems eines SMS für eine Organisation. Daneben stellt der

Kompetenzerhalt des Personals einen anlagenübergreifenden Einfluss auf die Verfügbarkeit von Personal mit speziellen Berufserfahrungen dar. Alle Anlagen einer Industrie greifen auf den gleichen Arbeitsmarkt zu und interagieren dadurch miteinander. Eine zu geringe Anzahl qualifizierter Neuanstellungen bei gleichzeitiger Abwanderung (z.B. durch Pensionierung) eines Teils des Personals zieht den Verlust von Erfahrungswissen und Kompetenzen nach sich. Eine zu hohe Fluktuation führt hingegen zu einem permanenten Verlust von Erfahrungswissen.

Einflüsse auf die Evaluation von SMS:

Ebenso wie die Verarbeitung sicherheitsrelevanter Ereignisse ist die Reflexion der Wirksamkeit des SMS zur Optimierung von Sicherheit notwendig. Diese Evaluation kann durch interne, optimaler jedoch durch *externe Audits* erfolgen (IAEA, 1989). Da SMS zumeist Bestandteil behördlicher Regulation sind, muss ein SMS den Anforderungen und Kriterien für externe Audits angepasst sein. In dieser Hinsicht sind zukünftige Entwicklungen einer europäischen Norm zum Sicherheitsmanagement zu berücksichtigen (vgl. BS 8800).

2.5 Diskussion

Anliegen der Studie I war die Strukturierung der Wechselwirkungen im Gesamtsystem „Sicherheitsmanagement - Organisation - Umfeld“ (vgl.2.1). Die Identifikation und Berücksichtigung etwaiger Zusammenhänge bei Entwurf und Implementierung einer Computerunterstützung von Sicherheitsmanagement ist Voraussetzung für eine verzerrungsfreie, effiziente Verarbeitung und Rückkopplung von Ereignisinformationen.

In dieser Untersuchung wurden zwei Industrien, die Deutsche Kerntechnik (DKT) und die Norwegische Offshore-Industrie (NOI), hinsichtlich Wechselwirkungen des Organisationsumfeldes auf strukturelle Komponenten des Sicherheitsmanagements untersucht (vgl. 1.1, Tabelle 3; S.26). Die Studie zeigte, dass sich Einflussnahmen des organisationsexternen Umfelds die Verarbeitung sicherheitsrelevanter Ereignisse zwar nachhaltig, jedoch nur teilweise intendiert, gestalten.

Externer Einfluss wird zielgerichtet genommen, da durch den Betrieb dieser Industrieanlagen gesellschaftliche Ressourcen, wie Bodenschätze oder Intaktheit der Umwelt sowie körperliche Unversehrtheit und Wohlbefinden, verbraucht bzw. gefährdet werden. Sowohl in der DKT als auch in der NOI führten Unfälle mit gravierenden Konsequenzen zur veränderten Wahrnehmung industrieller Risiken in der Bevölkerung und Neuordnung der staatlichen Regulation derartiger Anlagen Je größer die von der jeweiligen Anlage bzw. Industrie ausgehende wahrgenommene Gefährdung ist, um so nachhaltiger formieren sich die Einflussnahmen zur Beseitigung dieser Gefahren. Und je mehr Aufmerksamkeit ein sicherheitsrelevantes Ereignis in der Öffentlichkeit erzeugt, um so größer ist das öffentliche

Interesse zur staatlichen Regulation von Sicherheit sein. Das bedeutet, dass Sicherheitsmanagement stärker durch das Umfeld beeinflusst wird, je größer die wahrgenommenen, von der Anlage ausgehenden Risiken sind. Die Reduktion von Gefahren durch die Gewährleistung der Kontrolle möglicher negativer Konsequenzen mittels effektivem SMS sollte somit langfristig zur Verminderung äußerer Einflussnahmen führen.

Gleichzeitig produzieren diese Industrien Ressourcen, die von besonderem Wert für die Gesellschaft sind, beispielweise Rohstoffe oder Energie. Betreiberorganisationen verfügen in ihrer Rolle als Wirtschaftsfaktor (beispielweise Exportvolumen, Zahl der Beschäftigten, Alternativen zu dieser Industrie) ebenso über Einfluss, um ihre Interessen in ihrem Umfeld durchzusetzen. D.h. intendierte externe Einflüsse werden um so folgenloser bleiben, je größer der Einfluss der Betreiberorganisationen auf das Umfeld ist.

Dadurch entspinnt sich zwischen Industrie und deren Umfeld ein Feld intensiver Einflussnahmen und Abhängigkeiten, deren Reflexion bedeutsam für den Entwurf eines Unterstützungssystems für eSMS ist, da organisationsinterne Antworten auf diese Einflussnahmen nicht immer zur verbesserten Kontrolle negativer Konsequenzen, also zu mehr Sicherheit, führen. Wie äußern sich *gezielte* Einflussnahmen aus dem Umfeld? Abgesehen davon, dass grundsätzlich von allen Betreibern technische und organisatorische Vorkehrungen zur Vermeidung von Unfällen gefordert werden, zeigten sich im Vergleich von DKT bzw. NOI Unterschiede in der gesetzlichen Regulation. Diese Unterschiede schlagen sich in verschiedenen Ereignisdefinitionen nieder, welche infolge der unterschiedlichen Prinzipien des Sicherheitsmanagements bzw. aufgrund verschiedener Risikobilder in den Industrien verwandt werden. Dadurch werden in den jeweiligen eSMS z.T. verschiedene Ereignisse registriert und verarbeitet, was wiederum den Inhaltsbereich bzw. die Art korrektiver Maßnahmen vorbestimmt.

An Beispielen zeigte sich, dass die unreflektierte Erfüllung bestimmter Regulationsvorgaben seitens der Betreiber nicht zwangsläufig zu mehr Sicherheit führt. Ein hoher Befolgungsgrad behördlicher und gesetzlicher Vorgaben ist erkennbar. Wesentliche Unterschiede im Verständnis von eSMS zeigten sich nur im Vergleich von Industrien, jedoch nicht in den Aussagen von Vertretern der Aufsichtsbehörde bzw. den Sicherheitsexperten der Anlagen. Folge ist die weitestgehende Begrenzung des Spektrums verarbeiteter Informationen auf die behördliche Ereignisdefinition, wodurch Art und Anzahl korrektiver Maßnahmen im gewissen Maße vorbestimmt und Quantität und Qualität von Erfahrungsrückkopplung und -transfer eingeschränkt sind.

Neben der gezielten organisationsexternen Einflussnahme bestehen Wechselwirkungen zwischen Umfeld und SMS, die *unsystematisch* erfolgen und entwicklungsbedingt sind. So entwickelte sich in der DKT eine besonders hohe Standardisierung von Technik und Aufbau-

organisation. Das kann zwar als Folge staatlicher Förderung bis Ende der achtziger Jahre interpretiert werden, lässt sich jedoch nicht allein damit begründen, da sie auch in der internationalen Kerntechnik vorzufinden ist. Aufgrund dieser Standardisierung (vgl. 2.2.2 und 2.2.3) sind innerhalb dieser Industrie Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus der Analyse sicherheitsrelevanter Ereignisse leichter als in Wirtschaftszweigen mit geringerer Standardisierung (z.B. Chemie, Medizin und Bauwesen) zu transferieren. Generalisierung und Austausch ereignisbezogener Erfahrung über die konkrete Betreiberorganisation hinaus ist nur sinnvoll, wenn ereignisauslösende Bedingungen ebenso in anderen Anlagen vorhanden sind. Die Tiefgründigkeit von Ereignisanalysen, die zur Ableitung korrektiver Maßnahmen notwendig ist, führt dazu, dass die Analyseergebnisse bei geringem Standardisierungsgrad ausschließlich lokal, auf die konkrete Anlage begrenzt, anzuwenden sind. Hingegen ist anlagenübergreifender Erfahrungstransfer in Industrien mit hohem Standardisierungsgrad einfacher. Ein eSMS für den übergreifenden Erfahrungstransfer in einem Feld hoher Standardisierung würde so von vornherein bessere Erfolgsaussichten besitzen, da die verarbeiteten Informationen auf alle ähnlichen Anlagen anwendbar sind.

Für Entwickler und Betreiber eines computerunterstützten eSMS leitet sich aus dieser Analyse externer Faktoren des Sicherheitsmanagements ab, dass bei Entwurf, Implementierung und Evaluation des Systems, neben technischen und organisatorischen Aspekten, die Umfeldeinflüsse auf die Informationsverarbeitung zu reflektieren und zu evaluieren sind. Denn Wirtschaftlichkeit und Effektivität der Unterstützung werden offensichtlich durch das Wirkungsgefüge der externen Faktoren, über die Entwickler und Betreiber keine unmittelbare Kontrolle ausüben, maßgeblich beeinflusst. Ein System, welches *strategisch* auf Einflüsse des Organisationsumfelds reagiert, wird kompensatorische Korrekturen bei der Verarbeitung von Ereignisinformation ermöglichen und damit sicherheitskritische Entscheidungen und kontinuierliche Sicherheitsoptimierung durch wirkungsvolles organisationales Erfahrungslernen unterstützen.

3 Studie II: Sicherheitsmanagement in der Kerntechnik

Da ereignisbasiertes Sicherheitsmanagement zur Verringerung der Anzahl sicherheitsrelevanter Ereignisse und damit zur Kostenreduktion beiträgt, liegt dessen Implementierung, unabhängig von gesetzlichen Erfordernissen, im Interesse der Betreiber, es. Drei Gründe sind zu nennen, infolge derer Kosten aufgrund sicherheitsrelevanter Ereignisse entstehen: (1.) Ereignisse stören den Produktionsprozess bis hin zur vollständigen Unterbrechung durch Sicherheitseinrichtungen (z.B. Reaktorschnellabschaltung). (2.) Ereignisse können Kosten aufgrund von Kompensationsleistungen (z.B. zur Beseitigung der Schäden bzw. der Entschädigung von Opfern) und Bußgeldern erzeugen. (3.) Ereignisse verstärken die gesellschaftliche Fokussierung der von der Anlage ausgehenden Gefährdung, was in der Regel zu vermehrter staatlicher Regulation führt, wodurch für den Betreiber gleichfalls Kosten entstehen (z.B. Verzögerungen im Produktivbetrieb, Honorare für technische Gutachter bei der Beantragung von Betriebsgenehmigungen usw.).

Ein Weg zur Reduktion dieser Kosten liegt in der Intensivierung von Erfahrungsrückkopplung und -transfers durch Institutionalisierung von eSMS (unabhängig von dessen Computerunterstützung). Denn dessen Funktion besteht in der proaktiven Verhinderung von Ereignissen und der Optimierung von Sicherheit durch standardisierte Verarbeitung und Rückkopplung sicherheitsrelevanter Ereignisse.

Andererseits wird auch dies Kosten erzeugen. Es stellt sich also die Frage, wie ein eSMS möglichst effektiv zu gestalten ist. Hinsichtlich dessen wurden in Kapitel 1 relevante Theorien des Sicherheitsmanagements und des Lernens in Organisationen dargestellt sowie Prozesse eines idealtypischen eSMS abgeleitet. In Kapitel 2 wurden externe Einflussfaktoren auf anlageninternes Sicherheitsmanagement identifiziert, die offenbar auf Gestaltung und Ausführung von anlageninternem Sicherheitsmanagement (und eSMS) einwirken und die Qualität der darin verarbeiteten Informationen beeinflussen.

Allerdings könnten auch hier zwischen Theorie und Praxis Unterschiede bestehen. Es ist anzunehmen, dass verantwortliche Führungskräfte in den Anlagen, sollten sie auch ein ähnliches Verständnis von eSMS haben, die komplexen externen Einflussnahmen verschieden wahrnehmen und unterschiedlich darauf reagieren, d.h. verschiedene organisatorische Maßnahmen ergreifen. Deshalb sollte die tatsächliche Organisation und Ausführung interner eSMS in den Anlagen unterschiedlich gestaltet sein, selbst wenn diese auf einem ursprünglich gemeinsamen Konzept basieren. Diese Unterschiede lassen sich als *anlageninterne Faktoren der Gestaltung von eSMS* beschreiben.

Zur Beschreibung anlageninterner Gestaltungsfaktoren des eSMS werden in dieser Studie praktische eSMS ausgewählter Kernkraftwerke beschrieben und miteinander verglichen.

Dabei wird eine möglicherweise vorhandene Computerunterstützung zur Verarbeitung von Ereignisinformationen berücksichtigt, jedoch steht in Studie II der organisatorische, weniger der technische Aspekt, von eSMS im Vordergrund.

Die Datenbasis bildet eine Feldstudie. Sie dient der Beantwortung der Frage, ob die theoretischen Empfehlungen für eSMS aus praktischer Hinsicht angemessen sind, inwieweit diese in der Praxis umgesetzt sind und welche Faktoren innerhalb der Anlagen die Umsetzung beeinflussen. Schließlich wird aus der Theorie und Empirie ein effektives eSMS-Modell abgeleitet.

3.1 Fragestellung

Den Ausgangspunkt der Studie II bildet das normative Modell des eSMS (1.3). Dem Vorschlag van der Schaafs (1991) folgend, dieses als Bewertungsgrundlage zur Evaluation und Optimierung von eSMS zu verwenden, wird analysiert, welche Funktionen durch Prozesse abgedeckt werden, ob die Reihenfolge der Funktionen dem Modell entsprechen, wodurch Abweichungen vom normativen Modell verursacht werden, und wie sie korrigiert werden können.

Anliegen der Studie ist, Aussagen über die effiziente Gestaltung von eSMS zu treffen. Für diese Studie wurden strukturierte Interviews mit verantwortlichen eSMS-Managern von drei Kernkraftwerken durchgeführt. Aufgrund gemeinsamer äußerer Einflussfaktoren werden marginale Unterschiede vermutet. Aus der Diskussion von Gemeinsamkeiten und Unterschieden sollten sich bewährte Prozesse sowie innovative Vorgehensweisen (gemessen an den theoretischen Vorgaben) identifizieren lassen.

Zur Analyse von Unterschieden im eSMS werden hierarchische Aufbaustruktur, Informationsfluss sowie Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Akteuren (Einzelpersonen und Abteilungen) beschrieben. Da Abhängigkeiten und Zusammenarbeit zwischen Organisationseinheiten im eSMS durch eine Beschreibung von Hierarchie und Informationsflusses nur oberflächlich abgebildet werden, wird eine Methode angewandt, die von Hale, Heming, Carthey & Kirwan (1997) zur vertieften Analyse von Sicherheitsmanagementsystemen entwickelt wurde (3.2). Kernstück dieser ist eine grafische Methode zur Systemanalyse, die eine vereinfachende Darstellung komplexer funktionaler Interdependenzen im eSMS in Form von Regelkreisen erlaubt und den Vergleich verschiedener eSMS ermöglicht.

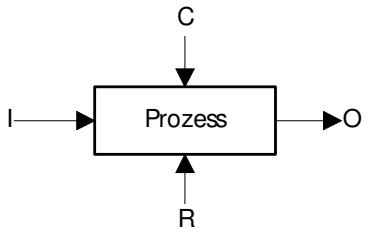
Aus der Gegenüberstellung von Gemeinsamkeiten und Unterschieden im Bezug auf die Anforderungen des Erfahrungstransfers (1.2), des eSMS (1.3) und der Unterstützung durch Informationstechnologie (1.4) werden dann intraorganisationale Gestaltungsfaktoren abgeleitet, die abschließend hinsichtlich ihrer Implikationen für die Computerunterstützung von eSMS diskutiert werden.

3.2 Modell

Hale et al. (1997) entwickelten eine Methode zur grafischen Modellierung von SMS in Rückkopplungskreisen. Die primäre Steuerungsinformation des SMS besteht hierbei aus erfassten, analysierten und rückgekoppelten Abweichungen bzw. Ereignissen (ebd., S.128). Diese Modellierung des Managementsystems bezieht sich deshalb überwiegend auf Aspekte des eSMS (vgl. 1.1 und 1.3).

Um den inkrementellen Problemlösezyklus von der Erfassung einer Abweichung bis zur Beseitigung verursachender Bedingungen in einer Organisation zu modellieren (Hale & Glendon, 1987), adaptierten die Autoren für ihrer Zwecke die Structured Analysis and Design Technique (SADT; Marca & McGowan, 1988). Diese Methode wurde in den Computerwissenschaften für die Systemanalyse entwickelt. Die Autoren stellen fest, dass, obschon wenig Erfahrungen bei der Verwendung bestünden, diese Methode sich für die für den Entwurf und die Auditierung von SMS sowie zur Gestaltung und Evaluation diesbezüglicher Aus- und Weiterbildungsprogramme eigne (Goosens, Heimplaetzer & Heins, 1991).

Abbildung 3 SADT-Box



Diese Methode erlaubt, neben strukturellen insbesondere funktionale Aspekte von SMS zu beschreiben und zu analysieren. Die primäre Struktur besteht aus einer Prozessbox (Abbildung 3), welche von drei Aspekten kontrolliert wird, um einen Output zu produzieren. Zunächst ist ein Input (I) notwendig, um einen hinreichenden Output (O) produzieren zu können unter Zufuhr von Ressourcen (R) und überwacht anhand von Kontrollkriterien (C).

In einem eSMS unterscheiden Hale et al. drei Funktionsebenen:

(1.) Die Entwurfsebene (policy level), welche die generellen Prinzipien, Ziele, Funktions- und Verfahrensweisen innerhalb eines eSMS definiert. Die Entwurfsebene führt planende und autorisierende Funktionen innerhalb eines SMS aus. Diese Funktion des eSMS innerhalb einer Organisation bzw. einer Anlage stellt die Schnittstelle zur Umwelt dar und wird daher am stärksten durch die externen Faktoren beeinflusst.

(2.) Die Managementebene (management level), die das eSMS organisiert, formalisiert, implementiert und kontrolliert, um Erfahrungstransfer für Sicherheitsoptimierung zu

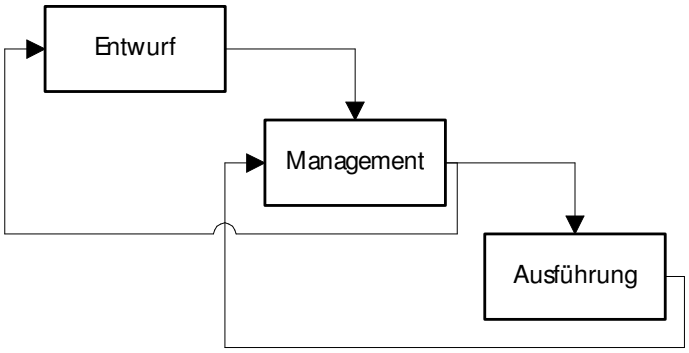
institutionalisieren. Während die Entwurfsebene Richtlinien für eSMS vorgibt, entwickelt, konkretisiert und implementiert die Managementebene dieses als Prozesse, hat also strukturell-gestaltende und koordinative Funktionen inne. Neue Prozesse werden durch die Entwurfsebene autorisiert.

(3.) Die Ausführungsebene (execution level), welche Handlungen und Prozesse im Produktionsprozess ausführt. Hierzu zählen alle Mitarbeiter, die sich nicht eindeutig anderen Ebenen zuordnen lassen. Die Arbeitsergebnisse der Ausführungsfunktion stellen die (ereignisbezogenen) Erfahrungen (Input) dar für die Managementebene zur Evaluation organisationaler Prozesse im eSMS.

Das Modell bildet ein ideales, in sich geschlossenes organisatorisches System zur Entwicklung von Prozessen zur Kontrolle von Gefährdungen (vgl. Abbildung 4). Prinzipiell erinnert dieses Modell an den Rückkopplungskreis des Erfahrungslernens (vgl. 1.2). Die Entwicklung und Anpassung komplexer organisationaler Handlungen erfolgen anhand der Kontrolle durch die jeweils nächst höhere Ebene. Konkrete Handlungen werden durch die Ausführungsebene vollzogen, sind jedoch durch standardisierte Prozesse vorgegeben. Diese werden durch die Managementebene koordiniert, welche durch die Entwurfsebene kontrolliert wird. Diese Kontrolle kann neben dem Informationsfluss mit Hilfe der SADT-Methode grafisch dargestellt werden.

Dieses Modell hat den Vorteil, dass der selbstreflexive Charakter von eSMS innerhalb einer Organisation abgebildet werden kann. Denn wie in 1.1 dargestellt, besteht das strategische Ziel von Sicherheitsmanagement in der Entwicklung, Überprüfung und eventuellen Anpassung von Prozessen, also einer selbstreflexiven, automatischen Organisation aller sicherheitskritischen Handlungen. Durch die Trennung zwischen Richtlinien, Prozeduren und Handlungen auf den Ebenen Entwurf, Organisation und Ausführung wird es möglich, die Interdependenzen zwischen Akteuren in der Organisation beim Management von Sicherheit aufzuzeigen. Schnittstellen zwischen verschiedenen Akteuren (Organisationseinheiten und -mitgliedern) weisen auf Kommunikationsprozesse, also möglicherweise Erfahrungstransfer, hin.

Abbildung 4 Drei-Ebenen-Modell eines Sicherheitsmanagementsystems (Hale et al., 1997)



Bemerkenswerterweise wird der Status von Akteuren innerhalb der Organisationsstruktur von Hale et al. aus der Modellierung ausgeklammert. Die Autoren weisen darauf hin, dass eine Verbindung zwischen formaler Hierarchie und den drei funktionalen Ebenen nicht zwingend notwendig sei (ebd., S.132). Verschiedene Ebenen könnten beispielweise in einer Arbeitsgruppe repräsentiert sein oder sogar durch externe Instanzen (Gutachter und Behörden) übernommen werden. Es hänge vielmehr von den spezifischen Bedingungen in der Anlage ab, wie Funktionen des SMS einzelnen Hierarchieebenen zugeordnet seien.

Jedoch hat der Status der Akteure in der Aufbauorganisation einen Einfluss auf den Erfahrungstransfer und organisationale Lernprozesse (vgl. 1.2), weshalb dessen Erfassung für die Modellierung relevant ist. In der Diskussion organisationaler Informationssysteme postuliert Wildavski (1983), dass Personen mit niederem Status über weniger und inhaltlich begrenztere Information als in der Hierarchie oben stehende Personen verfügen. Voraussetzung für eine tiefgründige Ereignisanalyse ist die Verfügbarkeit von Ereignisinformationen, damit sich systematisch korrektive, zukünftige Ereignisse verhindernde Maßnahmen entwickeln lassen. Personen, welche mit der Durchführung von Ereignisanalysen betraut sind, sollten deshalb mit ausreichenden Befugnissen ausgestattet sein, welche ihnen jede analyserelevante Information zugänglich macht. Die hierarchische Aufteilung der Funktionen im eSMS gibt deshalb zusätzliche Hinweise zur Bewertung eines eSMS.

3.3 Methode

Wie können Informationsverarbeitungsprozesse und deren organisationsinterne Gestaltungsfaktoren eSMS identifiziert werden? Zunächst werden eSMS verschiedener Kernkraftwerke miteinander verglichen. Unterschiede zwischen den Kraftwerken in der Organisation von eSMS zeigen anlagenspezifische Gestaltungsmaßnahmen, aus deren Gegenüberstellung

sich übergreifende Gestaltungsfaktoren für KKW ableiten lassen, da die externen Einflüsse für alle Anlagen identisch sind.

Für diese Analyse werden im ersten Schritt die Akteure des anlageninternen eSMS identifiziert. Deren hierarchisches Verhältnis zueinander ist aus dem Organigramm der Aufbaustruktur der Anlage ablesbar. Dann wird der Informationsfluss im eSMS beschrieben. Anschließend können durch eine SADT-Modellierung die Interdependenzen zwischen den Akteuren sowie die Auswirkungen der hierarchischen Stellung der Funktionsträger ermittelt werden.

Die Datenbasis bilden strukturierte Interviews in drei Kernkraftwerken, bestehend aus zwei Teilen, mit den Verantwortlichen für Ereignisanalyse vor Ort in den Anlagen durchgeführt. Im ersten Teil wurden mit Hilfe eines Leitfadens allgemeine Fragen zur Struktur und Rahmenbedingungen von Berichtssystem, Ereignisanalyse und Sicherheitsmanagementsystem gestellt. Danach wurde im zweiten Teil die Informationsverarbeitung im eSMS der Anlage exploriert (vgl. Anhang A.1).

Für den zweiten Interviewteil wurde auf die ursprünglich für Ereignisanalysen entwickelte STEP-Methode (Hendrik & Benner, 1986) zurückgegriffen, deren Kernstück die Zeit-Akteurs-Matrix ist. Die Verwendung einer Zeit-Akteurs-Matrix für Ereignisanalysen ist in der Beschreibung von SOL (vgl. 4.2) sowie in Anhang B.3 zu finden. Eine gewisse Bekanntheit der Methodik ließ sich bei den Interviewpartnern voraussetzen. Mit dieser Methode lassen sich auf einfache Weise komplexe Handlungsabläufe darstellen. Im ersten Schritt wurde die Verarbeitung ereignisbezogener Informationen in Teilereignisse zerlegt. Diese Teilereignisse wurden auf DIN A5-Kärtchen notiert und anschließend in einer Zeit-Akteurs-Matrix angeordnet. Eine Zeit-Akteurs-Matrix erzeugt eine grafische Anordnung der Teilereignisse entsprechend der Akteure, die am Teilereignis beteiligt waren, und dem Zeitpunkt, an dem das Teilereignis stattgefunden hat. Der Vorteil dieser Darstellung liegt darin, dass zeitliche Zusammenhänge und Wechselwirkungen zwischen den Akteuren besser erkannt werden können (vgl. Anhang B.3).

Zur Erzeugung der Zeit-Akteurs-Matrix wurde eine Papierfläche von 500*150 cm an einer Wand des Interviewraumes befestigt. Der Interviewpartner wurde aufgefordert, den Ablauf der Verarbeitung von Ereignissen, von der erstmaligen Registrierung beginnend, zu beschreiben. Seine Aussagen wurden auf den Kärtchen mit Angabe des Akteurs, des Ortes, der ungefähren Zeit nach dem Ereignis, der Handlung, der verwandten Hilfsmittel und weiteren Bemerkungen protokolliert. Anschließend wurden sie nach den Vorgaben des Interviewpartners in der Zeit-Akteurs-Matrix plaziert und mit Kreppband befestigt. Wenn es zu einem späteren Zeitpunkt notwendig war, ein weiteres, vom Interviewpartner übersehenes Teilereignis einzufügen, konnte das Kärtchen entfernt, korrigiert oder neu beschriftet und

erneut auf der Zeit-Akteurs-Matrix befestigt werden. Die Gesamtdarstellung der Verarbeitung ereignisbezogener Informationen wurde abschließend von dem Interviewpartner überprüft. Die Zeit-Akteurs-Matrix wurde in ein Ablaufdiagramm des Informationsflusses übertragen.

3.4 Ergebnisse

Die Qualität des eSMS-Outputs kann in dieser Studie aufgrund des fehlenden vollständigen Zugangs zu den Informationen im System sowie des Fehlens objektiver Validierungskriterien für Erfahrungstransfer nicht bewertet werden, sondern nur die Struktur der eSMS, deren Einfluss auf die Qualität bereits in Kapitel 1 erläutert wurde. Die Auswertung der Interviews sowie der Zeit-Akteurs-Matrizen erbrachten die erwarteten geringen Unterschiede in der Struktur der eSMS untereinander. Zunächst werden Gemeinsamkeiten im eSMS, anschließend die Unterschiede bei der Analyse von Ereignissen dargestellt.

3.4.1 Standards des Informationsflusses

Entsprechend der einheitlichen bzw. stark ähnelnden externen Einflüsse gestaltet sich das eSMS in allen KKW in wesentlichen Aspekten (Akteure, Informationsfluss) weitestgehend identisch (vgl. 2.2). Die beteiligten Akteure bei der Verarbeitung von Ereignisinformationen im eSMS sind:

- Der diensthabende Schichtleiter (SL): Dies ist der Leiter des Operateursteams, welches den Betrieb der Anlage überwacht und ggf. in die automatische Steuerung der Anlage eingreift. Da die Überwachung der Anlage permanent gesichert sein muss, arbeiten die Operateure in Schichten.
- Das Auftragswesen: Alle Arbeiten in der kontrollierten Zone müssen durch einen Arbeitsauftrag genehmigt werden. Das Arbeitsauftragswesen stellt ein zentrales Instrument zur Koordination aller Kontroll-, Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten in der Anlage dar. Auf jede Störung, welche im Störungsmeldesystem registriert wird, muss mit einem Arbeitsauftrag reagiert werden, der durch das Auftragswesen erstellt wird.
- Die Aufbauorganisation verschiedener KKW sind in ähnliche Fachbereiche (FB) gegliedert, die spezielle Funktionen des Betriebs, der Instandhaltung, der Überwachung usw. übernehmen (vgl. 2.2.3).
- Per Gesetz ist jede Anlage zur Bestellung eines Beauftragten für Kerntechnische Sicherheit (BKS) verpflichtet, der die Berichtspflichten innerhalb des offiziellen Meldesystems erfüllt (vgl. 2.2.4).

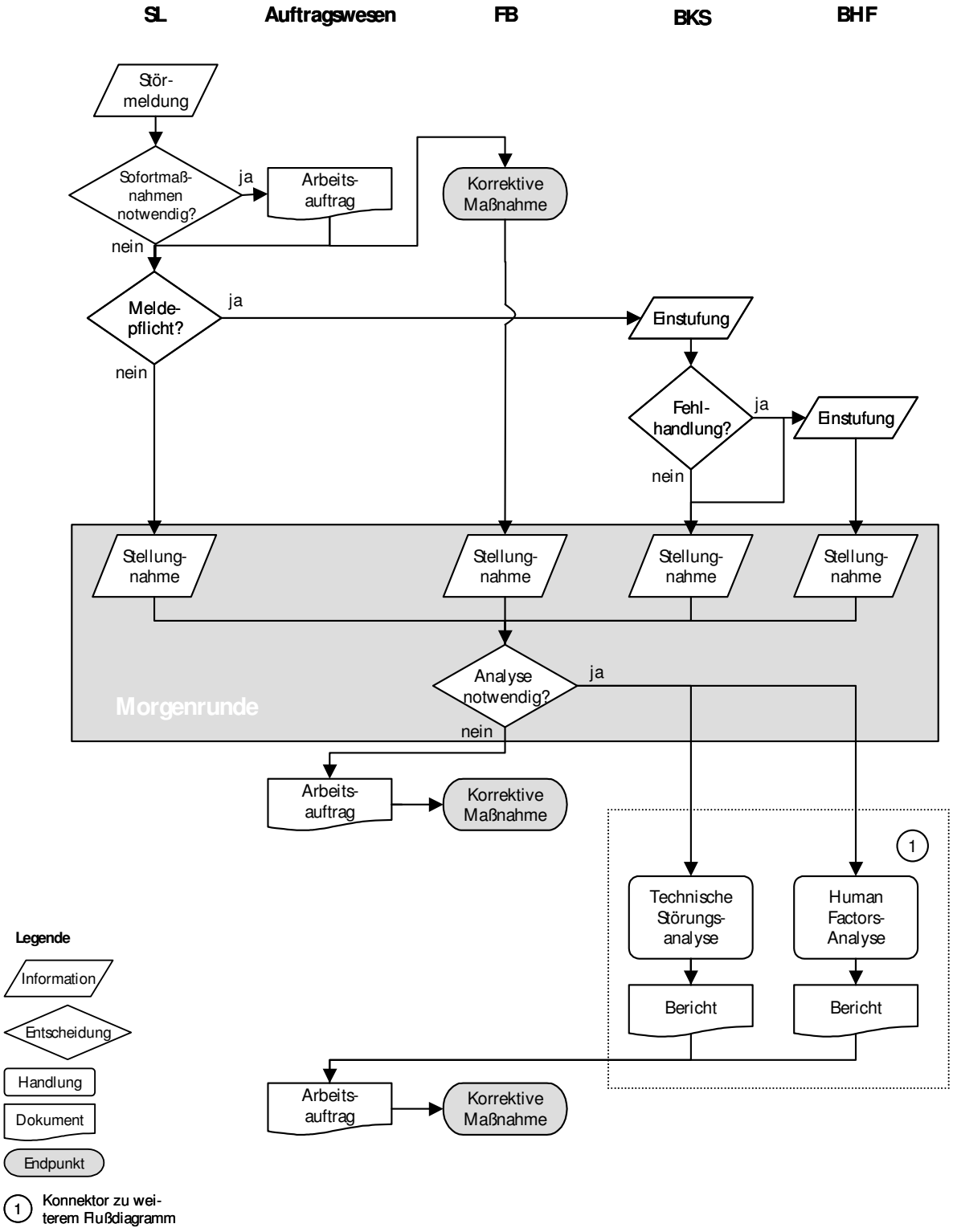
- Aufgrund der Empfehlung des Betreiberverbandes (vgl. 2.2.6) verfügt jede Anlage zusätzlich über einen Beauftragten für Human Factors Ereignisse (BHF). In einigen Anlagen wird die Funktion des BKS und des BHF in Personalunion als „Leiter Ereignisanalysen“ (LE) geführt, so dass die Weiterleitung ereignisbezogener Informationen sowie die Koordination der beiden Bereiche entfallen.

Abbildung 5 stellt in einem vereinfachten Flussdiagramm die Verarbeitung von Ereignisinformationen dar, das im nachfolgenden Text erläutert wird.

Zunächst werden alle auflaufenden Störungen auf der Warte durch den SL in einem Störfallmeldebogen oder einem ähnlichen Formular registriert. Damit ist das Ereignis im Störungsmeldesystem vorhanden, jedoch noch nicht vollständig beschrieben. Der SL entscheidet dann über auszuführende Sofortmaßnahmen, die durch das Schichtpersonal bzw. verantwortliche FB der Anlage umgesetzt werden. Der SL entscheidet anschließend, ob Meldepflicht entsprechend der gesetzlichen Meldekriterien vorliegen könnte. Falls ein oder mehrere Kriterien erfüllt sind, erhält der BKS eine Kopie der Störungsmeldung. Dieser nimmt die Einstufung des Ereignisses vor und prüft anschließend, ob Hinweise für eine Fehlhandlung bzw. die Beteiligung von Human Factors vorliegen. Sollte dieser Fall gegeben sein, so erhält der BHF eine Kopie der Störungsmeldung. Dieser nimmt Stellung zur Untersuchungsrelevanz des Ereignisses hinsichtlich möglicherweise beteiligter Human Factors.

Die bis dahin zusammengetragenen Informationen sowie die Stellungnahmen der involvierten FB, des BKS und des BHF werden in der Morgenrunde diskutiert. In dieser Arbeitssitzung zu Beginn des Tagdienstes, bei der neben den bereits genannten Personen, der Leiter der Anlage (LdA) sowie die Abteilungsleiter und Teilbereichsleiter anwesend sind, werden der Zustand der Anlage, angefallene Störungen seit der letzten Morgenrunde sowie anstehende Arbeitsaufträge diskutiert. Zumeist stellt der SL der letzten Schicht den Schichtverlauf einschließlich aufgetretener Störungen dar, wobei ggf. die FB, der BKS und der BHF Stellung nehmen. In der Morgenrunde wird entschieden, ob weitere Analysen der Störungen notwendig sind bzw. welche korrektiven Maßnahmen ergriffen werden sollen. Im Falle korrektiver Maßnahmen werden diese in der Morgenrunde beschlossen und entsprechende Arbeitsaufträge im Auftragswesen ausgelöst. Wird eine Analyse als notwendig erachtet, so wird ein entsprechender Analyseauftrag erteilt.

Abbildung 5 Informationsfluss innerhalb der eSMS von Kernkraftwerken. Die Legende in dieser Abbildung gilt ebenso für Abbildung 7, Abbildung 10 und Abbildung 13, auf die im Diagramm verwiesen wird.



Liegt ein Auftrag für die Analyse der Störung vor, so wird entsprechend der bisher gesammelten Indizien entschieden, ob eine technische Störungsanalyse oder eine HF-Analyse ausgeführt werden sollen. Beim Vorgehen bei der Ereignisanalyse sind anlagenabhängige Spezifika festzustellen, die im Anschluss an diesen Abschnitt erläutert werden.

Unbeschadet der Art der durchgeführten Analyse wird diese mit einem Ereignisbericht beendet. Der vorliegende Bericht bildet die Grundlage für die Benachrichtigung der Aufsichtsbehörde bei Meldepflicht; gleichzeitig werden im Bericht auf korrektive Maßnahmen verwiesen. Mit der Auslösung von Arbeitsaufträgen zur Implementierung der korrektiven Maßnahmen wird dieser Pfad der Störungsbehandlung abgeschlossen.

3.4.2 Anlagenspezifische Unterschiede

Unterschiede zwischen den Anlagen beschränken sich vornehmlich auf die Zusammenarbeit und Funktionsteilung zwischen den Akteuren, welche sich am deutlichsten bei Analyse und Interpretation der Ereignisinformation zeigen.

Anlage Alpha

Wesentliches Strukturmerkmal des eSMS dieser Anlage ist die Trennung zwischen BKS und BHF, wobei der BHF dem BKS hierarchisch untergeordnet ist (Abbildung 6). Der BHF ist als Teilfunktion einem Teilbereich der Abteilung Produktion beigeordnet. Die gesetzlichen Pflichten des BKS werden durch den Leiter dieses FB wahrgenommen. Die in 2.2.4 dargestellten Probleme der rechtlichen Sonderstellung des BKS gegenüber der Anlagenleitung werden minimiert, da der FB-Leiter Mitglied der Anlagenleitung ist.

Abbildung 6 Organigramm der Anlage Alpha

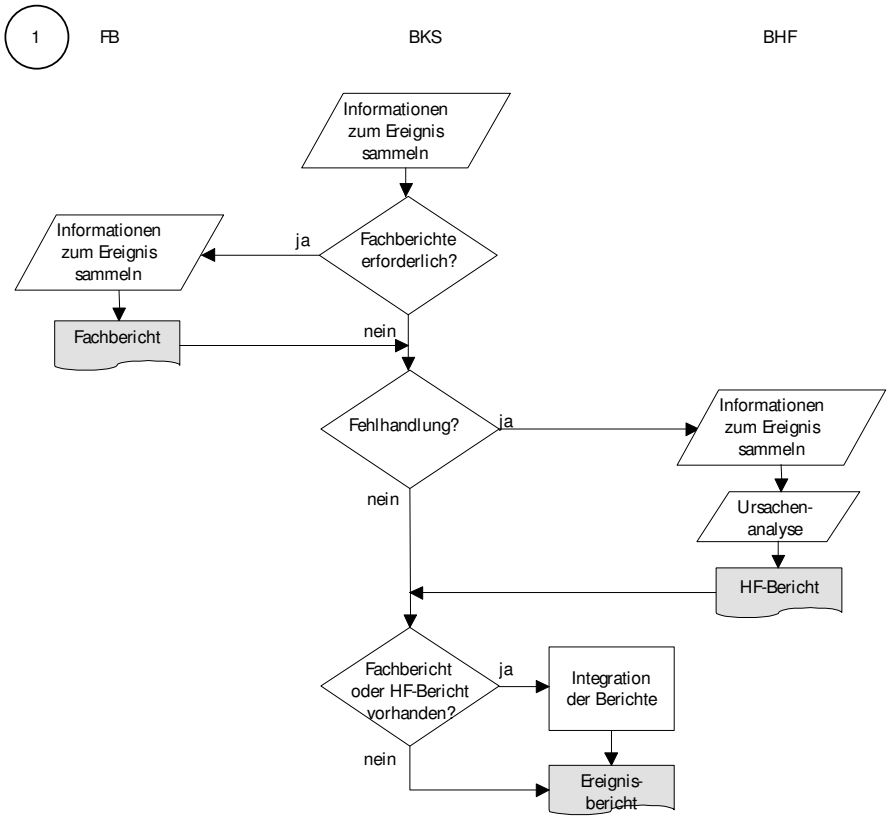
Üblicherweise wird die vertiefte Ereignisanalyse durch den Beschluss in der Morgenrunde ausgelöst. Für jegliche Ereignisanalyse ist der BKS verantwortlich. Dieser fordert nach Bedarf Berichte der FB an (vgl. Abbildung 8; m.o.1). Die FB analysieren einzelne technische

Komponenten und Systemgruppen, für die sie verantwortlich sind, und identifizieren mögliche Schadensursachen. Als Informationsquellen dienen hierbei Bedienungshandbücher, die Dokumentation durchgeführter Wartungen sowie ggf. die Aufzeichnung technischer Parameter während des Betriebs durch Messschriebe, Rundgangsprotokolle usw. Sind Schäden an einer Komponente aufgetreten, liefert das Schadensbild weitere Hinweise auf den Ereignishergang und dessen Verursachung. Telefonische Rücksprachen werden ggf. mit den Herstellern oder mit Mitarbeitern anderer Anlagen geführt. Teilweise werden einzelne technische Parameter von Komponenten in Prüflabors innerhalb der Anlage bzw. beim Hersteller untersucht.

Bei Hinweisen auf Fehlhandlungen, d.h. Unzulänglichkeiten an den Mensch-Maschine-Schnittstellen, wird durch den BKS eine HF-Analyse nach dem VGB-Verfahren (VGB, 1994) veranlasst (vgl. Abbildung 8; m.o.1), die durch den BHF ausgeführt wird. HF-Analysen werden also parallel, nicht integrativ als Bestandteil technischer Analysen geführt. Dieses Herangehen spiegelt sich, wie bereits erwähnt, in der Organisationsstruktur dieser Anlage wider. In dieser Hinsicht und im Vergleich zu anderen Anlagen bemerkenswert ist, dass der BHF über keinen eigenen Teilbereich verfügt.

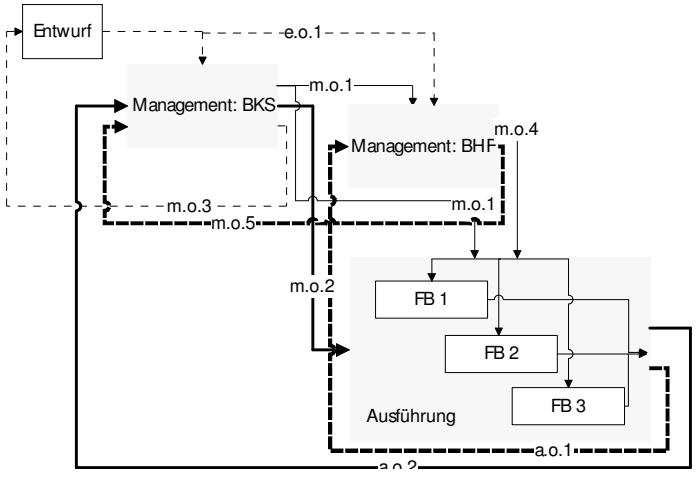
Der BHF prüft im ersten Schritt mit der VGB-Ereignisanalysemethode die Untersuchungsrelevanz des Ereignisses. Anschließend wendet er sich ggf. an die FB (Abbildung 8; a.o.1) oder verwendet die bereits erstellten technischen Berichte (Abbildung 8; a.o.2), um den Ereignishergang für die Analyse zu rekonstruieren. Zur vertieften Informationssammlung hat er feste Ansprechpartner in den FB Maschinentechnik und Elektrik, die gewöhnlich in HF-Analysen einbezogen werden (Abbildung 8; m.o.4). Die eigentliche Analyse, also die Identifikation der Ursachen bzw. beitragenden Faktoren des Ereignisses, führt der BHF allein durch. Dazu verwendet er Formblätter und eine Datenbank mit ergonomischen Kennwerten zur Auslegung von Mensch-Maschine-Schnittstellen, die Bestandteile des HF-Analysesystems sind.

Abbildung 7 Informationsfluss bei der Ereignisanalyse in Anlage Alpha



Für die Erstellung des abschließenden Ereignisberichtes und die Integration der Fachberichte (einschließlich des HF-Berichtes) ist der BKS zuständig (m.o.2, m.o.3). Zunächst prüft der BKS die Berichte der FB (a.o.2) und des BHF (m.o.5) hinsichtlich der Konsistenz und Vollständigkeit. Ggf. werden Rückmeldungen an die FB und den BHF gegeben, wenn einzelne Aspekte des Ereignisses unzureichend untersucht worden und weitere Analysen notwendig sind.

Abbildung 8 SADT-Modell des eSMS der Anlage Alpha



Legende: Die Indizes der Pfeile für die Wechselwirkungen sind wie folgt aufgebaut: Das erste Zeichen steht für die Ursprungsebene (Ausführung = a; Management = m und Entwurf = e). Das zweite Zeichen steht für die Art der Interaktion (Output = o usw.). Das dritte Zeichen ist eine fortlaufende Nummerierung aller Interaktionen, die einen gleichen Ursprung haben. Die Indizes von Abbildung 11 und Abbildung 14 sind gleichfalls so aufgebaut

Somit übernimmt der BKS die Führung im Management des gesamten eSMS (m.o.1): Wird eine Ereignisanalyse durch die Morgenrunde angefordert, so kontrolliert er die Ausführung der Prozesse des eSMS und delegiert Teilaufgaben an die zuständigen FB bzw. an den BHF. Die Koordination des Teilsystems zur Verarbeitung von HF-Ereignissen obliegt dem BHF (m.o.4): Wird eine HF-Analyse durch den BKS ausgelöst, so organisiert und kontrolliert er die Ausführung der notwendigen Prozesse, die maßgeblich im VGB-Verfahren festgelegt sind.

Für das eSMS der Anlage Alpha ist die getrennte Behandlung von HF-Ereignissen kennzeichnend. Die Trennung der Ereignisanalysefunktion zwischen BKS und BHF bedarf zusätzlicher Abstimmung bei der Erstellung des Ereignisberichtes, da in diesem Bereich zwei parallele Systeme zur Informationsverarbeitung bestehen. Das SADT-Modell der Anlage Alpha (Abbildung 8) zeigt im Vergleich zu den SADT-Modellen der anderen Anlagen mehr Rückkopplungsschleifen, wodurch sich der Informationsfluss im eSMS komplexer ist und zusätzlicher Steuerung bedarf. Die Abstimmung zwischen verschiedenen Abteilungen führt möglicherweise zur Objektivierung von Analyseergebnissen, jedoch bewirkt sie auch einen nicht unerheblichen, zusätzlichen Ressourcenverbrauch, was die Effizienz des eSMS vermindert.

Denn die Trennung zwischen technischen und HF-Ereignissen führt dazu, dass HF-Aspekte in technischen Analysen unberücksichtigt bleiben, da deren Untersuchung in das Aufgabengebiet des BHF fällt. Spezifisches HF-Wissen und Analyseerfahrungen des BHF sowie die Methodik zur Untersuchung von MMS werden nur dann genutzt, wenn ein Beitrag von HF zur Ereignisentstehung vermutet wird. Dadurch werden Ereignisanalysen segmentiert und inhaltlich begrenzt durchgeführt, was zu einer Einschränkung des analysierten Problemfeldes und der berücksichtigten möglichen beitragenden Faktoren führt.

Weiterhin wurden keine institutionalisierten Prozesse erkannt, die über das obligatorische Berichtswesen hinaus den Transfer impliziten Wissens sowie den Aufbau von Metawissen im Dialog ermöglichen. D.h. die Effizienz dieses eSMS im Hinblick auf Erfahrungstransfer ist deutlich eingeschränkt. Analysen werden von Einzelpersonen ausgeführt, die Analyseergebnisse mittels Bericht kommuniziert (a.o.1, a.o.2, m.o.4).

Der Vorteil des eSMS der Anlage Alpha besteht in der Spezialisierung und Qualifizierung der Analysen. Aufgrund des arbeitsteiligen Vorgehens bei der Analyse entwickelt sich vermutlich eine ausgesprochene Expertise bei der Untersuchung bestimmter Ereignissachverhalte. Konsequenterweise liegt der Nachteil dieses eSMS in einer mangelnden Integration

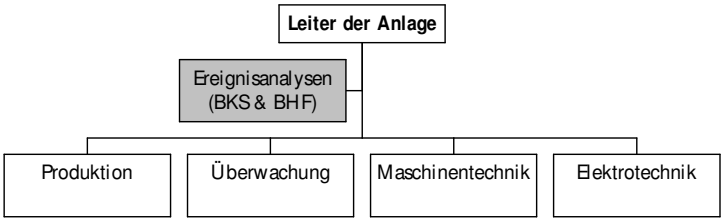
einzelner Befunde, zumal das Medium dieses Systems das Berichtswesen ist. Wie in 1.2 erläutert worden ist, wird darüber der Transfer expliziten Faktenwissens unterstützt, wichtiges implizites Erfahrungswissen wird aus der Informationsweiterleitung gefiltert. Aus diesem Grunde sind die in diesem System implementierten Funktionen hinsichtlich eines Organisationalen Lernens durch Erfahrungstransfer unvollständig.

Anlage Beta

Ein wesentliches Charakteristikum des eSMS der Anlage Beta zeigt sich im Organigramm der Aufbaustruktur: Die Funktionen des BKS und des BHF sind in der Position des Leiters Ereignisanalysen (LE) vereinigt und als Stabsfunktion dem Leiter der Anlage direkt unterstellt (vgl. Abbildung 9. Dadurch entfällt die Koordination zwischen den Systemen zur Verarbeitung von HF-Ereignissen bzw. anderen Ereignissen. Diese Position ist gegenüber den Leitern der FB formal gleichgestellt, was die Informationssammlung bei der Ereignisanalyse erheblich vereinfacht. Aufgrund der relativ hohen hierarchischen Position sollte der LE Zugang zu allen verfügbaren und für die Ereignisanalyse notwendigen Informationen haben.

Wenn eine Ereignisanalyse durch den Beschluss der Morgenrunde ausgelöst wird, so zerlegt der LE dieser Anlage im ersten Schritt das Ereignis in Teilereignisse und delegiert diesbezügliche Teilanalysen an jeweils verantwortliche Teilbereiche (vgl. Abbildung 10). Diese untersuchen die jeweiligen technischen Komponenten bzw. Systeme und fertigen einen technischen Teilbericht an. Die Informationsquellen dafür sind mit den bei Anlage Alpha aufgeführten identisch.

Abbildung 9 Organigramm der Anlage Beta

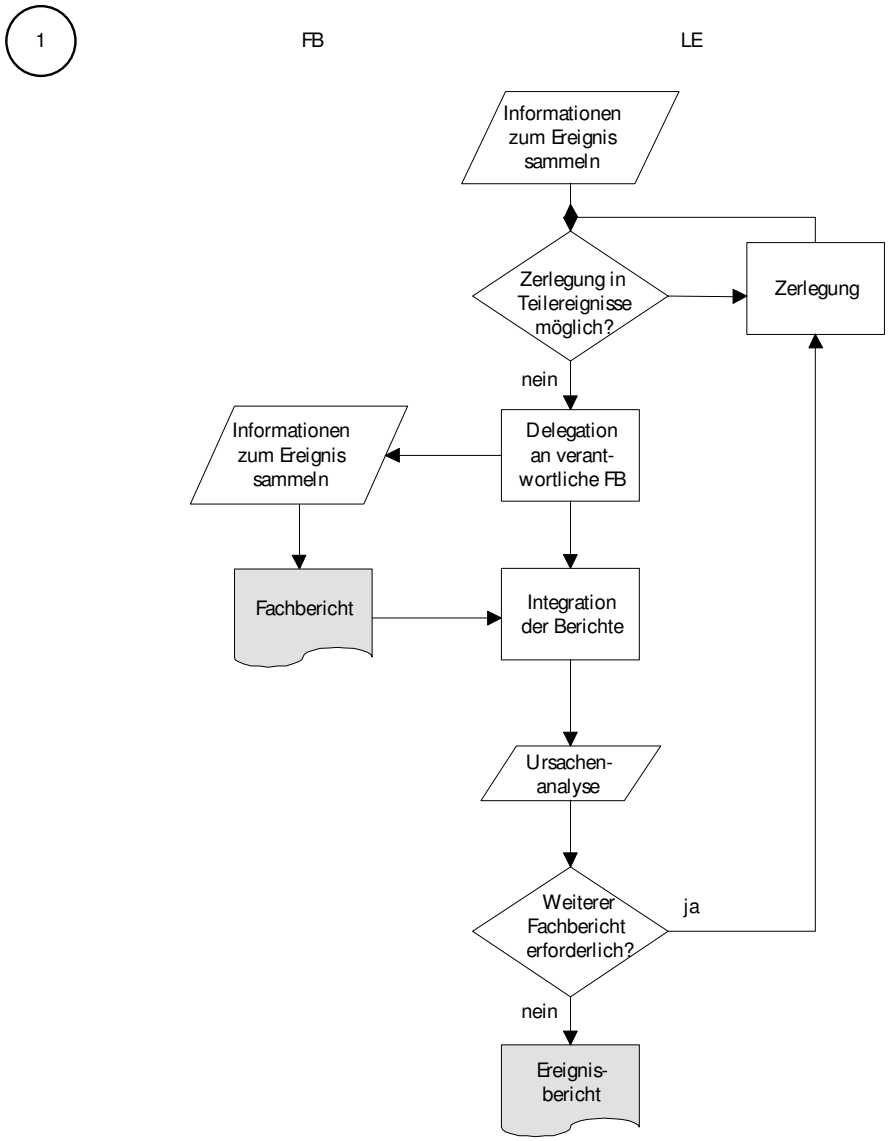


Analysiert wird die Steuerung von Operationen technischer Komponenten durch Signale: Bei Fehlfunktionen und Abweichungen wird untersucht, ob notwendige Signale ausgelöst wurden, ob sie richtig ausgelöst und übertragen worden sind, ob sie an der Komponente angemessene Operationen ausgelöst haben. Es wird also überprüft, inwieweit Abweichungen bei der Signalverarbeitung von erwarteten Parametern bestehen. Die HF-Analyse wird integriert, wenn der Nachweis auf eine fehlerlose Übertragung von Signalen auf Fehlhandlungen schließen lassen bzw. bereits eindeutige Hinweise darauf vorhanden sind.

In dieser Anlage wird besonderer Wert auf das informelle Gespräch mit Mitarbeitern und mit Experten anderer Anlagen gelegt. Informationen zum Ereignis werden nicht in strukturierten Interviews, sondern in informellen und persönlichen Gesprächen durch den LE gesammelt. Spezielle technische Probleme werden ggf. mit entsprechenden Mitarbeitern anderer Anlagen telefonisch erörtert. Auch in dieser Anlage ist an der eigentlichen Analyse der Verursachung des Ereignisses nur der LE beteiligt. Im Interview äußerte er, dass Ereignisanalysen früher im Team durchgeführt worden seien. Dieses hätte sich aufgrund des Koordinationsaufwandes für gemeinsame Meetings nicht bewährt. Einzig in die Informationssammlung und die Analyse von Teilereignissen sind die Mitarbeiter der FB eingebunden. Der LE integriert die technischen Berichte zu den Teilereignissen und führt die Analyse von Ursachen und beitragenden Faktoren durch. Anschließend wird überprüft, ob die bisherigen Analyseergebnisse ausreichend und konsistent für die Ableitung korrektiver Maßnahmen sind. Ggf. löst er eine weitere Teilanalyse aus und integriert anschließend alle Teilberichte im abschließenden Ereignisbericht.

Sollte sich eine Optimierung der Mensch-Maschine-Schnittstelle aufgrund des Ereignisses andeuten, so führt der LE die Ursachenanalyse mit Hilfe des entsprechenden Verfahrens die HF-Analyse durch. In die Analyse sämtlicher Ereignisse kann sein HF-Wissen einfließen, da diese Funktion nicht explizit von technischen Analysen getrennt wurde.

Abbildung 10 Informationsfluss bei der Ereignisanalyse in Anlage Beta



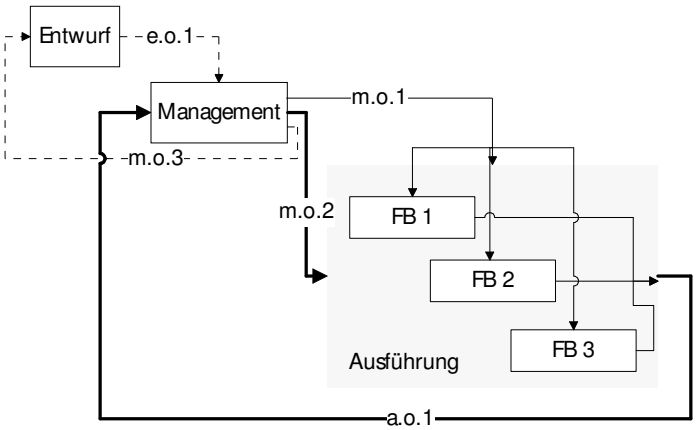
Für das Management des eSMS ist also der LE zuständig (Abbildung 11, m.o.1): Er beauftragt die FB mit technischen Teilanalysen (a.o.1). Die Analyseergebnisse integriert er zum Ereignisbericht, welcher der Anlagenleitung zur Genehmigung vorgelegt wird (m.o.3). Eventuelle Änderungsanforderungen der Anlagenleitung (e.o.1) werden ebenfalls durch ihn in den abschließenden Bericht integriert, der an die FB weitergeleitet wird, wodurch die Umsetzung der im Bericht enthaltenen korrektiver Maßnahmen ausgelöst wird (m.o.2).

Der Vorteil dieses Systems besteht in seiner starken Zentralisierung: Die Funktionen zur Erfassung, Analyse und Interpretation, des Transfers sowie der Autorisierung sind weitestgehend in der Funktion des LE vereint. Dadurch werden die Aufwendungen zur Koordination im eSMS reduziert, was die Informationsverarbeitung beschleunigt. Dennoch wird die Dauer

einer Analyse mit mehreren Wochen bzw. Monaten angegeben, was die Aktualität der Daten für die in das eSMS involvierten Benutzer fraglich erscheinen lässt (vgl. 1.2). Auch wenn eine unmittelbare Reaktion auf Ereignisse mit korrektiven Maßnahmen häufig aufgrund der technischen Gegebenheiten eines KKW nicht möglich ist, da verschiedene Komponenten nur während des Stillstandes zugänglich sind, ist für eine Teilmenge von Ereignissen eine erhebliche Beschleunigung im Sinne des organisationalen Erfahrungstransfers wünschenswert.

Durch die Zentralisierung ist eine erweiterte Prozeduralisierung des eSMS im Vergleich zur Anlage Alpha möglich, da die notwendigen Handlungen zur Verarbeitung von Ereignissen durch eine Person ausgeführt bzw. koordiniert werden. So führt der LE dieser Anlage im Interview an, dass die Ergebnisse der Analysen für Probabilistische Sicherheitsanalysen aufbereitet, d.h. quantifiziert, werden. Für diese Quantifizierung ist ein standardisiertes Vorgehen notwendig, das bei der Zentralisierung dieser Funktion einfacher zu implementieren wäre. Eine Computerunterstützung der Analysefunktionen ist vergleichsweise einfach zu realisieren, da sich der Benutzerkreis auf eine bzw. wenige Personen reduziert.

Abbildung 11 SADT-Modell des eSMS der Anlage Beta



Nachteile des eSMS bestehen darin, dass keine Prozessschritte für den mündlichen Dialog vorgesehen sind, der in 1.2 als wichtiges Instrument zum Transfer impliziten Wissens und zum Kompetenzerhalt gekennzeichnet worden ist. Offensichtlich besteht ein Dilemma zwischen der Nutzung der Vorteile einer starken Zentralisierung des eSMS und der Nutzung der Möglichkeiten des Dialogs zwischen verschiedenen Experten in der Anlage. Dieses wird durch erhöhte Koordinationsaufwendungen, also zusätzlichen Ressourcenverbrauch, begründet. Die Nutzung informeller Kontakte in und außerhalb der Anlage weist auf eine Sensibilisierung für diese Form des Erfahrungstransfers hin. Dadurch erhält dieses eSMS offensichtlich eine breite Informationsbasis für hinreichende Analysen, die zur Ableitung

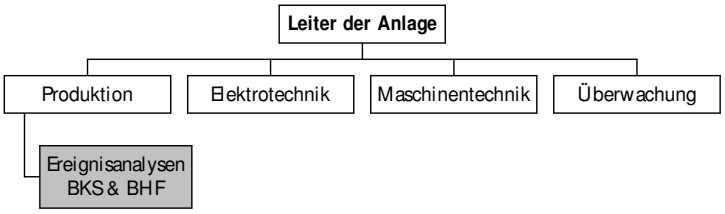
effektiver korrektiver Maßnahmen führt. Der institutionalisierte Transfer impliziten Wissens kann durch dieses eSMS allerdings nicht gewährleistet werden, da auf Informationstransfer im Dialog verzichtet wird.

Anlage Delta

Die dritte Anlage in der Untersuchung befindet sich nicht in Deutschland, unterliegt jedoch ähnlichen Aufsichtsprinzipien (Definition sicherheitsrelevanter Komponenten) und ist in die Aktivitäten des deutschen Betreiberverbands integriert. Die technische Auslegung der Anlage ist vergleichbar mit der deutscher Anlagen. Somit unterliegt dieses eSMS ähnlichen externen Einflüssen und ist deshalb mit denen deutscher Anlagen vergleichbar.

Auch in dieser Anlage werden BHF und BKS in Personalunion geführt. Der LE ist Leiter eines eigenen Teilbereichs, welcher dem FB Produktion untergeordnet ist. Somit ist der LE in dieser Anlage mit einer geringeren hierarchischen Position ausgestattet als der LE in Anlage Beta, verfügt jedoch im Gegensatz zum BHF der Anlage Alpha über einen eigenen Teilbereich (vgl. Abbildung 12).

Abbildung 12 Organigramm der Anlage Delta



Ebenso wie in den anderen Anlagen wird die Erfassung von Ereignissen und deren Bewertung in der Morgenrunde entsprechend dem Schema in Abbildung 5 ausgeführt. Hierin bestehen keine Unterschiede. Ebenso ist der LE für die Ereignisanalysen sowie die Erstellung des Ereignisberichtes verantwortlich. Dafür besteht eine betriebsinterne Vorschrift als Anlage zum Betriebshandbuch, in der alle Berichtspfade sowie die Durchführung der Analysen festgehalten sind.

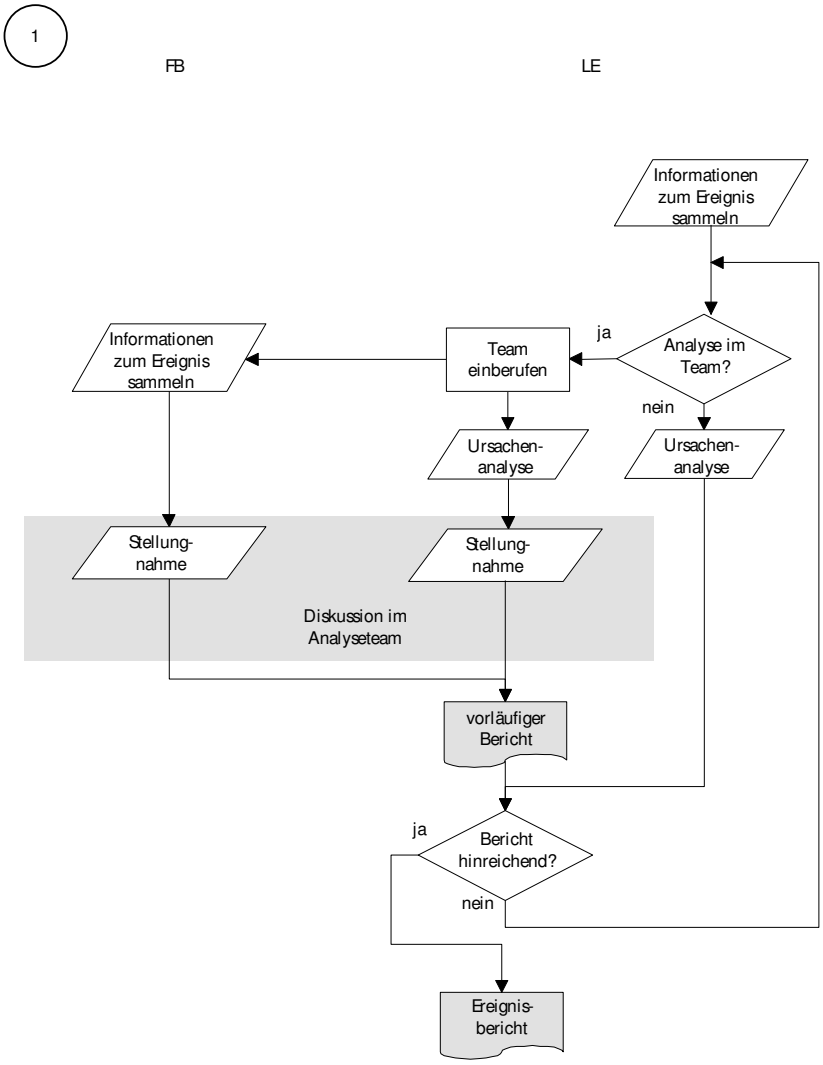
Eine Besonderheit des eSMS der Anlage Delta besteht darin, dass Analysen wichtiger Ereignisse im Team durchgeführt werden. Besteht Meldepflicht oder Verdacht auf die Verursachung durch menschliche oder organisationale Faktoren, wird ein Team aus Experten verschiedener FB sowie dem LE zusammengestellt. Es werden Vertreter solcher FB ausgewählt, die zur Klärung des Ereignishergangs und seiner Verursachung beitragen können. Dabei wird in dieser Anlage darauf geachtet, dass auch jüngere, weniger erfahrene Mitarbeiter in solche Teams integriert werden.

Der LE bereitet die Sitzung des Analyseteams vor, indem er die Informationen zusammenstellt sowie notwendige Formulare und Berichte vorbereitet. In der ersten Sitzung wird versucht, sich zunächst ein genaues Bild des Ereignishergangs zu verschaffen. In dieser Sitzung wird ggf. beschlossen, spezielle technische Analysen durch die FB ausführen zu lassen. Die Fachberichte solcher Analyse fließen in die Vorbereitung von weiteren Sitzungen des Analyseteams ein. Der LE bereitet die Analyse der beitragenden Faktoren mit Hilfe von standardisierten Ereignisanalyseverfahren vor und bringt die Ergebnisse in die Diskussion ein. Neben dem VGB-Verfahren werden ASSET (IAEA, 1991) und HPES (INPO, 1994) zur verwendet, was im Vergleich zu anderen Anlagen eine Besonderheit darstellt.

Werden relevante neue Informationen, welche bisherige Analyseergebnisse in Frage stellen könnten, zwischen den Sitzungen recherchiert, überarbeitet der LE die Analyse und stellt diese in der nachfolgenden Sitzung erneut zur Diskussion. Die Analyse des Ereignisses entsteht so in einem inkrementellen Prozess aus Ereignisrekonstruktion, Ursachenidentifikation, Berichtslegung und Verifikation. Die Hauptaufgabe des LE besteht darin, die Sitzungen der Teams organisatorisch und inhaltlich vorzubereiten und die Berichte mit den Ergebnissen der Diskussion anzufertigen. Dazu gehört die Analyse beitragender Bedingungen durch die Anwendung standardisierter Ereignisanalyseverfahren.

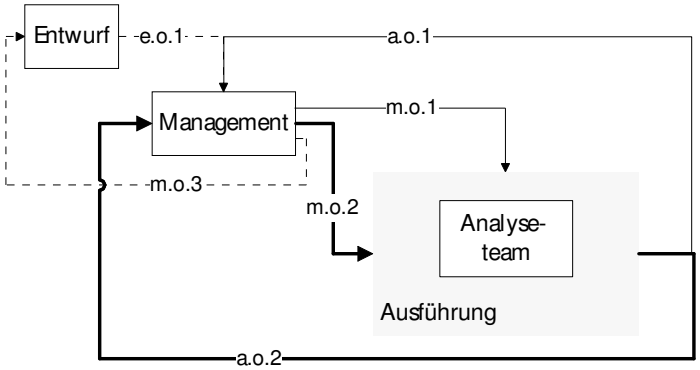
Das eSMS wird somit maßgeblich durch den LE koordiniert (Abbildung 14; m.o.1). Relevante Informationen für die Analyse werden u.a. durch das Analyseteam beigetragen (a.o.2.). Die Analyseergebnisse bilden die Grundlage für die vom LE angefertigten Ereignisberichte (m.o.2). Die Mitglieder des Analyseteams überprüfen den Bericht auf Vollständigkeit und Konsistenz hinsichtlich der Ableitung korrektiver Maßnahmen (a.o.1). Ggf. wird er vom LE überarbeitet und abschließend der Anlagenleitung zur Genehmigung vorgelegt (m.o.3). Diese kann ebenso Änderungen am Bericht fordern (e.o.1). Andernfalls wird der Bericht an die FB weitergeleitet und die Umsetzung korrektiver Maßnahmen ausgelöst (m.o.2).

Abbildung 13 Informationsfluss bei der Ereignisanalyse in Anlage Delta



Im Gegensatz zu den eSMS der Anlagen Alpha und Beta sind in diesem System durch die Richtlinien zur Ereignisanalyse in Teams Prozesse installiert, die zum Transfer impliziten Wissens und zum Aufbau von Metawissen beitragen. Insbesondere die Bemühung, jüngere und weniger erfahrene Mitarbeiter in die Teams zu integrieren, steigert die Chance, dass persönliche Erfahrungen und kritisches Wissen älterer Mitarbeiter durch den Dialog im Team transferiert und für die Organisation langfristig erhalten werden. Die Mitglieder des Analyseteams können durch den Dialog individuelles Metawissen über die Expertisen anderer Mitarbeiter aufbauen, das sie später in anderweitigen Problemlagen nutzen können.

Abbildung 14 SADT-Modell für das eSMS der Anlage Delta



Der Vorteil dieses eSMS besteht somit in einer breiten Unterstützung des Transfers impliziten Wissens und den Aufbau von Metawissen. Durch die Zentralisierung der Funktion der Ereignisanalyse beim LE wird die Identifikation von HF in die allgemeine Analyseprozedur integriert, standardisiert und zusätzlicher Aufwand für die Abstimmung unterschiedlicher Verarbeitungssysteme für Ereignisinformationen vermieden. Hingegen entstehen Kosten durch den Koordinationsbedarf für die Durchführung von Ereignisanalysen in Teams, der jedoch vom LE im Interview nicht als Problem benannt wurde. Da außerdem das eSMS in dieser Form seit einigen Jahren geführt wird, ist zu schlussfolgern, dass der Nutzen die Kosten für zusätzliche Aufwendungen übersteigt. Deshalb und im Hinblick auf die effektive Unterstützung von Erfahrungstransfer ist das eSMS der Anlage Delta als effizient hinsichtlich der Sicherheitsoptimierung zu bewerten

3.4.3 Prozesses

In der bisherigen Darstellung wurde die Diskrepanz zwischen theoretisch abgeleitetem Modell (Tabelle 6) und in der Praxis verwandten Systemen zu erfahrungsbasierten Managements von Sicherheit verschiedentlich erkennbar. Obschon viele Funktionen ähnlich erscheinen, sind einige in praktischen eSMS im Vergleich zum normativen eSMS (Tabelle 6) stärker untergliedert. In diesem Abschnitt werden zunächst allgemeine Prozesse praktischer eSMS beschrieben und mit dem theoretischen Modell verglichen.

Die Interviewpartner beschrieben ihr jeweiliges eSMS als Kombination aus formalisiertem Berichtssystem, Managementsystem zur Maßnahmenumsetzung und unstandardisierten, undokumentierten Methoden zur Informationssammlung und zur Ereignisanalyse. Diese Unterschiede der drei eSMS schlagen sich in Prozessen zur Ereignisanalyse besonders deutlich nieder. Abgesehen davon können zunächst folgende Prozessschritte des eSMS in KKW verallgemeinert werden [in Klammern ist die Referenz zum theoretischen Modell, Tabelle 6, S.41, angegeben].

Detektion/Registrierung: Ereignisbezogene Information wird mit Formularen innerhalb des anlageninternen Störungsmeldesystems gesammelt. Weitere Informationsquellen sind freiwillige Meldungen, Dokumente und Weiterleitungsnachrichten [Detektion/Registrierung].

Klassifikation: Die Bewertung der Sicherheitsrelevanz nach den gesetzlichen Meldevorschriften wird durch den BKS vorgenommen [keine Entsprechung].

Selektion: In der Morgenrunde, der täglichen Frühbesprechung leitender Angestellter der Anlage, werden angefallene Ereignisse des Vortages hinsichtlich ihrer Untersuchungswürdigkeit bewertet [Selektion].

Erfassung: Wird Untersuchungswürdigkeit erkannt, so werden zusätzliche Informationen zum Ereignishergang recherchiert, wobei informelle Vorgehensweisen (informelle Gespräche, unstrukturierte Befragungen) dominieren [Erfassung].

Analyse: Auf Basis der im Störungsmeldesystem vorhanden sowie zusätzlich gesammelter Informationen (z.B. durch Befragung, technische Analysen usw.) wird das Ereignis durch verantwortliche Spezialisten rekonstruiert und unter Verwendung von Ereignisanalysemethoden hinsichtlich beitragender Faktoren untersucht. Im Vorgehen bei der Analyse sowie den verwandten Methoden unterscheiden sich die eSMS [Analyse].

Berichtslegung: Die Rekonstruktion des Ereignishergangs sowie identifizierte beitragende Faktoren werden in einem Bericht zusammengefasst. Korrektive Maßnahmen werden dokumentiert [Berichtslegung].

Revision: Der Bericht wird hinsichtlich seiner Vollständigkeit und Konsistenz geprüft, ebenso die korrektiven Maßnahmen hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit und Effizienz. Werden Mängel am Bericht festgestellt, sind diese durch den Berichtslegenden zu überarbeiten [keine Entsprechung].

Genehmigung: Die Berichtsrevision endet mit der Genehmigung des Berichtes. Betreffen korrektive Maßnahmen genehmigungspflichtige Teile der Anlage, wird bei der Aufsichtsbehörde ein entsprechender Antrag eingereicht. Werden Bericht oder Maßnahmen nicht genehmigt, müssen diese vom Berichtslegenden überarbeitet werden [Bestätigung der Effizienz].

Dokumentation: Der genehmigte Ereignisbericht wird in Verantwortung des Berichtslegenden für die spätere Verwendung archiviert [Speicherung].

Transfer: Nach der Genehmigung wird der Bericht intern entsprechend eines Verteilerschlüssels, der in den Anweisungen zum Berichtswesen festgelegt ist, bei Vorliegen von Meldepflicht an die Aufsichtsbehörde, weitergleitet [Transfer].

Implementierung und Überwachung: Korrektive Maßnahmen werden aus dem Bericht herausgelöst und in ein formales Managementsystem überführt. In diesem Management-

system, dem Arbeitsauftragswesen, wird die Umsetzung korrektiver Maßnahmen überwacht. Die Maßnahmen werden durch die Fachbereiche implementiert. Nach der vollständigen Umsetzung der Maßnahmen wird dieses im Ereignisbericht aktenkundig gemacht [Implementierung, Evaluation].

Beim Vergleich dieser Aufzählung in der Praxis vorhandener Prozesse mit dem normativen Modell des eSMS zeigt sich, dass nahezu alle theoretisch erforderlichen Funktionen in praktischen eSMS vorhanden sind. Darüber hinaus sind weitere Prozesse implementiert (Klassifikation von Ereignissen, Revision). Allerdings gibt es keine Hinweise, dass es sich dabei um ausschließlich kerntechnikspezifische Prozesse handelt. Die Klassifikation erfolgt zwar anhand eines gesetzlich vorgegebenen Schemas, der Meldekriterien der AtSMV. Derartige Klassifikationsschemata werden in vielen eSMS zur Aufbereitung von Ereignisdaten angewendet (vgl. DNV, 1998). Ebenso ist die Revision von Berichten eine allgemein gültige Prozedur der Qualitätssicherung von Ereignisberichten.

Theoretisch abgeleitete Prozesse, die in praktischen eSMS nicht implementiert sind, bieten Optimierungspotential. Am deutlichsten fällt dies beim Nichtvorhandensein von Prozesse für den Transfer impliziten Wissens ins Gewicht. Die Modelle von Nonaka (1994) und Isaacs (1993) sowie die Befunde von Orr (1987) legen nahe, dass implizite Wissensinhalte zwischen Personen durch Externalisierung innerhalb eines sachbezogenen Dialogs erfolgt, jedoch nicht bei formalisierter, schriftlicher Kommunikation (vgl. 1.2). Ausschließlich in Anlage Delta wurde für die Ereignisanalysen ein Vorgehen gewählt, welches den Dialog zwischen Experten verschiedener Fachabteilungen institutionalisiert und somit Erfahrungstransfer über die Begrenzungen schriftlicher Berichte hinaus ermöglicht. Grundsätzlich sollte ein eSMS solche Prozesse umfassen.

Hervorzuheben ist das Fehlen von Prozessen zur Quantifizierung von Ereignisdaten für weitere probabilistische Analysen in zwei der untersuchten Systeme. Dazu ist jedoch anzumerken, dass dieses für einige Ergebnisse technischer Analysen, nicht jedoch für HF-Analyseergebnisse, dieses in Vorbereitung behördlich vorgeschriebener Periodischer Sicherheitsüberprüfungen (PSÜ) geschieht. Dennoch besteht eine Optimierungsoption in der Institutionalisierung von Schnittstellen zwischen Methoden der Feedback- und der Feedforward-Kontrolle (Rasmussen, 1991; siehe auch Einleitung, S.13). Sträter (1997) hat in einer umfangreichen Studie diesbezügliche Vorschläge speziell für die Kerntechnik gemacht.

Ein Überblick über die Ergebnisse des Vergleichs von Prozessen in den eSMS der drei Anlagen mit dem normativen Modell sind in Tabelle 11 dargestellt.

Tabelle 11 Vergleich von eSMS in der Praxis mit dem normativen Modell

Element	Funktion	Anlage Alpha	Anlage Beta	Anlage Delta
Datensamm-	Detektion/Registrierung	Störungsmeldesystem		

lung	Selektion		Morgenrunde		
	Erfassung		Durch BKS bzw. BHF und FB	Durch LE und FB	Durch LE bzw. Ereignisanalyseteam und FB
Speicherung	Speicherung SRI		Formulare, Datenbanken und/oder Aktenordner		
Analyse und Interpretation	Ereignisanalyse (Aufdeckung von Mustern der Ereignisentstehung)	Explizites Wissen	Techn. oder HF-Analysen	Integrierte technische und HF-Analysen	
		Implizites Wissen	(keine Routine)		Analyse im Team
	Dokumentation und Klassifikation		Bericht	Bericht, Quantifizierung für PSA	Bericht
Transfer	Transfer der Analyseergebnisse	Explizites Wissen	Berichtswesen		
		Implizites Wissen	(keine Routine)		Diskussion im Team
Autorisierung und Evaluation	Abschätzung der Effizienz korrektiver Maßnahmen		Anlagenleitung, kaufmännische Abteilungen		
	Implementierung korrektiver Maßnahmen		Auftragswesen		
	Evaluierung der Wirksamkeit		Externe Audits		

Bei dieser Gegenüberstellung von Theorie und Praxis von eSMS wirft sich die Frage auf, inwieweit sich tatsächlich für die Ereignisverarbeitung notwendige Handlungen als Routine und damit als struktureller Bestandteil von Organisationen (Welter & Kubicek, 1985) festlegen lassen. Gibt es Handlungen, deren Festschreibung als Routine fragwürdig und deren Unterstützung durch Informationstechnologien erschwert ist?

Grundsätzlich ist die Frage zu bejahen, und darin liegt ein Problem von eSMS. Zu diesen Prozessen, die sehr schwer zu standardisieren sind, gehören die Erfassung zusätzlicher Informationen sowie die Abschätzung der Effizienz korrektiver Maßnahmen. Die Analyse von Ereignissen ist, wie in Abschnitt später in 4.2 anhand der SOL-Methode erläutert wird, nicht darunter zu fassen.

Für die Erfassung von Ereignissen werden sowohl im normativen Modell als auch in den Interviews mit den eSMS-Managern verschiedene Methoden (Fragebögen, Interviews, “Management by walking around”) und Informationsquellen (Messschriebe, Dokumente, Protokolle) angegeben. Das weist darauf hin, dass diese Handlungen schwer zu standardisieren sind, wenn nicht dies sogar aufgrund der Dezentralisierung dieser Funktion unmöglich ist. Dennoch finden sich in der Literatur eine Reihe von Leitfäden zur Durchführung von Interviews und der Erfassung von Ereignisinformationen (z.B. DOE, 1997; Ferry, 1988; Kuhlmann, 1977), deren Integration in ein solches System mithin die Freiheitsgrade reduzieren und den Standardisierungsgrad des eSMS erhöhen würde.

Einen weiteren diesbezüglichen Schwachpunkt stellt die Effizienzabschätzung für korrektive Maßnahmen dar. Wie Entscheidungen über die Umsetzbarkeit und Effizienz korrektiver Maßnahmen getroffen werden und welche Einflüsse den Entscheidungsprozeß konkret moderieren, wird weder durch das normative Modell noch durch die Ergebnisse der Studie II geklärt. Mithin scheint es plausibel, dass eine hinreichende Informationsbasis die Berücksichtigung bestimmter Entscheidungsalternativen ermöglicht. Kjellén (1998; S.3) postuliert, daß das Management bei ausreichender Versorgung mit sicherheitsbezogenen Informationen Entscheidungen hinsichtlich der Priorität und Nützlichkeit korrektiver Maßnahmen trifft. Wie dies geschieht, bleibt offen. Die Effizienzabschätzung korrektiver Maßnahmen kann nur indirekt durch die Verbesserung der gesamten Informationsverarbeitung im eSMS unterstützt werden.

Abschließend ist die Frage zu beantworten, ob die Reihenfolge der Teilprozesse zwischen theoretischen und praktischen eSMS übereinstimmt. Die obige Prozessdarstellung entspricht der Sequenz ihrer Abfolge in den untersuchten eSMS und damit weitestgehend den theoretischen Annahmen. Abweichungen sind bei der Dokumentation/Speicherung festzustellen. Allerdings könnte dieses darauf zurück zuführen sein, das Kjellén (1998) sich an einer Computermetapher orientierte; für das Funktionieren und die Leistungsfähigkeit von Computern müssen physische Speicher vorhanden sein. Gegenwärtige eSMS in der Praxis sind zumeist nicht computergestützt, wodurch eine ausführliche Dokumentation der Ereignisse erst zu einem späteren Zeitpunkt notwendig und möglich wird.

3.4.4 Interne Gestaltungsfaktoren

Einige Prozesse weisen Besonderheiten je nach Anlage auf und für eine Computerunterstützung unzureichend standardisiert, obwohl Möglichkeiten dazu bestünden. Diese mangelnde Standardisierung könnte wie folgt begründet werden: Die gesetzliche Berichtspflicht erzeugt einen Ressourcenverbrauch für Erfassung, Analyse und Transfer von Ereignissen, der vermutlich die anlagenintern zur Verfügung gestellten Ressourcen vollständig bindet. Die Anwendung standardisierter Methoden, wie sie in den zitierten Leitfäden beschrieben werden, erscheint eines zusätzlichen Aufwandes zu bedürfen, der entsprechend der Richtlinien des anlageninternen SMS zu rechtfertigen wäre. Die anlageninternen Richtlinien zum Sicherheitsmanagement werden in Folge unterschiedlicher Reaktionen auf äußere Einflussnahme verschieden gestaltet, wodurch sich eine zwischen den Anlagen abweichende materielle und personelle Ressourcenzuweisung und -aufteilung für das eSMS ergibt.

Wenn die eSMS nicht ad hoc, sondern sich schrittweise (unter dem Einfluss externer Gestaltungsfaktoren) entwickeln, stellen die abgebildeten SADT-Modelle den gegenwärtigen Entwicklungsstand dar. Obschon in Kapitel 2 festgestellt worden ist, dass eine enge

behördliche Regulation des Sicherheitsmanagements in KKW existiert, sind Unterschiede in den anlageninternen eSMS festzustellen, die auf Spielräume auf diese Einflüsse rückführbar sind. Die vielfältigen Unterschiede zwischen den anlageninternen eSMS werden als *intraorganisationale Gestaltungsfaktoren* zusammengefasst, die als anlageninterne Antwort auf externe Einflüsse zu werten sind. Folgende sind relevant:

Stellenwert und Leitbild des eSMS: Die Funktionalität des eSMS wird beeinflusst von den formalen Vorgaben der Anlagenleitung sowie den informalen Einflüssen der Sicherheitskultur auf das Sicherheitsmanagement.

Kompetenzen des eSMS-Managers: Die praktische Ausführung eines eSMS hängt maßgeblich von den Kompetenzen der bzw. des eSMS-Managers ab. Dazu zählen die hierarchische Position bzw. Befugnisse, rechtliche Stellung, Berufserfahrung und Ausbildung sowie spezifische Methodenkenntnisse. Unterstützender Methoden werden dann nicht angewendet, wenn diese unbekannt sind bzw. der Umgang mit ihnen den verantwortlichen Personen nicht vertraut ist.

Zentralisierung/Integration von Informationssystemen: Eine Zentralisierung der Managementfunktion für das eSMS bringt offensichtlich Vorteile für den Erfahrungstransfer. Eine Dezentralisierung dieser Steuerungsfunktion, beispielsweise durch das Betreiben paralleler eSMS, führt zu zusätzlichem Koordinationsbedarf. Ein hoher Grad der Integration vorhandener Systeme bewirkt neben abnehmenden Koordinationserfordernissen bzw. Ressourcenverbrauch, dass ein eSMS sämtliche Aufgaben erfüllt. Ein Beispiel wäre die bereits erwähnte von Sträter (1997) vorgeschlagene Integration von Feedforward- und Feedbackkontrolle in einem solchen System.

Methodenbindung/Standardisierung: Die Unterschiede zwischen den eSMS sind geringfügig und beschränken sich vornehmlich auf die Analyse von Ereignissen. Hierbei werden verschiedene, mehr oder minder strikt angewandte Vorgehensweisen und Methoden präferiert. Sind heuristische, nicht methodengebundene Vorgehensweisen übliche Praxis, ist eine Implementierung als organisationale Routine in einem Unterstützungssystem zwar erschwert, jedoch zu empfehlen (vgl. 4.2).

Übliche Transfermedien: Anlageninternen eSMS unterscheiden sich in der Verwendung zweier Medien für Erfahrungsrückkopplung und Erfahrungstransfer. In allen Anlagen wird das Berichtswesen zur Kommunikation über Ereignisse, Ergebnisse von Analysen und korrektive Maßnahmen verwandt. Mit Hilfe dieses Mediums wird explizites Wissen an eingebundene Akteure transferiert. In der Anlage Delta wurde daneben der Dialog sicherheitsrelevanter Erfahrung in Form von Ereignisanalysen im Team etabliert. Das wirkt als wichtiges ergänzendes Transfermedium, denn in den Analysen wird implizites Erfahrungswissen weitergegeben und Metawissen über Expertisen anderer entwickelt.

3.5 Diskussion

Studie II diente der Bestandsaufnahe und Beschreibung der Organisation von eSMS in Kernkraftwerken. Ziel war, Grundlagen für die Gestaltung eines Unterstützungssystems zu bestimmen. Die übergeordnete Fragestellung dabei lautete, wie eSMS effizient zu gestalten sei.

Ein effizientes Managementsystem sollte kosteneffizient sein, d.h. zu verbesserten Produktionskennzahlen bei konstantem, sinkendem bzw. angemessenem Ressourcenverbrauch führen. Ein eSMS, das permanente Sicherheitsoptimierung durch Erfahrungstransfer gewährleistet, sichert die Kontinuität des wertschöpfenden Produktionsprozesses und die Vermeidung von Kosten in Folge von Ereignissen (vgl. S.100). Ein Einsparungspotential ist bei Entwurf- und Implementierung eines eSMS nur in geringem Maße vorhanden und von untergeordneter Bedeutung, da ein eSMS in Anlagen hohen Gefährdungspotentials zumeist gesetzlich erforderlich ist (vgl. Kapitel 2).

Die Befolgung gesetzlicher Berichtspflichten bindet Ressourcen in den Betreiberorganisationen. Die Berichtspflichten werden durch das eSMS erfüllt, wobei nur ein Teil verarbeiteter Ereignisse an die Aufsicht zu melden sind. Ein eSMS könnte deshalb neben den Berichtspflichten auch die Kontinuität der Produktion und Vermeidung von Ereignissen gewährleisten. Dieses geschieht effizient, wenn Erfahrungstransfer optimal unterstützt wird (vgl.1.2 und 1.3.).

Systematischer, effizienter Erfahrungstransfer kann durch angemessene Standardisierung und Formalisierung notwendiger Handlungen im eSMS erreicht werden, da diese sich wiederholen und der wiederkehrenden Verarbeitung von Ereignissen dienen. Standardisierung ist erschwert, wenn Dezentralisierung, d.h. die Beteiligung vieler Akteure, notwendig oder Methoden, deren Anwendung zur Standardisierung von Handlungen führen könnten, nicht vorhanden sind. Die Untersuchungsergebnisse der Studie II zeigen, dass dieses für die Sammlung relevanter Ereignisinformationen, die Analyse verursachender Ereignisbedingungen und die Effizienzabschätzung korrektiver Maßnahmen zutrifft.

Standardisierte Abläufe lassen sich mit Informationstechnologien einfacher abwickeln (vgl. 1.6). Welche Aktivitäten im einzelnen zu standardisieren sind, kann einem normativen Modell entnommen werden (vgl. Tabelle 6). Studie II zeigte, dass die Prozesse des zitierten Modells überwiegend relevant sind, jedoch fehlen einige wichtige (Klassifikation von Ereignissen und Revision von Berichten).

Ist eine Formalisierung bestimmter Handlungen im eSMS a priori nicht möglich, kann durch Verwendung von Methoden sowie Weiterbildung des Personals eine Einschränkung von Unsicherheiten und Freiheitsgraden sowie eine Zunahme der Standardisierung beim

individuellen Handeln erreicht werden. Eine Chance zur effizienzorientierten Neuorganisation und -ausrichtung des gesamten eSMS ist bei Entwurf und Implementierung einer Computerunterstützung gegeben (vgl.1.6).

Welche Möglichkeiten sind in der Kerntechnik für einen effizienteren Erfahrungstransfer erkennbar? Informationstechnologien für eSMS sind hier insgesamt noch nicht sehr verbreitet. Es existieren einzelne Softwareanwendungen. Integrative Lösungen, die sämtliche Funktionen eines eSMS unterstützen, wurden in dieser Untersuchung nicht vorgefunden. Besonders die eSMS-Funktionen, bei denen eine Standardisierung von Handlungen erschwert ist, sind keine Computerunterstützungen zu finden und Unterschiede in der Organisation der Abläufe zwischen den Anlagen zu erkennen.

Erklärt wurden die in Studie II gefundenen Unterschiede mit unterschiedlichen internen Reaktionen auf extraorganisationale Einflussnahmen auf internes Sicherheitsmanagement. Diese internen Gestaltungsfaktoren führen zu den beobachteten Unterschieden, wie verschiedene hierarchische Lokation der Managementfunktion eines eSMS, verschiedener Integrationsgrad technischer und HF-Analysen sowie verschiedene Institutionalisierung von Erfahrungstransfer im Dialog (vgl. 3.4.2).

Die Analyse zeigt, dass die konkrete Ausführung ereignisbasierten Sicherheitsmanagements vom Stellenwert und Leitbild des eSMS in der Anlage, den Befugnissen und Fähigkeiten der eSMS-Manager, der Zentralisierung und Integration von Informationssystemen, der Standardisierung und Methodenbindung relevanter Handlungen sowie den verwandten Transfermedien beeinflusst wird. Dieses sind Ansatzpunkte, um neben der technischen Implementierung einer integrierten Computerunterstützung effizienten Erfahrungstransfer in einer Anlage hohen Gefährdungspotentials zu entwickeln (vgl. 3.4.4).

Denn der Nutzen von Informationstechnologien, die schnelle, formalisierte und ressourcenschonende Rückkopplung von Ereignisinformation sowie die Verbesserung des Erfahrungstransfers und somit die Optimierung der Systemsicherheit, wird sich erst entfalten, wenn integrative Lösungen für alle eSMS-Prozesse geschaffen und Synergien einer digitalisierten Informationsverarbeitung genutzt werden (vgl. 1.4). Die technische Unterstützung von Kommunikation innerhalb des eSMS wird die Implementierung bisher von der Computerunterstützung ausgesparter, dezentralisierter und wenig standardisierter eSMS-Prozesse ermöglichen. Computervermittelte Kommunikation und Erfahrungstransfer sind deshalb Schlüsselfunktionen zukünftiger computerbasierter eSMS.

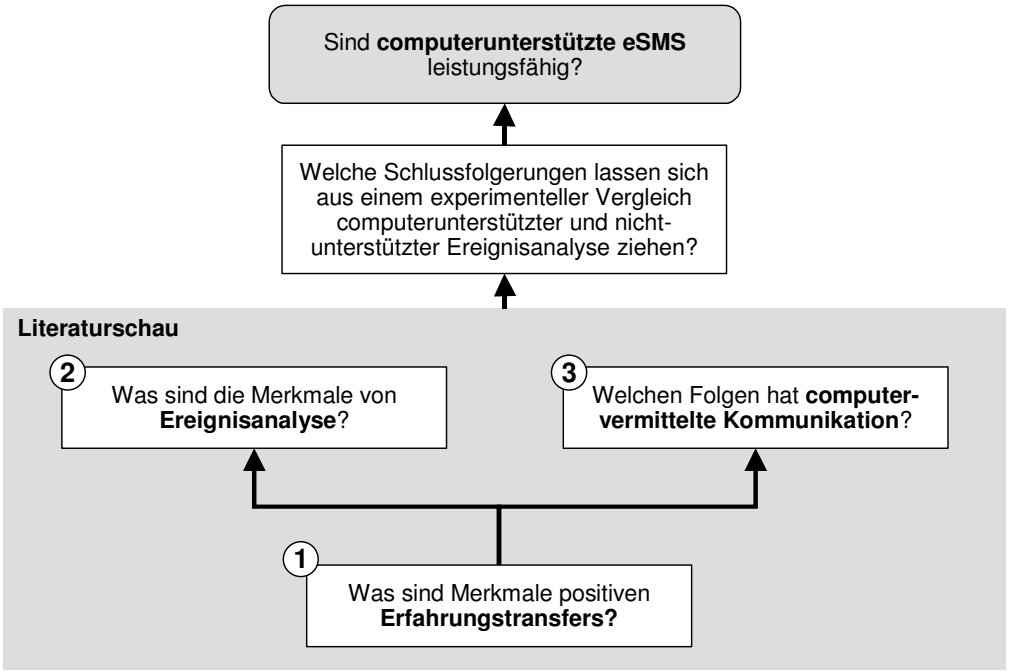
4 Studie III: Computerunterstützung von Erfahrungstransfer

Kann ein so komplexer Managementprozess wie ereignisbasiertes Sicherheitsmanagement überhaupt mit Informationstechnologien effizient unterstützt werden? Verfälscht nicht computervermittelte Kommunikation Qualität und Inhalt ausgetauschter Informationen so, dass diese für sicherheitsrelevante Entscheidungen nicht mehr verwendbar sind? Wird durch derartige Systeme Erfahrungsaustausch behindert?

Die technischen Möglichkeiten der Informationsverarbeitung sind einer raschen und sprunghaften Entwicklung unterworfen. Ein eSMS ist mit einem System zu unterstützen, welches die Qualität, Geschwindigkeit bzw. Zuverlässigkeit der Informationsverarbeitung in den Teilprozessen optimiert. Welche Möglichkeiten bieten heute übliche Informationstechnologien?

Gegenwärtige Informationstechnologien eigenen sich für die Rückkopplung sicherheitsrelevanter Erfahrungen aufgrund der hohen Verarbeitungskapazität, -geschwindigkeit und -zuverlässigkeit. Insbesondere verteilte Kommunikationssysteme (1.5.3) bieten deutliche Optimierungspotentiale. Die Implementierungen solcher Systeme scheitert jedoch an der Skepsis in den Organisationen. Die Skepsis bezieht sich auf mangelnden Erfahrungstransfer durch Computersystem. Mündliche Kommunikation und traditionelle manuelle Systeme werden einer Computerunterstützung vorgezogen.

Abbildung 15 Themen der Literaturschau



Es stellt sich die Frage nach der Leistungsfähigkeit derartiger Computersysteme im Vergleich zu herkömmlichen Managementsystemen, die auf direkt-mündlichen Absprachen (face-to-face) beruhen. Nachfolgend werden folgende Aspekte untersucht (siehe Abbildung):

1. Was ist Erfahrungstransfer und wie ist er optimal zu unterstützen? Welche Ergebnisse kann ein computerunterstütztes eSMS im Vergleich zu herkömmlichen face-to-face Systemen erbringen?
2. Ereignisanalyse ist die einflussreichste Methode im eSMS. Wie funktioniert sie und welchen Einfluss hat das Vorgehen bei einer Ereignisanalyse auf die Struktur eines eSMS?
3. Computerunterstütztes eSMS bedeutet die Kommunikation per Computer. Welchen Einfluss hat computervermittelte Kommunikation auf das eSMS? Eignet sich computervermittelte Kommunikation durch ein verteiltes Kommunikationssystem für eSMS?

Zunächst werden Modelle und Befunde der psychologischen Forschung dargestellt. Es schließt sich eine empirische Untersuchung an, welche Aussagen hinsichtlich der Eignung computervermittelter Kommunikation für eSMS liefert.

4.1 Erfahrungstransfer

Da nur bestimmte Personen Zeuge eines speziellen Ereignisses sind, ist ereignisbezogenes Erfahrungswissen zwischen verschiedenen Personen unterschiedlich verteilt (*Erfahrungsverteilung*. Das hat zur Folge, dass individuelle Erfahrungen, aus denen sich sicherheitsoptimierende Maßnahmen ableiten ließen, in Organisationen vorhanden, den Entscheidungsträgern jedoch häufig unzugänglich sind. Im eSMS institutionalisierter Erfahrungstransfer soll diese individuellen Erfahrungen in eine organisationale Wissensbasis übertragen (*kollektive Erfahrungsspeicher*) und somit relevanten Organisationsmitgliedern zugänglich machen.

Auch wenn die Organisationsmitglieder instruiert und motiviert sind, entsprechende Erfahrungen und Beobachtungen einer organisationale Wissensbasis zur Verfügung zu stellen, setzt dieses voraus, dass diese ihre persönliche Erfahrungen als relevant für die Organisation einschätzen und sie diese Erfahrungen adäquat verbalisieren können. Die Verbalisierbarkeit hängt vom Grad der willentlichen Abrufbarkeit ab, da es sich bei Erfahrungen häufig um implizites Wissen handelt (*Steuerung des Erfahrungsabrufs*, vgl. 1.2).

Der Erfolg ereignisbezogenen Erfahrungstransfers sollte an der Umsetzung sicherheitsoptimierender Maßnahmen bemessen werden. Häufig sind Erfahrungen eines Ereignisses vorhanden, Gegenmaßnahmen jedoch unbekannt. Liegen Gegenmaßnahmen nach dem

Ereignis nicht auf der Hand, sind sie in einem Problemlöseprozess durch die Analyse kausaler Ereignisentstehungsbedingungen (*Erfahrungen als Problemstellungen*) abzuleiten.

Ereignisanalysemethoden unterstützen und strukturieren diesen Prozess (vgl. Fahlbruch, 2000). Angewendet durch ein Expertenteam wird ein geteiltes mentales Abbild vom Ereignis erzeugt, in welchem sich die gemeinsame Auffassung zu den Ereignisentstehungsbedingungen sowie die nachvollziehbare Begründung korrektiver Maßnahmen manifestieren.

4.1.1 *Erfahrungsverteilung*

Personen in Organisationen und Gruppen verfügen selten über identische Erfahrungshintergründe, natürlich auch hinsichtlich sicherheitsrelevanter Ereignisse. Vergleicht man individuelles Erfahrungswissen, so wird sich feststellen lassen, dass alle Gruppenmitglieder (GM) über einen bestimmten Teil des gesamten Wissens, über einen anderen Teil einige GM und über einen dritten Teil des Wissens nur eine Person in der Gruppe verfügen. Somit verfügen Personen in Gruppen über überlappende, aber nicht identische Teilmengen von Informationen, die sie zum Lösen gemeinsamer Aufgaben einsetzten können (Hutchins, 1990; Rochlin, 1983; Weick & Roberts, 1993).

In der Praxis von eSMS werden deshalb mehrere Experten an der Untersuchung eines sicherheitsrelevanten Ereignisses beteiligt (vgl. Studie I und II). Ereignissen treten unerwartet auf und unterschiedliche Personen sind daran beteiligt. Deren Erfahrungen bieten Hinweise zu verursachenden Ereignisbedingungen und korrektiven Maßnahmen. Diskussionen in Analyseteams ermöglichen den Austausch *nicht-geteilter* Informationen.

Die so geteilte Information steht dem gesamten Team zur Verfügung und wird Grundlage eines geteilten mentalen Abbilds. Bezogen auf eine besondere Form intellektueller Gruppenaufgaben führen Stasser & Titus (1985) den Begriff der *verdeckten Lösungsstrukturen* (*hidden profils*) ein. In einer verdeckten Struktur existieren Lösungsalternativen, deren Aufdeckung jedoch behindert wird, da jedes Gruppenmitglied nur über einen Teil der Information verfügt, welche diese Lösung stützen würde. Erst der Austausch ungeteilter Informationen ermöglicht die Aufdeckung der Lösung.

Die Forschung an hidden profils zeigt, dass offenbar besteht jedoch in Gruppen eine grundsätzliche Tendenz zur Diskussion von geteilten anstelle ungeteilter Informationen (Larson, Foster-Fishman & Keys, 1992; Stasser, Taylor & Hanna, 1989; Wittenbaum & Stasser, 1996; Stasser & Stewart, 199).

(1.) Zu Beginn einer Diskussion tendieren Gruppenmitglieder seltener zur Bevorzugung der verdeckten Lösungsstruktur, da sie individuell nur über einen Teil der Informationen verfügen, die eine solche Präferenz untermauern würde. D.h. sie sind am Anfang schlicht nicht in der Lage, die verdeckte Lösung aufzudecken.

(2.) Eine Gruppe kann dennoch die verdeckte Lösungsstruktur entdecken, indem das individuelle Wissen zusammengetragen wird. Dieses Zusammentragen kann sich jedoch nicht allein auf die Nennung spezieller Items beschränken, sondern bedarf der Integration individueller Informationen in das bestehende geteilte mentale Abbild der Problemsituation.

(3.) Die Entdeckung der verdeckten Lösungsstruktur hängt ab von der Berücksichtigung ungeteilten, individuellen Wissens. Diskussionen, welche das bereits geteilte Wissen fokussieren, provozieren das Übersehen alternativer verdeckter Lösungsstruktur.

Möglicherweise sind diese Befunde mit *erhöhtem Koordinationsbedarf* in der Gruppe zur Integration neuer Information zu erklären (vgl. Witte,1994). Zur Lösungsfindung müssen Gruppenmitglieder sich abstimmen. Werden überwiegend geteilte Informationen ausgetauscht, treten nur geringe Koordinationserfordernisse auf, da diese im Gegensatz zu nicht-geteilter Information geringerer Anstrengungen zur Integration in das mentale Abbild bedürfen.

Der Koordinationsbedarf einer Gruppe zur Lösung einer Gruppe wird nach Witte (1994) beeinflusst durch:

- die Aufgaben (hier die Verfügbarkeit von Erfahrungen),
- die Zeit zur Lösung der Aufgaben und
- die Anzahl der Gruppenmitglieder.

Diese Einflussfaktoren werden in der empirischen Untersuchung von computerunterstützten Ereignisanalysen berücksichtigt.

4.1.2 *Kollektive Erfahrungsspeicher*

Ereignisse werden also analysiert, indem individuell verfügbare Informationen einem kognitiven Verarbeitungsprozess im Ereignisanalyseteam zugeführt werden. Kognitive Leistungen werden u.a. durch Speicher determiniert (Anderson, 1983), da diese die aufgenommene Information für die kognitive Weiterverarbeitung verfügbar machen. Dieses gilt auch für Gruppen (Schultz, Ketrow & Urban, 1995; Vollrath et al., 1989). Eine Verminderung bzw. Überlastung der kollektiven Speicherleistung vermindert die Lösungsleistung. Eine Erweiterung von Gedächtniskapazitäten wirkt diesem entgegen.

Wie funktioniert ein kollektives Gedächtnis? Die Menge gespeicherten Erfahrungswissens hängt, neben der Aufnahme im Dialog der Gruppe, von der individuellen Gedächtniskapazität ab. Die kann durch externe Speicher für explizites Wissen (z.B. Notizblock und Nachschlagewerk, aber auch Arbeitsanweisung oder Datenbank usw.) erweitert werden,

indem gegenwärtig nicht benötigte, aber Gedächtniskapazität nutzende Information, dort abgelegt wird und bei Bedarf wieder abgerufen wird.

Dieses Prinzip setzt Wegner (1987) für die Herleitung seiner Theorie eines interpersonalen, transaktiven Gedächtnisses ein (transactive memory - TM): Personen nutzen andere als externe Wissensspeicher. D.h. zur Lösung eines Problems können sie das Wissen anderer Personen verwenden, indem sie aus Gedächtnissen anderer benötigte Informationen abfragen. Als Voraussetzungen zur Herstellung eines kollektiven Informationsspeichers nennt Wegner Rollenaufteilung, Expertise und Verantwortlichkeit (vgl. Stasser, Stewart & Wittenbaum, 1995):

1. In der Gruppe existiert Metawissen über Expertenrollen. D.h. es sollte bekannt sein, über welche spezifischen, nicht-geteilten Informationen (Erfahrungen) jedes Gruppenmitglied aufgrund seiner Rolle in der Gruppe bzw. der Organisation verfügt.
2. Ein jeweiliger Experte sollte über tatsächliches Fachwissen und spezifische Erfahrungen verfügen, d.h. sein Wissen sollte aktuell sein und objektiven Maßstäben genügen.
3. Die Experten sind bereit, ihr Fachwissen und ihre Erfahrungen anderen zur Verfügung zu stellen. Sie müssen sich sozusagen verantwortlich zeigen, andere GM mit fehlenden Informationen zu versorgen.

Für eine Unterstützung transaktiver Gedächtnisprozesse im eSMS mit Informationstechnologien ist der Aufbau von Metawissen über Expertisen relevant. Denn der Erfahrungstransfer im eSMS arbeitet dann effektiv, wenn individuelle Expertisen und Erfahrungen in die Analyse und Ableitung korrektiver Maßnahmen einfließen. Dazu muss bekannt sein, wer über gesuchte Informationen verfügen könnte.

Koordinationsprozesse zwischen den Gruppenmitgliedern bei Aufgaben mit verdeckten Lösungsstrukturen geschehen in der Regel implizit, d.h. sie werden den Personen meistens nicht bewusst. Verschiedene Befunde zeigen, dass eine Explizierung dieser Koordination, u.a. durch Metawissen über Expertisen ermöglicht wird, zur Verbesserung der Problemlöseleistung führen.

Stasser & Stewart (1992) zeigten, dass eine klare Zuweisung von Verantwortlichkeiten (*Rollenstruktur*) für Wissensdomänen die Problemlöseleistungen von Gruppen verbessert. Wenn die Expertenrollen bekannt sind, erwähnen GM im Anschluss an die Diskussion mehr ungeteilte Informationen (Stewart & Stasser, 1995, Stasser, Stewart & Wittenbaum, 1995). Offensichtlich ist die Koordination des Informationsaustausches verbessert, wenn den GM bekannt ist, bei welcher Person sie welche Informationen abrufen können.

Die Ausbildung einer Rollenstruktur in Expertenteams, was den Abruf transaktiver Informationen offenbar verbessert, braucht die Entwicklung *sozialer Beziehungen* zwischen

den GM (Cranach, Ochsenbein & Valach, 1986; Moreland & Levine, 1988). Hollingshead (1999) zeigte, dass miteinander vertraute Personen besser um die Expertisen anderer Person wissen und häufiger transaktive Informationen abrufen als einander fremde Personen. Wegner, Erber & Raymond (1991) fanden heraus, dass miteinander vertraute Personen eine implizite Struktur für die Zuschreibung von Verantwortlichkeiten hinsichtlich der Aktualisierens von Wissen aufbauen, was auf eine gesteigerte Organisation transaktiver Informationen hinweist.

Auch das *Kommunikationsmedium* hat einen Einfluss. Die Leistung von Gruppen bei Aufgaben mit verdeckter Lösungsstruktur besteht in der Erzeugung eines kollektiven mentalen Abbilds (Problemraum; Larson & Christensen, 1993), wobei ein Minimum an Übereinstimmung zwischen den GM die Voraussetzung einer weiteren Ausdifferenzierung des Problemraumes durch Integration neuer problemrelevanter Information ist (ebd., S.10). Die "stille" Abstimmung zwischen Personen erfolgt über den Austausch nonverbaler Informationen (Gestik, Mimik, Haptik usw.; vgl. Forgas, 1994). Die Unterdrückung solcher Informationen durch die Begrenzung der Bandbreite des Kommunikationsmediums führt zu einer geringeren Abrufrate transaktiver Informationen. Hollingshead (1999) untersuchte Paare bei der Lösung einer Wissensaufgabe, bei der die Versuchsgruppe computervermittelt kommunizierte, die Kontrollgruppe hingegen unmittelbar mündlich. Sowohl ein Postwissenstest als auch die Analyse der Kommunikation zeigte, dass computervermittelt arbeitende Gruppen weitaus weniger transaktive Informationen abriefen. Offenbar spielen nonverbale Hinweise bei der Organisation transaktiver Gedächtnissysteme eine wichtige Rolle.

Der Abruf aus kollektiven Gedächtnissen wird beeinflusst durch

- Rollenstruktur in der Gruppe,
- die Qualität der sozialen Beziehungen zwischen den Gruppenmitgliedern sowie
- das in der Gruppe verwandte Kommunikationsmedium.

Auch diese Einflussgrößen werden in der empirischen Untersuchung von computerunterstützter Ereignisanalyse berücksichtigt, wobei die Qualität der sozialen Beziehungen bei adhoc Guppen (im Vergleich zu Praxisteams) einen vernachlässigbaren Einfluss haben sollte. Der Einfluss des Kommunikationsmediums auf die Teamleistung wird in 4.3 eingehender diskutiert.

4.1.3 Steuerbarkeit des Erfahrungsabrufs

Erfahrungswissen als wertvolle Grundlage sicherheitsoptimierenden Erfahrungstransfers ist mehr als ein simples Faktum wie ein Wort oder eine Zahl. Vielmehr stellt es das Kondensat

der Beobachtungen, Emotionen, Gewohnheiten, Fähigkeiten usw. dar. Diese unterschiedlichen Qualitäten von Erfahrungen beeinflussen deren Abruf für Ereignisanalysen in Teams.

Während *explizites*, faktenbasiertes Erfahrungswissen vergleichsweise willentlich abrufbar und verbalisierbar und somit für den Informationsaustausch geeignet ist, ist der Austausch *impliziten*, fähigkeitsbasierten Wissens, welches einer Verbalisierung kaum zugänglich ist, erschwert. Erfahrungen können als in Sinnzusammenhängen gespeicherte Informationen betrachtet werden, d.h. sie bestehen aus individuell interpretierten Daten. Damit sind spezifische Erfahrungen mit Vorwissen verknüpft, in deren Kontext sich Struktur und Bedeutung einer neuen Information erschließen (Bischof, 1995). Durch Lernprozesse, wie Erziehung, Ausbildung, beruflicher Sozialisation usw., eignen sich Personen *Regeln* an, die beschreiben, welche Information in welchem Kontext zu erwarten und wie sie zu interpretieren ist.

Ein Beispiel: Beim Spracherwerb werden Information (Vokale, Konsonanten, Worte) und Zuordnungsregeln (Grammatik, Syntax, Semantik) gelernt werden. Das Regelwissen ist überwiegend implizit, d.h. unbewusst und schwer verbalisierbar. Eine Untersuchung der Verfügbarkeit dieses Wissens würde zeigen, dass nur eine Minderzahl der Personen alle von ihnen verwandten Grammatikregeln auch benennen kann. Die überwiegend richtige Anwendung der Grammatikregeln jedoch belegt das Vorhandensein entsprechenden Wissens, die Unfähigkeit die Regeln zu benennen einen beschränkten Zugriff auf das Regelwissen, einen geringeren Grad der bewussten Aufmerksamkeitssteuerung (Dienes & Perner, 1999; S.741).

Der Zusammenhang zwischen Information und Regel ermöglicht eine flexible und robuste Informationsübertragung im Dialog. Tatsächlich wäre es in einem Gespräch unerheblich, ob ein einzelner Konsonant eines Wortes nicht übertragen werden würde. Das Wort würde wahrscheinlich dennoch richtig interpretiert werden, da der Konsonant aufgrund der Regel implizit erwartet und kompensatorisch durch den Zuhörer eingefügt werden würde.

Der kompensatorische Effekt lässt darauf schließen, dass bestimmte Fakten aufgrund von Regeln andere (möglicherweise verdeckte) Fakten implizieren, die jedoch nicht übertragen werden und dennoch auf der Senderseite, der Empfängerseite oder auf beiden Seiten mit der ausgetauschten Information eng verknüpft sind. Es existieren offenbar zwei verschiedene Modi der Informationsübertragung, die sich hinsichtlich der tatsächlichen Verbalisierung einer Information unterscheiden. Zum einen können Fakten verbalisiert kommuniziert werden. Zum anderen können Fakten kommuniziert werden, indem sie sich durch Regeln deduktiv erschließen lassen. (Dabei wird davon ausgegangen, dass verdeckte

Informationen nicht willentlich verschwiegen werden. Dieses ist zwar grundsätzlich möglich, wird aber als untypisches Merkmal von Erfahrungstransfer in dieser Studie vernachlässigt.)

Implizites und explizites Wissen hat demnach auch eine kollektive Dimension. Die Theorie von Nonaka (1994) basiert auf dieser Annahme und postuliert eine Übertragbarkeit der beiden Wissensformen (vgl. Tabelle 4).

Die Messung von implizitem Wissen ist möglich, wenn auch sehr aufwendig (vgl. Reber, 1967). Für diese Form der Messung impliziten Wissens sind Probleme mit bekannten Regeln und einer richtigen Lösung erforderlich. Ereignisanalysen stellen jedoch ein Optimierungsproblem mit einer Vielzahl möglicher Lösungen dar, weswegen wird in dieser Studie auf eine Operationalisierung impliziten Wissens verzichtet wird. Dieses ist bei der Interpretation von Messungen expliziten Wissens in der Form in Betracht zu ziehen, dass das einfacher zu operationalisierende explizite Wissen nur einen Teil neuerworbenen Wissens ausmacht.

Abbildung 16 Merkmale von Erfahrungstransfer

Merkmale von Erfahrungstransfer	Was sind **Barrieren** bei Erfahrungstransfer in Organisationen?	Wie sieht eine **optimale Umgebung** für Erfahrungstransfer aus?
Erfahrungsverteilung	Eigentümer von Erfahrungen und kritischen Informationen sind Individuen (nicht die Organisation)	• Systematische Identifikation, Verfügbarmachung und Nutzung kritischer Erfahrung von Individuen
Kollektive Erfahrungs-speicher	Individuelle Erfahrungen werden quasi über kollektive Gedächtnisse ausgetauscht, die Gruppen-prozessen unterworfen sind	• Aufbau von Wissensspeichern der Organisation für implizites Wissen (durch Expertennetzwerke) und explizites Wissen (durch Datenbanken)
Steuerung des Erfahrungsabrufs	Erfahrungen sind nicht gleichmäßig dem bewussten Erinnern (Abruf) zugänglich, es besteht in einer Organisation die Gefahr von Fehlschlüssen durch eine selektiven Informationsverarbeitung	• Aufbau und Verteilung von Metawissen über Expertise durch Schaffen von Vertrauen zwischen Personen, Förderung nonverbaler Kommunikation, Entwicklung von individueller Expertise

Für die empirische Untersuchung von Ereignisanalysen in Teams wird festgehalten:

- Explizites Wissen ist von implizitem Wissen zu unterscheiden
- Der Transfer impliziten Wissens hat bei Ereignisanalysen einen entscheidenden Wert, da es durch einen kompensatorischen Effekt die Aufdeckung verdeckter Lösungsstrukturen unterstützt.
- Die Messung impliziten Wissens in der vorliegenden Studie ist aufgrund des Fehlens geeigneter Methoden nicht möglich.

4.2 Ereignisanalyse als Erfahrungstransfer

Besonders bei komplexen Ereignisanalysen wird erfahrungsbasiertes Regelwissen aktiviert, da Zusammenhänge erkannt, Korrekturmaßnahmen abgleitet und begründet werden müssen. Schließlich besteht das Ziel von Ereignisanalysen in der schrittweisen, logisch nachvollziehbaren Identifikation verursachender Bedingungen und korrektiver Maßnahmen. Man könnte sagen, dass das beauftragte Team bei der Begründung der Korrekturmaßnahmen, welche ihm möglicherweise aufgrund seiner Berufserfahrung ad hoc, ohne aufwendige Analyse plausibel erscheinen, implizites Wissen reflektieren und transferieren muss. Schließlich sollte es die Maßnahmen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit bewerten und gegenüber organisationalen Entscheidungsträgern argumentieren zu können.

In der bisherigen Darstellung könnte der Eindruck entstehen, dass Gruppen bei Ereignisanalysen deutlich der Leistung eines einzelnen überlegen sein müssen. Jedoch sind für einer Reihe gruppentypischer Phänomene bekannt, welche die Leistungen negativ beeinflussen:

(1.) Gruppen tendieren zu wesentlich risikoreicheren Entscheidung als Individuen („risky shift“; Stoner, 1961).

(2.) Motivationsverluste und Verantwortungsdiffusion können Einzelleistungen erheblich reduzieren (Hardy & Crace, 1991; Kerr & Bruun, 1983; Kravitz & Martin, 1986).

(3.) Gruppen können zu unangemessenen Entscheidungen aufgrund einer spezifischen Gruppenkonstellation tendieren (Janis, 1972). Sie gelangen hierbei zu Entscheidungen, deren Unangemessenheit Außenstehende im Gegensatz zu den GM sofort gewahr werden.

(4.) Weiterhin können Leistungsminderungen aus verstärkten Bemühungen zur Lösung von Konflikten zwischen den GM erwachsen: Es erhöhen sich die Koordinationsbemühungen, das Engagement zur Lösung der eigentlichen Aufgabe wird geringer, wodurch sich die Problemlöseleistung reduziert (Witte, 1994; Mullen, Johnson & Antony, 1994).

Ereignisanalysen benötigen also einen systematischen Problemlöseprozess, der für das Analyseteam anwendbar ist. Er sollte den Koordinationsaufwand für den Abruf individueller Erfahrung vermindern sowie die Identifikation verdeckter Lösungsstrukturen erleichtern.

In der Literatur sind verschiedene Problemlösetechniken zu finden (Bales & Strodtbeck, 1951; Dörner, 1989; Larson & Christensen, 1993; McGrath, 1990; Mintzberg, Raisinghani & Théorêt, 1976). Diese Techniken weisen Ähnlichkeiten auf. Allgemein beginnt eine Problemlösung zumeist mit der Aufgaben- bzw. Zieldefinition, d.h. der Festlegung von Kriterien für die Evaluation des Endzustandes. Danach folgt eine Sammlung von

Informationen, d.h. es wird ein umfassender Alternativenraum konstruiert, in welchem die Lösung vorhanden, doch nicht unmittelbar aufzufinden ist. Anhand bereits vorhandener bzw. neu generierter Kriterien erfolgen eine Strukturierung von Zusammenhängen Lösungen, das Ableiten und das Bewerten von Lösungen. Schließlich ist eine Lösungen auszuwählen, umzusetzen sowie die Implementierung der Lösung anhand der zu Beginn definierten Kriterien zu evaluieren.

Ereignisanalysemethoden stellen die Anwendung solcher Problemlösetechniken auf Ereignisanalysen dar. Einen Überblick über verschiedener Ereignisanalysemethoden sind bei Ferry (1988) und DOE (1999) dargestellt. Grundlegendere Vorgehensweisen, wie Fehlerbaum-, Barrieren- und Abweichungsanalyse, referieren Baggen & Szameitat (1998). Becker et al. (1995; Kap.6) evaluierten verschiedene Ereignisanalyseverfahren hinsichtlich deren Theoriebindung. Fahlbruch (2000) entwickelt ein psychologisches Rahmenmodell der Ereignisanalyse und evaluiert die Ereignisanalysemethode SOL.

Die SOL-Methode ("Sicherheit durch Organisationales Lernen") wurde von Becker et al. (1995) zur Ereignisanalyse durch Expertenteams entwickelt. Ziel der Ereignisanalyse mit SOL ist "das ständige Lernen aus der Erfahrung zur Optimierung der Sicherheit" (Becker et al., 1995; S. 215). Die theoretischen Grundlagen sind "ein Systemansatz zur sachgerechten Behandlung von Human Factors, der systemische Ansatz der Ereignisentstehung und das Konzept des Organisationalen Lernens." (ebd., S.61).

Ein Ereignis wird mit SOL hinsichtlich indirekter, verdeckter und direkter, offenkundiger Faktoren analysiert. Dabei wird der Möglichkeit einer multikausalen Verursachung eines Ereignisses Rechnung getragen, da die Identifikation mehrerer Faktoren eingeschlossen und ein entsprechend breiter Untersuchungsansatz gewählt wird. Ziel bei der Anwendung von SOL ist es, möglichst viele beitragende Faktoren zu identifizieren (vgl. Fahlbruch, 2000) .

Eine SOL-Analyse besteht aus vier Arbeitsschritten: Informationssammlung, Rekosntruktion des Ereignisses, Konzeptualisierung beitragender Faktoren und Identifikation korrektiver Maßnahmen. Für alle Arbeitschritte stehen Arbeitsunterlagen zur Verfügung, die den Benutzer schrittweise durch die Analyse führt. Seit kurzem ist diese Methode auch als Computersoftware verfügbar (vgl. Maimer, Baggen & Szameitat, 1999).

Die Rekonstruktion des Ereignisses ist angelehnt an das *Sequentially Timed Events Plotting* (STEP; Hendrik & Benner, 1986). In der Situationsbeschreibung wird, nachdem ereignisrelevante Informationen gesammelt wurden, das Ereignis in Ereignisbausteine zerlegt, die anschließend, grafisch angeordnet, einen Überblick über den Ereignishergang liefern. Ein Ereignisbaustein enthält Angaben zum Zeitpunkt der Handlung, dem Ort, dem Akteur und seiner Handlung sowie enthält weitere Ergänzungen (Bemerkungen).

Abbildung 17 Übersicht Ereignisanalyseschritte und SOL

Schritte bei Ereignisanalysen	Welches sind **Schritte** bei Ereignisanalysen?	Wie unterstützt **SOL** (Wilpert et al., 1997) die Ereignisanalyse?	Wie kann Ereignisanalyse **quantifiziert** werden?
1. Informationssammlung	Informationsquellen zum Ereignis werden identifiziert, Informationen ausgewählt und zusammengetragen	• Anleitung	• Anzahl der berücksichtigter Informationseinheiten
2. Rekonstruktion des Ereignisses	Der Ereignishergang wird identifiziert, eine zeitlich logische Kette von Teilereignissen und Aktivitäten beschrieben	• Entwicklung eines Zeit-Akteurs-Diagramms	• Anzahl identifizierter Teilereignisse
3. Konzeptualisierung der Ereignisfaktoren	Die Kausalität der logischen Kette wird geprüft, fehlende Information identifiziert und deren Beitrag zur Auslösung der Ereigniskette geprüft	• Katalog möglicher beitragender Faktoren (industriespezifisch)	• Kodierung der Informationen und Relationen nach Design Rationale (Lee & Lai, 1996)
4. Identifikation korrektiver Maßnahmen	Maßnahmen, welche die Auslösung der Ereigniskette behindern oder verhindern werden identifiziert, sowie Aktivitäten und nächste Schritte beschrieben	• Anleitung	• Anzahl identifizierter korrektiver Maßnahmen

Dazu wird das Ereignis in einzelne Handlungen und Akteure zergliedert. Akteure können in SOL bzw. STEP sowohl Personen als auch technische Komponenten sein (vgl. Hendrick & Benner, 1987; S.69). Handlungen sind dabei beobachtbar oder mental, wobei sich alle anhand von Fakten belegen lassen sollten. Alle Ereignisbausteine werden in einer Zeit-Akteurs-Matrix angeordnet, wobei die Reihen die zeitliche Handlungsabfolge, die Spalten die Zuordnung der Handlung zu Akteuren entspricht. In SOL wird auf umfangreiche Tests der Zeit-Akteurs-Matrix in Bezug auf Vollständigkeit, Genauigkeit und Kontingenz verzichtet, wie sie von Hendrick & Benner (1987; S. 178 ff) vorschlagen, da das besonders bei komplexen Ereignissen größeren Untersuchungsaufwands bedarf.

Im zweiten Schritt der SOL-Analyse werden das Ereignis verursachende Faktoren identifiziert, d.h. es wird ein plausibles Konzept der multiplen Ereignisverursachung entwickelt: Das Ereignis wird durch das Analyseteam *konzeptualisiert*. Dieses wird durch die Identifikationshilfe unterstützt, die aus einer Liste direkt-beitragender Faktoren, die jeweils auf mehrere indirekt-beitragende Faktoren verweisen, besteht. Die Verweise zwischen direkten und indirekten Faktoren wurden von den Autoren aus offensichtlichen Interaktionen abgeleitet (vgl. Fahlbruch, 2000; S.110f). Die Identifikationshilfe soll den kreativen Prozess des Problemlösens anregen, in dem sie "die Untersuchungsfelder durch offene Fragen erschließt und zu vertiefter Analyse anregt, jedoch keine allzu spezifischen inhaltlichen Kategorien vorschreibt. Um die verkürzte Suche zu verhindern, sollen Verweise . . . auf weitere Untersuchungsfelder gegeben werden" (Becker et al., 1995; S.22).

Die Suche nach kontribuierenden Faktoren beginnt, indem die Frage "Warum?" zu den Fakten auf Ereignisbausteinen gestellt wird. Wird keine erklärende Antwort gefunden, so kann die Identifikationshilfe zur Anregung dienen. Die Faktoren in SOL, die durch Beispiele erläutert werden, können eher allgemeine Antworten geben. Beginnend bei direkten Faktoren, wird eine Antwort auf die Warum-Frage generiert. Eine spezifischere Antwort, als die in den Beispielliste vorgegebenen, kann durch den Benutzer an die Liste angefügt werden, wodurch eine schrittweise Anpassung der Identifikationshilfe auf den Arbeitskontext eines Benutzers ermöglicht wird.

Wurde ein direkter Faktor zur Ableitung einer Antwort gewählt und somit als mögliche verursachende Bedingung erkannt, so kann der Analysierende den Querverweisen folgend weitere indirekt-beitragende Faktoren auswählen. D.h., zu einem Ereignisbaustein, zu einer Warum-Frage, können mehrere verursachende Bedingungsfaktoren identifiziert werden. Ein erkannter Bedingungsfaktor kann erneut Fragen nach dem „Warum?“ aufwerfen, die wiederum zum Prozess der Beantwortung mit Hilfe der Identifikationshilfe und zur Identifikation weiterer kontribuierender Faktoren führt.

Schließlich können zu jedem Ereignisbaustein mehrere Warum-Fragen gestellt werden, die den gerade beschriebenen Prozess der Suche nach beitragenden Faktoren auslösen können. Denn das explizierte Ziel der Anwendung der Identifikationshilfe in der zweiten Phase der Ereignisanalyse mit SOL ist es "möglichst viele kontribuierende Faktoren für jede Ereignisbausteinkarte zu finden, weil mit der Identifikation möglichst vieler kontribuierender Faktoren die Möglichkeit vergrößert wird, Optimierungsmaßnahmen gezielt und wirksam einzuleiten" (Wilpert et al., 1997; Anhang S.11).

In Feldstudien in der Kerntechnik konnte gezeigt werden, dass SOL das Ziel der Identifikation möglichst vieler kontribuierender Faktoren erreicht (Wilpert et al., 1997). Fahlbruch & Wilpert (1997) schließen daraus, dass SOL den Prozess des Problemlösens während der Ereignisanalyse in Teams positiv unterstützen kann. Die strikte Trennung zwischen Informationssammlung und Identifikation verursachender Bedingungen, welche die Wahrscheinlichkeitsreduktion von Fehlern beim Schlussfolgern bewirken soll, führt dazu, dass ein Analyseteam zwei Aufgaben mit unterschiedlichen Koordinationserfordernissen zu lösen hat. Zwar lässt sich eine Ereignisanalyse insgesamt als Aufgabe mit verdeckter Lösungsstruktur klassifizieren. Dennoch ist die Interdependenz der Gruppenmitglieder beim Zusammentragen von Ereignisinformation in der ersten Phase einer SOL-Analyse wesentlich geringer als beim Diskutieren möglicher kausaler Zusammenhänge und korrektiver Maßnahmen (vgl. McGrath, 1983; Steiner, 1972; Szameitat, 1997). Dieser Umstand ist, wie nachfolgend ausgeführt wird, relevant zur Abschätzung der Effizienz einer Computerunterstützung.

Ereignisanalysen sind also Problemlöseprozesse. Die SOL-Methode unterstützt Ereignisanalysen in Teams. Für die Untersuchung sind zwei Phasen von SOL entscheidend:

- In der Rekonstruktionsphase wird der Ereignishergang graphisch abgebildet.
- In der Konzeptualisierungsphase werden kausale Wirkungsketten identifiziert und auf beitragende Faktoren und korrektive Maßnahmen geschlossen.

4.3 Folgen computervermittelter Kommunikation

Computervermittelte Kommunikation wird mit Hilfe spezieller Anwendersoftware für das Arbeiten in Gruppen realisiert, der sogenannten Groupware. Groupware unterstützt das Erledigen einer Gruppenaufgabe, indem zeit-räumlich unabhängiges, gemeinsames Bearbeiten und Austauschen von Informationen (Dokumenten) innerhalb Gruppe ermöglicht werden. Dazu sind bestimmten Koordinationsanforderungen, wie Handlungsbefugnisse (Zugangsrechte), die zeitliche Strukturierung der Aufgabenerledigung usw., in der Groupware implementiert. D.h. die Groupware übernimmt einen Teil bestimmter Koordinationsaufgaben, entlastet die Gruppe davon und kann so zu besseren Ergebnissen führen, als herkömmliche, auf direkt-mündlicher Abstimmung basierender Gruppenarbeit.

Die computervermittelte Zusammenarbeit in Gruppen wird in der Literatur unter verschiedenen Bezeichnungen untersucht, beispielweise Computer Supported Collaborative Work (CSCW), Computer-Mediated Communication (CMC), Groupware usw. Für den technischen Anwender ist eine Differenzierung der Begriffe sinnvoll (vgl. Oberquelle, 1991); der Verständlichkeit halber, und da in Studie III ausschließlich das Ergebnis computervermittelter Kommunikation in Gruppen interessiert, wird auf eine ausführliche Diskussion der Begriffe verzichtet. Synonym wird in Anlehnung an die sozial- und organisationspsychologische Forschung zu diesem Thema der Begriff der „computervermittelten Kommunikation“ (Computer-Mediated Communication - CMC) verwandt.

Nachfolgend wird der Forschungsstand zu Auswirkungen von CMC auf das Aufgabenlösen in Gruppen dargestellt. Zunächst werden Auswirkungen dargestellt, welche auf den zu erlernenden Umgang mit der Technik zurückzuführen sind. Anschließend werden Auswirkungen der Reduktion der Informationsbandbreite diskutiert. Um bisherige Forschungsergebnisse zu interpretieren, werden schließlich methodische Probleme in der CMC-Forschung dargestellt.

4.3.1 Anpassungsprozesse

Generalisierbare Aussagen zu Folgen computervermittelter Kommunikation in Gruppen sind aufgrund (1.) der Mannigfaltigkeit möglicher Ausgestaltungen solcher Systeme (z.B. Johansen, 1989) und (2.) der verschiedenen Aufgabenerfordernisse, welchen Gruppen im

Alltag gegenüber stehen, erschwert. Die Forschung hat das Thema besonders in den neunziger Jahren stärker untersucht.

Von großem Interesse war zunächst der "Flaschenhalseffekt" computervermittelter Gruppenarbeit zur experimentellen Variation der Kommunikationsbedingungen (z.B. Hollingshead, 1996; 1999; Straus, 1999, Weisband, 1992; Kahai, Sosik & Avolio, 1997). Der "Flaschenhalseffekt" verschiedener Kommunikationsmedien wird hervorgerufen durch einen technischen Suppressionseffekt für bestimmte Arten von Informationen: Während im unmittelbaren mündlichen Gespräch zwischen Personen neben verbalen auch nonverbale und paralinguistische Informationen übertragen werden können, werden bei Kommunikation mittel technischem Medium (z.B. Telefon, Dokumentenaustausch) eine medienspezifische Bandbreite nonverbaler Informationen unterdrückt. Die Filterung bestimmter Informationen wird durch die Bandbreite der Kommunikationsmedien bestimmt (Daft & Lengel, 1986), d.h. inwieweit die Medien Informationen verschiedener Sinnesqualität (verbal, akustisch, visuell, aber auch taktil, olfaktorisch usw.) übertragen. Auch CMC, in ihrer klassischen Form zumeist als Austausch von Aufzeichnungen und Dateien, jedoch mit fortschreitender Technologie auch als Videokonferenzsysteme, unterdrückt eine große Bandbreite nonverbaler Informationen.

Nonverbale Botschaften werden im persönlichen Gespräch auf mehreren Kanälen gleichzeitig gesendet und sind gewöhnlich untereinander sowie mit verbalen Botschaften koordiniert, d.h. ergänzen diese bzw. bilden einen Interpretationskontext (Forgas, 1994). Viele nonverbale Informationen entstehen aus unwillkürlichen Reaktionen, beispielsweise ist die Pupillenweite ein Indikator für Sympathie bzw. Aversion und wird von den meisten Menschen unwillkürlich richtig interpretiert (Hess, 1965). Nonverbale Informationen werden aber auch willentlich eingesetzt: Die persönliche Haltung einem Fakt gegenüber kann durch eine Geste verdeutlicht, die Geste durch eine Blickrichtung, die angibt, wem sie gilt, qualifiziert werden.

Nonverbale Kommunikation erfüllt fünf Funktionen (Argyle, 1972): (1.) Steuerung einer sozialen Situation, (2.) Selbstdarstellung, (3.) Kommunikation emotionaler Zustände, (4.) Kommunikation von Einstellungen und (5.) Kanalkontrolle (beispielsweise kann ein Kopfnicken andeuten, dass ein Redebeitrag beendet ist). Somit erfüllt der Informationsaustausch auf dem nonverbalen Kanal die Koordinationserfordernisse der Gruppe (Witte, 1994). Die Filterung des nonverbalen Kommunikationskanals beim Gruppenproblemlösen bedeutet somit die Unterdrückung wichtiger Steuerungsinformation.

In einem bereits 1984 publizierten Überblicksartikel diskutierten Kiesler, Siegel und McGuire sozialpsychologische Befunde computervermittelter Kommunikation. In eigenen Experimenten konnten sie zeigen, dass (1.) das Fehlen sozialen Feedbacks aufgrund des

eingeschränkten Informationskanals zu einer erschwerten Kommunikation sowie einem behinderten Verstehen einer Nachricht aufgrund des ausgeblendeten Kontextes führt, (2.) sozialer Einfluss, vermittelt durch Hierarchien, Status und Macht, egalisiert wird und (3.) soziale Standards und Normen relativiert werden, was computervermittelte Kommunikation unpersönlicher und aufgabenorientierter gestaltet. Durch diese eingeschränkte *Bandbreite* würde CMC zu einem schnelleren sachbezogenen Informationsaustausch, einer stärkeren Partizipation aller Beteiligten in Problemlöseprozessen und der Filterung von Koordinationshandlungen durch Filterung nonverbaler Informationen führen. Deshalb führe CMC bei bestimmten einfachen Aufgabenstellungen zu einer Steigerung der Gruppenleistung.

Daft & Lengel (1986) bezeichnen die Bandbreite eines Medium als "Media Richness". Sie stellen fest, dass sich reichhaltige Medien zur Lösung von Aufgaben mit mehreren bekannten Lösungsmöglichkeiten eignen. Weniger reichhaltige Medien eignen sich eher zur Informationssammlung.

Zu einer ähnlichen Unterscheidung gelangten Hollingshead, McGrath & O'Connor, 1993 (1993) mit ihrem Task-Media-Fit-Modell (Tabelle 12). Die Autoren postulieren mit Rückgriff auf das Klassifikationsmodell für Gruppenaufgaben (McGrath, 1984), dass aufgrund der verschiedenen, durch den Aufgabentyp ausgelösten Koordinationserfordernisse eine spezifische Passung (fit) zwischen Kommunikationsmedium (media) und Aufgabenerfordernissen (task) besteht. Eine gute Passung resultiert in einer Verbesserung der Aufgabenbewältigung durch die Gruppe, eine schlechte Passung steht für eine Verminderung.

Tabelle 12 Passung zwischen Aufgabe und Medium. Grau unterlegte Zellen kennzeichnen eine unzureichende Anpassung zwischen Aufgabenanforderung und Medium (nach Hollingshead, McGrath & O'Connor, 1993). Die Reichhaltigkeit des Mediums nimmt nach links hin ab, die Anforderungen an "Media Richness" nach unten hin zu.

Aufgabentyp	Computersysteme	Audiosysteme	Videosysteme	Unmittelbare Gruppensitzung
Ideen und Pläne entwickeln	Gute Anpassung	Mäßige Anpassung: Medium zu breit	Mäßige Anpassung: Medium zu breit	Mäßige Anpassung: Medium zu breit
Die richtige Antwort wählen: intellektuelle Aufgaben	Schlechte Anpassung: Medium zu schmal	Gute Anpassung	Gute Anpassung	Mäßige Anpassung: Medium zu breit
Die beste Antwort wählen: Entscheidungsaufgaben	Schlechte Anpassung: Medium zu schmal	Gute Anpassung	Gute Anpassung	Mäßige Anpassung: Medium zu breit
Verhandlung von Interessenskonflikten	Schlechte Anpassung: Medium zu schmal	Schlechte Anpassung: Medium zu schmal	Schlechte Anpassung: Medium zu schmal	Gute Anpassung

Das Modell setzt stabile Aufgabenanforderungen voraus. Diese sind jedoch bei natürlichen, praktischen Aufgabenanforderungen an Gruppen selten gegeben. Häufiger ändern sich die Anforderungen im Laufe der Bewältigung insbesondere komplexer Aufgaben, beispielweise durch die Strukturierung des Lösungsprozesses in Informationssammlung, Generierung von Lösungsvorschlägen und Diskussion von Alternativen. Auf die Zweiteilung der Aufgabenart bei der SOL-Analyse wurde bereits hingewiesen (vgl. 4.1.4).

Für die empirische Analyse von Ereignisanalysen in Teams bleibt festzuhalten:

- Die Rekonstruktion eines Ereignisses sollte durch CMC positiv beeinflusst werden.
- Die Konzeptualisierung eines Ereignisses sollte durch CMC negativ beeinflusst werden.

4.3.2 Effekte des Mediums auf Gruppenleistung

Leider sind die Befunde zur CMC hier nicht eindeutig. Die Forschung der neunziger Jahren zur CMC, offenbar gefördert durch leichtere Verfügbarkeit kostengünstiger, effizienter Computer und Netzwerke, eine große Anzahl teils sich widersprechende Befunde zur Informationsverarbeitung in Gruppen:

1. Einfluss auf Lösen unterschiedlicher Aufgaben: Die Befunde hinsichtlich der Problemlöseleistungen von computervermittelt kommunizierenden Gruppen (CMC-Gruppen) versus unmittelbar mündlich kommunizierenden Gruppen (Face-to-Face; FTF-Gruppen) sind differenziert zu bewerten, ordnet man sie entsprechend den in SOL verwandten Arbeitsschritten. Bei der *Informationssammlung* sind zunächst zwei Formen zu unterscheiden: (1.) GM können Informationen einbringen, die aus ihrem individuellen Wissen bzw. aus dem Umfeld der Gruppe stammen oder die sie kreativ generiert haben und (2.) GM können individuelles Wissen ihrer Partner erfragen. Hinsichtlich der ersten

Form sind CMC-Gruppen bevorteilt: CMC-Gruppen sammeln mehr Informationen und generieren mehr Ideen als FTF-Gruppen (Dennis & Valacich, 1993; Valacich, Paranka, George & Nunamaker, 1993; Valacich, Wheeler, Mennecke & Wachter, 1995), da computervermittelte Kommunikation eine unbegrenzte Zahl paralleler und unterschiedlicher Kommunikationsepisoden ermöglichen, während konventionelle Kommunikation seriell organisiert ist. Zumeist kann im Diskussionsrahmen einer FTF-Gruppe jeweils nur eine Person sprechen.

Bei der zweiten Form der Informationssammlung schneiden CMC-Gruppen nach einer Untersuchung von Hollingshead (1999) schlechter ab, denn GM aus CMC-Gruppen rufen deutlich weniger Wissen ihrer Partner ab, als GM in FTF-Gruppen. Insgesamt scheinen CMC-Umgebungen zur reinen Generierung von Informationen von Vorteil zu sein, bei der Organisation von Information scheint die Suppression nonverbaler Informationen sich hemmend auszuwirken (vgl. Hedlund, Ilgen und Hollenbeck, 1998; Schulz, Ketrow & Urban, 1995).

Bei *Diskussionen bzw. Verhandlungen* zeigen die Befunde zeigen, dass bestimmte sozialpsychologische Negativeffekte durch CM kompensiert oder beseitigt werden. So z.B. der "First Advocacy"-Effekt: Die Entscheidung einer FTF-Gruppe wird durch das erste Votum dominiert. Dieser Effekt fällt entsprechend stärker aus, wenn es sich dabei um eine Person mit hohem Status innerhalb der Gruppe handelt. Bei computervermittelter Kommunikation existiert kein solcher Zusammenhang zwischen der Reihenfolge der Meinungsäußerungen und deren Einfluss auf die Gruppenentscheidung (Kiesler & Sproull, 1984; Weisband, 1992). Andererseits sind FTF-Gruppen sind bei der Integration widersprüchlicher Informationen, gegensätzlicher Meinungen und Interessen in das gemeinsame Gruppenabbild des Problems im Vorteil (Arunachalam & Dilla, 1995).

Die Befunde für *Entscheidungen* in Gruppen deuten auf eine leichte Behinderung des durch CMC-Umgebungen: Zunächst zeigt eine Untersuchung von Farmer & Hyatt (1994), dass CMC-Gruppen eine geringere Anzahl von Entscheidungen innerhalb einer festen Periode treffen. Für die Richtigkeit der Entscheidungen sind die Ergebnisse nicht so eindeutig. Hedlund, Ilgen & Hollenbeck (1996) fanden signifikante, wenn auch geringe Vorteile der FTF-Umgebung gegenüber der CMC-Umgebung beim Finden der richtigen Lösung. Archer (1990) hingegen fand bei der Untersuchung von Entscheidungen in komplexen Geschäftsprozessen keine derartigen Unterschiede, was durch Daly (1993) in einer Untersuchung von Gruppenentscheidungen mit einer richtigen Lösung Bestätigung fand. Offensichtlich sind die Suppressionseffekte in CMC-Umgebungen für das Entscheidungstreffen nur wirksam, wenn der Problemraum hinreichend komplex und nur unzureichend definiert ist und somit eher einer Verhandlung/Diskussion ähnelt. Dann

sind die Interdependenzen und Koordinationserfordernisse offenbar so hoch, dass CMC herkömmlichen mündlichen Informationsaustausch unterlegen ist.

2. Einfluss der Gruppenstruktur: Sind Informationen in Gruppen ungleich verteilt, haben Rolle und Status einen Einfluss auf die Ergebnisse eines Gruppenproblemlöseprozesses (Larson et al., 1998). Insbesondere tritt dieses Problem auf, wenn GM mit geringem Status über kritische, für eine bestimmte Lösung wesentliche Informationen verfügt. Zu Beginn der neunziger stellte sich ein gewisser Optimismus ein, als sich in einigen Untersuchungen eine Kompensation von Statusdifferenzen in CMC-Gruppen durch den Suppressionseffekt zeigte (Dubrovsky, Kiesler & Sethna, 1991; McGrath & Hollingshead, 1994), was jedoch später von verschiedenen Autoren nicht repliziert werden konnte (Hollingshead, 1996; Reid, Ball, Morley & Evans, 1997; Sosik, Avolio & Kahai, 1997; Kahai, Sosik & Avolio, 1997).

   Es scheint, als seien beim Management von Wissen in CMC-Gruppen Statuseffekte stärker als die normenfilternde Wirkung des Kommunikationsmediums (Weisband, Schneider & Conolly, 1995). Wenn Normen geteilte Annahmen darüber sind, welche Verhaltensweisen in einem bestimmten Kontext zu präferieren sind (vgl. Schneider, 1985; S.20), bedeutet die Unterdrückung von Normen, dass Verhaltensweisen in bestimmten Situationen nicht vorausgewählt sind, sondern neu bestimmt werden müssen.

   Als Beleg dieser Filterwirkung kann das vermehrte Auftreten enthemmter Äußerung in CMC-Gruppen ("Flaming") gelten, die Ausdruck überschrittener bzw. nicht vorhandener Normen ist. Offenbar gelten diese in der mündlichen Kommunikation, werden wohl jedoch in der computervermittelten Kommunikation nivelliert (s.u.).

   Weiterhin zeigte sich, dass die experimentelle Induktion von Statusgleichheit zur Leistungssteigerung in CMC-Gruppen führte (Moore, Krutzberg, Thompson & Morris; 1999). Silver, Cohen & Crutchfield (1995) wiesen nach, dass statusundifferenzierte CMC-Gruppen wesentlich mehr unsystematische Informationen generieren als CMC-Gruppen mit Statusunterschieden.

3. Sozioemotionale Aspekte: Der Suppressionseffekt computervermittelter Kommunikation führt zu einer gewissen Anonymität des einzelnen GM: Kleidung, physische Attraktivität, Alter und Gesamterscheinung einer Person spielen keine Rolle bei der Kommunikation in CMC-Gruppen. Damit verändert sich auch die Qualität persönlicher Beziehungen zwischen den GM: In der Anonymität einer CMC-Gruppe kommt es zum sog. "Flaming"-Effekt (Kiesler & Sproull, 1992; Siegel, Dubrovsky, Kiesler & McGuire, 1986; Mantonavi, 1996): Darunter sind ungehemmte Äußerungen, abweichend von Konventionen normaler Umgangssprache emotionalen Inhalts, die oft beleidigend, diffamierend oder vulgär sind,

zu verstehen. Man kann sagen, dies sei der entgegengesetzte Pol einer Merkmalsdimension computervermittelter Kommunikation, auf deren einen, positiven, Seite die vermehrte Generierung von Informationen, auf deren anderen, negativen, Seite eine ungehemmte Generierung von Botschaften emotionalen Inhalts stehen.

Eine Veränderung des sozioemotionalen Hintergrundes durch das Kommunikationsmedium lässt Veränderungen im individuellen emotionalen Erleben der Gruppensituation erwarten. Straus & McGrath (1994) fanden, dass CMC-Gruppen wesentlich zufriedener waren als FTF-Gruppen, wenn sie eine Aufgabe lösten, die „Ideen und Pläne entwickeln“ (vgl. Tabelle 12) entsprach. Für diese Aufgabe sind CMC-Umgebungen sehr gut geeignet. Hingegen zeigten sich CMC-Gruppen bei Diskussions- und Entscheidungsaufgaben in dieser Studie unzufriedener. Größere Gruppen bedürfen stärkeren Aufwands zur Integration der Einzelleistungen in die Gesamtgruppenleistung. In Aufgaben des Typs „Ideengenerierung“, bei der CM der direkten mündlichen Kommunikation überlegen war, zeigen die Teilnehmer kleiner Gruppen (N=3) größere Zufriedenheit als in größeren Gruppen (N=9; Valacich, Dennis & Nunamaker, 1992). Hingegen ist unmittelbare Kommunikation ist nicht per se motivierender (Kluger & Adler; 1993).

Die Effekte werden offensichtlich über die Passung zwischen Koordinationserfordernissen und Kommunikationsmedium vermittelt. Für Praxisgruppen hieße das, dass computervermittelte Kommunikation von den Benutzern dann als positiv empfunden würden, wenn das Medium die Erfüllung der Aufgaben unterstützt, die Koordinationserfordernisse der Kapazität des Medium angemessen ist und CMC Vorteile gegenüber konventionellen Medien aufweist (vgl. 1.6).

Die wichtigsten Befunde der vergleichenden Forschung zu Effekten bei computervermittelter Gruppenarbeit sind in Tabelle 13 zusammengefasst.

Tabelle 13 Befunde zum Suppressionseffekt: Effekte computervermittelter Kommunikation bei CMC-Gruppen gegenüber FTF-Gruppen beim Problemlösen.

Art der Gruppen-aufgabe	Leistungsgewinn	Leistungsminderung
Informations-sammlung	Tragen mehr Information zusammen (Dennis & Valacich, 1993; Valacich et al., 1993; Valacich et al., 1995)	Transaktive Informationen werden seltener abgerufen (Hollingshead, 1999) GM sind schlechter informiert (Hedlund et al., 1998)
Diskussion / Verhandlung	"First advocacy"-Effekt, "Risky Shift"-Effekt wird kompensiert (Kiesler & Sproull, 1984; Weisband, 1992)	Meinungsunterschiede und Konflikte werden schlechter gelöst (Arunachalam & Dilla, 1995)
Entscheidung	Stärkere Partizipation aller Mitglieder (Huber, 1990)	Verlangsamung (Farmer & Hyatt, 1994) Minderung der Entscheidungsqualität (Hedlund et al., 1998); Keine Minderung (Archer, 1990; Daly, 1993)
Gruppenstruktur	Statuseffekte bei Gruppenentscheidungen werden kompensiert (Dubrovsky et al., 1991) Induktion von Statusgleichheit erbringt Leistungsgewinn (Moore et al., 1999, Silver et al., 1995)	Statuseffekte sind größer als Kompensation (Hollingshead, 1995, Reid et al., 1997, Weisband et al., 1995)
Sozioemotionale Aspekte	Stärkere Einbeziehung von randständigen Gruppenmitgliedern in Entscheidungsprozesse (Huber, 1990) Stärkeres Vertrauen in Computer bei der Suche nach objektivem Feedback (Kluger & Adler; 1993)	"Flaming": ungehemmte Äußerungen zumeist emotionalen Inhalts (Kiesler & Sproull, 1992; Mantonavi, 1996; Siegel et al., 1986)

Für die empirische Untersuchung von Ereignisanalysen in Teams ist relevant:

- Ingesamt wird die Nutzung verteilter Informationen durch CMC gefördert.
- Unter praktischen Gesichtspunkten der Benutzerzufriedenheit gilt die Feststellung, dass ein CMC-System Ereignisanalysen im Vergleich zu FTF besser unterstützen muss, um Benutzerakzeptanz zu erlangen. Dieser Aspekt wird nur mittelbar in der Untersuchung berücksichtigt.

4.3.3 Methodische Artefakte in der CMC-Forschung

Walther (1992) postuliert in der Social Information Processing Theory (SIP), dass Informationen in CMC-Umgebungen ausgetauscht werden über konstant schmale, jedoch potentiell soziale Kanäle. Die Suppresionseffekte von CMC sieht er verursacht durch das Untersuchungsdesign. In den Untersuchungen werden besonders zeitliche Aspekte zu wenig in Rechnung gestellt. Filtereffekte auf nonverbale Koordination bleiben zumeist unkontrolliert.

Die Übertragbarkeit der in den Laboruntersuchungen verwandten Aufgaben ist ungeklärt. Und die Operationalisierung von Problemlöseverhalten ist häufig unzureichend.

Zeitliche Aspekte: Walther (2000; S.15) zitiert eine eigene Metaanalyse, in welcher die Zeitbeschränkung als die entscheidende Moderatorvariable hinsichtlich Perfomance-Unterschieden zwischen FTF und CMC-Gruppen identifiziert werden konnte. Zwei Haupteffekte sind in Experimenten feststellbar: (1.) CMC-Gruppen benötigen aufgrund der Verlangsamung beim Erzeugen von Nachrichten mehr Zeit für die Lösung bestimmter Aufgaben. In einigen Untersuchungen brauchten CMC-Gruppen bis zu zehnmal mehr Zeit als FTF-Gruppen (Kiesler & Sproull, 1992; Siegel et al., 1986; Hollingshead, 1999; Weisband, 1992), was auf eine Verlangsamung durch den schriftlichen Austausch in Computerkonferenzsystemen zurückgeführt wurde. Es erscheint plausibel, dass mündliches Formulieren von Botschaften weniger Zeit benötigt als deren schriftliche Abfassung. (2.) Koordinationsprozesse, d.h. die fortwährende Anpassung der Gruppenstruktur an die Aufgabenerfordernisse (Cranach et al., 1986), laufen verzögert ab (Walther, 1992). Wenn Kommunikationsmedien und Aufgabe eine bestimmte Passung aufweisen und gleichzeitig eine Gruppe eine entsprechende koordinierte Struktur herausbilden muß, die der Aufgabe *und dem Medium* angemessen ist, dann benötigt dies Lernen bei gleichzeitiger Reduktion des Aufwandes zur eigentlichen Aufgabenlösung.

Hollingshead et al. (1996) untersuchten die Problemlöseleistung von Gruppen über einen Zeitraum von 13 Wochen. Auch hier waren die einzelnen Sitzungen von keiner längeren Dauer als 25 Minuten. Die Autoren fanden Leistungsvorteile von FTF-Gruppen bei Aufgaben, die Diskussion bzw. Verhandlungen erfordern (vgl. Tabelle 12), jedoch keine der erwarteten Leistungsvorteile der CMC-Gruppen bei Aufgaben mit Anforderungen an Informations-sammlung oder Entscheiden, was im Gegensatz zu den Befunden u.a. von Valacich und seinen Kollegen steht (1992, 1993, 1995). Im Unterschied zu anderen Studien mussten sich in dieser Untersuchung die GM der CMC-Gruppen in den ersten Sitzungen intensiv mit den Computern und der Software vertraut machen. Da die einzelnen Sitzungen nur wöchentlich stattfanden, ist anzunehmen, dass die Gruppen sich zu Beginn jeder Sitzung erneut mit dem System zurechtfinden mussten. Auch die Autoren selbst interpretieren ihre Befunde so, dass ein Teil der Leistungsminderung bei CMC-Gruppen stärker auf die Neuheit des Mediums zurückzuführen sei.

Nur wenige Autoren verwenden Designs, in denen Gruppen mehr als 30 Minuten (Lea & Spear, 1992) oder gar über eine Stunde zusammenarbeiten (Kahai, Avolio & Kahai, 1997; Hedlund et al., 1998; Hollenbeck et al., 1997). Teilweise werden keine Angaben zur zeitlichen Dauer der Zusammenarbeit gemacht (Moore et al., 1999; Siegel & Sproull, 1992). Nur selten wird ein Design verwandt, bei dem keine Zeitvorgaben existierten (Weisband, 1992). Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die bisherigen Befunde im Lichte des

zeitlichen Einflusses bewertet werden müssen, da CM Gruppen sich an das neue Medium anpassen müssen und sich ihre Fähigkeiten zur effizienten Kommunikation über das Medium nur langfristig entwickeln können.

Filtereffekte nonverbaler Kommunikation: Ein bisher ungelöstes Problem ist, dass der Effekt der Filterung nonverbaler Informationen in CMC-Gruppen direkte Vergleiche von Verhaltensdaten gegenüber FTF-Gruppen verzerrt. Wenn nonverbales Verhalten einen direkten Einfluss auf das Gruppenhandeln hat, so sind die Effekte natürlich in allen Bereichen des Gruppenhandelns zu erwarten. Walter (1992; S.59) erklärt, dass nonverbale Botschaften zwei Drittel der Bedeutung jeglicher sozialer Interaktion ausmachten. Die Befunde zeigen jedoch nicht, dass eine Unterdrückung nonverbaler Information zwangsweise zur Verlagerung der Kommunikation auf sachbezogene Inhalte, also einer verstärkten Aufgabenorientierung, führt. Allein die Erfassung dieses Steuerungsverhaltens in der Gruppenkommunikation wäre besonders wichtig für die Interpretation unabhängiger Variablen wie Richtigkeit der Lösung, Anzahl generierter Lösungen, Aufgabenerfüllung, Problemlöseleistung, Zufriedenheit usw.

Im allgemeinen gestaltet sich die Erfassung von Steuerungsverhalten methodisch schwierig: Werden für den Vergleich der Kommunikation in FTF-Gruppen Videofilme aufgezeichnet und kodiert, so wird in keiner der zitierten Studien die Kontrolle des Einflusses nonverbalen Verhaltens auf die Kodierer berichtet, wenn auch zumeist hinreichende Interraterreliabilitäten berichtet werden. So ist anzunehmen, dass implizit nonverbales Steuerungsverhalten Eingang in die Bewertung von FTF-Gruppen durch Beobachter findet, in der bereits explizites Steuerungsverhalten aufgrund der Kodierung der mündlichen Aussagen berücksichtigt ist. Somit werden die FTF-Gruppen hinsichtlich des Steuerungsverhaltens gegenüber den CMC-Gruppen, bei denen Logfiles und Datenaustausch die Urteilsbasis bildet, überschätzt.

Des weiteren ist die Frage noch nicht vollständig geklärt, inwieweit eine nonverbale Information, die durch Suppression des Kommunikationskanals gefiltert wird, auf anderen Wegen kodiert und kommuniziert wird. Nonverbale Botschaften können Ausdruck in paralinguistischen Hinweisen finden. Diese gründen sich weniger auf den Inhalt als vielmehr auf die Form. So kann eine schriftliche Nachricht speziellen Zeichenfolgen zum Ausdruck von Emotionen (Emoticons) enthalten, bestimmte Passagen in Großbuchstaben oder mit Leerzeichen versehen sein usw. Auch beinhaltet der Fakt, dass eine Nachricht verschiedene Schreibfehler enthält, ebenso eine interpretierbare Aussage über den Sender, die Einfluss haben kann auf dessen Wahrnehmung durch andere und letztlich auf die Koordination und die Aufgabenlösung in CMC Gruppen (vgl. Lea & Spears, 1992; Moore et al., 1999).

Aufgabenstruktur: Gegen eine Extrapolation der Befunde auf Analysegruppen im eSMS sprechen eine Vielzahl von Gründen, u.a. die vielfach angedeutete unzureichende Kontrolle des Einflusses der Aufgabenstruktur. Das in vielen Untersuchungen verwandte Klassifikationssystem von McGrath (1984) ist sehr praktikabel für experimentelle Untersuchungen, weist jedoch hinsichtlich der Klassifikation realer Aufgaben Mängel auf (Szameitat, 1997): So werden Aufgabenklassen postuliert, die nicht distinkt bzw. trennscharf zueinander sind, d.h. in die eine konkrete Aufgabe nicht immer zweifelfrei zugeordnet werden kann. Besser geeignet zur Beschreibung dessen, was GM in Experimenten für Aufgaben wahrnehmen, ist die Weiterentwicklung von McGrath (1990; 1991) oder die Taxonomie von Shiflett, Eisner, Price & Schemmer (1982). Ein weiterer Schritt zur Verminderung der Befundheterogenität könnte eine Kontrolle der durch die GM wahrgenommenen Aufgabe darstellen (Farmer & Hyatt, 1995).

Problemlösungsqualität: In Studien mit Unterschiedshypothesen bezogen auf FTF- und CMC-Gruppen wird häufig die Problemlöseleistung als abhängige Variable operationalisiert. Manipuliert werden zumeist Variablen des Gruppenprozesses, also den Randbedingungen, unter denen die GM kooperieren. Wanous, Reichers, Cooper & Rao (1994) untersuchten den Zusammenhang zwischen Gruppenprozessmerkmalen mit Maßen der Problemlöselöseleistung. Sie operationalisierten:

- Die objektive Qualität der Lösung. Wanous et al. benutzten eine Version der NASA-Übung ("Mondlandung"), bei der die Gruppe die Aufgabe hat, aus einer Liste von 15 Gegenständen diejenigen auszusuchen, die für das Überleben einer auf dem Mond gestrandeten Expedition am wichtigsten sind. Darunter finden sich zum Beispiel Pistolen, und es lassen sich sicherlich viele Gründe aufführen, warum diese besonders wichtig oder unwichtig seien: Schließlich ließen sie sich zur Selbstverteidigung oder zu Antriebszwecken verwenden. Üblicherweise wird die Lösung der Gruppe anhand eines Expertenratings überprüft.
- Die wahrgenommene Qualität der Lösung: Sie befragten die Vpn. einzeln, wie sie persönlich die Güte der gefundenen Lösung bewerten.
- Die Akzeptanz der Lösung durch die GM: Ebenso erfragten sie die persönliche Zufriedenheit der Vpn. mit der Gruppenlösung.
- Zufriedenheit der GM mit der Gruppe: Außerdem fragten sie, wie zufrieden die Vpn. mit der Gruppe an sich seien, wobei diese bei ad hoc-Gruppen von geringerer Bedeutung sei (S.1150).

Auch mit Hilfe dieser Kombination unabhängiger Maße für die Problemlöseleistung, die als empirisch geprüft gelten kann, wird die *objektive Qualität* einer Gruppenlösung unbestimmbar bleiben, da ein Expertenrating subjektiv ist.

Für die empirische Untersuchung von Ereignisanalysen in Gruppen ist die Aufgabenstruktur durch die Verwendung einer Ereignisanalysemethode vorgegeben. Die Problemlösegüte wird durch die Ereignisanalyseergebnisse vorgegeben. Dennoch ist beim Versuchsaufbau eine Phase zum erlernen der Systemhandhabung zu berücksichtigen.

Zusammenfassend sind die Erkenntnisse aus der Literaturschau zu CMC in der nachfolgenden Abbildung zusammengefasst.

Abbildung 18 Übersicht der Befunde zur computervermittelten Kommunikation

Merkmale computer-vermittelter Kommunikation	Wie beeinflusst computervermittelte Kommunikation das **Problemlösen in Gruppen**?	Hypothesen für Ereignisanalysen in Gruppen?
Passung zwischen Aufgabe und Medium	• Gute Unterstützung für Sammlung von Ideen und Informationen (Brainstorming) • Schlechte Unterstützung von Diskussionen • Im Vergleich mit anderen Medien sind direkte Gruppensitzungen jedoch auch nur mäßig für Diskussionen geeignet	• Die Sammlung von Informationen wird gefördert • Die Konzeptualisierung des Ereignisses wird behindert
Auswirkung des Mediums auf Leistung	• Normen und Status werden unterdrückt (z.B. ‚Flaming') • Rolle tritt im Vergleich zum Status stärker in den Vordergrund • Zufriedenheit mit dem Medium abhängig von Vorerfahrung und Passung zur Aufgabe	• Insgesamt wird die Aufdeckung und Nutzung individuell verteilter kritischer Informationen gefördert • Die Nutzer sind mit dem Medium zufrieden, wenn die Ereignisanalyse positiv unterstützt wird
Methodische Artefakte	• Gegenwärtiger Standpunkt in der Wissenschaft ist durch Untersuchungsartefakte beeinflusst – Passung zwischen Medium und Aufgabe wird beeinflusst von individuellen Merkmalen (Erlernen der Handhabung des Mediums, Problemlösefähigkeit) – Nonverbale Kommunikation, die Aufgabenstruktur und die Problemlösegüte werden in der experimentellen Variation nicht ausreichend quantifiziert bzw. kontrolliert	• Aufgabenstruktur ist durch Ereignis-analysemethode vorgegeben • Problemlösegüte wird durch die Ergebnisse der Ereignisanalyse quantifiziert • Problemlösefähigkeit bzw. Erlernen der Handhabung des Systems sind zu berücksichtigen

4.4 Zusammenfassung und Ableitung der Fragestellung

Anliegen der Studie III ist die Beantwortung der Frage, ob verteilte Kommunikationssysteme eine effiziente Möglichkeit der Unterstützung von eSMS darstellen. Bereits in 1.4 wurde der Erhalt der Informationsqualität als wesentliche Anforderung, die an eine Computerunterstützung zu stellen ist, gekennzeichnet. Dieses sollte gewährleistet sein, wenn der Erfahrungsrückkopplung und -transfer als wesentliche Prozesse eines eSMS adäquat unterstützt werden. Dem Transfer impliziten Erfahrungswissens, gewährleistet durch Ereignisanalysen in Teams unter Zuhilfenahme einer adäquaten Methode, kommt besondere Bedeutung zu.

Aus der Diskussion des Forschungsstandes zum Erfahrungstransfer und zur computervermittelten Kommunikation in Gruppen lässt sich zusammenfassen:

1. Ereignisbezogener Erfahrungstransfer erfordert dialoghaften Informationsaustausch, da entsprechende Erfahrungen zwischen Organisationsmitgliedern ungleich verteilt sind. Metawissen in der Organisation über persönliche Expertisen kann das Aufdecken und die Nutzung derartiger Erfahrungen ermöglichen. Dieses Metawissen kann im dialoghaften Austausch von Experten geschaffen werden, weshalb sich *Ereignisanalysen in Teams* als Mittel zum Erfahrungstransfer in eSMS empfehlen.

2. Implizites Wissen, durch Erfahrung erlernt und durch das Individuum schwer verbalisierbar, stellt als Fähigkeitswissen einen wichtigen Anteil des Erfahrungstransfers dar. Theoretisch lässt sich dessen Entwicklungsförderung für ein eSMS durch Ereignisanalysen in Gruppen begründen (vgl. 1.2 und 4.1.3). Ein empirischer Nachweis dessen erscheint gegenwärtig sehr erschwert, da eine experimentelle Operationalisierung impliziten Wissens bisher fast ausschließlich in der Forschung zum Spracherwerb, jedoch kaum in den angewandten Disziplinen gelungen ist (Dienes & Perner, 1999).

3. Das Problemlösen in einer Gruppe, hier das Aufdecken einer verdeckten Lösungsstruktur, kann durch Ereignisanalysemethoden strukturiert und optimiert werden. Angelehnt an die SOL-Methode können Ereignisanalysen in drei Phasen unterteilt werden: Die *Rekonstruktion* des Ereignishergangs durch Informationssammlung, die *Konzeptualisierung* eines kollektiven mentalen Modells der Ereignisursachen sowie das *Berichten* der Analyseergebnisse sowie der korrektiven Maßnahmen.

4. Das Kommunikationsmedium sollte den Aufgabenerfordernissen angepasst sein (Hollingshead, McGrath & O'Connor, 1993). Je höher die Interdependenz der GM bei der Aufgabenerfüllung ist, um so mehr Koordination ist erforderlich. Daneben erfordert der Umgang der Gruppe mit einem technischen Kommunikationsmedium zusätzliches koordinatives Handeln: Während FTF-Gruppen die Gruppenstruktur den wahrgenommenen Aufgabenanforderungen anpassen, müssen CMC-Gruppen zunächst die zusätzlichen Anforderungen des Kommunikationsmediums bewältigen, ehe sie die Probleme der Interdependenz ihres Handelns bearbeiten können (Orlikowski, 1993). Daneben ändern sich Aufgabenerfordernisse für Ereignisanalyseteams nach Phase des Problemlöseprozesses (McGrath, 1991). Entsprechend ist die Anpassung der Kommunikationsumgebung für die einzelnen Phasen zu überprüfen, also für die *Rekonstruktion bzw. Konzeptualisierung getrennt*.

5. Die Leistungen von Gruppen bei Ereignisanalysen sind qualitativ nicht zu bewerten, da diese äquifinale Lösungen hervorbringen (vgl. 4.2). Alternativ können die *geteilten mentalen Repräsentationen des Ereignisses* erfasst und bewertet werden, welche im Verlauf des Ereignisanalyseprozesses schrittweise generiert werden.

6. Die Effekte einer computervermittelten Kommunikationsumgebung können sich aufgrund der steigenden Fähigkeiten, der Virtuosität der Teammitglieder im Umgang mit der Technik auf Dauer verschieben. In einer experimentellen Untersuchung können ad hoc-Effekte untersucht, langfristige Auswirkungen nur extrapoliert werden. Um diesen Einfluss zu reduzieren, sollte die Wirksamkeit der Unterstützung von Erfahrungstransfer durch ein verteiltes Kommunikationssystem anhand eines möglichst bekannten, *einfach zu handhabenden und bereits den Benutzern weitestgehend bekannten System* untersucht werden.

Eine zuverlässige Prognose hinsichtlich der Auswirkungen und der Effizienz computervermittelter Kommunikation auf Erfahrungstransfer unter komplexen Praxisanforderungen ist aufgrund der bisherigen Theorie- und Befundlage nicht zu treffen. Es lässt sich aus der Befundlage nur schließen, dass CM leistungsförderlich ist bei Gruppenaufgaben mit geringen Koordinationsanforderungen, wie das Sammeln von Informationen zur Ereignisrekonstruktion. Für Aufgaben mit hohen Koordinationsanforderungen, wie das Erzeugen eines geteilten mentalen Bildes der Ereignisverursachung bei der Konzeptualisierung des Ereignisses, sind die Befunde uneinheitlich. Vermutlich ist die Koordination durch die Unterdrückung nonverbaler Informationen erschwert, aufgrund von Anpassungseffekten und der Möglichkeit parallelen Informationsaustauschs könnte jedoch auch eine Kompensation dieser Behinderung eintreten.

4.4.1 Fragestellung

Welche Aspekte sind also zu untersuchen, um entscheiden zu können, ob verteilte Kommunikationssysteme als Variante der Computerunterstützung von eSMS geeignet sind? Als wesentlicher Informationsverarbeitungsprozess im eSMS wurde Erfahrungstransfer gekennzeichnet. Dieser kann gewährleistet werden durch Ereignisanalysen in Teams. Diese wiederum sind durch Ereignisanalyseverfahren methodisch zu strukturieren und zu optimieren. Es also die Frage zu beantworten, ob Ereignisanalysen mit verteilten Kommunikationssystemen zu unterstützten sind.

Dabei gilt in Betracht zu ziehen, dass der Prozess der Ereignisanalyse aus wenigstens zwei verschiedenen Aufgabenstellungen an das Analyseteam besteht:

(5.) Die Rekonstruktion des Ereignisses, bei der Informationen gesammelt werden und der Ereignishergang beschrieben wird. Hierbei ist die Interdependenz der GM gering.

(6.) Die Konzeptualisierung des Ereignisses, bei dem Zusammenhänge zwischen den Ereignisfakten analysiert, auf beitragende Faktoren geschlossen und korrektive Maßnahmen abgeleitet werden sollen. Hierbei ist die Interdependenz der GM hoch.

Die wichtigste Funktion von Ereignisanalyse ist die Ableitung sicherheitskorrektiver, Ereignisse verhindernder Maßnahmen. Diese Maßnahmen sollen nachvollziehbar, effizient und praktisch umsetzbar sein. Das setzt voraus, dass Ereignishergang und -verursachung hinreichend tief elaboriert wurden, d.h. wichtige Zusammenhänge und Einflussmöglichkeiten erkannt worden sind.

Das Ergebnis einer Ereignisanalyse im Team kann bewertet werden, indem das geteilte mentale Modell vom Ereignis quantifiziert wird. Dazu eignet sich die bereits in 4.2 vorgestellte Design Rationale Modellierung, die es ermöglicht, Analyseergebnisse verschiedener Team zu dem gleichen Ereignis darzustellen und miteinander zu vergleichen.

Aufgrund der bereits mehrfach betonten Funktion von Ereignisanalysen in Teams, das Erfahrungslernen in Organisationen hohen Gefährdungspotentials zu unterstützen, ist zu untersuchen, ob CMC Einfluss auf dieses Lernen hat. Da eine Operationalisierung impliziten Wissens nahezu ausgeschlossen ist, bleibt die Messung expliziten Wissenszuwachs, wobei die Ergebnisse immer Lichte der Wechselwirkung zwischen implizitem und explizitem Wissen zu werten sind.

Bei der Diskussion kollektiver Wissensrepräsentation wurde festgestellt, dass individuelle Informationsverarbeitung und entsprechende individuelle Leistungsvoraussetzungen die Basis kollektiver Leistungen bei Ereignisanalysen sind. Entsprechend sind individuelle Leistungsvoraussetzungen für Ereignisanalysen bei der Beantwortung obiger Fragestellungen zu operationalisieren sowie deren Einfluss zu bestimmen.

Schließlich sollte CMC bei Ereignisanalysen einen wirtschaftlichen und organisatorischen Vorteil erbringen (vgl. 3.5). Dazu sind die Ergebnisse zu den Untersuchungsfragestellungen im Zusammenhang mit den Ergebnissen der Studien I und II zu diskutieren.

4.4.2 Hypothesen

Die Erwartungen hinsichtlich Analyseergebnisse und Lernen hängen ab von der Phase der Analyse und deren Anforderung an die Koordination in der Gruppe. In der ersten Phase der Ereignisanalyse nach SOL erzeugen die Mitglieder eines Ereignisanalyseteams ein grafisches Abbild des Ereignishergangs, indem individuelles, nicht-geteiltes Wissen zusammengetragen wird. Da hierbei weniger ein kollektives mentales Bild erzeugt wird, sondern die Informationen materiell in Form der Zeit-Akteurs-Matrix akkumuliert werden, bleiben die Koordinationserfordernisse gering. Die Aufgabenerfordernisse sind vergleichbar mit der Sammlung von Informationen und Ideen (vgl. Tabelle 12, S.142). Damit ist zu erwarten, dass eine Computerunterstützung die Rekonstruktion des Ereignisses positiv unterstützt (vgl. Valacich et al., 1992, 1993, 1995).

Hypothese A.1: CMC-Gruppen erreichen eine vollständigere Rekonstruktion des Ereignisses als unmittelbar direkt-mündlich kommunizierende Gruppen.

$H_{0\ A.1}$: $\mu_{CMC\ [Rekonstruktion]} = \mu_{FTF\ [Rekonstruktion]}$
$H_{A\ A.1}$: $\mu_{CMC\ [Rekonstruktion]} > \mu_{FTF\ [Rekonstruktion]}$

In der zweiten Phase werden die in der Rekonstruktion vorhandenen Informationen in eine kollektive Repräsentation mit einer kausal-semantischen Struktur überführt und ein geteiltes mentales Modell vom Ereignishergang und seiner Verursachung konzeptualisiert. Dieser Prozess bedarf der Integration individuellen, nicht-geteilten Wissens in das kollektive mentale Abbild des Ereignisanalyseteams vom Ereignis und somit koordinativer Handlungen der Gruppe. Da die Koordination durch computervermittelte Kommunikation offenbar behindert wird, wird die Konzeptualisierung behindert. Dieses schlägt sich innerhalb einer Design Rationale-Modellierung nieder in (a.) der Anzahl berücksichtigter Fakten (Argumente), (b.) der Anzahl aufgedeckter Zusammenhänge (Optionen) und (c.) der Anzahl abgeleiteter Maßnahmen. Im Versuchsdesign ist der Einfluss der Rekonstruktion auf die Konzeptualisierung zu beachten: Gruppen mit einer vollständigeren Rekonstruktion haben bessere Leistungsvoraussetzungen für die Bewältigung der zweiten Phase der Ereignisanalyse, der Konzeptualisierung des Ereignisses, da sie bereits über Information verfügen und in dieser Phase sofort eine kollektiv-repräsentierte semantische Struktur erzeugen können, ohne fehlende Information zu suchen.

Wenn computervermittelte Kommunikation den Aufbau dieser kollektiv-repräsentierten semantischen Struktur der Ereignisinformation behindert, so sollten sich die Leistungsvorteile in den Ergebnissen der Konzeptualisierung zeigen. In der Lösung können nur solche Ereignisinformationen berücksichtigt werden, die einen Erklärungswert, einen Zusammenhang für das gesamte Ereignis haben. Nicht einzuordnende Informationen, deren Zusammenhang zum Ereignis bzw. zu anderen Ereignisfakten während der Analyse nicht erkannt worden ist, sind im mentalen Modell nur selten oder gar nicht vorhanden. Für die Anzahl der berücksichtigten Ereignisfakten leitet sich ab:

Hypothese A.2a: CMC-Gruppen integrieren in die Konzeptionalisierung des Ereignisses weniger Informationseinheiten als FTF-Gruppen.

$H_{0\ A.2a}$: $\mu_{CMC\ [Informationseinheiten]} = \mu_{FTF\ [Informationseinheiten]}$
$H_{A\ A.2a}$: $\mu_{CMC\ [Informationseinheiten]} < \mu_{FTF\ [Informationseinheiten]}$

Es besteht ein eindeutiger (jedoch im mathematischen Sinne kein umkehrbar-eindeutiger) Zusammenhang zwischen Anzahl berücksichtigter Ereignisinformation und der Anzahl der erkannten Zusammenhänge zwischen ihnen. Für die Anzahl erkannter kausal-semantischer Zusammenhänge leitet sich ab:

Hypothese A.2b: CMC-Gruppen identifizieren in der Konzeptionalisierung des Ereignisses weniger semantische Relationen (Zusammenhänge) als FTF-Gruppen.

$H_{0\ A.2b}$: $\mu_{CMC\ [Zusammenhänge]} = \mu_{FTF\ [Zusammenhänge]}$

$H_{A\ A.2b}$: $\mu_{CMC\ [Zusammenhänge]} < \mu_{FTF\ [Zusammenhänge]}$

Die Anzahl der in einer Ereignisanalyse abgeleiteten korrektiven Maßnahmen ist ein ebenso quantitatives Maß für die Elaborationstiefe der mentalen Ereignisrepräsentation. Schließlich können die Maßnahmen nur aus ausreichend vorhandenem Wissen über den Ereignishergang und dessen Verursachung hergeleitet werden. Je mehr Wissen über das Ereignis verfügbar ist, um so wirksamere Maßnahmen können abgeleitet werden. Grundsätzlich ist anzunehmen, dass für jedes Ereignis mehrere wirksame und sinnvolle korrektive Maßnahmen existieren. Da Computerunterstützung die koordinativen Prozesse der Integration behindert und die Ableitung der Maßnahmen auf Ereigniswissen gründet, ist zu erwarten, dass die Anzahl abgeleiteter korrektiver Maßnahmen bei CMC reduziert ist. Zeitliche Effekte, welche die filternde Wirkung bei CMC kompensieren, sind aufgrund der im Vergleich zu den Perioden in Walthers Untersuchungen (1992, 1995) kurzen Untersuchungsperioden zu vernachlässigen.

Hypothese A.2c: CMC-Gruppen identifizieren in der Konzeptionalisierung des Ereignisses weniger korrektive Maßnahmen als FTF-Gruppen.

$H_{0\ A.2c}$: $\mu_{CMC\ [korrektive\ Maßnahmen]} = \mu_{FTF\ [korrektive\ Maßnahmen]}$
$H_{A\ A.2c}$: $\mu_{CMC\ [korrektive\ Maßnahmen]} < \mu_{FTF\ [korrektive\ Maßnahmen]}$

Konzeptualisierung des Ereignisses und Aufbau des Wissens benötigen beide die Elaboration der Ereignisinformation und hängen darüber zusammen. Eine Wirkung des Kommunikationsmediums auf den Wissensaufbau ist also in gleicher Richtung zu erwarten. Auf die Schwierigkeiten der Erfassung impliziten Wissens aufgrund erschwerten Verbalisierung diesen Wissens erschwert wurde bereits hingewiesen. Daraus leitet sich ab:

Hypothese A.3: CMC-Gruppen haben einen geringeren Zuwachs an explizitem, individuell repräsentierten Wissen als FTF-Gruppen.

$H_{0\ A.2c}$: $\mu_{CMC\ [Wissenszuwachs]} = \mu_{FTF\ [Wissenszuwachs]}$
$H_{A\ A.2c}$: $\mu_{CMC\ [Wissenszuwachs]} < \mu_{FTF\ [Wissenszuwachs]}$

Die abhängigen Variablen Rekonstruktion, Konzeptualisierung und Wissensaufbau hängen konzeptionell und funktional sehr eng zusammen, alle werden durch Informationsverarbeitung und durch den Problemlöseprozess bei der Ereignisanalyse moderiert. Sowohl der Prozess der Ereignisanalyse als auch der des Lernens erfordern die Sammlung und Integration ereignisrelevanter Information in das Vorwissen. Deshalb sind folgende Zusammenhänge der abhängigen Variablen untereinander erwarten.

Hypothese B.1: Mit der Vollständigkeit der Rekonstruktion des Ereignisses steigt die Konzeptualisierung des Ereignisses.

$H_{0\ B.1}$: $\rho_{Rekonstruktion.Konzeptualisierung} = 0$
$H_{A\ B.1}$: $\rho_{Rekonstruktion.Konzeptualisierung} < 0$

Wissen ist die Speicherung von Information und semantischer Informationsstruktur. Die mentale Repräsentation der semantischen Struktur wird bei Ereignisanalysen durch Problemlöseprozesse erzeugt. Da Problemlöseprozesse eine tiefere Elaboration der Information benötigen als die Aufnahme von Informationen, sollte sich der Zusammenhang zwischen Wissenszuwachs und Ereignisanalyse insbesondere für die Konzeptualisierung zeigen, da diese die Erzeugung einer semantischen Struktur repräsentiert.

Hypothese B.2: Mit dem Differenzierungsgrad der Konzeptualisierung steigt die des Wissenszuwachses.

$H_{0\ B.2}$: $\rho_{\text{Konzeptualisierung.Wissenszuwachs}} = 0$
$H_{A\ B.2}$: $\rho_{\text{Konzeptualisierung.Wissenszuwachs}} < 0$

In experimentellen Designs wird die Wirkung von Störvariablen durch die Randomisierung der Zuordnung der Stichprobe zu den Versuchsbedingungen erreicht (vgl. Sarris, 1990). In dieser Untersuchung handelt es sich um ein Experiment auf Gruppenebene. Wie in 0 ausgeführt, muß die Untersuchung eine ausreichende Dauer haben, um Anpassungseffekte an das Medium bei CMC-Gruppen zu minimieren. Eine vollständig randomisierte Zuweisung der Versuchsteilnehmer zu den Gruppen kann aus praktisch-administrativen Gründen nicht erfolgen (vgl.4.5.2). Auch aus diesem Grunde wird die Erhebung von Kontrollvariablen notwendig, die sich auf individuelle Voraussetzungen beziehen, die einen Einfluss auf das Ergebnis der Prüfung obiger Hypothesen haben könnten. Im Falle eines signifikanten Unterschiedes müssen die Effekte dieser Variable aus den abhängigen Variablen heraus partialisiert werden (Bortz, 1993; S.411f). Aus der Darstellung der Ereignisanalyse als Problemlöseprozess in 4.2 erscheinen folgende Kontrollvariablen relevant:

- *Informationsabruf*: Da es sich bei der Ereignisanalyse um eine Aufgabe mit verdeckter Lösungsstruktur handelt, jedes Mitglied einer Gruppe also über nicht-geteilte Informationen verfügen sollte, ist es relevant zu prüfen, ob die Versuchspersonen über hinreichende Ereignisinformationen verfügen, welche sie in die Rekonstruktion bzw. Konzeptualisierung einbringen können. Bestehen hierbei Unterschiede, so können Effekte bei der Prüfung obiger Hypothesen darauf zurückzuführen sein, dass bestimmten Gruppen mehr oder detailliertere Ereignisinformationen zur Verfügung standen, was die Wahrscheinlichkeit einer Lösungsverbesserung vergrößert. Für die Gültigkeit der Untersuchungsbefunde ist Voraussetzung, dass keine Mittelwertsunterschiede der Gruppen in den Versuchsbedingungen hinsichtlich des Abrufs von Informationen bestehen.
- *Vorwissen*: Der Aufbau von Wissen wird durch das Vorwissen moderiert: Je größer das Vorwissen in einer Domäne, um so leichter ist der Aufbau von Wissen in ebendieser (Endres & Putz-Osterloh, 1994). Ebenso hat die Expertise Auswirkungen auf die Problemlöseleistung (Süß, 1999). Beleg sind die klassischen Untersuchungen zu

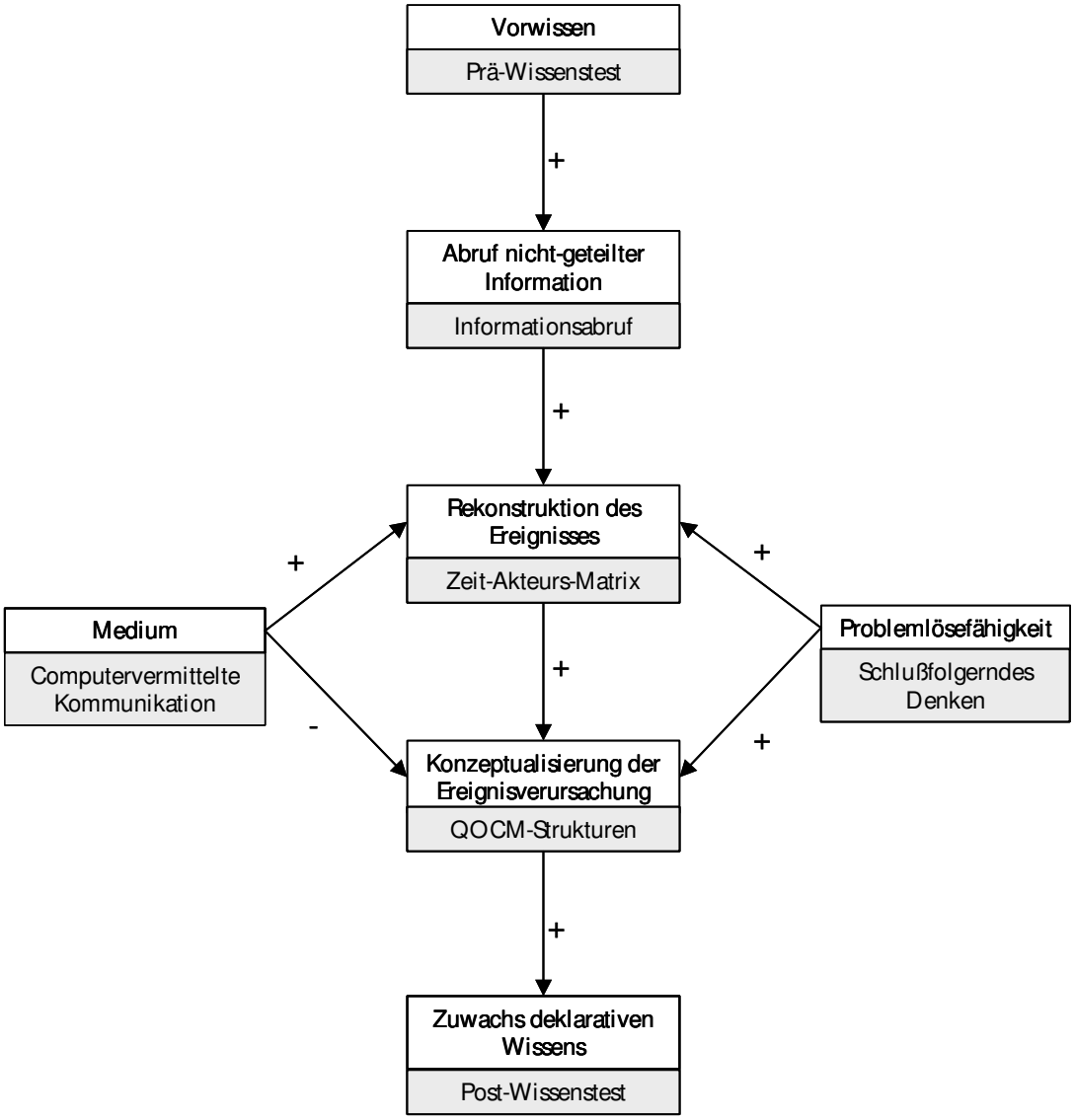
Schachexperten und Novizen: Schachexperten analysieren das Problem wesentlich schneller, da sie die einzelnen Informationseinheiten zu größeren zusammenfassen, ein Problem also ganzheitlicher betrachten können (vgl. Lüer & Spada, 1992). Aus diesem Grunde ist eine Gleichverteilung des Vorwissens zwischen den Stichproben Voraussetzung für die Wirkung computervermittelter Kommunikation auf die Problemlöseleistungen von Gruppen bei der Ereignisanalyse. Für die Gültigkeit der Untersuchungsbefunde ist Voraussetzung, dass keine Mittelwertsunterschiede der Gruppen in den Versuchsbedingungen hinsichtlich des individuellen Vorwissens bestehen.

- *Problemlösefähigkeit:* Ereignisanalyse erfordert Fähigkeiten zur Rezeption von Informationen in der Rekonstruktionsphase und zur Regel- und Mustererkennung bei der Aufdeckung der kausalen Struktur der Ereignisinformation in der Konzeptualisierungsphase. Induktive und deduktive Denkprozesse sind erforderlich zur Erfassung und Beeinflussung der Zusammenhänge zwischen Variablen. Individuelle Unterschiede in den Gruppen können ebenso die Testung obiger Hypothesen verzerren. Darum lautet die Hypothese. Für die Gültigkeit der Untersuchungsbefunde ist Voraussetzung, dass keine Mittelwertsunterschiede der Gruppen in den Versuchsbedingungen hinsichtlich der individuellen Fähigkeit des schlussfolgernden Denkens (Reasoning) bestehen.

Alle erwarteten Zusammenhänge sind in Abbildung 19 zusammenfassend dargestellt.

Untersuchungsergebnisse müssen gemeinhin gegen den Einfluss zufälliger Effekte des Untersuchungsdesigns, der Stichprobe usw. abgesichert werden: Die statistische Analyse von Experimentaldaten kann Ergebnisse ausweisen, die durch zufällige Effekte entstanden sind. In der empirischen Sozialforschung hat sich eine Fehlerwahrscheinlichkeit von (α=0,05) etabliert und wird für diese Untersuchung übernommen.

Abbildung 19 Grafische Zusammenfassung prognostizierter Zusammenhänge zwischen den Untersuchungsvariablen. In den grau unterlegten Zellen werden die Operationalisierungen der Variablen angezeigt.



4.5 Methode

Zur Beantwortung der Fragestellung, ob computervermittelte Kommunikation eine Möglichkeit der Unterstützung von eSMS darstellt, wurde eine experimentelle Untersuchung gewählt. Hierbei wurde die praktische Durchführung von Ereignisanalysen in Expertenteams in verfahrenstechnischen Anlagen simuliert. Gruppen von jeweils vier Untersuchungsteilnehmern wurden aufgefordert, ein konstruiertes Ereignis zu untersuchen. Nachfolgend werden Untersuchungsdesign, Stichprobe, Versuchsablauf, Operationalisierung

der Variablen, verwandte Materialien und Instruktionen sowie die Datenauswertung dargestellt und hinsichtlich möglicher methodischer Artefakte diskutiert.

4.5.1 Untersuchungsdesign

Im Experiment wurde der Effekt des Kommunikationsmediums auf die Aufgabenlösung bei der Ereignisanalyse in Gruppen untersucht. Dabei stellen beide Teilaufgaben der Ereignisanalyse, Rekonstruktion bzw. Konzeptualisierung des Ereignisses, verschiedene Aufgabenerfordernisse dar, weshalb unterschiedliche Effekte computervermittelter Kommunikation auf die Gruppenleistung erwartet werden (McGrath, Arrow, Gruenfeld, Hollingshead & O'Connor, 1993). Im Experiment sind somit zwei Einflussvariablen zu variieren:

- die Aufgabenerfordernisse (1.Faktor: Rekonstruktion versus Konzeptualisierung)
- das Kommunikationsmedium (2. Faktor: CM versus FTF).

Da der erste Faktor abhängige Messungen bedingt, wären vier Versuchsbedingungen notwendig, um die Wirkung des zweiten Faktors auf den Stufen des ersten Faktors vollständig abschätzen zu können. Im Sinne einer Untersuchungsökonomie wird auf eine Untersuchungsbedingung verzichtet. Folgende Untersuchungsbedingungen für die Ereignisanalyseteams sind relevant.

Untersuchungsbedingung FTF/FTF: Die Gruppen erarbeiten Rekonstruktion und Konzeptualisierung des Ereignisses direkt mündlich.

Untersuchungsbedingung CM/FTF: Die Gruppen erarbeiten die Rekonstruktion computervermittelt, die Konzeptualisierung direkt-mündlich.

Untersuchungsbedingung CM/CM: Die Gruppen erarbeiten die Rekonstruktion und die Konzeptualisierung computervermittelt.

Die vierte Untersuchungsbedingung FTF/CM wurde, insbesondere im Hinblick auf den Untersuchungsaufwand (siehe 4.5.2), nicht realisiert. Da erwartet wird, dass computervermittelte Kommunikation Vorteile in der ersten Phase von Ereignisanalyse erbringt, direkt mündliche Kommunikation hingegen bei der Konzeptualisierung der Ereignisverursachung, würde durch diese Untersuchungsbedingung die Gegenhypothese getestet werden, was aufgrund der hinreichenden Befundlage in der Literatur nicht notwendig erscheint. Sollten die Unterschiede zwischen CM und FTF in den Phasen einer Ereignisanalyse nicht erwartungskonform ausfallen, so sollte sich dieses auch in den Ergebnissen der anderen Untersuchungsbedingungen zeigen, weshalb ein zusätzlicher Aufwand zur Untersuchung der Bedingung FTF/CM nicht notwendig erscheint.

Die abhängigen Variablen in der Untersuchung sind quantitative Maße für die Rekonstruktionsleistung (AV1), die Konzeptualisierungsleistung (AV2.a-c) und den Wissenszuwachs

(AV3). Da die Konzeptualisierung die vertiefte Elaboration der kausalen Bedingungsstruktur des rekonstruierten Ereignisses darstellt, bieten die Anzahl berücksichtigter Informationen und deren kausal-semantische Struktur Hinweise für die Komplexität der Lösung. Alle Maße für die Konzeptualisierung haben quantitativen Charakter und lassen keine endgültige Bewertung der Lösungsqualität zu.

Individuelle Leistungsvoraussetzungen moderieren die Leistung einer Gruppe bei Ereignisanalysen. Da es sich dabei um einen Problemlöseprozess handelt, werden die Leistungen der Gruppen durch die individuelle Problemlösefähigkeit (KV1), das Vorwissen (KV2) und die Verfügbarkeit ereignisrelevanter Informationen (KV3) beeinflusst.

4.5.2 Untersuchungsteilnehmer

Bei den Personen im Experiment handelte es sich um 76 Studenten, überwiegend der Fachrichtungen Betriebswirtschaftslehre, Ingenieurwissenschaften und Psychologie, die über Aushänge in Berliner Universitäten und Fachhochschulen zur Untersuchungsteilname gewonnen wurden. Bei der telefonischen Vorabsprache wurden die Vpn über die Motivation und die Zielstellung der Untersuchung informiert. Die Teilnahme wurde mit 50 DM vergütet.

Tabelle 14 Ausbildung der Versuchsteilnehmer

Fachrichtung	Anzahl
Betriebswirtschaftslehre	15
Ingenieurswissenschaften	17
Naturwissenschaften	10
Psychologie	27
Sonstige	6
Ohne	1

Aufgrund der erwarteten deutlichen Effekte des Mediums auf die Gruppenleistung, die bekannten methodische Artefakte in ähnlichen Untersuchungen (vgl. 0) und den hohen administrativen zur Vorbereitung eines Versuchs, wurden eine kleine Stichprobe zugunsten der Untersuchungsdauer gewählt. Insgesamt wurden 19 Einzeluntersuchungen mit jeweils 4 Teilnehmern und einer Dauer von fünf Stunden durchgeführt.

Als Hauptproblem bei der Organisation der Untersuchungen zeigte sich aufgrund der Länge der Untersuchung die Koordination von Untersuchungsterminen. Fünf Versuchstermine mussten am Tag der Untersuchung verschoben werden, da eine oder mehrere Vpn. zum Termin nicht erschienen waren. Zwei Untersuchungen mussten vollständig ausfallen, da nach der Verschiebung des Versuchstermins kein zweiter gemeinsamer Termin gefunden wurde. Zusätzlich mussten zwei laufende Versuche aufgrund technischer Störungen im Netzwerk abgebrochen werden.

Die Zuweisung der Vpn. zu den Gruppen erfolgte nach anfallender Reihenfolge. Die Zuordnung der Vpn. zu den Rollen sowie der Gruppen zu den Versuchsbedingungen wurde ausgelost.

Insgesamt zeigten die Teilnehmer ausgeprägtes Interesse am Gegenstand der Untersuchung. Die Dauer der Untersuchung wurde von den Teilnehmern als angemessen, die Aufgabenstellung als komplex und mäßig belastend empfunden wurde. Der Grund dürfte darin liegen, dass sehr viele unbekannte Informationen aus einer nicht vertrauten Domäne präsentiert wurden, die zudem nur schwach strukturiert waren. Die Teilnehmer berichteten nach den Versuchen über mehr Zufriedenheit in der experimentellen Phase als in der Trainingsphase.

4.5.3 Untersuchungsablauf

Zur Simulation einer Ereignisanalyse mit verdeckter Lösungsstruktur (vgl. 4.1.1) wurden vier Expertenrollen entwickelt, welche während der Analyse Zugriff auf unterschiedliche Ereignisinformationen hatten. Sämtliche Informationen und Hilfsmittel wurden per Computer dargeboten. Der Zugriff auf nicht-geteilte Informationen wurde durch Passwortvergabe gesteuert.

Die Untersuchungsdauer wurde entsprechend der benötigten Lösungszeit für ein hinreichend komplexes Ereignis festgelegt. Da keine Experten aus der Industrie für die Teilnahme an der Untersuchung verfügbar waren, wurde in einer zusätzlichen Trainingsphase den Versuchspersonen nötiges Hintergrundwissen vermittelt. In der Voruntersuchung zeigten sich eine zweistündige Trainingsphase und eine dreistündige Versuchsphase als angemessen.

Der Ablauf der Untersuchung ist in Tabelle 15 dargestellt. Üblicherweise begannen die Gruppensitzungen um 10 Uhr vormittags und endeten, einschließlich der Pausen, um 15 Uhr. Zunächst wurden die Teilnehmer begrüßt und über Untersuchungsmotivation, -fragestellung und -ablauf informiert, um klare Erwartungen seitens der Teilnehmer hinsichtlich Aufgabenumfang und Belastung zu setzen. Bereits bei der telefonischen Terminabsprache waren die Versuchsteilnehmer über den generellen Ablauf der Untersuchung informiert worden. Forschungshypothesen wurden nicht benannt.

Erhebung von Kontrollvariablen: Zur Bestimmung individueller Problemlösefähigkeit bearbeiteten die Versuchsteilnehmer zuerst die Untertests 3 und 4 des LPS, die nach Handbuch instruiert und durchgeführt wurden (Horn, 1983). Danach folgte die Bearbeitung des ersten Wissenstests zur Bestimmung des Vorwissens in Bezug auf verfahrenstechnische Kenntnisse und Wissen zur Ereignisanalyse, was ohne Zeitvorgabe erfolgte.

Trainingsphase: Zunächst wurde den Teilnehmern die Struktur des Websites erläutert (vgl. 4.5.4 und Anhang B.2). Die Funktionsweise technischer Komponenten wurde mit Hilfe

vereinfachter, dynamischer Schaltpläne demonstriert. Zur Vertiefung und Überprüfung der Kenntnisse wurden die Teilnehmer aufgefordert, durch eine einfache Schalthandlung (Schalter öffnen bzw. schließen) einen Notstromfall auszulösen. Die Versuchsteilnehmer hatten anschließend beliebig viel Zeit, um gemeinsam in der Gruppe eine Lösung zu finden. Die Findung einer richtigen Lösung dauerte nicht länger als etwa fünf Minuten. Anschließend wurden gemeinsam mit dem Versuchsleiter alternative Lösungen diskutiert.

Nach einer Einführung in die SOL-Methode wurden die Teilnehmer aufgefordert, alle Handlungen, welche von der ersten Schalthandlung bis zum Eintreten der Notstromversorgung abliefen, in einer Zeit-Akteurs-Matrix anzuordnen. Dazu generierten die Teilnehmer Ereignisbausteine, die durch den Versuchsleiter am Computer dokumentiert wurden (vgl. Anhang B.3). Anhand der hierdurch erzeugten Zeit-Akteurs-Matrix wurde die Ableitung von mehreren kontribuierenden Faktoren sowie von korrektiven Maßnahmen erläutert. Damit wurde die Trainingsphase abgeschlossen. Zwischen der Trainingsphase und der anschließenden Experimentalphase lag eine ca. zwanzigminütige Pause.

Experimentalphase: Nach der Pause wurden die Teilnehmer zunächst über die Verfügbarkeit ereignisrelevanter Informationen informiert (vgl. 4.5.4: "Situation"). Den Gruppen im Design CM/FTF bzw. CM/CM wurde die Funktionsweise des Konferenzsystems erläutert ("Diskussion"), den Gruppen im Design FTF erklärt, dass für sie diese Funktion irrelevant sei.

Danach wurden die Rollen für die Untersuchung ausgelost, und die Teilnehmer erhielten die rollenspezifischen Passwörter für den Abruf ereignisrelevanter Informationen. In der folgenden 30minütigen Phase sammelten die Teilnehmer ereignisrelevante Informationen. Im Anschluss generierten die Gruppen Ereignisbausteine, welche durch den Versuchsleiter dokumentiert wurden. Dieser Abschnitt war ebenfalls auf 30 Minuten begrenzt. Die resultierende Zeit-Akteurs-Matrix wurde ausgedruckt und den Untersuchungsteilnehmern als Hilfsmittel zur Konzeptualisierung des Ereignisses zur Verfügung gestellt. Vom Beginn der Experimentalphase bis zu diesem Zeitpunkt wurde jeglicher mündlicher Informationsaustausch in den Gruppen durch den VL unterbunden, in Gruppen des Designs CM/CM auch in der folgenden Phase.

Anschließend wurden die Teilnehmer instruiert, schrittweise für jeden Ereignisbaustein Warum-Fragen abzuleiten, diese mit den vorhandenen Fakten zu beantworten, sie ggf. als beitragende Faktoren zu kennzeichnen und nach korrektiven Maßnahmen zu suchen. Für die Diskussion der kontribuierenden Faktoren und korrektiven Maßnahmen standen den Gruppen insgesamt 60 Minuten zur Verfügung. Ausdrucke der Seiten des Websites sowie Notizen konnten angefertigt werden. Arbeitsmittel während der Diskussion waren die

ausgedruckte Zeit-Akteurs-Matrix und eine zusätzliche Liste aller generierten Ereignisbausteine.

Nach der Konzeptualisierung der Ereignisverursachung präsentierten die Gruppen ihre gemeinsame Lösung. Dazu wurden sie instruiert, entsprechend der Zeit-Akteurs-Matrix und ihrer Aufzeichnungen schrittweise das Ereignis zu beschreiben, Ursachen und Zusammenhänge zu verdeutlichen sowie korrektive Maßnahmen zu benennen. Für diese Aufgabe wurde kein Zeitlimit vorgegeben. Die mündlichen Ausführungen der Gruppen wurden auf Tonband aufgezeichnet.

Nach der Präsentation der Ergebnisse wurden die Teilnehmer gebeten, den Wissenstest erneut auszufüllen. Hierbei gab es keine Zeitvorgabe, alle Teilnehmer hatten nach ca. 20 Minuten den Test bearbeitet. An dessen Ende wurden die Vpn. über alternative Lösungen unterrichtet, vergütet und verabschiedet.

Tabelle 15 Ablauf des Experiments.

Untersuchungsphase	Beobachtung	Instruktion
LPS 3 und 4	Schlussfolgerndes Denken (KV1)	Bearbeitung von Aufgaben mit Anforderungen an schlussfolgerndes Denken
Prä-Wissenstest	Vorwissen (KV3)	Beantwortung von Wissensfragen zur Verfahrenstechnik und Ereignisanalyse
Training Verfahrens-technik	Keine	Finden einer Möglichkeit zur Auslösung eines Notstromfalls
Training Ereignis-analyse	Keine	Darstellung als Zeit-Akteurs-Matrix
Informationssammlung	Infoabruf (KV2)	Sammlung ereignisrelevanter Informationen
Rekonstruktion	Rekonstruktion (AV1); Infoabruf (KV2)	Erzeugen einer gemeinsamen Zeit-Akteurs-Matrix
Konzeptualisierung	Infoabruf (KV2)	Diskussion des Ereignishergangs, seiner Ursachen und korrektiver Maßnahmen
Präsentation	Konzeptualisierung (AV 2a-c); Infoabruf (KV2)	Darstellung des Gruppenergebnisses
Post – Wissenstest	Wissenszuwachs (AV3)	Beantwortung von Wissensfragen zur Verfahrenstechnik und Ereignisanalyse

4.5.4 Operationalisierung der Variablen

Rekonstruktion des Ereignisses (AV 1):

Bei der Rekonstruktion des Ereignisses handelt es sich um ein unvollständig definiertes, offenes Problem, da keine einzig richtige Lösung für die Aufgabe existiert (vgl. Steiner, 1972). D.h., die Bewertung kann nicht durch einen Vergleich der Gruppenlösung mit einer Musterlösung vorgenommen werden. Die Rekonstruktionsleistung einer Gruppe wird deshalb ausschließlich quantitativ mit einem Summenwert der Anzahl der abgeleiteten Ereignisbausteinkarten in der Zeit-Akteurs-Matrix beurteilt (AV 1). Es wird angenommen, dass die Leistung der Gruppe bei der Rekonstruktion des Ereignisses ist um so höher ist, je

mehr ereignisrelevante Information bei der Erstellung der Zeit-Akteurs-Matrix berücksichtigt worden ist.

Konzeptualisierung des Ereignisses (AV 2a-c):

Bei der Konzeptualisierung des Ereignisses, d.h. der Identifikation der kausalen Struktur bzw. der beitragenden Faktoren, handelt es sich ebenfalls um ein unvollständig definiertes, offenes Problem. Auch hier kann keine wahre Musterlösung zur Bewertung einzelner Gruppenlösungen existieren. Die Beurteilung erfolgt ebenfalls quantitativ über Summenwerte der Menge der gesammelten Information (AV2a), der identifizierten kausal-semantischen Relationen (AV2b) und abgeleiteter korrektiver Maßnahmen (AV2c). Die Leistung einer Gruppe bei der Konzeptualisierung des Ereignisses ist um so größer, je mehr ereignisrelevante Information berücksichtigt wird, um so mehr kausale Bedingungen und korrektive Maßnahmen identifiziert werden. Diese Operationalisierung lässt keine endgültige Aussage über die Qualität der Lösungen zu.

Diese Häufigkeitswerte lassen sich durch Auszählung entsprechender Informationseinheiten in einem verbalisierten mentalen Modell des Ereignisses bestimmen. Dazu werden die Aussagen in den Gruppenlösungen entsprechenden Kategorien zugeordnet, d.h. der durch die Ereignisanalyse in den Gruppen mental erzeugte Problemraum muß so strukturiert werden, dass die Anzahl der zu einer inhaltlichen Ebene des Design Rationale gehörenden Informationen (vgl. 4.2) bestimmt werden kann. Dazu wurden die aufgezeichneten Lösungen transkribiert. Die Transkriptionen bildeten die Grundlage einer inhaltsanalytischen Auswertung, die durch zwei unabhängige Kodierer vorgenommen wird. Die Kodierung wird anhand der Event-Space-Analysis auf Basis einer Design Rationale-Modellierung vorgenommen (vgl. Anhang B.4).

Wissenszuwachs (AV 3):

Der Wissenszuwachs ergibt sich aus dem Wissen nach einer Ereignisanalyse, reduziert um das vorhandene Vorwissen vor der Analyse eines Ereignisses (AV 3). Der Wissenszuwachs ist um so größer, je größer die Differenz zwischen Post- und Prä-Wissenstest ausfällt. Diese Operationalisierung bleibt jedoch auf explizites, verbalisierbares Wissen beschränkt. Gleichzeitig sind Teile expliziten Wissens aufgrund fehlerhafter Aufmerksamkeitssteuerung nicht verbalisierbar. Außerdem ist explizites Wissen durch implizites Wissen kontaminiert (vgl. 4.1.3), womit diese Operationalisierung für den Nachweis von Effekten des Kommunikationsmediums ausreichend, jedoch nicht für Erfahrungslernen generalisierbar ist.

Für jede Vpn. werden beide Wissenstests (Prä- und Posttest) ausgewertet. Zur Auswertung wird ein Lösungsschema mit Punktbewertung der Antworten verwandt. Zur Kontrolle der Beurteilerübereinstimmung wurden die Wissenstests durch zwei Beurteiler ausgewertet.

Problemlösefähigkeit (KV 1):

Ereignisanalyse erfordert Fähigkeiten zur Rezeption von Informationen in der Rekonstruktionsphase und zur Regel- und Mustererkennung bei der Aufdeckung der kausalen Struktur der Ereignisinformation in der Konzeptionsphase. Induktive und deduktive Denkprozesse sind erforderlich zur Erfassung und Beeinflussung vernetzter Variablen. Die Fähigkeit zum Erkennen von Regeln und Gesetzmäßigkeiten (Schlussfolgerndes Denken; Reasoning) findet inhaltlich Überschneidungen mit dem bereits 1938 im Thurstoneschen Intelligenzmodell identifizierten Sekundärfaktor "Induktion" (vgl. Amelang & Bartussek, 1990; S.193f), weshalb sich entsprechende Testverfahren für diese Fähigkeit zur Operationalisierung von Problemlösefähigkeit empfehlen.

Auch unter Berücksichtigung der Kritik an Thurstones Modell, welche sich vornehmlich auf die von ihm verwandte rechtwinklige Faktorenanalyse bezieht, scheint innerhalb des Konstrukts "Intelligenz/kognitive Fähigkeiten" eine übergreifende Fertigkeit zum schlussfolgernden Denken zu existieren. Im Bezug zu Catells Intelligenzmodell (1971) sieht Horn (1968) diese Fertigkeit "Induktion" innerhalb des Sekundärfaktors „fluide Intelligenz“ repräsentiert. Catell nimmt an, dass sich in der fluiden Intelligenz das angeborene, kulturunabhängige geistige Leistungspotential eines Menschen zeige. Demgegenüber sei kristalline Intelligenz das kulturabhängige Korrelat aus Übungs-, Trainings- und Wissenserwerbsprozessen.

Kristalline Intelligenz ist nach Catell nicht nur ein unidirektionales Produkt kultureller Einflüsse, sondern Ergebnis der Interaktion von fluider Intelligenz und Lernprozessen. Demnach ist der Erwerb kristalliner Intelligenz (Wissen) u.a. von der Fähigkeit zum schlussfolgernden Denken abhängig, womit in dieser Untersuchung ein Zusammenhang zwischen individueller Problemlöseleistung und dem Wissenszuwachs zu erwarten ist. Denn bemerkenswert ist Catells Dichotomie zwischen fluider und kristalliner Intelligenz. Somit werden die in 4.1.3 diskutierten, auf menschliche Informationsverarbeitung bezogenen Dichotomien (implizites/explizites bzw. prozedurales/deklaratives Wissen) durch eine weitere ergänzt. Wie die fluide Intelligenz verkörpern implizites bzw. prozedurales Wissen offenbar Fähigkeiten, die zum Aufbau, zur Modulation und zur Veränderung des entsprechenden Gegenstücks innerhalb des jeweiligen Konstrukts dienen.

Dörner (1986) verwandte komplexe Computersimulationen, um den Zusammenhang zwischen der Leistung bei komplexen Problemlöseaufgaben und klassischen Intelligenzmaßen zu überprüfen. Gute Problemlöser in den Computersimulationen zeichneten sich durch Konzentration auf relevante Informationen, hohen Analyseumfang, koordinierte Entscheidungen, Selbstreflexion und -organisation sowie ausreichende Vorausplanung aus. Es fanden sich allerdings keine signifikanten Korrelationen zwischen Testleistung und den

Leistungsmaßen bei Problemlöseaufgaben in seinen Computersimulationen, weshalb Dörner den Zusammenhang zwischen Intelligenz und einer allgemeinen Problemlösefähigkeit negierte.

Grundsätzlich steht dem jedoch die hohe prädiktive Validität von Intelligenztests entgegen (Jäger, 1986). Süß (1999) und Kluwe, Schilde, Fischer & Oellerer (1991) kritisieren, dass die Operationalisierung der Leistungsmaße bei Studien der Bamberger Gruppe mithin nicht ausreichend reliabel waren, wodurch korrelative Zusammenhänge nicht nachgewiesen werden konnten. Trotz der relativ langen Untersuchungsdauer bei Computersimulationen wurde nur eine unabhängige Messung vorgenommen, was die Reliabilität begrenzt (Süss, 1999). Bei einer reliablen Operationalisierung der Leistungsmaße fand Süss signifikante Korrelationen zwischen Problemlöseleistung und Testleistungen, wobei die Tests Arbeitsgedächtniskapazität bzw. schlussfolgerndes Denken maßen.

Für die Messung der Fähigkeiten schlussfolgernden Denkens sind eine Reihe erprobter und wissenschaftlicher Gütekriterien entsprechenden Verfahren anwendbar. Dazu gehören der "Berliner Intelligenz Struktur Test“ (BIS) von Jäger, Süß & Beauducel (1997), die "Advanced Progressive Matrices“ (APM) von Raven (deutsche Adaptation von Heller, Kratzmeier & Langfelder, 1998) sowie das "Leistungsprüfsystem“ (LPS) von Horn (1983). Zwischen diesen Tests bestehen inhaltliche Überschneidungen, d.h. mit unterschiedlichen Items und Skalen werden ähnliche Fähigkeitsbereiche gemessen.

Ebenso bestehen natürlich Zusammenhänge zwischen den Tests und anderen Aufgaben, die ähnliche Fähigkeitsbereiche beanspruchen. Es wurde bereits auf die signifikanten Korrelationen zwischen Intelligenztests, die "Arbeitsgedächtniskapazität" oder "Schlussfolgerndes Denken/Reasoning" erfassen, und reliablen Maßen der Leistung bei komplexen Problemlöseaufgaben (Kluwe et al., 1991; Süss, 1999) hingewiesen. D.h. unter der Voraussetzung, dass sich bei komplexen Problemlöseaufgaben die Leistungen von Personen zuverlässig messen lassen, finden sich mittlere korrelative Zusammenhänge zwischen bestimmten Skalen bestimmter Tests und der Aufgabenbewältigung. Deshalb scheint es naheliegend, den Einfluss individueller kognitiver Voraussetzungen für Ereignisanalysen mit entsprechenden Testverfahren zu kontrollieren.

"Arbeitsgedächtniskapazität" wird mit dem BIS erfasst, "Induktion" bzw. "Schlussfolgerndes Denken" können mit dem APM oder den Untertests des LPS 3 und 4 (Horn, 1983; S.8f; Gebauer & Heinze, 1998) bestimmt werden. Da BIS und APM längere Zeit für die Instruktion, Durchführung sowie Auswertung benötigen, wird in dieser Untersuchung die Problemlösefähigkeit über die Summe der Testrohwerte des LPS 3 und 4 operationalisiert. Die Items dieser Untertests wurden inhaltlich dem APM entlehnt, weisen eine hinreichende Reliabilität auf und sind ökonomisch in der Testanwendung und -auswertung (Horn, 1983).

Informationsabruf (KV 2):

Die Rekonstruktion des Ereignishergangs sowie die Identifikation kausaler Zusammenhänge beim Ereignis benötigen den Austausch nicht-geteilter Information. Wenn ein oder mehrere Gruppenmitglieder kritische, für Rekonstruktion bzw. Konzeptualisierung maßgebliche Informationen nicht erwähnen, kann dieses zu einer Minderleistung der gesamten Gruppe führen (vgl. Stasser & Stewart, 1992). Die kognitive Verfügbarkeit von Information zu operationalisieren, würde einen erhöhten Untersuchungsumfang bedeuten, der nicht unmittelbar zu einer gültigen Beantwortung der Untersuchungsfragestellung führt. Hingegen kann der Abruf ereignisrelevanter Information (Lesen einer Seite mit entsprechender Information) über die Häufigkeit des Abrufs ereignisrelevanter Information operationalisiert werden, indem aus den serverseitigen Logfileprotokollen die Anforderungen entsprechender Dateien ausgezählt werden.

Vorwissen (KV 3):

Ereignisanalyse umfasst die Integration neuer ereignisrelevanter Information in ein ursprüngliches mentales Abbild vom Ereignis. Es wird davon ausgegangen, dass ein ursprüngliches mentales Modell von dem in der Untersuchung verwandten Ereignis um so differenzierter ist, je differenzierter das individuelle Vorwissen hinsichtlich Ereignisanalyse und Verfahrenstechnik ist. Gruppen mit einem durchschnittlich höheren Vorwissen werden demzufolge bessere Leistungen bei der Ereignisanalyse zeigen als Gruppen mit geringerem durchschnittlichen Vorwissen. Deshalb wird das Vorwissen mit einem schriftlichen Test gemessen, der Fragen zur Ereignisanalyse und zur Verfahrenstechnik enthält. Die Summenwerte für die richtigen Lösungen gelten als Maße für das Vorwissen (KV 3;).

4.5.5 Material, Methoden und Geräte

Die Simulation einer Ereignisanalyse im Team bedeutet, dass die natürliche Situation realitätsnahe nachempfunden wird. Simulationsmodelle werden im allgemeinen aus einer formalen Analyse praktischer Aufgaben abgeleitet, die in bewertbare Teilaufgaben zerlegt werden (Hüttner, Wandtke & Rätz, o. Datum; Kap.6 S.8). Letztlich beruht jede Simulation eines Realitätsbereiches auf einem Modell, d.h. einer Vereinfachung auf wesentliche Merkmale und Funktionen. Die Strukturierung der Ereignisanalyse sowie die zu bestimmenden Leistungsvariablen wurden bereits dargestellt.

Um den komplexen Vorgang der Ereignisanalyse in einer verfahrenstechnischen Anlage (vgl. Kap.3) im Labor nachzuempfinden sowie gleichzeitig diesen Prozess entsprechend der Forschungshypothesen strukturiert beobachten zu können, konnte nur teilweise auf vorhandene Untersuchungsmethoden zurückgegriffen werden. Neue werden nachfolgend erläutert.

Die Simulation der Ereignisanalyse wird anhand deren Konstruktion, der Anwendung der Ereignisanalysemethode und der technischer Implementierung, einschließlich der verwandten Hardware, dargestellt. Weiterhin werden die Untertests 3 und 4 des LPS zur Bestimmung der Fähigkeit schlussfolgernden Denkens (KV1), der Wissenstest zur Bestimmung des Vorwissens (KV3) und des Zuwachses deklarativen Wissens (AV3) erläutert.

Konstruktion des Ereignisses:

Die Simulation von Ereignisanalysen benötigt die Berücksichtigung organisationaler Rahmenbedingungen, einen Inhalt, der tatsächlichen Ereignissen entspricht, sowie ein praktikables Ereignisanalyseverfahren (vgl. Kapitel 2 und 3). Zur Überprüfung der Hypothesen wurde eine Simulation entwickelt, wobei folgende Richtlinien zugrunde gelegt wurden:

- Die Simulation umfasst die Analyse eines Ereignisses in einer verfahrenstechnischen Anlage. Da eine Vielzahl von Ereignisberichten aus KKW vorlagen, welche jedoch nicht vollständig dokumentiert worden sind, wurde ein Ereignis konstruiert und in den technischen Kontext des nicht-nuklearen Teils eines KKW gestellt, womit es möglichen Ereignissen in konventionellen Großkraftwerken nahe kommt.
- Die Analyse wird von Gruppen mit Hilfe einer spezifischen Analysemethodik durchgeführt, welche das Vorgehen bei der Lösungsfindung sequentiell strukturiert.
- Bei der Analyse des Ereignisses existiert eine Vielzahl von Lösungsmöglichkeiten und keine einzig wahre Lösung. Die Aufgabe der Expertengruppe ist es, eine angemessene und praktisch umsetzbare Lösung zu entwickeln.
- Die Komplexität des Ereignisses sollte groß genug sein, um Deckeneffekte zu vermeiden. Unter Deckeneffekten ist zu verstehen, dass Messwerte im Endbereiche der Verteilungsform eines Verhaltensmerkmals nicht voneinander differenziert werden können. Bei einem zu einfachen Ereignis bestünde die Möglichkeit, dass zwischen zwei sehr guten Gruppen keine Unterscheidung mehr möglich ist. Aus diesem Grunde musste die Menge zugänglicher Information und deren mögliche Zusammenhänge im Experiment ausreichend groß gewählt werden.
- Um eine Aufgabe mit verdeckter Lösungsstruktur zu simulieren, verfügt jedes Gruppenmitglied über nicht-geteilte Informationen zum Ereignis, ist somit Experte in Bezug auf spezifische Aspekte des Ereignisses. Nur eine Teilmenge der Informationen ist von vornherein allen Gruppenmitgliedern gleichermaßen zugänglich.

Da zugängliche Ereignisberichte aus der Industrie bzw. von Behörden wichtige Informationen zum Ereignishergang nicht enthalten, wurde ein neues Ereignis aus verschiedenen Berichten

konstruiert. Dieses Vorgehen war anderem auch wegen der Vertraulichkeit der Ereignisberichte notwendig. Das in zur Simulation verwendete Ereignis ist in Anhang B.1 dargestellt.

Bei der Konstruktion der Fallstudie wurde zunächst das Ereignis detailliert mit Hilfe einer Zeit-Akteurs-Matrix zusammengesetzt, ausführlich beschrieben sowie Schaltpläne, Tabellen und Diagramme angefertigt. Anschließend wurde das Ereignis in einzelne Informationseinheiten zerlegt, welche im unterschiedlichen Maße Zusammenhänge untereinander aufwiesen. Für die Simulation verdeckter Lösungsstrukturen wurden alle Informationseinheiten als nicht-geteilte oder geteilte Informationen klassifiziert. Als geteilte Informationseinheiten wurden allgemeine, für nicht-geteilte Informationen spezielle, fachbezogene Informationen ausgewählt.

Im nächsten Schritt wurden die Rollen der beteiligten Personen im Ereignisanalyseteam definiert und entsprechende Informationseinheiten zugeordnet. Die Definition der Rollen orientierte sich an den allgemeinen Organisationsstrukturen in deutschen Kernkraftwerken (Fraser, 1985). Die Konsistenz und die Schwierigkeit der Fallstudie wurde in einer Voruntersuchung getestet und so angepasst, dass die Teilnehmer nach 30 Minuten alle Informationen gelesen hatten.

Im Vorfeld der Untersuchung hospitierte ich bei einer Ereignisanalyse in einem Kernkraftwerk, um so einen qualitativen Abgleich des konstruierten Ereignisses mit einem echten Ereignis herzustellen. Es zeigte sich, dass das konstruierte Ereignis nicht weniger komplex war, als das analysierte Ereignis im KKW.

Ereignisanalysemethode:

Für das strukturierte Vorgehen bei der Analyse des Ereignisses wurden Arbeitsschritte aus der SOL-Methode abgeleitet. Für die Rekonstruktion des Ereignisses wurde die der STEP-Technik entlehnte Zeit-Akteurs-Matrix verwendet. In Vorversuchen erwies sich die Zeit-Akteurs-Matrix als leicht erlernbares Hilfsmittel, die Verwendung der Identifikationshilfe zur Identifikation der kausalen Bedingungen des Ereignisses aufgrund ihres Umfangs jedoch als ungeeignet. Eine Verwendung dieses Hilfsmittels für die Konzeptualisierung im Experiment hätte zusätzliches, umfangreiches Training der Versuchspersonen erfordert, weshalb auf dessen Einsatz verzichtet wurde.

Ereignisrelevante Informationen:

In der Fallstudie wurden den Vpn. Rollen zugeteilt, die typische Aufgabenbereiche von Mitarbeitern eines Kraftwerks nachbilden (vgl. Fraser, 1985; zur Nutzung von Rollen Hollenbeck et al., 1997; S.118f). Um Störeinflüsse auf die Untersuchungsergebnisse aufgrund einer möglicherweise ablehnenden politischen Überzeugung der Teilnehmer gegenüber der Kerntechnik zu vermeiden, wurde die Bezeichnung „Kernkraftwerk“ oder "Atomkraftwerk“

vermieden und durch „Kraftwerk“ ersetzt. Dieses erschien legitim, da sich das Ereignis theoretisch auch in einem konventionellen Großkraftwerk ereignen kann.

Insgesamt existieren vier Rollen; Betriebselektriker (BE), Leitstandsfahrer (LF), Dieselmechaniker (DM) und Qualitätssicherungsbeauftragter (QS), die sich in Schichtpersonal (Operateure) und Tagdienstpersonal (Instandhaltungspersonal) aufteilen. Der BE ist verantwortlich für die Überwachung aller elektrotechnischen und elektronischen Komponenten während der Schicht, also insbesondere der Spannungsversorgungsnetze und der Leittechnik. Der DM überwacht das Notstromdieselaggregat und gehört ebenfalls zur Schicht. Der LF ist der Leiter der Schicht und überwacht im Kontrollraum die Steuerung der gesamten Anlage. Der QS bekleidet eine Linienfunktion und ist verantwortlich für die Ausführung, Überwachung und Dokumentation von Instandhaltungsmaßnahmen. Er ist gleichzeitig Leiter des Ereignisanalyseteams.

Darbietung ereignisbezogener Informationen:

Diese Informationen wurden den Teilnehmern schriftlich am Computer in Form von Text, Tabellen und Abbildungen als HTML-Seiten (Hypertext Markup Language), dem Standard für Internetseiten, dargeboten. Alle Seiten verwenden das gleiche Grundschema aus Überschrift, Kopfbereich mit Links zu den Kategorien, linken Seitenbereich mit Links zu den Inhalten in der Kategorie und Textbereich. Zur leichteren Navigation wurden die Inhalte in Kategorien angeordnet. (vgl. Anhang B.2).

Geräte:

Alle Versuche wurden in einem Computerpool durchgeführt, der mit vier Personalcomputern ausgestattet war (Tabelle 16). Alle Computer waren mit Zeigegerät (Maus), Tastatur und Farbmonitor ausgestattet. Sämtliche auf dem Monitor angezeigte Informationen konnten von den Teilnehmern ausgedruckt werden. Alle PC verfügten über eine fest zugewiesene IP-Adresse. Da die Zuordnung der Rollen zu den PC-Arbeitsplätzen in den Untersuchungen nicht variiert wurde, kann mittels Logfiles die Häufigkeit des Zugriffs auf die Dateien während der Untersuchungsphase bestimmt werden.

Die Anordnung der Tische wurde so gewählt, dass die Versuchsteilnehmer zueinander keinen unmittelbaren Augenkontakt hatten und der Bildschirm direkt vor ihnen positioniert war. Um mit den anderen Versuchsteilnehmern Augenkontakt aufzunehmen, war es für die Vpn. notwendig, den Kopf zur Seite zu drehen bzw. sich umzuschauen. Während der Konzeptualisierungsphase arbeiteten die Vpn. in der FTF/FTF- bzw. CM/FTF-Bedingung kaum mit dem Computer und wandten sich deshalb einander zu, so dass sie während der Diskussion einen Halbkreis bildeten.

Tabelle 16 Ausstattung der im Experiment eingesetzten Computer.

Hardware	Pentium II Prozessor, 64 MB RAM, 4 GB ROM, 17" Monitor, Netzwerkdrucker
Software	MS Explorer 4.0, MS Access 97
Netzwerk	Windows NT 4.0, TCPIP

LPS:

Beim LPS (Horn, 1983) handelt es sich um einen Leistungstest zur Bestimmung kognitiver Fähigkeiten unter Verwendung des Thurstoneschen Intelligenzmodells. Der Test ist ein klassisches Papier-Bleistift-Verfahren, d.h. die Vpn. erhalten ein Aufgabenblatt, auf dem sie die ihrer Meinung nach richtigen Lösungen ankreuzen. Bei den Items handelt es sich um "Druckfehleraufgaben": Aufgabe der Versuchspersonen ist es, in einer Reihe aus Figuren (LPS3) bzw. Ziffern und Buchstaben (LPS4) jeweils die Figur bzw. die Ziffer oder den Buchstaben herauszufinden und kenntlich zu machen, welcher nicht in den logischen Aufbau dieser Reihe paßt. Einfach gesagt, es sollen die Abweichungen in einer logischen Reihe kenntlich gemacht werden. Dazu müssen die Vpn. die Regel, nach der die Reihe aufgebaut ist, identifizieren, um anschließend das von der Regel abweichende Zeichen herauszufinden.

Die Zeichen werden gekennzeichnet, indem sie durchgestrichen werden. Eine Korrektur der Fehler ist den Vpn möglich, indem sie die falsche Lösung einkreisen, die richtige Lösung dann anstreichen. Insgesamt besteht jeder Untertest aus 40, ihrer Schwierigkeit nach angeordneten Aufgaben, beginnend mit dem einfachsten Item. Zur Bearbeitung der Tests stehen den Versuchspersonen 5 Minuten (LPS3) bzw. 8 Minuten (LPS4) zur Verfügung. Die Instruktion beider Tests ist standardisiert durch das Handbuch vorgegeben. Der LPS wird durch das Auflegen einer Schablone ausgewertet. In jedem der beiden Untertests können maximal 40 Punkte erreicht werden. Horn berichtet für beide Untertests hinreichende Retest-Reliabilitäten ($r_{tt\ LPS3}$=,66; $r_{tt\ LPS4}$=,77). Anspruchsvollen Anforderungen halten diese Reliabilitäten gerade stand; die reduzierten Reliabilitäten führt Horn auf die zeitliche Instabilität fluider Intelligenz aufgrund situativer Einflüsse zurück (z.B. Schlaf, Ernährung, Erschöpfung; Horn, 1983; S.19). Der Test umfasst eine Parallelform, die jedoch aufgrund der einmaligen Anwendung innerhalb einer Versuchsreihe nicht benötigt wurde; es wurde ausschließlich die Testform A verwandt.

Wissenstest:

Zur Erfassung des Vorwissens und des Wissenszuwachses wurde ein aus zwei Teilen bestehender Wissenstest entwickelt. Der erste Teil enthält Fragen zur Technik in einem Kraftwerk, der zweite Teil zur Methodik der Ereignisanalyse. Der Fragebogen ist in Anhang B zu finden. Die Fragen entsprechen den Inhalten des Ereignisses in der Simulation sowie der verwandten Methodik. Sie repräsentieren kein einheitliches Fähigkeitskonstrukt, sondern die

Kumulation expliziten Wissens zu den beiden Fachgebieten. Deshalb sind die Prinzipien der Klassischen Testtheorie auf dieses Verfahren nicht anwendbar (vgl. Lienert & Raatz, 1998).

Um Deckeneffekte gering zu halten, wurde die Schwierigkeit der Fragen hoch gewählt. Dadurch konnten einige Vpn. im Vorwissenstest nur wenige Fragen beantworten, worauf diese jedoch bereits in der Instruktion des Vorwissenstests hingewiesen wurden. Die Länge und Verständlichkeit des Tests sowie die Eindeutigkeit der Fragen wurden in den Vorversuchen getestet und angepasst.

4.5.6 Datenanalyse

Die Datenanalyse unterteilt sich in die quantitativ-inhaltsanalytische Kategorisierung der Gruppenlösungen (vgl. Lamnek, 1995; S.191), die Aufbereitung quantitativer Daten und die statistischen Analysen einschließlich Tests.

Quantitativ-inhaltsanalytische Kategorisierung der Gruppenlösungen:

AV2a-c (Konzeptualisierung): Die Konzeptualisierung des Ereignisses ist ein quantitatives Vergleichsmaß der Leistung der Gruppen beim Erzeugen eines mentalen Abbildes des Ereignisses. Die verbale Lösungspräsentation der Gruppe stellen die Rohdaten zur Erzeugung dieses Maßes in vier Schritten. Zu Bestimmung der Konzeptualisierungsleistung wurde quantitativ-inhaltsanalytisch vorgegangen. Mit Hilfe der Event Space Analysis (vgl. Anhang B.4) wurden die Transkriptionen der Tonbandprotokolle kodiert.

1. Die Transkriptionen der mündlichen Lösungspräsentationen wurden mit Hilfe der Event Space Analysis in QOCM-Strukturen zerlegt (vgl. Anhang B.4). Dazu wurde zunächst jede Informationseinheit als Q, O, C oder M kodiert, indem entsprechende Textstellen aus den Transkriptionen ausgeschnitten und auf einem Plakat angeordnet wurden. Die Kodierung wurde durch zwei unabhängige Kodierer vorgenommen.
2. Im nächsten Schritt wurden einzelne QOCM-Strukturen anhand von Episoden grafisch angeordnet. Episoden sind in sich abgeschlossene Teilereignisse. Jede Episode bezieht sich auf ein konkretes Geschehnis an einer technischen Komponente.
3. Zum Vergleich der Gruppen untereinander wurde eine kumulative Lösung aller identifizierter QOCM-Strukturen generiert. Diese stellt eine Kumulation sämtlicher in den Gruppenlösungen benannten QOCM-Strukturen, wobei Redundanzen, also inhaltlich doppelte QOCM-Strukturen entfernt wurden.
4. Anhand der kumulativen Lösung wurde für jede Gruppe die Anzahl aller Informationen, die Anzahl der Zusammenhänge und die Anzahl die Maßnahmen ausgezählt.

Dieses Vorgehen erbrachte für jede Gruppe eine Häufigkeit der Informationseinheiten (Q, O C, M) und der semantischen Verbindungen (QO usw.), wodurch die Konzeptualisierung

durch die Gruppen, d.h. das kollektiv geteilte mentale Modell des Ereignisses, quantitativ erfasst wurde.

Aufbereitung quantitativer Daten:

AV 1 (Rekonstruktion des Ereignisses): Zur Bestimmung der Leistung der Gruppen bei der Rekonstruktion des Ereignisses wurde die Anzahl aller in der Zeit-Akteurs-Matrix enthaltenen Ereignisbausteine ausgezählt. Zuvor wurde jeder Ereignisbaustein daraufhin geprüft, ob die mit ihnen dokumentierte Information eine sinnvolle Aufteilung in zwei Ereignisbausteine zuläßt. Es wurden keine derartigen Ereignisbausteine gefunden.

Wissenszuwachs (AV 3): Diese abhängige Variable gibt den Zuwachs expliziten Wissens an, d.h. der Differenz der individuellen Werte des Post-Wissenstests und des Vorwissenstests. Alle Wissenstests wurden von zwei unabhängigen Beurteilern mit Hilfe einer Schablone ausgewertet (vgl. Anhang B.6). Aus den beiden Urteile wurde der Mittelwert als Rohwert für AV3 errechnet.

Schlußfolgerndes Denken (KV 1): Für jeden Teilnehmer wurden die Testrohwerte für die Untertests 3 und 4 des LPS durch Auflegen der entsprechenden Auswertungsschablone bestimmt (vgl. Horn, 1983). Der Summenwert aus beiden Testrohwerten bildet den Rohwert für Schlußfolgerndes Denken.

Informationsabruf (KV 2): Alle Abrufe der Versuchspersonen von Informationen der Fallstudie wurden automatisch in einer Protokolldatei aufgezeichnet. Anhand dieser Protokolldatei wurden die Häufigkeiten des Abrufs ereignisrelevanter Information für jede Versuchsperson errechnet.

Statistische Analysen:

Zur statistischen Prüfung der Hypothesen wurden hauptsächlich nonparametrische Verfahren eingesetzt. Die Hypothesen wurden auf dem Niveau der Gruppen untersucht. Durch die geringe Besetzung in den Untersuchungsdesigns sind varianzanalytische Verfahren ausgeschlossen und nonparametrische Testverfahren die Mittel der Wahl. Nachfolgend soll deren Prinzip kurz erläutert werden.

Der verteilungsfreie Mann-Whitney-U-Test für zwei unabhängige Stichproben prüft die Hypothese, dass die Werte einer Stichprobe in einer gemeinsamen Rangreihe (R_i) gleich häufig den Werten der Vergleichsstichprobe vorangehen (Bortz, 1993; S.141; Lienert, 1973; S.248). Die Beobachtungen aus beiden Gruppen werden kombiniert und in eine gemeinsame Reihenfolge gebracht, wobei im Falle von Rangbindungen der durchschnittliche Rang vergeben wird. Die Anzahl der Bindungen sollte im Verhältnis zur Gesamtanzahl der Beobachtungen klein sein. Wenn die Grundgesamtheiten in der Lage identisch sind, sollten die Ränge zufällig zwischen den beiden Stichproben gemischt sein. Es wird berechnet, wie oft ein Wert aus Gruppe 1 einem Wert aus Gruppe 2 und wie oft ein Wert aus Gruppe 2 einem Wert aus Gruppe 1 vorangeht. Die Mann-Whitney-U-Statistik ist die kleinere dieser beiden Zahlen.

Der Kruskal-Wallis-H-Test (ebd., S.264) für k unabhängige Stichproben prüft die Hypothese, dass alle mittleren Rangwerte einer gemeinsamen Rangreihe (R_i) der Werte sich nicht zufällig voneinander unterscheiden und entspricht einer nonparametrischen Alternative zur einfaktoriellen ANOVA. Hier wird geprüft, ob mehrere unabhängige Stichproben aus der gleichen Grundgesamtheit stammen. Mindestens ein ordinales Meßniveau wird benötigt.

Da von einer Normalverteilung der Variablen nicht ausgegangen werden kann und es sich bei einigen Variablen um ordinale Daten handelt, wurden Korrelationen mit geringen Stichprobenumfängen mit Kendalls Tau b berechnet (Bortz, 1993). Dieser Koeffizient basiert auf Rangdaten und ist robust gegen Verletzungen der Voraussetzung der Normalverteilung.

Schließlich wurden Partialkorrelationen berechnet. Eine partielle Korrelation berücksichtigt den Einfluss einer dritten, vermittelnden Störvariable auf die Stärke des Zusammenhangs zwischen zwei Variablen (Bortz & Döring, 1995; S.478). Das Bereinigen von Merkmalen erfolgt hierbei nicht untersuchungstechnisch, sondern auf statistischer Basis. Diese Prozedur lässt auch die "Ausschaltung" der Wirkung mehrerer Variablen auf den Zusammenhang zwischen zwei Variablen zu.

Diese Korrelationen werden parametrisch berechnet, was scheinbar im Widerspruch zur obigen Aussage steht. Bortz, Lienert & Boehnke (1990; S.44f) stellen dazu fest, dass Effekte, welche mit parametrischen Verfahren in nonparametrischen Umgebungen gefunden werden,

in jedem Fall als gültig anzusehen sind. Die parametrischen Verfahren seien hierbei nur ineffektiver, d.h. weniger trennscharf, als deren nonparametrisches Pendant.

4.6 Ergebnisse

Zunächst werden die Untersuchungsdaten qualitativ bewertet und Befunde zur Zuverlässigkeit der verwandten Methodik dargestellt. Anschließend werden die Daten explorativ untersucht, so dann Unterschiedshypothesen, Zusammenhangshypothesen sowie die Erfüllung von Voraussetzung geprüft. Schließlich werden partielle Zusammenhänge zwischen den Untersuchungsvariablen erläutert.

4.6.1 Qualitative Analysen

Qualitative Analysen betrachten, im Gegensatz zu quantitativen, auch latente Informationen in den Untersuchungsdaten, also auch solche, die nicht durch das zur Datenerzeugung verwandte Mess-, Begriffs- bzw. Kategoriensystem erfasst wurden (vgl. Lamnek, 1995). Hierzu sind Analysemethoden unterschiedlicher Formalisierung und Aussagekraft anwendbar, von der qualitativ-intuitiven Eindrucksbildung bis zur Inhaltsanalyse (ebd.). Diese können einen breiteren Kontext für das Verständnis und die Wertung quantitativer Analyseergebnisse liefern.

Bei der ersten Durchsicht der Transkriptionen der Gruppenlösungen war auffällig, dass diese unterschiedliche Umfänge hatten. Einige Gruppen benötigten wenige Sätze, um ihre Lösungen darzustellen. Andere wiederum formulierten ihre Lösungen sehr ausführlich. Gründe für diese Unterschiede sind:

- Die Lösungen sind unterschiedlich redundant, d.h. in einigen Gruppen wurden dargestellte Sachverhalte und Zusammenhänge mehrfach genannt, ohne dass diese zu einem Analysefortschritt führen.
- In die Lösungen wurden teilweise Informationen integriert, welche durch die Fallstudie nicht vorgegeben und auch nicht aus den verfügbaren Informationen abzuleiten waren. Dieses bezieht sich insbesondere auf normative Aspekte, d.h. Informationseinheiten, die als C (Kriterium) i.S. des Design Rationale kodiert wurden (s.u.).
- Die Transkriptionen enthalten neben der Sachinformation ebenso Steuerungsinformation, die der Koordination der Beiträge einzelner Gruppenmitglieder während der Ergebnispräsentation dienen. Diese enthält keine für die Hypothesenprüfung relevante Information.

Eine quantitative Bewertung kann deshalb nicht aufgrund der Anzahl in der Lösung erwähnter Informationen, sondern ausschließlich über eine quantitative Inhaltsanalyse der

Transkriptionen erfolgen (Lamnek, 1995, S.192). Dabei werden Häufigkeiten der Informationseinheiten in zuvor festgelegten Kategorien, hier denen der Event Space Analysis (vgl. Anhang B.4), bestimmt.

Die Unterschiede im Analyseumfang sind jedoch so gravierend, dass diese trotz quantitativer Inhaltsanalyse auf die Rohwerte der Gruppen durchschlagen und sich dadurch Auswirkungen auf die Hypothesenprüfung erwarten lassen. So sind beispielsweise bei Gruppe 8 (Versuchsbedingung CM/CM; vgl. Anhang C.3) sehr wenige Ereignisfakten genannt worden. Diese Gruppe könnte als Ausreißer in der Wertetabelle interpretiert werden. Da jedoch im Versuchsablauf keine Gründe für ein Leistungsversagen festgestellt werden konnten, sind diese Werte ohne statistische Korrekturen (z.B. Ersetzen der Werte durch den Mittelwert) in die Analyse aufgenommen worden.

Des weiteren hat die kumulative Lösung (vgl. 4.5.6, Anhang C.1) ebenso methodisch bedingte Auswirkungen auf die Hypothesenprüfung. Es ist anzumerken, dass im Schritt 3 (Erstellung einer kumulativen Lösung, vgl. S.173) auf die Fortführung der Analyse der C-kodierten Informationseinheiten verzichtet wurde. Da es sich bei den Versuchspersonen überwiegend um technische Laien bzgl. des simulierten Systems handelt, waren Mitteilungen, welche normativen Charakter bezüglich der Sicherheitsoptimierung enthielten, z.T. sehr allgemein ("Die Kommunikation insgesamt war schlecht"). Es ist zu vermuten, dass sich normative Vorstellungen hinsichtlich des sicheren Betriebs einer verfahrenstechnischen Anlage erst durch praktische Erfahrung und spezielle Ausbildung entwickeln. Aus diesem Grunde sind die normativen Äußerungen der Teilnehmer, welche über keinerlei praktischen Erfahrung in einem Kraftwerk verfügen, zur Bewertung der Konzeptualisierungsleistung ungeeignet.

Die kumulative Lösung entsprach in etwa dem Entwurf der Fallstudie, wobei einige Informationen und konstruierte kausale Relationen der Fallstudie unberücksichtigt blieben. Gleichzeitig entwickelten die Gruppen teilweise Maßnahmen und schlussfolgerten Wechselwirkungen, die im Entwurf des Ereignisses nicht vorgesehen waren, jedoch plausibel und evident erscheinen. Dieser Umstand deckt sich mit der Annahme der besonderen Aufgabenstruktur bei Ereignisanalysen. Schließlich wurde die Konzeptualisierung in drei Variablen kodiert und deren Häufigkeiten ausgezählt: Anzahl aller Informationseinheiten (QO), Anzahl aller kausalen Verbindungen (Q-O; M) sowie Anzahl aller Maßnahmen (M).

Zur Bewertung von Relevanz und Stimmigkeit der kumulativen Lösung wurden die abgeleiteten korrektiven Maßnahmen den beitragenden Faktoren nach SOL gegenübergestellt (Anhang C.2). Auch hier wird ein inhaltlicher Unterschied zwischen den korrektiven Maßnahmen und den beitragenden Faktoren deutlich. Korrektive Maßnahmen enthalten Handlungsanweisungen, die aus dem Wissen über das Ereignis abgeleitet wurden und zu einer

Verhinderung des erneuten Auftritts des Ereignisses führen. Zusammenhänge zu kontribuierenden Faktoren geben an, wo im System verringerte Sicherheit auftreten *könnte*. Sie beruhen auf Erfahrungswerten und sind in dieser Form normativ bzgl. der Sicherheitsoptimierung. Sie dienen dem Erkennen möglicher Barrierendefekte und unterstützen dadurch die Ableitung korrektiver Maßnahmen. Dennoch lassen sich einzelne Maßnahmen der kumulativen Lösung zu den Faktoren der SOL-Methode zuordnen, womit die Effizienz und Umsetzbarkeit der kumulativen Lösung zwar nicht nachgewiesen, jedoch eine Plausibilität der Lösung anzunehmen ist.

4.6.2 Reliabilitäten

Da die Werte für die abhängigen Variablen AV2a-c (Konzeptualisierung des Ereignisses) und AV3 (Zuwachs deklarativen Wissens) Ergebnisse von Ratings sind, wurden hierfür Gütemaße generiert. Das Übereinstimmungsmaß für die Kodierer, welches Auskunft über die Zuverlässigkeit der verwandten Kodiertechnik gibt, wird über die Berechnung der Interraterreliabilität bestimmt.

Dazu wurden Transkriptionen der Lösungspräsentation von drei verschiedenen Gruppen durch zwei unabhängige Personen entsprechend der Event Space Analysis kodiert. Anschließend wurden die Häufigkeiten für die Codes Q, O, C und M ausgezählt und für beide Personen die Übereinstimmung mit Pearsons Produkt-Momentkorrelation (Bortz, 1993; S.207) die Interraterreliabilität berechnet.

Zur Überprüfung der Zuverlässigkeit der Bestimmung der Konzeptualisierung des Ereignisses (AV2a-c) anhand der kumulativen Lösung wurden drei kodierte Transkriptionen zufällig ausgewählt und durch zwei unabhängige Personen bewertet. Beide Bewertungen wurden mittels Phi-Koeffizienten für dichotome Variablen (ebd., S.210) korreliert.

Auch für die Auswertung der Wissenstest wurde die Beurteilerübereinstimmung (Interraterreliabilität) für zwei Auswerter berechnet. Dazu haben zwei Auswerter, entsprechend eines Lösungsschemas, die Lösungen aller Wissenstest beurteilt (vgl. Anhang B). Da es sich hierbei um ordinale Skalen handelt, wurde die Übereinstimmung mit Spearmans Rho für kategoriale Daten (S.214) bestimmt. Die berechneten Interraterreliabilitäten sind in Tabelle 17 wiedergegeben.

Die Interraterreliabilitäten sind auf dem Niveau von (α=0,01) signifikant und erreichen eine hinreichende Höhe. Damit kann geschlossen werden, dass die verwandten Methoden, (Event Space Analysis, kumulative Lösung für Intergruppenvergleichen und Wissenstest) zur Messung der abhängigen Variablen hinreichend zuverlässig sind. Die Übereinstimmung zweier Korrelationskoeffizienten in Tabelle 17 ist zufällig.

Tabelle 17 Interraterreliabilitäten

Auswertungsmethode	Korrelationskoeffizient	Wert	Signifikanz	?
Kodieren der Transkriptionen für Codes Q, O, C & M	Produkt-Moment-Korrelation nach Pearson	R = 0.71	,021	Ja
Auszählen kodierter Transkriptionen nach kumulativer Lösung	Phi-Koeffizient	Φ = 0,83 (N = 288)	,000	Ja
Auswerten der Wissenstests durch zwei Beurteiler	Spearmans Rho (S.214)	r_s = 0,834 (N =1 344)	,000	Ja

4.6.3 A: Prüfung der Unterschiedhypothesen

Untersucht wird die Wirkung computervermittelter Kommunikation auf die Ergebnisse von Ereignisanalysen in Teams. Die zu prüfendende statistische Nullhypothese lautet im Falle eines erwarteten Unterschieds, dass keinerlei Differenzen zwischen den Gruppen in verschiedenen Untersuchungsbedingungen bestehen, die nicht auf zufällige Effekte zurückzuführen wären.

Konkret wurden die Unterschiedshypothesen H A.1 bis H A.3 (S.155) untersucht, die eine Leistungsförderung während der Rekonstruktion des Ereignisses, aber eine Leistungsminderung bei computervermittelter Kommunikation hinsichtlich der Konzeptualisierung und des Wissensaufbaus prognostizierten. Tabelle 18 gibt zunächst die Mittelwerte und Streuungen für die abhängigen Variablen für die Gruppen entsprechend der Untersuchungsbedingungen wieder.

Es zeigen sich für CMC-Gruppen in der Rekonstruktionsphase höhere Mittelwerte bei einer größeren Streuung hinsichtlich der Anzahl identifizierter Ereignisbausteine. Computervermittelt kommunizierenden Gruppen gelingt es besser, nicht-geteilte Informationen zum Ereignis zu sammeln. In den Ergebnissen der auf die Rekonstruktion des Ereignisses aufbauenden Phase zeigt sich, dass Gruppen in der CM/FTF-Bedingung mehr Informationseinheiten in ihrer Konzeptualisierung als Gruppen in der FTF/FTF-Bedingung bzw. der CM/CM-Bedingung berücksichtigen, wobei die FTF/FTF-Gruppen mehr Informationseinheiten in ihrer Lösung als CM/CM-Gruppen erwähnen.

Tabelle 18 Deskriptive Statistik zu den Unterschiedshypothesen: Mittelwerte (M) und (in Klammern) Streuungen (SD).

Abhängige Variable	Untersuchungsbedingung

	Direkt –mündlich	Computervermittelt	
	FTF/FTF	CM/FTF	CM/CM
AV1:Rekonstruktion	19,4 (2,5)	23,5 (5,3)	
AV2.a: Summe berücksichtigter Infoeinheiten	18,2 (8,5)	22,8 (3,)	18,2 (10,7)
AV2.b: Summe kausaler Relationen	10,6 (6,0)	14,8 (3,3)	13,8 (8,5)
AV2.c: Summe korrektiver Maßnahmen	2,8 (2,6)	2,4 (1,7)	2,6 (2,3)
AV3: Wissensaufbau	68,8 (9,7)	50,7 (4,0)	58,8 (13,3)

Das gleiche Bild zeigt sich beim Vergleich der Mittelwerte für die Summe der identifizierten kausalen Relationen. Auch hier erwähnen CM/FTF-Gruppen mehr kausale Relationen als FTF/FTF-Gruppen, die wiederum mehr kausale Relationen in ihren Lösungen als CM/CM-Gruppen identifiziert haben. Jedoch leiten FTF/FTF-Gruppen mehr korrektive Maßnahmen ab als CM/CM-Gruppen, die wiederum mehr Maßnahmen derivieren als CM/FTF-Gruppen.

Hinsichtlich des Wissenszuwachses sind die Ergebnisse erwartungskonform. Offensichtlich gelingt es direkt und mündlich kommunizierenden Gruppen besser, deklaratives Wissen aufzubauen, denn sie zeigen eine größere Differenz zwischen Post- und Prä-Wissenstest als CM/CM-Gruppen, die ihrerseits jedoch bessere Leistungen erreichen als die CM/FTF-Gruppen.

Die Aussagekraft der Mittelwertsunterschiede wird mit nonparametrischen Testverfahren hinsichtlich deren Zufälligkeit geprüft (vgl. 4.5.6). Die Ergebnisse der statistischen Tests für die Hypothesen A.1 bis A.3 sind in Tabelle 19 dargestellt. Die statistische Hypothese, der entsprechende Signifikanztest, die Testgröße, ggf. die Freiheitsgrade (df), die Wahrscheinlichkeit für die Testgröße (p) sowie die Entscheidung hinsichtlich der Signifikanz der Hypothese sind in dieser Tabelle aufgezeigt.

Die Prüfung ergibt signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen unterschiedlicher Versuchsbedingungen hinsichtlich der Rekonstruktion des Ereignisses und des Aufbaus deklarativen Wissens. Keine signifikanten Unterschiede sind für die Ergebnisse der Konzeptualisierungsphase festzustellen.

Tabelle 19 Ergebnisse der inferenzstatistischen Prüfung der Hypothesen A.1, A.2 und A.3

Vorhersagekonforme statistische Nullhypothese*		Test	Testgröße	df	p	Signifikant?
H A.1	Rekonstruktion: $R_{i[FTF]}=R_{i[CM]}$	Mann-Whitney-U	U=8,0	-	.034*	Ja
H A.2a	Konzeptualisierung-Informationseinheiten : $R_{i[CM/FTF]}= R_{i[FTF/FTF]}=R_{i[CM/CM]}$	Kruskal-Wallis-H	X^2=,86	2	.651	Nein
H A.2b	Konzeptualisierung-kausale Struktur: $R_{i[FTF/FTF]}= R_{i[CM/FTF]}= R_{i[CM/CM]}$	Kruskal-Wallis-H	X^2=2,02	2	,365	Nein
H A.2c	Konzeptualisierung-Maßnahmen: $R_{i[FTF/FTF]}= R_{i[CM/FTF]}= R_{i[CM/CM]}$	Kruskal-Wallis-H	X^2=0,05	2	,997	Nein
H A.3	Wissensaufbau: $R_{i[FTF/FTF]}=R_{i[CM/FTF]}=R_{i[CM/CM]}$	Kruskal-Wallis-H	X^2=6,54	2	,038*	Ja

*Anmerkung: Da die Hypothesen mit nonparametrischen Verfahren geprüft wurden, wurde nicht das Verhältnis der Mittelwerte μ geprüft, sondern der Rangreihen R_i zueinander.

Die statistische Nullhypothese keines Unterschiedes zwischen den Stichproben für A.1 ist abzulehnen, es gilt die Alternativhypothese, dass computervermittelte Kommunikation die Rekonstruktionsleistung von Ereignisanalyseteams fördert.

Die Nullhypothese für A.2a ist nicht abzulehnen, d.h. computervermittelte Kommunikation bewirkt keine Leistungsminderung hinsichtlich der Summe erwähnter Informationseinheiten in dem während der Konzeptualisierung erzeugten kollektiven mentalen Abbild des Ereignisses. Ebenso ist die Nullhypothese für A.2b abzulehnen, d.h. computervermittelte Kommunikation übt keinen negativen Effekt auf die Anzahl identifizierter kausal-semantischer Relationen zwischen den Informationseinheiten aus, die mit Zusammenhängen bzw. Einflussmöglichkeiten gleichzusetzen sind. Gleichfalls sind keine signifikanten Unterschiede zwischen den Stichproben hinsichtlich der Anzahl abgeleiteter korrektiver Maßnahmen zu verzeichnen. Die Nullhypothese für A.2c ist ebenfalls nicht abzulehnen, d.h. computervermittelte Kommunikation hat keinen Einfluss auf die Anzahl abgeleiteter Maßnahmen.

Bei der Prüfung der Hypothese A.3 zeigen sich signifikante Unterschiede, d.h. das Kommunikationsmedium hat einen Effekt auf den Erwerb deklarativen Wissens während Ereignisanalysen. Entsprechend der deskriptiven Statistik (Tabelle 18) ist festzustellen, dass direktmündlich kommunizierende Gruppen offensichtlich einen Vorteil in den Kommunikationsbedingungen während der Ereignisanalyse haben und deshalb bessere Ergebnisse hinsichtlich des Wissensaufbaus erzielen. Computervermittelte Kommunikation hat auf dieses Produkt von Ereignisanalysen eine negative Wirkung und unterdrückt den Aufbau deklarativen Wissen.

4.6.4 B: Zusammenhänge in den abhängigen Variablen

Zusammenhänge zwischen den abhängigen Variablen erhellen das Verständnis der gefundenen bzw. nicht gefundenen Unterschiede (Hypothesen B.1 und B.2). Doch sind nachweisbare Korrelationen zwischen Variablen nicht als eindeutige kausale Beziehungen zu verstehen (Bortz, 1993; S.217). In der Tat bestünde keine Gewissheit darüber, ob es sich bei gefundenen signifikanten Korrelationen um sogenannte Scheinkorrelationen handelt, also Korrelationen, welche durch statistische Artefakte, nicht durch tatsächliche Zusammenhänge verursacht werden. Dennoch sind Korrelationen notwendige Voraussetzungen für das Schließen auf Zusammenhänge, d.h. wenn ein kausaler Zusammenhang zwischen Variablen besteht, sollte auch eine signifikante Korrelation zwischen diesen gefunden werden.

Es wurde ein positiver Zusammenhang zwischen der Rekonstruktions- und Konzeptualisierungsleistung prognostiziert (vgl. Abbildung 19). Demnach sollte die Konzeptualisierungsleistung einer Gruppe anwachsen, je umfangreicher die Rekonstruktion des Ereignisses ist (Hypothese B.1, 156). Anders ausgedrückt, eine Gruppe kann zu keiner ausreichenden Identifikation kausaler Bedingungen und korrektiver Maßnahmen gelangen, wenn in die Rekonstruktion des Ereignisses zu wenig Fakten berücksichtigt worden sind.

Eine weitere Annahme (Hypothese B.2) bezieht sich auf den Zusammenhang zwischen Ereignisanalyse und dem Zuwachs an Wissen. Das Ziel von Ereignisanalysen ist die Identifikation beitragender Faktoren. Gleichzeitig wird durch Analysen im Team der Erfahrungstransfer unterstützt. Wie in 4.1 dargelegt, lautet die Prämisse hierbei, dass eine tiefgründige Konzeptualisierung des Ereignisses sich positiv auf den Zuwachs von Wissen auswirkt.

Die Ergebnisse der Prüfung der beiden Hypothesen B.1 und B.2 sind in Tabelle 20 wiedergegeben (statistische Nullhypothesen, die Korrelationen, Stichprobenumfang (N), die Signifikanz und der Entscheidung der Hypothese auf dem 5%-Fehlerniveau). Da die Konzeptualisierung durch drei Variablen operationalisiert ist, wurden die Zusammenhänge für jeweils eine dieser drei getestet. Einseitige Signifikanzen wurden berechnet, da aufgrund der sequentiellen Folge von Rekonstruktion, Konzeptualisierung und Wissenstest Wirkungen in umgekehrter Richtung ausgeschlossen sind.

Bei der Prüfung der Hypothese B.1 zeigen sich Korrelationen mittlerer Größe für den Zusammenhang zwischen Rekonstruktionsleistung sowie der Anzahl berücksichtigter Informationseinheiten bzw. der Anzahl identifizierter kausaler Relationen. Zwischen Rekonstruktionsleistung und Summe abgeleiteter korrektiver Maßnahmen findet sich keine signifikante Korrelation. Das könnte auf eine Varianzeinschränkung der Variable AV2.c (Maßnahmen) zurückzuführen sein. In Tabelle 18 ist ein eingeschränkter Wertebereich aufgrund geringer Mittelwerte und Varianzen zu erkennen. Hier könnte eine größere Stichprobe ($N > 12$) zu

einer signifikanten Korrelation führen. Unter dieser Bedingung und aufgrund der beiden mittleren Korrelationen ($r_{AV1/AV2.a}$ = 0,35 und $r_{AV1/AV2.b}$ = 0,49) wird die Hypothese B.1 des positiven Zusammenhangs zwischen Rekonstruktions- und Konzeptualisierungsleistung als bestätigt angenommen.

Tabelle 20 Ergebnisse der Prüfung der Zusammenhangshypothesen (einseitige Signifikanz).

Vorhersagekonforme Hypothese und statistische Nullhypothese		**Korrelation**	**N**	**Signifikanz**	**Signifikant? (a= .05)**
H B.1	Positiver Zusammenhang zwischen Rekonstruktion und Konzeptualisierung				
	$\rho_{AV1/AV2.a}$ =0	,346	12	,046	Ja
	$\rho_{AV1/AV2.b}$ =0	,487	12	,008	Ja
	$\rho_{AV1/AV2.c}$ =0	,145	12	,246	Nein
H B.2	Zusammenhang zwischen Konzeptualisierung und Zuwachs deklarativen Wissen				
	$\rho_{AV2.a/AV3}$ =0	-,155	12	,552	Nein
	$\rho_{AV2.b/AV3}$ =0	,02	12	,921	Nein
	$\rho_{AV2.c/AV3}$ =0	,21	12	,302	Nein

Für die zweite Zusammenhangshypothese B.2 hinsichtlich der Wechselwirkung zwischen der Konzeptualisierungsleistung und dem Zuwachs deklarativen Wissens findet sich keine signifikante Korrelation ($r_{AV2.a/AV3}$ = -0,16; $r_{AV2.b/AV3}$ = 0,02; $r_{AV2.c/AV3}$ = 0,21). D.h. die Leistungen einer Gruppe bei der Konzeptualisierung des Ereignisses hat offensichtlich keine Wirkung auf das Lernen von Fakten. Auch hierbei ist die Schwierigkeit der Operationalisierung von Wissenszuwachs zu berücksichtigen. D.h. dieses Ergebnis bezieht sich nur auf explizites Wissen, lässt also zunächst keine Schlussfolgerungen hinsichtlich des Erfahrungstransfers zu.

Für die weitere Exploration der Zusammenhänge ist in Tabelle 21 eine vollständige Interkorrelationsmatrix für die Zusammenhänge zwischen den abhängigen Variablen wiedergegeben.

Erwartungsgemäß zeigen sich starke Zusammenhänge zwischen den Variablen für die Konzeptualisierung AV2.a, AV2.b und AV 2.c. Es besteht eine positive Korrelation zwischen der Anzahl der Informationseinheiten und der Anzahl identifizierter kausal-semantischer Relationen ($r_{AV2.a/AV2.b}$ = 0,69). D.h. eine umfangreiche Faktenmenge im geteilten mentalen Modell vom Ereignis ermöglicht auch das Erschließen von Zusammenhängen und Einflussmöglichkeiten. Darauf weisen auch die positive Korrelation zwischen den identifizierten kausalen Zusammenhängen und den abgeleiteten korrektiven Maßnahmen ($r_{AV2.b/AV2.c}$ = 0,58) sowie die substantiellen, jedoch nicht signifikanten Korrelationen zwischen Anzahl der Informationseinheiten und den identifizierten Maßnahmen ($r_{AV2.b/AV2.c}$ = 0,33).

Tabelle 21 Interkorrelationsmatrix der abhängigen Variablen. In den Zellen ist der Korrelationskoeffizient (Kendalls Tau b) und (Signifikanz) in Klammern angegeben für N=12. Signifikante Korrelationen für (α<,05) sind mit *, für (α<,01) mit ** gekennzeichnet.

	Rekonstruktion (AV1)	**Summe aller Infoeinheiten (AV2.a)**	**Summe kausaler Relationen (AV2.b)**	**Summe korrektiver Maßnahmen (AV2.c)**	**Zuwachs deklarativen Wissens (AV3)**
Rekonstruktion (AV1) (einseitig)	1	,346* (,046)	,487** (,008)	,145 (,246)	-,293 (,142)
Summe aller Infoeinheiten (AV2.a)	-	1	0,69** (,000)	0,328 (,055)	-,155 (,552)
Summe kausaler Relationen (AV2.b)	-	-	1	0,582** (,003)	0,02 (,921)
Summe korrektiver Maßnahmen (AV3)	-	-	-	1	0,21 (,302)

Insgesamt können die letztgenannten Korrelationen als Hinweis (nicht als genaue Schätzung) der internen Validität der Operationalisierung eines kollektiv geteilten mentalen Modells eines Ereignisanalyseteam gewertet werden. Denn vor dem Hintergrund der Ausführungen in 4.1.4 sind diese Zusammenhänge logisch.

4.6.5 C: Prüfung der Voraussetzung in den Gruppen

Die bisherigen Ergebnisse könnten Resultat methodische Artefakte, z.B. einer ungültigen Stichprobenauswahl, sein. Da die Zuweisung der Versuchspersonen zu den Gruppen entsprechend der anfallenden Reihenfolge vorgenommen wurde (vgl.4.5.2, ist zu klären, ob es hinsichtlich der Ausprägung in den Kontrollvariablen Schlussfolgerndes Denken (KV1), Informationsabruf (KV2) und Vorwissen (KV3) Unterschiede zwischen den Stichproben bestehen.

Die Kontrollvariablen sollen für die prognostizierten Wechselwirkungen zwischen den Untersuchungsvariablen in allen Gruppen gleich verteilt sein, um von gleichen Ausgangsbedingungen ausgehen zu können. Tabelle 22 zeigt die Mittelwerte und Standardabweichungen der Kontrollvariablen in den Versuchsbedingungen.

Für KV1 und KV2 sind die Mittelwerte und Streuungen in etwa gleich. Die Gruppen in der Versuchsbedingung CM/CM weisen allerdings die geringsten Mittelwerte für alle Kontrollvariablen auf. Die Streuung von KV2 ist bei Gruppen in der Versuchsbedingung FTF/FTF ($SD_{KV2.FTF/FTF}$ = 74) deutlich größer als bei Gruppen der anderen Versuchsbedingungen ($SD_{KV2.FTF/CM}$ = 29; $SD_{KV2.CM/CM}$ = 17). Leider ist eine weitere Analyse der Mittelwertstendenzen und Varianzen aufgrund des geringen Stichprobenumfangs erschwert, da hierdurch die Voraussetzungen für Varianzanalyse nicht erfüllt werden.

Tabelle 22 Deskriptive Statistik der Kontrollvariablen: Mittelwerte (M) und (in Klammern) Streuungen (SD).

Kontrollvariable	Untersuchungsbedingung		
	Direkt-mündlich	Computervermittelt	
	FTF/FTF	FTF/CM	CM/CM
Schlussfolgerndes Denken (KV1)	246,4 (10,8)	247,2 (29,2)	237,6 (16,9)
Informationsabruf (KV2)	154 (74,01)	123,3 (14,23)	117,4 (17,9)
Vorwissen (KV3)	74,8 (16,5)	72,2 (20,3)	57,4 (11,9)

Die Prüfung der Hypothesen C.1, C.2 und C.3 fehlender Unterschiede in den Kontrollvariablen, d.h. keinen Unterschied in den Rangsummen der Gruppen in den verschiedenen Untersuchungsdesigns, erfolgt nonparametrisch. Die statistischen Hypothesen, die Testwerte, die Freiheitsgrade und der genaue Signifikanzwert sind in Tabelle 23 angezeigt.

Tabelle 23 Ergebnisse des Kruskal-Wallis-H-Tests für die Hypothesen zu den Kontrollvariablen.

Vorhersagekonforme statistische Hypothese		χ^2	df	Signifikanz	Signifikant? (a= .05)
H A.1	Schlußfolgerndes Denken (KV1): $R_{i[FTF/FTF]}=R_{i[CM/FTF]}=R_{i[CM/CM]}$	1,24	2	,54	Nein
H A.2	Vorwissen (KV2): $R_{i[FTF/FTF]}=R_{i[CM/FTF]}=R_{i[CM/CM]}$	3,6	2	,16	Nein
H A.3	Informationsabruf (KV3): $R_{i[FTF/FTF]}=R_{i[CM/FTF]}=R_{i[CM/CM]}$	,08	2	,96	Nein

Das Ergebnis zeigt, dass die jeweilige Nullhypothese für A.1, A.2 und A.3 nicht verworfen werden kann. Deshalb wird geschlossen, dass die Unterschiede in Mittelwerten und Varianzen der Gruppen verschiedener Versuchsbedingungen zufällig sind. Somit gilt die Annahme gleicher Voraussetzungen in den untersuchungsrelevanten individuellen Fähigkeiten in den Untersuchungsgruppen.

D.h. es bestehen keine signifikanten Unterschiede in den Gruppen, die Auswirkungen auf die Ereignisanalyse haben. Die Randomisierung von Störvariablen kann somit als ausreichend betrachtet werden, und es brauchen keine Korrekturen zur Überprüfung der weiteren Hypothesen eingeführt werden (vgl. Sarris, 1990).

4.6.6 Partielle Zusammenhänge

In der grafischen Darstellung der prognostizierten Zusammenhänge zwischen den Untersuchungsvariablen sind einige Wechselwirkungen erkennbar, die bisher noch nicht diskutiert worden sind (vgl. Abbildung 19, S.159). Auch ist die Frage, ob Erfahrungstransfer sich mit verteilten Kommunikationssystemen unterstützen lässt, nicht vollständig beantwortet.

Bisher konnte festgestellt werden, dass durch CMC die Rekonstruktion positiv, die Konzeptualisierung gar nicht und der explizite Wissensaufbau negativ beeinflusst wird. Dabei ist ein mittlerer Zusammenhang zwischen Rekonstruktion und Konzeptualisierung sowie ein fehlender Zusammenhang zwischen Konzeptualisierung und Zuwachs expliziten Wissens festzustellen. Das deklarative Wissen konnte mit dem verwandten Wissenstest zuverlässig bestimmt werden, was durch die hinreichende Interraterreliabilität (vgl. Tabelle 17) gestützt wird.

Kein signifikanter Effekt wurde gefunden für die Wirkung des Kommunikationsmediums auf die Konzeptualisierungsleistung. Die letzten beiden Befunden sind erwartungsinkonform.

Schließlich wurden nicht signifikanten Unterschiede in den Ausgangsbedingungen festgestellt. Bemerkenswert ist schließlich ein negativer Zusammenhang zwischen Informationssammlung (KV2) und der Konzeptualisierungsleistung.

Vor dem Hintergrund des geringen Stichprobenumfangs, welcher vom großen Untersuchungsumfang rührt, können die inferenzstatistischen Tests nur deutliche Effekte ausweisen. Deshalb stellt sich die Frage, welche Interaktionen der Kontrollvariablen mit den abhängigen Variablen möglicherweise diese Ergebnisse beeinflusst haben. Tabelle 24 zeigt eine zunächst eine Interkorrelationsmatrix der Kontrollvariablen und der abhängigen Variablen. Es wurden zweiseitige Korrelationen berechnet.

Tabelle 24 Interkorrelationsmatrix zwischen Kontrollvariablen (in Spalten) und abhängigen Variablen (in Zeilen). In den Zellen ist der Korrelationskoeffizient (Kendalls Tau b) und (Signifikanz) in Klammern angegeben für N=60. Signifikante Korrelationen für (α<,05) sind mit *, für (α<,01) mit ** gekennzeichnet.

Variablenbezeichnung	Schlussfolgerndes Denken (KV1)	Infoabruf (KV2)	Vorwissen (KV3)
Rekonstruktion (AV1)	,237* (,034)	-,154 (,121)	,120 (,180)
Summe berücksichtigter Infoeinheiten (AV 2.a)	,170 (,098)	,000 (,499)	,236* (,035)
Summe kausaler Verbindungen (AV2.b)	,149 (,128)	-,213 (,051)	,125 (,170)
Summe aller Maßnahmen (AV2.c)	,120 (,181)	-,261* (,022)	,165 (,103)
Zuwachs deklarativen Wissens (AV3)	,057 (,333)	,000 (,499)	-,412** (,001)

Es zeigt sich ein mittlerer Zusammenhang zwischen schlussfolgerndem Denken und der Rekonstruktionsleistung ($r_{AV1.KV1}$ = 0,24). Offenbar sind die Fähigkeiten, welche beim LPS getestet werden, ähnlich zu denen, welche bei der Rekonstruktion des Ereignisses erfordert werden (vgl. 4.5.4). Damit ist aber auch ein Hinweis gegeben, dass bei der Rekonstruktion ein mentaler Prozess abläuft, der ähnlich zum Schlussfolgernden Denken, jedoch etwas anderes enthalten, als die Aneignung deklarativen (Fakten-)Wissens.

In 4.5.4 wurde zum einen eine funktionale Ähnlichkeit zwischen implizitem Wissen, prozeduralem Wissen und fluider Intelligenz festgestellt, zum anderen deren modulierende Eigenschaft bei der Entwicklung des jeweiligen Gegenstücks, also explizitem Wissen, deklarativem Wissen und kristalliner Intelligenz, herausgestellt. Geschuldet der Folgerung, der Postwissenstest sei mit implizitem Wissen konfundiert, was aufgrund von Operationalisierungsproblemen nicht separat gemessen werden konnte, ist die Verfolgung der Wirkung des Schlussfolgernden Denkens auf abhängige Variablen von Interesse.

Weiterhin waren negative Korrelationen zwischen Informationsabruf (KV2) und der Summe identifizierter korrektiver Maßnahmen (AV2.c) festzustellen ($r_{AV2.c.KV2}$ = -0,26) sowie zwischen Informationsabruf und der Summe identifizierter kausaler Relationen ($r_{AV2.b.KV2}$ = -0,21). Letztere bleibt allerdings knapp unterhalb des Signifikanzkriteriums. Offenbar führt die extensive Aufnahme einer sehr großen Menge von Ereignisinformationen zu weniger differenzierten Analyseergebnissen. Hier greift möglicherweise das, was Dörner (1989) als „thematisches Vagabundieren“ bezeichnet: Während sich effektive Problemlöser zunächst orientieren, um dann schrittweise einen Lösungsansatz verfolgen, in welchen gezielt relevante Informationen aufgenommen werden, gelingt es ineffektiven Problemlösern nicht, über den ersten Schritt des Orientierens hinaus zu gelangen. In der Folge werden sehr viele Informationen abgefragt, jedoch nicht in ein mentales Modell eingefügt.

Schließlich ist für Vorwissen ein positiver Zusammenhang mit der Anzahl berücksichtigter Informationen ($r_{AV2.a.KV3}$ = 0,24) und ein negativer Zusammenhang mit dem Zuwachs an deklarativen Wissen festzustellen ($r_{AV3.KV3}$ = -0,41). Während ersteres erwartungskonform ist (es besteht sozusagen bei gutem Vorwissen ein Grundgerüst zur Integration neuer Information), überrascht der zweite Zusammenhang. Erklärbar ist dieser mit Deckeneffekten bei der Verwendung des Wissenstest. D.h. diejenigen Personen, welche bereits im Vorwissenstest sehr gute Ergebnisse erreichen, erzielen auch im Post-Wissenstest ein ähnliches Ergebnis. Jedoch sind die Steigerungsraten von „guten“ Teilnehmern dadurch geringer als von „schlechten“.

Damit wird deutlich, dass folgende Detailfragen zu klären sind:

- Wie groß ist die Bedeutung der Fähigkeit schlussfolgernden Denkens für Ereignisanalyse? Hierbei gilt, aufgrund der aufgeführten funktionalen Ähnlichkeit zwischen fluider Intelligenz und impliziten Wissen (vgl.4.1.3), die Hilfsannahme, dass bei signifikant positiven Korrelationen zwischen Rekonstruktion (AV1), Konzeptualisierung (AV2a-c) bzw. Schlussfolgerndem Denken (KV1) implizites Wissen für Ereignisanalyse benötigt und gefordert wird.
- Welche Rolle spielt Vorwissen (explizites Wissen) bei der Integration neuer Information? Bei einem Einfluss entsprechend o.g. Annahme, Vorwissen bilde ein Grundgerüst für die

Integration neuer Information, sollten sich positive Korrelationen zwischen den Werten des Vorwissenstest und Rekonstruktion (AV1) und Konzeptualisierung (AV2a-c) zeigen. Hierbei gilt die Prämisse, dass sowohl explizites als auch implizites Wissen bei der Integration neuer Informationen in ein mentales Modell benötigt wird.

- Wie stark ist der Postwissenstest mit dem in während der Ereignisanalyse aktivierten und erworbenen impliziten Wissen konfundiert? Hierbei gilt die Annahme, dass schlussfolgerndes Denken eine wesentlichen Zusammenhang zu der Konzeptualisierungsleistung aufweist (s.o.). Die Bereinigung der Wirkung von Informationsabruf (KV2), Vorwissen (KV3) und Rekonstruktionsleistung (AV1) sollte eine signifikante Korrelation zwischen Konzeptualisierung (AV2a-c) und Post-Wissenstest erbringen.

Bedeutung schlussfolgernden Denkens für Ereignisanalyse:

Der mögliche Einfluss der Fähigkeit schlussfolgernden Denkens (KV1) auf die Ergebnisse der Ereignisanalyse wurde bereits erläutert. Diese Werte wurden mit den Untertests des LPS 3 und 4 erhoben. Schlussfolgerndes Denken wurde als kulturunabhängige, übergreifende *Fähigkeit* charakterisiert, die dem Aufbau und der Veränderung von Wissensstrukturen dient (vgl. 4.5.4).

Tabelle 25 zeigt die Partialkorrelationen zwischen den abhängigen Variablen und den Rohwerten des LPS 3 bzw. 4. Der LPS 3 erfasst fluide Intelligenz (Horn 1983; S.12), LPS 4 hingegen erfasst „Denkfähigkeit“, was sehr hoch mit der Mathematikzensur korreliert und womit stärker technisch-naturwissenschaftliche Fertigkeiten gemessen wird (ebd.). Die Wirkung von Informationsabruf (KV2) und Vorwissen (KV3) auf die abhängigen Variablen wurde dabei herauspartialisiert.

Es zeigen sich mittlere signifikante Korrelationen zwischen LPS 3 und den Werten für Rekonstruktion (AV1) und Konzeptualisierung (AV2.a, AV2.b und AV2.c). Hingegen sind zwischen LPS4 und die abhängigen Variablen keine signifikanten Korrelationen zu finden, wobei die Korrelation interessanterweise mit dem Zuwachs deklarativen Wissens am höchsten ist. So ist festzustellen, dass individuelle Prädispositionen hinsichtlich fluider Intelligenz einen Einfluss auf den Problemlöseprozess einer Ereignisanalyse ausüben. Aufgrund der konzeptionellen Nähe kann somit davon ausgegangen werden, dass implizites Wissen in Ereignisanalysen eine wesentliche Rolle spielt.

Tabelle 25 Partialkorrelationen (N=56) und (Wahrscheinlichkeiten) zwischen den Untertest des LPS und den abhängigen Variablen (kontrolliert durch Vorwissen und Informationsabruf). Signifikante Korrelationen für (α<,05) sind mit * gekennzeichnet.

Variable	LPS 3	LPS 4
Rekonstruktion (AV1)	,38* (,00)	,10 (,216)

Summe berücksichtigter Infoeinheiten (AV2.a)	,22* (,04)	-,01 (,46)
Summe kausaler Relationen (AV2.b)	,31* (,01)	-,02 (,44)
Summe Maßnahmen (AV2.c)	,22* (,05)	,09 (,26)
Zuwachs deklarativen Wissens (AV3)	,06 (,32)	,19 (,08)

Unter Rückgriff auf die Prämisse, dass fluide Intelligenz bei Konzeptualisierung eines Ereignisses einen maßgeblichen Einfluss hat (vgl. Tabelle 25) und unter Berücksichtigung des offensichtlichen positiven Zusammenhangs zwischen der Konzeptualisierungsleistung und der Leistung im Post-Wissenstest (vgl. Tabelle 27) kann gefolgert werden, dass auch individuelle Prädispositionen hinsichtlich der fluiden Intelligenz eine Moderatorvariable beim Lernen durch Ereignisanalyse ist. Personen mit einer höheren Ausprägung dieses Merkmals werden von der Teilnahme in einem Ereignisanalyseteam hinsichtlich des Wissenserwerbs mehr profitieren als Personen mit einer geringeren Ausprägung.

Bemerkenswert ist, dass die beiden Untertests des LPS untereinander lediglich schwach korrelieren (,37) im Vergleich mit den Angaben des Testentwicklers (,74). Das könnte auf das Herauslösen von einzelnen Untertests aus dem gesamten LPS zurückzuführen sein, speziell auf das Fehlen der ersten beiden Untertests und damit auf das Fehlen einer Testgewöhnungsphase.

Vorwissen als Voraussetzung für Integration neuer Informationen:

Bei den Vpn. handelte es sich um Studenten verschiedener Fachrichtungen, wodurch unterschiedliche Ausgangsniveaus hinsichtlich der Kenntnisse um technische Gegebenheiten in einem Kraftwerk gegeben waren. Aus zwei Gründen erscheint die Bestimmung des Einflusses von Vorwissen auf Ereignisanalysen wichtig:

Erstens ist Wissensaufbau (Lernen) offenbar vom Vorwissen abhängig und zweitens sind sowohl Wissen als auch schlussfolgerndes Denken kognitive Prädispositionen mit Einfluss auf Ereignisanalyseergebnisse, auch wenn sie sich dabei in ihrer Funktion voneinander unterscheiden. Tabelle 26 zeigt Partialkorrelationen des Prä-Wissenstest mit den abhängigen Variablen, kontrolliert durch Informationsabruf, LPS 3 und LPS 4. Diese Variablen repräsentieren Einflüsse auf die Ereignisanalyse, die über das Fach- und Methodenwissen hinausgehen.

Tabelle 26 Partialkorrelationen (N=55) und (Wahrscheinlichkeiten) zwischen dem Prä-Wissenstest (KV3) und den abhängigen Variablen (kontrolliert durch Informationsabruf, LPS3 und LPS4). Signifikante Korrelationen für (α<,05) sind mit * gekennzeichnet.

Variable	Prä-Wissenstest
Rekonstruktion (AV1)	,17 (,10)
Summe berücksichtigter Infoeinheiten (AV2.a)	,26* (,03)
Summe kausaler Relationen (AV2.b)	,22* (,05)

Summe Maßnahmen (AV2.c)	,21 (,06)
Zuwachs deklarativen Wissens (AV3)	-,47, (,00)

Es zeigen sich substantielle partielle Korrelationen zwischen Vorwissen und der Summe berücksichtigter Informationseinheiten (AV2.a) bzw. Summe identifizierter kausaler Relationen (AV2.b), weiterhin eine marginale, nicht signifikante Korrelation bzgl. identifizierter korrektiver Maßnahmen (AV2.c). Offensichtlich gelingt es Gruppen mit einem guten Vorwissen besser, die in der Rekonstruktionsphase zusammengetragenen Informationen in ein kollektives mentales Bild zu integrieren. Die Größe deklarativen Vorwissens beeinflusst positiv die Differenzierung der Ergebnisse von Ereignisanalysen.

Überraschend ist wiederum die negative Korrelation bzgl. des Zuwachses deklarativen Wissens (AV3), was die Vermutung von Deckeneffekte des Wissenstests stützt. Der Post-Wissenstest konnte offenbar Zuwächse deklarativen Wissens im oberen Wertebereich nicht differenziert erfassen.

Konfundierung des Post-Wissenstest mit implizitem Wissen:

Eine Schlußfolgerung von Dienes & Perner (1999) lautet, dass implizites Wissen funktional mit explizitem Wissen verbunden ist. Eine zweite Prämisse lautet, implizites Wissen besäße aufgrund der inhaltlichen Ähnlichkeit mit prozeduralem Wissen eine funktionale Ähnlichkeit mit fluider Intelligenz bezüglich des Aufbaus deklarativen Wissens. Drittens wird explizites Wissen in Folge von Strukturbildungsprozessen durch Problemlösen gebildet, d.h. es ist an Informationsintegration und das Knüpfen kausaler Zusammenhänge gebunden. Implizites Wissen hingegen wird durch Habitualisierung, also den häufigen Abruf expliziten Wissens, gebildet (vgl. Wender, 1992; S.588).

Tabelle 27 präsentiert die partiellen Korrelationen zwischen den Ergebnissen des Post-Wissenstest und den abhängigen Maßen der Konzeptualisierung, kontrolliert durch die Variablen Informationsabruf (KV2), Vorwissen (KV3) und Rekonstruktion (AV2). Diese Variablen haben Einfluss auf Ereignisanalysen, ohne selbst maßgeblich mit implizitem Wissen konfundiert zu sein.

Tabelle 27 Partialkorrelationen (N=55) und (Wahrscheinlichkeiten) zwischen dem Post-Wissenstest und den abhängigen Variablen (kontrolliert durch Vorwissen, Informationsabruf und Rekonstruktionsleistung). Signifikante Korrelationen für (α<,05) sind mit * gekennzeichnet.

Variable	Post-Wissenstest
Summe berücksichtigter Infoeinheiten (AV2.a)	,22* (,05)
Summe kausaler Relationen (AV2.b)	,26* (,03)
Summe Maßnahmen (AV2.c)	,28* (,02)

Tatsächlich zeigen sich, wenn die Wirkungen von Vorwissen, Informationsabruf und Rekonstruktionsleistung auf die Konzeptualisierung kontrolliert werden, signifikante Korrelationen zwischen Konzeptualisierung und Post-Wissenstest. Offenbar besteht ein positiver Zusammenhang zwischen der Leistung bei der Konzeptualisierung eines Ereignisses und dem Post-Wissenstest.

Somit ist die Schlußfolgerung, CMC habe einen hemmenden Einfluss auf den Aufbau expliziten Wissens, jedoch nicht auf die Konzeptualisierung, zu präzisieren. Denn nach den hier dargestellten Befunden sollten die Ergebnisse für Konzeptualisierung und Wissenszuwachs in die gleiche Richtung weisen. Eventuell sind diese Resultate durch zu geringe Stärke der statistischen Tests aufgrund des geringen Stichprobenumfangs oder durch Störeinflüsse, beispielsweise der Ungleichverteilung in den Stichproben hinsichtlich der Kontrollvariablen, bewirkt worden.

Denn auch bei der Prüfung der Gleichverteilung in den Kontrollvariablen ist zu berücksichtigen, dass es sich um kleine Stichprobenumfänge handelt und geringe Effekt durch die verwandten statistischen Testverfahren nicht aufgedeckt werden können.

4.7 Diskussion

Untersuchungsfragestellung der Studie III war, ob verteilte Kommunikationssysteme eine zuverlässige und effiziente Ergänzung von Ereignisdatenbanken bzw. Ereignisanalysesoftware bei der Unterstützung von eSMS sind. Denn verteilte Kommunikationssysteme könnten im Gegensatz zu den vorgenannten Systemen auch schwer zu formalisierende Prozesse eines eSMS, wie Informationssammlung, Analyse verursachenden Bedingungen und Effizienzabschätzung korrektiver Maßnahmen, unterstützen (vgl.3.5).

In der Konzeption von Ereignisdatenbanken bzw. Ereignisanalysesoftware wurden fehlende Unterstützungsfunktionen zur Ausbildung kollektiven Wissens, zum Transfer impliziten Erfahrungswissens sowie der Qualitätsverlust bei der Verarbeitung von Ereignisinformation kritisiert (vgl. 1.5.1 und 1.5.2). Es stellt sich also die Frage, ob diese Prozesse für eSMS bedeutsam sind und ob verteilte Kommunikationssysteme diese unterstützen können. Auf Basis einer Analyse der Prozesse des Erfahrungstransfers (4.1) sowie der Befundlage zur computervermittelten Kommunikation in Gruppen (4.3) wurde diese Untersuchungsfragestellung präzisiert. Im Mittelpunkt der Untersuchung steht der Einfluss des Kommunikationsmediums auf Ereignisanalysen in Teams (4.4).

Aufgaben von Ereignisanalyseteams sind individuelles Expertenwissen auszutauschen, den Ereignishergang aufgrund dieser gemeinsamen Informationen zu rekonstruieren, ein gemeinsames mentales Bild des Ereignishergangs und seiner Ursachen zu entwickeln, um schließlich korrektive Maßnahmen vorzuschlagen. Stasser & Titus (1985) und Winquist &

Larson (1998) zeigten, dass für den Erfolg solcher Gruppenlösungen die Menge ausgetauschter nicht-geteilter Informationen maßgeblich ist. Die Konzeptualisierung der Ereignisverursachung ist folglich vom Austausch nicht-geteilter Ereignisinformation im Team abhängig. Die Kernfunktion eines Ereignisanalyseteams ist somit auf die Sammlung und Integration geteilter und nicht-geteilter Ereignisinformationen reduzierbar.

Die Literaturübersicht zur computervermittelten Kommunikation erbrachte eine inhomogene Befundlage, die keine zuverlässigen Prognosen hinsichtlich der Effizienz computervermittelter Kommunikation für diesen Aufgabentyp erlaubt. Hervorzuheben ist das auf die Klassifikation von Gruppenaufgaben von McGrath (1984) zurückgehende und durch die „Media Richness“ Theorie von Daft & Lengel (1986) motivierte „Task Media Fit“ Modell (McGrath, Gruenfeld & Hollingshead, 1993). Hier wird postuliert, dass je nach Aufgabenanforderung durch computervermittelte Kommunikation Leistungsvorteile bzw. -nachteile gegenüber dem natürlichen Informationsaustausch in Gruppen zu erwarten sind.

Eine These des Modells lautet, dass mit steigender Interdependenz zwischen den Mitgliedern einer Gruppe die Nützlichkeit computervermittelter Kommunikation sinkt. Diese These deckt sich mit den Aussagen der „Media Richness“ Theorie. Deren Hauptaussage, je stärker die Aufgabe unstrukturiert und mehrdeutig sei („equivocally“), desto weniger sei ein Medium, welches Nachrichten bestimmter Modi (akustisch, visuell usw.) unterdrückt, für die Zusammenarbeit in Gruppen und Organisationen geeignet. Umgekehrt seien Medien mit geringer Bandbreite für Aufgaben geeignet, bei denen die Prozedur eindeutig und deren Zweck die Reduktion von Unbestimmtheit („uncertain“) durch Sammlung relevanter Informationen sei.

Empirische Befunde widersprechen teilweise diesen Modellen: Während Valacich und dessen Mitarbeiter (Valacich et al., 1992, 1993, 1995) den modellkonformen Vorteil von CMC bei Informationssammlungs- und Ideengenerierungsaufgaben mehrfach replizieren konnten, fanden Straus & McGrath (1994) diesen Unterschied nicht. Für Entscheidungsaufgaben, bei denen Gruppen aus einer festen Anzahl von Alternativen wählen, fanden Farmer & Hyatt (1994) sowie Hedlund et al. (1998) Leistungsminderungen in computervermittelt kommunizierenden Gruppen. Andere Studien konnten die Leistungsminderungen bei Entscheidungsaufgaben nicht replizieren (Archer, 1990; Daly, 1993).

Neben einer Reihe methodischer Artefakte, deren Wirkung bei der Interpretation der Befunde stärker in Betracht gezogen werden sollte (vgl. 0), ist die Klassifikation bzw. die Unterscheidung der Aufgabenerfordernisse anhand des Modells von McGrath, Gruenfeld & Hollingshead (1993) zu ungenau, um Schlussfolgerungen hinsichtlich der Wirksamkeit von Computerunterstützung für Ereignisanalyseteams zu ziehen. Die Social Information Processing Theory (SIP) von Walther (1992, 1995, 2000) liefert ein besseres Modell zur

Beschreibung computervermittelter Kommunikation. Deren Kernthese besteht darin, dass die technische Filterung nonverbaler Botschaften den Gruppenprozess zur Anpassung der Struktur an die Aufgabenerfordernisse verlangsamt, jedoch in seiner Qualität weniger nachhaltig verändert, als es die bisherige Forschung angenommen hat. Z.T. findet die Theorie Bestätigung in Studien, welche den Einfluss paralinguistischer Information auf das individuelle und das Gruppenhandeln nachweisen (Lea & Spears, 1992; Moore et al., 1999; Walther, 1995).

Um aus einer empirischen Untersuchung Aussagen hinsichtlich der Effizienz von CMC in eSMS treffen zu können, leitet sich für die Untersuchungsbedingungen ab, dass Informationsverteilung, Länge und Art der Aufgabe an die Anforderungen in der Praxis angepasst sein sollten. Deshalb wurde eine Ereignisanalyse im Team möglichst realitätsnah modelliert simuliert, indem die Charakteristika von Erfahrungstransfer (vgl. 4.1) in der Simulation umgesetzt wurden (vgl. 4.5.5). Untersucht wurden die Rekonstruktions- und die Konzeptualisierungsleistung der Gruppen sowie deren Zuwachs an deklarativem Wissen nach der gemeinsamen Ereignisanalyse. Entsprechend der Theorie- und Befundlage wurden leistungssteigernde Effekte von CMC aufgrund geringer Koordinationserfordernisse während der Rekonstruktionsphase erwartet. Leistungsmindernde Effekte wurden für die Konzeptualisierung der Ereignisverursachung sowie den Zuwachs expliziten Wissens erwartet, da diese Aufgaben eine erhöhte Koordination erfordern (vgl. 4.4.2)

Die Untersuchungsergebnisse erbringen folgendes Bild: Wenn Gruppen Ereignisse mittels der Kommunikation über den Computer analysieren, fördert dieses die Anzahl während der Rekonstruktionsphase gesammelter Information. Offensichtlich wirkt sich die Unterdrückung nonverbaler Informationen sowie die Möglichkeit paralleler Kommunikation positiv auf die Sammlung von Information aus. Während in einem Gruppengespräch alle Äußerungen einer natürlichen Sequenz derart unterworfen sind, dass sich normalerweise nur eine Person verständlich an alle Mitglieder gleichzeitig wenden kann, während alle anderen Personen schweigen, kann bei computer-vermittelter Kommunikation sozusagen durcheinander gesprochen werden. Dieses Ergebnis wird durch andere Befunde gestützt (Valacich et al., 1992, 1993, 1995).

Die Möglichkeit parallelen Informationsaustauschs zwischen den Mitgliedern einer Gruppe erweitert die Übertragungskapazität des Mediums. Da alle Äußerungen in einem Computerkonferenzsystem über eine Tastatur eingegeben werden müssen, ist die Übertragungsrate primär eingeschränkt. Unter heutigen technischen Bedingungen wären eine direkte Spracheingabe unterstützende Systeme denkbar, was diese primäre Einschränkung der Übertragungsrate beseitigen und den positiven Effekt der Computerunterstützung in der Rekonstruktionsphase einer Ereignisanalyse zusätzlich befördern würde.

Durch den mit Computerunterstützung verbesserten Informationsaustausch während der durch eine *geringe* Interdependenz gekennzeichneten Rekonstruktionsphase steigt die Wahrscheinlichkeit des Austauschs nicht-geteilter Informationen. Das hat positive Auswirkungen auf die Konzeptualisierung der Ereignisbedingungen. Die korrelationsanalytische Untersuchung der Hypothese B.1, welche einen positiven Zusammenhang zwischen Rekonstruktions- und Konzeptualisierungsleistung der Gruppen annimmt, erbrachte erwartungskonform einen signifikanten Zusammenhang mittlerer Stärke. Da aufgrund der Konstruktion der Fallstudie (vgl. 4.5.4) eine Aufgabe mit verdeckten Lösungsstrukturen gegeben war, welche zur Lösung der Kommunikation nicht-geteilten Expertenwissens bedarf, ist zu schlussfolgern, dass die Computerunterstützung die Kommunikation nicht-geteilter Information fördert, die sich in der Konzeptualisierungsleistung niederschlägt.

Die Ergebnisse zeigen aber auch, dass keine Unterschiede bei der Konzeptualisierung eines Ereignisses, also der Identifikation kausaler Bedingungen und der Ableitung korrektiver Maßnahmen, in den Leistungen computervermittelt arbeitender Gruppen gegenüber mündlich kommunizierenden Gruppen zu beobachten sind. Der Effekt der Verzögerung des Gruppenprozesses, welcher zur Anpassung der Gruppenstruktur an die Aufgabe bewirkt und somit die Fähigkeit der Gruppe zur Aufgabenbewältigung erzeugt (Forsyth, 1990; Cranach, Ochsenbein & Valach, 1986), ist in CMC-Gruppen offenbar so schwach, dass sich keine signifikanten Unterschiede gegenüber FTF-Gruppen herausbilden. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass Computerunterstützung auf die Ergebnisse von Ereignisanalysen keine nachweisbaren negativen Auswirkungen haben.

Im Hinblick auf den Zuwachs expliziten Wissens zeigt sich ein anderes Bild. Hier unterdrückt die Computerunterstützung den Aufbau dieses Wissens, da keine signifikante Unterschiede in den Differenzen zwischen Prä- und Post-Wissenstest in den einzelnen Stichproben gefunden wurden (Hypothese C.3). Die Analysen der deskriptiven Statistiken zeigen jedoch unerwartete Ergebnisse (Tabelle 18): Zwar haben Gruppen, die sowohl Rekonstruktion als auch Konzeptualisierung direkt-mündlich bearbeitet haben, den höchsten Wissenszuwachs. Doch sind jene, welche Rekonstruktion computervermittelt und Konzeptualisierung direkt-mündlich bearbeiten haben, hinsichtlich des Wissenszuwachses gegenüber Gruppen benachteiligt, welche beide Phasen der Ereignisanalyse computervermittelt bearbeitet haben.

Da unter Rückgriff auf fehlende signifikante Unterschiede in den Konzeptualisierungs-leistungen zwischen den Stichproben angenommen werden muß, dass die Ereignisinformation in etwa gleich tief elaboriert worden ist, scheint die Umstellung des Mediums zur Behinderung des Wissensaufbaus geführt zu haben. Denn ähnliches zeigt sich für die Konzeptualisierung: Obwohl CM/FTF-Gruppen durchschnittlich mehr

Informationseinheiten in der Konzeptualisierung berücksichtigen als CM/CM-Gruppen, haben CM/FTF-Gruppen, welche zwischen Rekonstruktion und Konzeptualisierung eine Umstellung des Mediums hatten, nur etwa gleich viele kausale Relationen identifiziert und korrektive Maßnahmen abgleitet. Offensichtlich scheint die Verzögerung des Gruppenprozesses, wie Walther (1992, 1995) ihn postuliert, bei der Computerunterstützung der Ereignisanalyseteams zunächst auf Adaptationsvorgänge der Gruppe an das Medium zurückzuführen sein.

Den Ergebnissen folgend lässt sich vermuten, dass die Adaptationsvorgänge bei jeder Umstellung des Kommunikationsmediums ausgelöst werden und zu einer Reduktion der aufgabenbezogenen Leistung (hier Akkumulation von Wissen und Ableitung korrektiver Maßnahmen) führen. Die Unterschiede in den deskriptiven Statistiken bleiben jedoch ohne entsprechende Signifikanz zunächst Vermutungen.

Einige signifikante Korrelationen geben Hinweise auf Einflüsse über die experimentelle Bedingungsvariation hinaus. Zunächst sind die erwartungskonform mittleren Korrelationen der abhängigen Maße für die Konzeptualisierungsleistung zu erwähnen (Tabelle 21, S.183). Des weiteren sind die Korrelationen der Kontrollvariablen mit den abhängigen Variablen aufschlussreich (Tabelle 24, S.186). Es zeigen sich positive Korrelationen zwischen den Werten für das schlussfolgernde Denken und der Leistung der Gruppe in der Rekonstruktionsphase sowie für die Werte des Vorwissenstests und der Anzahl der in der Konzeptualisierung des Ereignis berücksichtigten Informationen. Die Korrelation zwischen schlussfolgerndem Denken und Rekonstruktion weist auf ähnliche Fähigkeitsbereiche hin, die durch die jeweilige Aufgabe erfordert werden. Offensichtlich hat die individuelle fluide Intelligenz Einfluss auf die Rekonstruktionsleistung einer Gruppe.

Die Bedeutung der Korrelation zwischen Vorwissenstest und der Anzahl der in der Konzeptualisierung des Ereignis berücksichtigten Informationen erscheint naheliegend: Je größer das Vorwissen, um so besser gelingt die Integration ereignisrelevanter Information in ein mentales Abbild des Problems. Die negative Korrelation zwischen Vorwissen und Zuwachs deklarativen Wissens weist auf einen Deckeneffekt der Methode hin und ist somit als methodischer Artefakt zu sehen: Je besser die Leistung im Vorwissenstest ist, um so geringer ist die Differenz zwischen Post- und Prä-Wissenstest. Offenbar kann der verwandte Wissenstest die Wissenszuwächse bei Versuchspersonen mit einem guten Vorwissen nicht hinreichend abbilden. Die Interpretation dieser Korrelationskoeffizienten ist jedoch von unbestimmter Sicherheit, da bivariate Korrelationen durch die Wirkung von Drittvariablen moderiert werden können.

Die Analyse partieller Korrelationen erbrachte, dass der positive Zusammenhang zwischen Vorwissen und Konzeptualisierung bestätigt und auf die Identifikation kausaler Relationen

erweitert werden kann. Mit der Anzahl abgeleiteter korrektiver Maßnahmen besteht eine marginale, nicht signifikante Korrelation (Tabelle 26, S.189). Weiterhin zeigte sich, dass die Konzeptualisierungsleistung deutlich mit der Leistung im Post-Wissenstest zusammenhängt (Tabelle 27, S.190). Damit findet sich Evidenz für die dem Modell zugrundeliegende Prämisse, dass durch die in der Konzeptualisierungsphase stattfindende Elaboration ereignisbezogener Information Wissen über das Ereignis produziert wird. Schließlich weisen die partiellen Korrelationsanalysen für die Rohwerte der Untertest 3 und 4 des LPS (Horn, 1983) auf eine inhaltliche Spezifität der verwandten Test sowie auf den Einfluss fluider Intelligenz auf die Problemlöseleistung während der Ereignisanalyse hin (Tabelle 25, S.188).

Unzweifelhaft scheint die Computerunterstützung von Ereignisanalysen in Teams zunächst ein simples Problem darzustellen. Erst die Suche nach geeigneten Modellen, Theorien und Methoden zur Bewertung der Vor- und Nachteile verteilter Systeme zur Unterstützung von Ereignisanalysen in Teams erzeugt eine methodische Komplexität, wie sie in diesem Kapitel dargestellt worden ist. Zusätzlich ist die Bewertung erschwert, da eine Replikation der Befunde im Feldversuch zum gegenwärtigen Zeitpunkt sehr schwierig erscheint. Mithin gewönnen die Ergebnisse an Augenscheinvalidität, würde die Forschungsmethode vereinfacht werden.

Es wurde eine experimentelle Studie in Form einer Simulation durchgeführt. Diese wurde aus einer Reihe von dokumentierten Ereignissen konstruiert und ein System zur Darbietung der ereignisrelevanten Informationen entwickelt. Für die Durchführung der Analysen wurden die Vpn. in technischen Aspekten und der Methodik der Ereignisanalyse trainiert. Abgesehen von den unerwünschten Deckeneffekten des Wissenstests ist die in dieser Untersuchung verwandte Methodik hinreichend zuverlässig, wie die Befunde zu den Interraterreliabilitäten sowie die ausgewiesenen Gütemaße für den verwandten Test zeigen (vgl. 4.6.2). Hervorzuheben ist die Zuverlässigkeit der Operationalisierung der Konzeptualisierungsleistung mittels der zu diesem Zweck entwickelten Event Space Analysis (vgl. Anhang B). Allerdings ist der Stichprobenumfang im Experiment offensichtlich für den Nachweiß negativer Effekte von CMC auf die Konzeptualisierungsleistungen zu klein.

Abbildung 20 Übersicht der Ergebnisse der Studie III

Hypothesenprüfung: Wie wirkt sich computervermittelte Kommunikation auf Ereignisanalysen aus?	**Korrelative Aussagen**: Wie hängen die Untersuchungsvariablen zusammen?	**Aussagen zur Methode**: Erfolgte die Erhebung und Auswertung der Daten mit wissenschaftlicher Zuverlässigkeit?
• Ereignisrekonstruktion wird gefördert • Kein wesentlichen Unterschiede in Konzeptualisierung und der Identifikation korrektiver Maßnahmen • Umstellung des Mediums (CM auf FTF) verursacht leichte Leistungsverluste im Postwissenstest	• Ereignisrekonstruktion und –konzeptualisierung beeinflussen sich positiv • Problemlösefähigkeit beeinflusst die Leistung der Gruppe in der Rekonstruktionsphase • Vorwissen / Expertise beeinflusst Komplexität der Konzeptualisierung positiv • Konzeptualisierung hängt positiv mit der Leistung im Post-Wissenstest zusammen • Fluide Intelligenz beeinflusst Ergebnisse von Ereignisanalysen	• Gruppen hatten keine signifikanten Unterschiede im Vorwissen bzw. in der Problemlösefähigkeit • Kodierungsmethode ist ausreichend reliabel • Auswerter stimmen in ihren Urteilen überein • Verwandter Wissenstest erzeugt „Deckeneffekt“

Erneut hat sich die SOL-Methode bewährt, die in großen Zügen als Ereignisanalysetool für die Simulation der Ereignisanalyse übernommen wurde. Obwohl in dieser Studie keine Evaluation der Methode vorgesehen ist, kann aufgrund der kumulierten Aussagen der Vpn. eine Art der Expertenevaluation vorgenommen werden.

Besonders die Konzepte der multikausalen Verursachung, dargestellt anhand des Modells des multiplen Barrierenversagen, das Konzept der grafischen Rekonstruktion anhand der Zeit-Akteurs-Matrix nach Hendrick & Benner (1986) sowie das Konzept der Trennung der Rekonstruktion von der Faktorensuche waren für die Vpn. leicht verständlich, schnell zu erlernen und rasch anwendbar. Offensichtlich liegen die Stärken der SOL-Methodik u.a. in Plausibilität, Handhabbarkeit und Ökonomie der Anwendung bei gleichzeitiger theoretischer Fundierung. Nicht verwandt wurde die Identifikationshilfe (zur Findung kontribuierender Faktoren des Ereignisses) aufgrund der Charakteristik der Stichprobe, der zeitlichen Begrenzung der Ereignisanalyse und konzeptioneller Unterschiede zwischen den in der Studie verwandten Konstrukten und der Theorie von SOL (vgl. 4.6.1).

Die Ergebnisse der Studie III lassen sich zusammenfassend wie folgt interpretieren:

1. Die Rekonstruktion des Ereignisses lässt sich durch computervermittelte Kommunikation sehr gut unterstützen, da die Vorteile parallelen Informationsaustausches genutzt werden können.
2. Die Konzeptualisierung des Ereignisses lässt sich durch computervermittelte Kommunikation unterstützen, da die Koordinationshandlungen der Gruppe bei der Erzeugung eines geteilten mentalen Modells vom Ereignisses nur schwach behindert werden. Vermutlich wird sich diese Behinderung mit fortwährender Adaptation der Gruppe an das Medium verflüchtigen.
3. Das Lernen expliziten Wissens lässt sich durch computervermittelte Kommunikation zwar unterstützen, jedoch sind insbesondere in der Anpassungsphase der Gruppe an das Medium diesbezügliche Verluste in Kauf zu nehmen. Es lässt sich jedoch erwarten, dass diese mit der Zeit abnehmen.
4. Der Erfahrungstransfer lässt durch computervermittelte Kommunikation unterstützen, da sich Ereignisanalyse in Teams mit Zuwächsen bei der Rekonstruktions- und ohne größere Verluste bei der Konzeptualisierungsleistung unterstützen.
5. Die Untersuchungsmethodik erfüllt die Voraussetzungen hinsichtlich der Zuverlässigkeit der Daten. Wesentliche Haupteffekte konnten nachgewiesen werden. Lediglich für einige eventuell praxisrelevante Zusammenhänge ist zu vermuten, dass diese aufgrund des kleinen Stichprobenumfang nicht erkannt worden sind.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die prognostizierten Zusammenhänge und Auswirkungen zwischen den Variablen einer Ereignisanalyse im Team (vgl. Abbildung 19) generell bestätigt werden konnten. Unerwartet gering zeigt sich der hemmende Effekt der Computerunterstützung, weshalb verteilte Kommunikationssysteme als neue bzw. zusätzliche Unterstützungsform für eSMS nach den vorliegenden Befunden zu empfehlen sind.

5 Zusammenfassung

Anliegen der vorliegenden Arbeit war die Entwicklung von Vorschlägen für eine effizienten Computerunterstützung von Sicherheitsmanagementsystemen. Das Rückgrat solcher Managementsysteme ist dabei das Informationssystem, das ereignisbasierte Sicherheitsmanagementsystem (eSMS). Gegenwärtig sind bereits verschiedene Computersysteme, wie Datenbanken und Ereignisanalysesoftware, zur Unterstützung von eSMS in Gebrauch und haben sich bei der Erfahrungsrückkopplung bewährt. Allerdings wird ein wesentlicher Prozess organisationalen Erfahrungslernens, der Erfahrungstransfer, nur unzureichend unterstützt.

Ursachen hierfür sind zum einen technischer Natur, da die verwandten Unterstützungssysteme diesbezügliche konzeptionelle Mängel aufweisen. Auf der anderen Seite sind Diskrepanzen zwischen den optimalen Modellen eines eSMS in der Theorie und den Tatsachen in der Praxis festzustellen. Diese Diskrepanzen sind auf das Wirken von Einflüssen außerhalb einer Organisation bzw. auf das Wirken organisationsinterner Faktoren zurückzuführen. Zur Untersuchung der technischen, organisationsinternen bzw. organisationsexternen Einflüssen auf eSMS wurden drei Untersuchungen durchgeführt.

Nachfolgend werden die Befunde der Studien I bis III integriert um Schlussfolgerungen für die Computerunterstützung von Erfahrungstransfer zu ziehen. Gleichzeitig wird die verwandte Methodik kritisch diskutiert.

5.1 Integration der Befunde

Studie I untersuchte das Gesamtsystem „Sicherheitsmanagement-Organisation-Umfeld“ hinsichtlich relevanter Einflüsse auf eSMS. Motiviert werden diese Einflüsse aus dem Umfeld der Organisation durch die bei Öffentlichkeit und Behörden wahrgenommene Gefährdung, welche von der durch die Organisation eingesetzte Technologie ausgeht (Risikobild). Durch gängige Regulationsprinzipien und allgemeine Prinzipien des Sicherheitsmanagements, Erträge an den Märkten, Industriekooperationen sowie Entwicklungsperspektiven werden Richtlinien des internen eSMS geformt. Der Standardisierungsgrad, die technische und organisationale Komplexität einer Industrie beeinflussen die Form der Organisation und Implementierung eines eSMS. Die Informationsverarbeitung im eSMS wird nachhaltig durch die behördliche Ereignisdefinition, den grundsätzlichen Optimierungsbedarf in der Industrie und dem Bedarf an Kompetenzerhalt (Fluktuation und Altersdurchschnitt des Personals) von außen beeinflusst. Schließlich bewirken externe Audits bzw. Anforderung von Audits durch externe Instanzen (Behörden, Betreiberverbände) ebenfalls eine Einflussnahme auf eSMS von außen.

Diese Einflussnahmen von außen wirken auf Entscheidungen hinsichtlich der Gestaltung von eSMS innerhalb der Organisationen. Vergleicht man die Ergebnisse dieser Entscheidungen in verschiedenen Organisationen, so fallen diese nicht immer gleich aus. Studie II untersuchte diese Unterschiede bei der internen Gestaltung von eSMS. Hierbei wurde deutlich, dass trotz einheitlicher externer Vorgaben sich Stellenwert und Richtlinien für eSMS innerhalb der Anlagen unterscheiden. Maßgeblich beeinflusst wurde die Funktionsweise des eSMS durch die Kompetenzen, d.h. die Befähigungen und Befugnisse, des eSMS-Managers. Weiterhin unterschieden sich interne eSMS in der Integration bzw. Zentralisierung vorhandener Informationssysteme, d.h. inwieweit Redundanzen und Notwendigkeiten zur Koordination bei der Verarbeitung sicherheitsrelevanter Ereignisse bestanden. Schließlich sind interne eSMS durch die unterschiedliche Standardisierung bzw. Methodenbindung von eSMS-Funktionen sowie die verwandten Medien zum Informationstransfer zu charakterisieren. Die Unterschiede waren bei Prozessen des eSMS, welche sich schwer formalisieren lassen, wie z.B. Ereignisanalyse und Effizienzabschätzung korrektiver Maßnahmen, besonders deutlich.

Diese Prozesse sind besonders kritisch für die Verarbeitung sicherheitsrelevanter Ereignisse im eSMS. D.h. eine angemessene Unterstützung dieser Funktionen kann die Effizienz eines eSMS maßgeblich verbessern. Verteilte Kommunikationssysteme erlauben eine Unterstützung dieser schwer zu formalisierenden Handlungen. Studie III untersuchte die Auswirkung computervermittelter Kommunikation auf die Informationsverarbeitung in einem eSMS exemplarisch anhand der Ereignisanalyse im Team.

Die Ergebnisse zeigen, dass computervermittelte Kommunikation einen negativen Effekt auf Prozesse hat, welche eine hohe Koordination zwischen Gruppenmitgliedern erfordern. Allerdings waren die Effekte geringer als erwartet, was mithin auf die mit fünf Stunden verhältnismäßig große Länge der Untersuchung im Vergleich zu anderen Studien zurückzuführen ist. Denn entsprechend der SIP-Theorie von Walther (1992, 1995) könnten sich diese hemmenden Effekte computervermittelter Kommunikation mit der Gewöhnung und Anpassung der Gruppe ans Medium verflüchtigen. Deutliche Vorteile bietet diese Form des Unterstützungssystems bei Sammlung und Austausch nicht-geteilter Ereignisinformationen. Nachteile bestehen beim Aufbau expliziten Wissens.

Da das Experiment keine eindeutigen negativen Effekte verteilter Kommunikationssysteme erbrachte, ist es bei praktischen Implementierungsprojekten offensichtlich weniger die Frage lautet, ob sich CMC zur Unterstützung von eSMS eignet. Vielmehr ist anzunehmen, dass hierbei die Frage, wie ein eSMS und seine Unterstützung konzeptionell und organisatorisch effizient zu gestalten ist, maßgeblicher ist. Die Kernfrage lautet dabei, inwieweit die Informationsverarbeitung durch das Managementsystem gestaltet wird und wie Sinn und Qualität der Informationen durch das System verändert werden. Werden interne und externe

Einflüsse auf eSMS, welche einen qualitätsmindernden Effekt auf die Informationsverarbeitung haben, bereits in der Planung der Unterstützung berücksichtigt, werden die Informationen, welche das System in Vorbereitung sicherheitskritischer Handlungen und Entscheidungen bereit stellt, den Ansprüchen von Umfeld und Organisation (Sicherheitsoptimierung) sowie der Benutzer (Arbeitserleichterung) genügen.

5.2 Kritische Bewertung der Methodik

Die Inhalte und Ergebnisse diese Arbeit könnten Anhaltspunkte liefern, um ein eSMS neu zu implementieren oder ein bestehendes System zu restrukturieren. Aufgrund der Bedeutung des eSMS für die Sicherheit von Anlagen hohen Gefährdungspotentials ist die verwandte Methodik, mit die Ergebnisse erzeugt worden sind, ein neuralgischer Punkt in der Entscheidungsbildung und ist deshalb kritisch zu diskutieren.

Studie I basiert auf einer qualitativen Methodik. Hier wurden eine Dokumentenanalyse sowie die Ergebnisse von Expertenbefragungen kombiniert. Die Logik der Untersuchung bestand darin, dass die Gegenüberstellung von Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Sicherheitsmanagementsysteme zweier Industrien auf tiefer liegende Faktoren, welche einen gestaltenden, formenden Einfluss auf die Informationsverarbeitung haben, hinweist. Es ist anzunehmen, dass bei der Gegenüberstellung anderer Industrien andere Faktoren deutlich geworden wären. Somit sind die Ergebnisse der Studie I, die externen Faktoren, zunächst nur für die Kerntechnik bzw. die Offshore-Industrie gültig. Generalisierungen für andere Industrien, wie Bau, Medizin, Luft- und Raumfahrt usw., würde einen erneuten Vergleich erfordern, der jedoch einer ähnlichen Methodik folgen könnte.

Den Befunden der Studie II liegt ebenfalls eine qualitative Methodik zugrunde. Der Grundgedanke dieser Untersuchung ähnelt dem der Studie II, nämlich dass im Vergleich verschiedener eSMS einer Industrie sich industrieinterne Gestaltungsfaktoren zeigen. Die Datenbasis bilden strukturierte Interviews, wodurch die Zuverlässigkeit der Daten höher ist. Gültig sind die Ergebnisse nur für die Bedingungen in der Kerntechnik, Generalisierungen würden wiederum weitere Datenerfassung erfordern.

Die Schlussfolgerungen der Studie III gründen sich auf einer Kombination qualitativer und quantitativer Methoden. Die Modellierung wurde anhand psychologischer Theorien zum Erfahrungstransfer und anhand der Kenntnisse über Ereignisanalyse aus den Feldstudien in der Kerntechnik vorgenommen. Die Untersuchungshypothesen wurden aus der Reflexion des Forschungsstandes hergeleitet. Die Simulation im Experiment wurde auf der Basis tatsächlicher, sicherheitsrelevanter Ereignisse in Kernkraftwerken erzeugt. Das verwandte Unterstützungssystem wurde aus Komponenten mit hohem Bekanntheitsgrad aufgebaut. Negative Effekte für die Repräsentativität der Ergebnisse durch fehlende Expertise der

Versuchsteilnehmer wurden durch die Begrenzung der untersuchten Inhalte sowie durch ein einstündiges Training reduziert. Die Zuverlässigkeitskontrolle der verwandten Methodik zeigt, dass die in der Simulation erhobenen Daten reliabel sind. Die Aussagen über die Computerunterstützung von Erfahrungstransfer in eSMS sollten sich folglich auf die Bedingungen in realen eSMS übertragen lassen. Diese Feststellung soll nicht über Schwierigkeiten bei der Methodik und der Operationalisierung der Variablen täuschen. Ein deutliches Messproblem stellen die beobachten Deckeneffekte beim Wissenstest dar. Eine weitere Schwierigkeit besteht in der unzureichenden Operationalisierung impliziten Wissens. Ausschließlich über funktionale Ähnlichkeiten mit fluider Intelligenz konnte die Bedeutsamkeit impliziten Wissens für Analysen von Ereignissen nachgewiesen werden.

Geschuldet der Komplexität ereignisbasierten Sicherheitsmanagements und seiner Computerunterstützung wird die verwandte Methodik als hinreichend und die Ergebnisse als aussagekräftig gewertet.

5.3 Ableitungen und Ausblick

Welche Ableitungen lassen sich aus den Ergebnissen der drei Studien, die aus einer offenbar hinreichenden Methodik gewonnen wurden, für Entwickler, Betreiber und Benutzer eines computerunterstützten eSMS ziehen? Um die Vielzahl der Befunde aus den Studien einer Strukturierung zu strukturieren, wird ein Modell der Entwicklung computerunterstützter Managementsysteme verwandt (Abbildung 21). Darin dient die Definition der Strategie der Festlegung übergeordneter Ziele des Managementsystems. Anhand dessen können relevante Prozesse identifiziert und zielführend gestaltet werden. Es schließt sich die technische und organisatorische Implementierung des neuen Systems an, um es schließlich einsetzen zu können.

Abbildung 21 Vier Schritte der Entwicklung computerbasierter Managementsysteme (nach Bittner & Götzen, 2000)

In Abbildung 18 sind die Schritte „Strategie“ und „Design“ hervorgehoben, da sich die folgenden Schlussfolgerungen und Empfehlungen zunächst auf diese beiden beschränken. Bei der Implementierung, letztlich also der Programmierung und dem Betrieb des Systems sind Aspekte der Benutzbarkeit (vgl. Nielsen, 1995) von hervorgehobener Bedeutung, d.h. zukünftige Benutzer des Systems vor Ort sind in den Entwicklung- und Optimierungszirkel unmittelbar einzubeziehen. Somit fällt es schwer, aufgrund der in dieser Arbeit vorhandenen Datenbasis explizite Empfehlungen für Implementierung und Betrieb eines eSMS in der Praxis abzuleiten.

Zur Bestimmung der Strategie eines Unterstützungssystems gehört, dass dessen spezielle Funktion bzw. Aufgabe innerhalb der Organisation definiert wird. Erfolgs- bzw. Misserfolgskriterien sind festzulegen, um die Wirksamkeit und Effizienz des Systems bewerten zu können. Bereits bei der Festlegung der Strategie sind Chancen und Risiken abzuschätzen. Schließlich sind die Ressourcen für Entwurf, Implementierung und Betrieb abzuschätzen, um Kosten-Nutzen-Abwägungen bereits vorab vornehmen zu können. Dazu gehört auch das Identifizieren von Einsparungspotentialen durch die Nutzung des neuen Systems.

Beim Design ist zunächst festzulegen, welche Prozesse sinnvoll zu unterstützen sind (vgl. Timpe, 1998 und 1.4). Bevor eine Unterstützung für identifizierte Prozesse vorgenommen wird, ist zu prüfen, ob diese Prozesse zu optimieren oder neu zu gestalten sind, um bereits hierdurch eine Effizienzsteigerung zu erreichen. Erst dann sind technische Lösungen zur Unterstützung der Prozesse zu entwickeln. Dazu gehört die Definition der Schnittstellen des Systems zur Umgebung, d.h. zu anderen Informationssystemen, zu den Benutzern usw. Weiterhin sind die benötigten Ressourcen sowie die Aufgaben der Benutzer festzulegen, um die Funktionsweise des Systems zu sichern.

Die Schlussfolgerungen für Strategie und Design eines eSMS aus den Befunden der Studien I, II und III sind in Tabelle 28 dargestellt. Hinsichtlich der Strategie sind Ziele bzw. Aspekte aufgezeigt, deren stärkere Berücksichtigung nach den Ergebnissen der Studie notwendig erscheinen. Hinsichtlich des Designs sind Aspekte zusammengestellt, die bei der Entwicklung einer Computerunterstützung fokussiert werden sollten. Kombiniert mit den Implikationen des normativen Modells (Tabelle 6) sowie den vorgeschlagenen Möglichkeiten der Unterstützung eines eSMS (Tabelle 7, vgl. 1.4) und unter Berücksichtigung möglicher Folgen von Informationstechnologien (vgl.1.6) wurde ein Entscheidungsrahmen für die Entwicklung eines eSMS kreiert, in welchem Erfahrungsrückkopplung institutionalisiert und Erfahrungstransfer, d.h. die Nutzung individuellen Know-hows durch die Organisation, ermöglicht wird. Durch ein in dieser Weise entwickeltes und implementiertes Managementinformationssystem wird die Grundlage organisationaler Entscheidungen

verbessert und die kontinuierliche Sicherheitsoptimierung einer Technologie hohen Gefährdungspotentials gewährleistet.

In der Einleitung wurde auf grundsätzliche Dilemmas bei der Gewährleistung von Sicherheit hingewiesen,

- zwischen technischem Fortschritt und zunehmender Gefährdung,
- zwischen Ablehnung und Abhängigkeit der Gesellschaft von Hochrisikotechnologien,
- zwischen Kosten für Sicherheit und Kosten infolge mangelnder Sicherheit,
- zwischen Sicherheitsmanagement und Sicherheitskultur.

Keines dieser Dilemmas wurde durch die vorliegende Forschungsarbeit aufgelöst. Die effiziente, planvolle und behutsame Nutzung von Informationstechnologien für eSMS bietet jedoch Möglichkeiten, jedes dieser Dilemmas im Sinne von Wirtschaftlichkeit und Gemeinwohl zu optimieren. Forschungsbedarf besteht weiterhin bei der Entwicklung geeigneter Methoden für eSMS, z.B. zur Informationssammlung, zur Ereignisanalyse und zur Effizienzabschätzung korrektiver Maßnahmen sowie bei der prospektiven Abschätzung von Nebeneffekten der Implementierung komplexer Informationstechnologien in Organisationen.

Tabelle 28 Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen der Studien I bis III in Bezug auf die Strategie und das Design bei der Entwicklung eine computerunterstützten eSMS

	Strategie	Ziele eines computerbasierten eSMS	Design	Entwicklungsaspekte der Computerunterstützung des eSMS
Studie I	Funktion	Konformität zur Regulation Kosten durch Ereignisse verhindern Positive Einflussnahme auf Risikobild	Prozesse optimieren und unterstützen	Informationsmenge und –qualität an die Komplexität von Technik bzw. Organisation sowie den Optimierungsbedarf anpassen
	Leistungs-parameter	Informationsmenge Informationsqualität	Schnittstellen definieren	Kompatibilität zu offiziellen und anderen Berichtssystemen
	Chancen & Risiken	Chance: Zusätzliche interne Sicherheitsoptimierung durch Erfahrungstransfer Risiko: Einengung der Informationsverarbeitung auf behördliche Ereignisdefinition	Ressourcen erschließen	Erfahrungen des Personals, insbesondere erfahrener Mitarbeiter als Informationsbasis
	Kosten	Optimierung des Verhältnisses zwischen Aufwand für externe Berichtspflichten und Nutzen für interne Sicherheitsoptimierung	Aufgaben für Benutzer definieren	Verantwortung für eSMS beim Betreiber lokalisieren Transparenz der Funktionen und Leistungen des eSMS für die Behörden erhöhen
Studie II	Funktion	Sicherung und Optimierung kontinuierlicher Produktion Gewährleistung betrieblicher Sicherheit	Prozesse optimieren und unterstützen	Bestandsaufnahme Prozesse, Methoden, Prozeduralisierung, Software und Transfermedien, Bewertung anhand normativem Modell
	Leistungs-parameter	Kosten des eSMS und Nutzen durch Ereignisverhinderung (abschätzen z.B. mit Risk-Potential-Matrix, vgl. BS 8800)	Schnittstellen definieren	Bestehende Systeme, überlappende Systeme (Instandhaltung), sonstige Datenbanken (z.B. Schutzsysteme)
	Chancen & Risiken	Chance: Verbesserte Nutzung lokalen, individuellen Wissens für organisationale Entscheidungen Risiko: Stellenwert und Leitbild des eSMS kann unzureichend sein	Ressourcen erschließen	Integration verschiedener Informationssysteme, informatorischer Input in eSMS von allen relevanten Personen
	Kosten	Reduzierung von Stillstandszeiten und Kosten infolge Ereignisse	Aufgaben für Benutzer definieren	Zentralisierung des Managements, Definition als Stabsfunktion
Studie III	Funktion	CMC für nichtstandardisierte Prozesse des eSMS (Informationssammlung, Analyse, Effizienzabschätzung)	Prozesse optimieren und unterstützen	Für alle Prozesse Methoden und Werkzeuge definieren
	Leistungs-parameter	Informationsqualität, Erfahrungstransfer, Beteiligung des Personals	Schnittstellen definieren	Bestehende Systeme, überlappende Systeme (Instandhaltung), sonstige Datenbanken (z.B. Schutzsysteme)
	Chancen & Risiken	Chance: Information wird bei CMC nicht beeinflußt Risiko: Lernen expliziten Wissens könnte behindert werden	Ressourcen erschließen	Zugang für alle relevanten Personen und Entscheidungsträger Zeitersparnis und Beschleunigung durch asynchrone Kommunikation
	Kosten	Reduzierung des Aufwandes für Meetings Beschleunigung der Ereignisrückkopplung	Aufgaben der Benutzer definieren	Prozeduralisierung von Handlungen der Informationsverarbeitung (durch Methoden, Formulare usw.)

6 Literatur

Aase, K. (1997a). Experience transfer in Norwegian oil and gas industry - Approaches and organizational mechanism. Trondheim: The Norwegian University of Science and Technology.

Aase, K. (1997b). Learning from experience through information technology - information processing or support for human inquiry? (under revision for Accounting, Management and Information Technologies).

Aase, K. & Ringstad, A. J. (1998). User experience with accident/incident databases in Norwegian oil and gas industry. (Paper presented at SPE International Conference on Health, Safety and Environment in Oil and Gas Production, June 7-10, Caracas, Venezuela).

Aase, K. & Ringstad, A. J. (1999). Experience transfer and corrective measures: Obstacles and success criteria in the safety reporting regime of Norwegian oil and gas industry (Paper presented at 17th International Workshop "New Technologies and Work", June 17-19, 1999, Bad Homburg-Germany).

Amelang, M. & Bartussek, D. (1990). Differentielle Psychologie und Persönlichkeitsforschung (3. Aufl.). Stuttgart: Kohlhammer.

Anderson, J. R. (1983). The architecture of cognition. Cambridge MA: Harvard University Press.

Archer, N. P. (1990). A comparison of computer conferences with face-to-face meetings for small group business decisions. Behaviour and Information Technology, 9 (4), 307-317.

Argyle, R. (1972). Non-verbal communication in human interaction. In R. Hinde (Hrsg.), Non-verbal communication. New York.: Cambridge University Press.

Argyris, C., Schön, D., & Payne, M. (1996). Organizational Learning II : Theory, method, and practice. Reading MA: Addison Wesley.

Argyris, Ch. & Schön, D. A. (1978). Organizational Learning: A theory of action perspective. Reading MA: Addison-Wesley.

Arrow, H. (1997). Stability, bistability, and instability in small group influence patterns. Journal of Personality and Social Psychology, 72(1), 75-85.

Arunachalam, V. & Dilla, W. N. (1995). Judgement accuracy and outcomes in negotiation: A causal modelling analysis of decision-aiding effects. Organizational Behavior and Human Decision Process, 61(3), 289-304.

ASRS. (2000). Aviation Safety Reporting System (http://www-afo.arc.nasa.gov/ASRS/ASRS.html (29.04.2000).

AtG. (1998). Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz - AtG) (Vom 23. Dezember 1959 (BGBl. I S. 814) in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565) zuletzt geändert durch Gesetz zur Änderung des Atomgesetzes und des Gesetzes über die Errichtung eines Bundesamtes für Strahlenschutz vom 6. April 1998 (BGBl I S. 694)).

AtSMV. (1992). Atomrechtliche Sicherheitsbeauftragten- und Meldeverordnung AtSMV) (vom 14. Oktober 1992 (BGBl. I S. 1766)).

Attewell, P. (1992). Technology diffusion and Organizational Learning: The case of business computing. Organization Science, 3, 1-19.

Baggen, R. & Szameitat, S. (1998). Computerunterstützte Ereignisanalyse (CEA) - Ein neues und nützliches Instrument in der Sicherheitsarbeit? In Willumeit, H.-P. & Kolrep, H. (Hrsg.), Entscheidungshilfe und Assistenz in Mensch-Maschine-Systemen (S. 252-265). Sinzheim: P.U.V.

Baggen, R. & Wilpert, B. (1998). Grundlegende Probleme der Ereignisberichterstattung. (Vortragsmanuskript für die 2. Herbstschule des Zentrum Mensch-Maschine-Systeme, Bollmansruh, Oktober 1998)

Bales, R. F. & Cohen, S. P. (1982). SYMLOG. Ein System für die mehrstufige Beobachtung von Gruppen. Stuttgart: Klett-Cotta.

Bales, R. F. & Strodtbeck, F. L. (1951). Phases in group problem solving. Journal of Abnormal and Social Psychology, 46, 485-495.

Baram, M. (1997). Shame, blame and liability: Why safety management suffers Organizational Learning disabilities. In A. Hale, B. Wilpert & M. Freitag (Hrsg.), After the Event. Oxford: Elsevier Science.

Becker, G., Wilpert, B., Miller, R., Fahlbruch, B., Fank, M., Giesa, H.-G., Hoffman, S. & Schleifer, L. (1995). Analyse der Ursachen von "menschlichem Fehlverhalten" beim Betrieb von Kernkraftwerken (BMU-1996-454). Dossenheim: Merkel.

BfS. (1999). Meldepflichtige Ereignisse in Anlagen zur Spaltung von Kernbrennstoffen in der Bundesrepublik Deutschland (Jahresbericht 1998). Salzgitter: Bundesamt für Strahlenschutz.

Birbaumer, N. & Schmidt, R. F. (1991). Biologische Psychologie (2. Aufl.). Berlin: Springer.

Bird, F. E. & Germaine, G. L. (1966). Damage control: A new horizon in accident prevention and cost improvement. American Management Association.

Bischof, N. (1995). Struktur und Bedeutung. Bern: Huber.

Bittner, M. & Götzen, T. (2000). Arthur Andersen Technology Risk Consulting Service Overview. Eschborn: Arthur Andersen Technology Risk Consulting.

Bohn, T. (1986). Kernkraftwerke. Handbuchreihe Energie 10. Gräfelfing: Technischer Verlag Resch.

Bortz, J. (1993). Statistik. Berlin: Springer.

Bortz, J. & Döring, N. (1995). Forschungsmethoden und Evaluation. Berlin: Springer.

Bortz, J., Lienert, G. A. & Boehnke, K. (1990). Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik. Berlin: Springer.

Brown, J. S. & Duguid, P. (1991). Organizational Learning and communities-of-practice: Toward a unified view of working, learning, and innovation. Organization Science, 2 (1), 40-57.

BSI. (1996). Guide to occupational health and safety management systems. London: British Standard Institution.

Cabrera, D. D. & Isla, R. (1998). The role of safety climate in a safety management system. In A. Hale & M. Barram (Hrsg.), Safety Management (S. 93-117). Oxford: Pergamon.

Carley, K. (1992). Organizational Learning and personnel turnover. Organization Science, 3(1), 20-46.

Catell, R. B. (1971). Abilities: Their structure, growth and action. New York: Houghton Mifflin.

Chaplin, R. P. E. & Hale, A. R. (1996). An evaluation of the use of the International Safety Rating System (ISRS) as intervention to improve the organisation of safety. Bad Homburg: Paper presented at the 14th International Workshop 'New Technologies and Work', Bad Homburg, 20-22 June, 1996.

Chappell, S. L. (1994). Using voluntary incident reports for Human Factors evaluations. In N. Johnston, N. McDonald & R. Fuller (Hrsg.), Aviation Psychology in Practice (S. 149-159). Hants, England: Avebury Technical.

Ching, C., Holsapple, C. W. & Whinston, A. B. (1992). Reputation, learning and coordination in distributed decision-making contexts. Organization Science, 3 (2), 275-297.

Clarke, L. & Perrow, C. (1996). Prosaic organizational failure. American Behavioral Scientist, 39 (8), 1040-1056.

Cohen, M., March, J. G. & Olsen, J. P. (1972). A garbage can model of organizational choice. Administrative Science Quarterly, 17, 1-25.

Conger & Elsea (1996). Mishap Analysis and Prevention System. (Users manual). Woodstock (GA): Conger & Elsea Inc.

Coopey, J. (1995). The Learning Organization, power, politics and ideology. Management Learning, 26 (2), 193-213.

Cranach, M. von, Ochsenbein, G. & Valach, L. (1986). The group as a self-active system: Outline of a theory of group action. European Journal of Social Psychology, 16, 193-229.

Cullen, D. W., Lord. (1990). The public inquiry into the Piper Alpha disaster (Bd. 1 & 2). London: Her Majesty's Stationary Office.

Daft, R. L. & Lengel, R. H. (1986). Organizational information requirements, media richness and structural design. Management Science, 35 (5), 554-572.

Daly, B. L. (1993). The influence of face-to-face versus computer-mediated communication channels on collective induction. Accounting, Management, and Information Technologies, 3, 1-22.

Decision Systems (1995). REASON – The event processor. (Users Manual). Winterthur: L. Hartmann Unfallverhütung AG.

Dennis, A. R. & Valacich, J. S. (1993). Computer brainstorms: More heads better than one. Journal of Applied Psychology, 78(4), 531-537.

Deutsches Atomforum. (1999). Kernenergie in Deutschland: Jahresbericht 1998. Bonn: Deutsches Atomforum e.V.

Dienes, Z. & Perner, J. (1999). A theory of implicit and explicit knowledge. Behavioral and Brain Sciences, 22(5), 735-755.

DNV. (1998). Managing marine accident investigation and analysis course. Hamburg: Det Norske Veritas.

DOE. (1997). Conducting accident investigations (http://tis.eh.doe.gov/oversight/workbook/ (30.03.2000)). Department of Energy.

Dörner, D. (1979). Problemlösen als Informationsverarbeitung (2. Aufl.). Stuttgart: Kohlhammer.

Dörner, D. (1986). Diagnostik der operativen Intelligenz. Diagnostica, 32, 290-308.

Dörner, D. (1989). Die Schwierigkeit beim Umgang mit komplexen Problemen. Reinbek: Rowohlt.

Dörner, D., Kreuzig, H. W., Reither, F., & Stäudel, T. (1983). Lohhausen: Vom Umgang mit Unbestimmtheit und Komplexität. Bern: Huber.

Dubrovsky, V. J., Kiesler, S., Sethna, B. N. (1991). The equalization phenomenon: Status effects in computer-mediated and face-to-face decision-making groups. Human-Computer-Interaction, 6(2), 119-146.

Duncan, R. & Weiss, A. (1979). Organizational Learning: Implications for organizational design. In Staw, B. (Hrsg.), Research in Organizational Behavior (S. 75-123). Greenwich, Connecticut: JAI Press Inc.

EC. (1992). Methodology for the harmonization of European occupational accident statistics. Luxembourg: Office for Official Publication of the European Communities.

EdF. (1992). Human Factors in the operations of EdF nuclear power plants. Paris: Electricité de France.

Emery, F. E., & Trist, E. L. (1959). Socio-technical systems. In Management Sciences, Models and Techniques. Proceedings of the Sixth International Meeting of the Institute of Management Sciences (Bd. 2, S. 83-97). Paris: Pergamon Press.

Endres, J. & Putz-Osterloh, W. (1994). Komplexes Problemlösen in Kleingruppen: Effekte des Vorwissens, der Gruppenstruktur und der Gruppeninteraktion. Ztschr. f. Sozialpsychologie, 54-70.

Epple, D., Argote, L. & Devadas, R. (1991). Organizational Learning curves: A method for investigation intra-plant transfer of knowledge acquired through learning by doing. Organization Science, 2 (1), 58-70.

EPRI. (1988). Human Factors primer for nuclear utility managers. In Electric Power Research Institute (Hrsg.), EPRI NP-5714. San Diego: Essex Corporation.

Fabian, J. (1995). Überlegungen zu einem Konzept von Gruppengrenzen. In Werner Langthaler und Günther Schiepek (Hrsg.), Selbstorganisation und Dynamik von Gruppen (S. 187-208). Münster: Lit.

Fahlbruch, B., Miller, R., Leiber, I. & Szameitat, S. (1996). Human Factors und Ereignisanalyse. In Wilpert, B. (Hrsg.), Beitrag der Psychologie zur Sicherheit von Einrichtungen hohen Gefährdungspotentials. Berlin: Zentrum Mensch-Maschine-Systeme.

Fahlbruch, B. & Wilpert, B. (1997). Event analysis as problem solving process. In A. Hale, B. Wilpert & M. Freitag (Hrsg.), After the Event. Oxford: Elsevier.

Fahlbruch, B. & Wilpert, B. (1999). System safety - An emerging field for I/O psychology. In Cary I. Cooper & Ivan T. Robertson (Hrsg.), International Review of Industrial and Organizational Psychology (Bd. 14, S. 55-93). Chichester: Wiley.

Farmer, S. M. & Hyatt, C. W. (1994). Effects on task language demands and task complexity on computer-mediated work groups. Small Group Research, 25(3), 331-366.

Ferry, T. S. (1988). Modern accident investigation and analysis (2. Aufl.). New York: Wiley.

Forgas, J. P. (1994). Soziale Interaktion und Kommunikation (2. Aufl.). Weinheim: PVU.

Fraser. (1985). Untersuchung der Organisationsstrukturen von Kernkraftwerken und ihres Zusammenwirkens mit übergeordneten Organisationsstrukturen: Organisation des Kernkraftwerkbetriebes (BMI SR 289). Bonn: Bundesministerium des Innern.

Freitag, M. & Hale, A. (1997). Structure of event analysis. In A. Hale, B. Wilpert & M. Freitag (Hrsg.), After the event. Oxford: Pergamon.

Funke, J. (1992). Wissen über dynamische Systeme: Erwerb, Repräsentation und Anwendung. Berlin: Springer.

Gebauer, G. F. & Heinze, B. (1998). Implizites Gedächtnis, Lernen und Problemlösen (unveröffentlichte Diplomarbeit). Berlin: Humboldt-Universität.

Gianetti, A. & Gerbino, F. (1995). Complex organizations, knowledge-intensive applications, software and system development: A case study. In C. Zucchermaglio, S. Bagnara & S. U. Stucky (Hrsg.), Organizational Learning and technological change (S. 341-368). Berlin: Springer.

Giesa, H. G. (1993). Organisationales Lernen mit Berichtssystemen (unveröffentlichte Studienarbeit). Berlin: Technische Universität.

Goosens, L. H. J., Heimplaetzer, P. V. & Heins, W. (1991). Risk/effect modelling of inland waterway transport using SADT. In G. Apostolakis (Hrsg.), Probabilistic safety assessment and management (Bd. 2, S. 1075-1080). New York: Elsevier.

Goossens, L. & Hale, A. (1997). Editorial risk assessment and accident analysis. Safety Science, 26(1), 21-23.

GRS. (1981). Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke. Eine Untersuchung zu dem durch Störfälle in Kernkraftwerken verursachten Risiko (Bd. 2). Köln: Verlag TÜV Rheinland.

GRS. (1989). Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke. Phase B. Eine zusammenfassende Darstellung (GRS-72). Köln: GRS.

GRS. (1999). Kritikalitätsunfall in Tokaimura, Japan (http://www.grs.de/tokai1013.htm (13.10.99)).

Hackman, J. R. (1968). Effects of task characteristics on group products. Journal of Experimental Social Psychology, 4, 162-187.

Hackman, R. J. (Hrsg.) (1990). Groups that work (and those that don´t): Creating conditions for effective teamwork. San Francisco: Jossey Bass.

Hale, A. (1997). Introduction: The goals of event analysis. In A. Hale, B. Wilpert & M. Freitag (Hrsg.), After the event (S. 1-10). Oxford: Elsevier.

Hale, A. R., & Glendon, A. I. (1987). Individual Behavior in the Control of Danger (Bd. 2). Amsterdam: Elsevier.

Hale, A. R., Herming, B. J. H., Carthey, J. & Kirwa

n, B. (1997). Modelling of safety management systems. Safety Science, 26(1), 121-140.

Hardy, C. J. & Crace, R. K. (1991). The effects of task structure and teammate competence on social loafing. Journal of Sport & Exercise Psychology, 13, 372-381.

Hawkins, P. (1991). The spiritual dimension of the learning organisation. Management Education and Development, 22, 172-187.

Heckhausen, H. (1989). Motivation und Handeln (2. Aufl.). Berlin: Springer.

Hedlund, J., Ilgen, D. R. & Hollenbeck, J. R. (1998). Decision accuracy in computer-mediated versus face-to-face decision-making teams. Organizational Behavior and Human Decision Processes, 76 (1), 30-47.

Heinrich, H. W. (1959). Industrial accident prevention (4. Aufl.). New York: McGraw-Hill.

Heller, F., Pusic, E., Strauss, G. & Wilpert, B. (1998). Organizational participation. Oxford: University Press.

Heller, K. A., Kratzmeier, H. & Langfelder, A. (1998). Raven's Advanced Progressive Matrices (APM) Test (Handbuch). Göttingen: Hogrefe.

Hendrick, K., & Benner, L. (1986). Investigating accidents with STEP. New York: Marcel Dekker, INC.

Hess, E. H. (1965). Attitude and pupil size. Scientific American, 212, 46-54.

Hinsz, V. B. (1995). Mental models of groups as social systems - Consideration of specification and assessment. Small Group Research, 26, 200-233.

Hirotsu, Y., Szuki, K., Kojima, M., & Takano, K. (o. Jahr). Multivariate analysis of Human Error incidents occuring at nuclear prower plants: Several occurrence patterns of observed Human Errors (unveröffentlichtes Manuskript).

Hollenbeck, J. R., Sego, D. J., Ilgen, D. R., Major, D. A., Hedlund, J. & Phillips, J. (1997). Team decision-making accuracy under difficult conditions: Construct validation of potential manipulation using the TIDE2 simulation. In M. T. Brannick, E. Salas & C. Prince (Hrsg.), Team performance assessment and measurement (S. 111-136). Mahwah NJ: Erlbaum.

Hollingshead, A. B. (1996). Information suppression and status persistence in group decision making: The effects of communication media. Human Communication Research, 23(2), 193-219.

Hollingshead, A. B. (1999). Retrieval processes in transactive memory systems. Journal of Personality and Social Psychology, 74(3), 659-671.

Hollingshead, A. B., McGrath, J. E., & O'Connor, K. M. (1993). Group task performance and communication technology. Small Group Research, 24(3), 307-333.

Hollnagel, E. (1998). Cognitive reliability and error analysis method (CREAM). Kidlington, Oxford: Elsevier Science.

Hopkins, A. (1999). The limits of normal accident theory. Safety Science, 32, 93-102.

Horn, J. L. (1968). Organisation of abilities and the development of intelligence. Psychological Review, 75, 242-259.

Horn, W. (1983). Leistungsprüfsystem (LPS) (Handbuch). Göttingen: Hogrefe.

Hovden, J. (1998). Models of organisations versus safety management approaches: A discussion based on studies of the "Internal Control of SHE" reform in Norway. In A. Hale & M. Barram (Hrsg.), Safety Management (S. 23-41). Oxford: Pergamon.

Hovden, J. & Tinmannsvik, R. K. (1990). Internal Control: A strategy for occupational safety and health. Experiences from Norway. Journal of Occupational Accidents, 12, 21-30.

Huber, G. P. (1990). A theory of the effect of advanced information technologies on organizational design, intelligence, and decision making. Academy of Management Review, 15, 47-71.

Huber, G. P. (1991). Organizational Learning: The contributing processes and the literature. Organization Science, 2(1), 88-115.

Hüttner, J., Wandtke, H. & Rätz, A. (o. Jahr). Benutzerfreundliche Software. Berlin: Paschke.

Hutchins, E. (1990). The technology of team navigation. In J. Galegher, R. E. Kraut & C. Egido (Hrsg.), Intellectual Teamwork (S. 191-220). Hilldale NJ: Erlbaum.

IAEA. (1988). OSART Guidelines. Reference Document for IAEA Operational Safety Review Teams (IAEA-TECDOC-449). Wien: International Atomic Energy Agency.

IAEA. (1989). Incident Reporting System: Guidelines to develop the analysis capability of IRS reports containing a human contribution. Wien: International Atomic Energy Agency.

IAEA. (1991). ASSET guidelines revised 1991 edition: Reference material prepared by the IAEA for assesment of safety significant events teams (IAEA-TECDOC-632). Wien: International Atomic Energy Agency.

IAEA. (1992a). INES: The International Nuclear Event Scale - User's manual (IAEA-INES-92/01). Wien: International Atomic Energy Agency.

IAEA. (1998). Developing safety culture in nuclear activities (Safety Reports Series No.11). Vienna: International Atomic Energy Agency.

IAEA. (2000). The IAEA/NEA Incident Reporting System: Using operational experience to improve safety (http://www.iaea.or.at/worldatom/inforesource/other/iaeanea/iaeanea-irs.html (18.04.2000)). Wien: International Atomic Energy Agency.

Iliffe, R. E., Chung, P. W. H. & Kletz, T. A. (1999). Hierarchical indexing: Some lessons from indexing in incident databases (Proceedings of the 15th ESReDA Seminar, Antwerpen, November 16-17, 1999).

Imai, M. (1994). KAIZEN: Der Schlüssel zum Erfolg der Japaner im Wettbewerb (6. Aufl.). Berlin: Ullstein.

INPO. (1994). Human performance enhancement system: Evaluator training manual. Atlanta: Institute of Nuclear Power Operations.

Isaacs, W. N. (1993). Taking flight: Dialogue, collective thinking and Organizational Learning. Organizational Dynamics, 22, 24-39.

Iwai, S., Takano, K., & Hasegawa, F. (1992). Development of a computerized J-HPES analysis and evaluation support system (JAESS). Tokio: Human Factor Research Center, Central Research Institute of Electric Power Industry.

Jäger, A. O. (1986). Validität von Intelligenztests. Diagnostica, 32(4), 272-289.

Jäger, A. O., Süß, H. M. & Beauducel, A. (1997). Berliner Intelligenzstruktur-Test (BIS-Test):Form 4 (Handbuch). Göttingen: Hogrefe.

Janis, I. L. (1972). Victims of group think. Boston, MA: Houghton Mifflin.

Johansen, R. (1989). User approaches to computer-supported teams. In Olson, M. H. (Hrsg.), Technological Support for Work Group Collaboration. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Kahai, S. S., Sosik, J. J., & Avolio, B. J. (1997). Effects of leadership style and problem structure on work group process and outcomes in an electronic meeting system environment. Personnel Psychology, 50, 121-146.

Kerr, N. L. & Bruun, S. E. (1983). Dispensability of member effort and group motivation losses: Free-rider effects. Journal of Personality and Social Psychology, 44, 78-94.

Kiesler, S., Siegel, J. & McGuire, T. W. (1984). Social psychological aspects of computer-mediated communication. American Psychologist, 39(10), 1123-1134.

Kiesler, S. & Sproull, L. (1992). Group decision making and communication technology. Organizational Behavior and Human Decision Processes, 52, 96-123.

Kim, D. H. (1993). The link between individual and Organizational Learning. Sloan Management Review, Fall 1993, 37-50.

Kim, D. H. & Senge, P. (1994). Putting system thinking into practice. System Dynamics Review, 10, 277-290.

Kirchsteiger, C. & Kawka, N. (1999). Tracing contribution of safety management systems to major accident occurence in the EU (Proceedings of the 15th ESReDA Seminar, Antwerpen, November 16-17, 1999).

Kirchsteiger, C., Rushton, A., & Kawka, N. (1999). A text retrieval method for the European Commission's MARS database: Selecting human error related accident. Safety Science, 32, 71-91.

Kirwan, B. (1997). Validation of human reliability assessment techniques. Safety Science, 27, No. 1, 25-41.

Kjellén, U. (1983). The application of an accident process model to the development and testing of changes in the safety information systems of two construction firms. Journal of Occupational Accidents, 5(2), 99-119.

Kjellén, U. (1998). Safety information systems. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology.

Kluger, A. N. & Adler, S. (1993). Person- versus computer-mediated feedback. Computers in Human Behavior, 9, 1-16.

Kluwe, R. H. (1992). Gedächtnis und Wissen. In H. Spada (Hrsg.), Allgemeine Psychologie (S. 115-188). Bern: Huber.

Kluwe, R. H., Schilde, A., Fischer, C. & Oellerer, N. (1991). Problemlöseleistungen beim Umgang mit komplexen Systemen und Intelligenz. Diagnostica, 37(4), 291-313.

Kofman, F. & Senge, P. (1993). Communities of commitment: The heart of learning organizations. Organizational Dynamics, 22, 5-23.

Kojima, M., Mimura, M. & Yamaguchi, O. (1997). Analysis of Human Errors in Japanese Nuclear Power Plants using J-HPES/JAESS (Paper presented at specialist's meeting on human performance in operational events, 13.- 17. Oktober, Chattanooga 1997).

Kolb, B. & Wishaw, I. Q. (1993). Neuropsychologie. Heidelberg: Spektrum.

Kolb, D. A. & Fry, R. (1975). Towards an applied theory of experimental learning. In Cary L. Cooper (Hrsg.), Theories of Group Process (S. 33-57). London: Wiley.

Koorneef, F. & Kingston-Howlett, J. (1999). Accident data in Organisational Learning, or what makes accident databases usefull? (Proceedings of the 15th ESReDA Seminar, Antwerpen, November 16-17, 1999).

Koornneef, F. & Hale, A. (1997). Using MORT to generate organisational feedback from single accidents at work. In A. Hale, B. Wilpert & M. Freitag (Hrsg.), After the Event. Pergamon.

Kotthoff, K. (1999). Erkenntnisse aus 20 Jahren Auswertung gemeldeter Ereignisse (*21. GRS-Fachgespräch). Köln: Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit.

Kotthoff,K. & Voswinkel, A. (1981). Ein Datenbanksystem zur Meldung besonderer Vorkommnisse. Köln: GRS.

Krallmann, H. (1996). Systemanalyse in Unternehmen. München: Oldenbourg.

Krause, B. & Metzler, P. (1988). Angewandte Statistik. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften.

Kraut, R. E, Egido, C. & Galegher, J. (1990). Patterns of contact and communication in scientific research collaborations. In J. Galegher, R. E. Kraut & C. Egido (Hrsg.), Intellectual Teamwork (S. 149-172). Hillsdale NJ: Erlbaum.

Kravitz, D. A. & Martin, B. (1986). Ringelmann rediscovered: The original article. Journal of Personality and Social Psychology, 50, 936-941.

KTA. (1999). Regeln, Regelentwürfe und weitere Dokumente des Kerntechnischen Ausschusses (KTA) (CD-ROM). Salzgitter: Bundesamt für Strahlenschutz.

Kubicek, H. & Welter, G. (1985). Messung der Organisationsstruktur. Stuttgart: Enke.

Kuhlmann, R. L. (1977). Professional accident investigation. Loganville, Georgia: Institute Press (Division of International Loss Control Institute).

Ladkin, P. B. (1998). What do the statistics say, if anything? (http://www.rvs.uni-bielefeld.de/publications/Incidents/DOCS/FBW.html#Statistics (18.04.2000)).

Lang, K. (1999). Vorstudien für die Computerunterstützung eines Ursachenanalyseverfahrens (unveröffentlichte Diplomarbeit). Berlin: Technische Universität.

Lanir, Z. (1991). The reasonable choice of disaster. In J. Rasmussen, B. Brehmer & J. Leplat (Hrsg.), Distributed decisions: Cognitive models for cooperative work (S. 215-230). Chichester: Wiley.

Larson, J. R. & Christensen, C. (1993). Groups as problem-solving units: Toward a new meaning of social cognition. British Journal of Social Psychology, 32, 5-30.

Larson, J. R., Christensen, C., Abott, A. S., & Franz, T. M. (1996). Diagnosing groups: Charting the flow of information in medical decision-making teams. Journal of Personality and Social Psychology, 71(2), 315-330.

Larson, J. R., Christensen, C., Abott, A. S., & Franz, T. M. (1998). Diagnosing groups: The pooling, management, and impact of shared and unshared case information in team-based medical decision making. Journal of Personality and Social Psychology, 75(1), 93-108.

Larson, J. R., Foster-Fishman, P. G., & Keys, C. B. (1994). Discussion of shared and unshared information in decision-making groups. Journal of Personality and Social Psychology, 67(3), 446-461.

Larson, J. R., Foster-Fishman, P. G. & Franz, T. M. (1998). Leadership style and the discussion of shared and unshared information in decision-making groups. Personality and Social Psychology Bulletin, 24(5), 482-495.

Leavitt, B. & March, J. G. (1988). Organizational Learning. Annual Review of Sociology, 14, 319-340

Leplat, J. (1997). Event analysis and responsibility in complex systems. In A. Hale, B. Wilpert & M. Freitag (Hrsg.), After the Event. Oxford: Pergamon.

Lewin, K. (1964). Die psychologische Situation bei Lohn und Strafe. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.

Lienert, G. A. (1973). Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik (Bd. 1). Meisenheim am Glan: Anton Hain.

Lienert, G. & Raatz, U. (1998). Testaufbau und Testanalyse (6. Aufl.). Mannheim: PVU.

Lundberg, C. C. (1995). Learning in and by organizations: Three conceptual issues. The International Journal of Organizational Analysis, 3 (1), 10-23.

MacKenzie, D. & Spinardi, G. (1995). Tacit knowledge, weapons design, and the uninvention of nuclear weapons. The American Journal of Sociology, 101 (1), 44-99.

MacLean, A., Young, R. M., Belotti, V. M. E. & Moran, T. P. (1991). Questions, options, and criteria: Elements of Design Space Analysis. Human-Computer Interaction, 6, 201-250.

Maimer, J., Baggen, R. & Szameitat, S. (1999). Computerized event analysis and the SOL concept. In G. I. Schueller & P. Kafka (Hrsg.), Safety & Reliability (Bd. 1, S. 653-656). Rotterdam: Balkema.

Manchen, S. & Grote, G. (1999). Nutzung inner- und zwischenbetrieblicher elektronischer Vernetzung in Abhängigkeit von Regulationserfordernissen und -möglichkeiten. Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie, 43(3), 159-170.

Mandl, H., Gruber, H. & Renkl, A. (1995). Mental models of complex systems - When verdicality decreased functionality. In C. Zucchermaglio, S. Bagnara & S. U. Stucky (Hrsg.), Organizational Learning and technological change (S. 102-111). Berlin: Springer.

Mantovani, G. (1996). Social context in HCI: A new framework for mental models, co-operation, and communication. Cognitive Science, 20, 237-269.

Marca, D. A. & MacGowan, C. L. (1988). SADT: Structured analysis and design technique. New York: McGrath Hill.

March, J. G. & Olsen, J. P. (1975). The Uncertainty of the Past: Organizational Learning under ambiguity. European Journal of Political Research, 3, 147-171.

McDonald, N. (1997). Deriving organisational principles for safety management systems from the analysis of aircraft ramp accidents. In A. Hale, B. Wilpert & M. Freitag (Hrsg.), After the Event. Oxford: Pergamon.

McGrath, J. E. (1984). Groups: Interaction and performance. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.

McGrath, J. E. (1990). Time Matters in Groups. In J. Galegher, R. Kraut & C. Egido (Hrsg.), Intellectual Teamwork: Social and Technological Foundations of Cooperative Work (S. 23-62). New Jersey: Hillsdale.

McGrath, J. E. (1991). Time, interaction and performance (TIP): A Theory of groups. Small Group Research, 22, 147-174.

McGrath, J. E., Arrow, H., Gruenfeld, D. H., Hollingshead, A. A. & O'Connor, K. M. (1993). Groups, tasks, and technology. Small Group Research, 24 (3), 406-420.

McGrath, J. E. & Hollingshead, A. B. (1994). Groups interacting with technology: Ideas, evidence, issues, and agenda. Thousand Oaks, CA: Sage.

Meshkati, N. (1999). The process can be managed. Los Angeles Times, 01.10.99.

Minolta (Hrsg.). (1999). Medien für Meetings: Eine Minolta-Studie zur Dokumentenlogistik. Langenhagen: Minolta GmbH.

Mintzberg, H., Raisinghani, D., & Théorêt, A. (1976). The structure of "unstructured" decision process. Administrative Science Quarterly, 21, 246-275.

Moore, D. A., Kurtzberg, T. R., Thompson, L. L. & Morris, M. W. (1999). Long and short routes to success in electronically mediated negotiations: Group affiliations and good vibrations. Organizational Behavior and Human Decision Process, 77(1), 22-43.

Moreland, R. L. & Levine, J. M. (1982). Socialisation in Small Groups: Temporal Changes in Individual-Group Relations. In Leonard Berkowitz (Hrsg.), Advances in Social Psychology (Bd. 15, S. 136-192). New York: Academic Press.

Moreland, R. L. & Levine, J. M. (1992). Problem identification by groups. In S. Worchel, W. Wood & J. A. Simpson (Hrsg.), Group process and productivity. Newbury Park, CA: Sage.

Mullen, B. & Cooper, C. (1994). The relation between group cohesiveness and performance: An integration. Psychological Bulletin, 115(2), 210-227.

Mullen, B, Johnson, C. & Anthony, T. (1994). Relative group size and cognitive representations of ingroup and outgoup: The phenomenology of being in an group. Small Group Research, 25, 2.

NEA. (1995). Chernobyl ten years on radiological and health impact: An Assessment by the NEA Committee on Radiation Protection and Public Health (http://www.nea.fr/html/rp/chernobyl/chernobyl.html (30.03.2000)). OECD Nuclear Energy Agency.

Neubert, J. & Tomcyk, R. (1977). Gruppenverfahren der Arbeitsanalyse und Arbeitsgestaltung. In Spezielle Arbeits- und Ingenieurspsychologie in Einzeldarstellungen (Bd. 4). Berlin: Berlin.

Nevis, E. C., DiBella, A. J. & Gould, J. M. (1995). Understanding organizations as learning systems. Sloan Management Review, 4, 73-85.

Nicolini, D. & Meznar, M. B. (1995). The social construction of Organizational Learning: Conceptual and practical issues in the field. Human Relations, 48 (7), 727-746.

Nielsen, J. (1993). Usability Engineering. Boston: AP Professional.

Nonaka, I. (1994). A dynamic theory of organizational knowledge creation. Organization Science, 5 (1), 14-37.

Norman, D. A. (1986). Cognitive engineering. In D. A. Norman & S. Draper (Hrsg.), User centered system design. London: Erlbaum.

NPD. (1996). Regelverksamling for petroleumsvirksomheten. Stavanger: The Norwegian Petroleum Directorate.

NPD. (1997). Annual Report. Stavanger: Norwegian Petroleum Directorate.

NPD. (1998). Annual Report. Stavanger: Norwegian Petroleum Directorate.

Oberquelle, H. (1991). CSCW- und Groupware-Kritik. In H. Oberquelle (Hrsg.), Kooperative Arbeit und Computerunterstützung (S. 37-61). Göttingen: Verlag für Angewandte Psychologie.

Orlikowski, W. J. (1993). Learning from Notes: Organizational issues in groupware implementation. The Information Society, 9, 237-250.

Orr, J. E. (1987). Narratives at work: Story telling as co-operative diagnostic activity. Field Service Manager, June, 47-60.

Orr, J. E. (1990). Sharing knowledge, celebrating identity: Community memory in a service culture. In D. Middleton & D. Edwards (Hrsg.), Collective remembering. London: Sage.

Pautzke, G. (1989). Die Evolution der organisatorischen Wissensbasis - Bausteine zu einer Theorie des organisatorischen Lernens. München: Kirsch.

Perrow, C. (1992). Normale Katastrophen: Die unvermeidbaren Folgen der Großtechnik. Frankfurt: Campus.

Quinn, J. B., Anderson, P. & Finkelstein, S. (1996). Managing professional intellect. Havard Business Review, 2, 71-80.

Rasmussen, J. (1991). Safety control: Some basic distinctions and research issues in high hazard low risk operation. Contribution to the May'91 Bad Homburg Workshop on Risk Management.

Rasmussen, J., Brehmer, B., & Leplat. J. (Hrsg.). (1991). Distributed decision making: Cognitive models for cooperative work. Chichester: Wiley.

Rasmussen, J. (1996). Risk management in a dynamic society: A modelling problem. paper presented at the Conference on Human Interaction with Complex Systems. Dayton, Ohio, August 1996.

Rassmussen, J. (1997). Risk management in a dynamic society: A modelling problem. Safety Sience, 27, 183-213.

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

Reason, J. (1991). Too little and too late: A commentary on accident and incident reporting systems. In T. W. van der Schaaf, D. A. Lucas & A. R. Hale (Hrsg.), Near miss reporting as safety tool. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Reason, J. (1997). Managing the risks of organizational accidents. Gower House: Ashgate.

Reason, J., Parker, D. & Lawton, R. (1998). Organizational controls and safety: The varieties of rule-related behaviour. Journal of Occupational and Organizational Psychology, 71, 289-304.

Reece, W. J., Gilbert, B. G. & Richards, R. E. (1994). Nuclear computerized library for assessing reactor reliability (NUCLARR) (NUREG/CR-4639 EGG-2458 Volume 5, Revision 4, Bd. Part 2: Human Error Probability (HEP) Data). Washington: U.S. Nuclear Regulatory Commission.

Reid, F. J. M., Ball, L. J., Morley, A. M. & Evans, J. St. B. T. (1997). Styles of group discussion in computer-mediated decision making. British Journal of Social Psychology, 36(3), 241-262.

Ringstad, A. J. (1998). Accident and near miss databases (unveröffentlichtes Forschungsbericht) Stavanger: Roland Research.

Ringstad, A. J. (2000). Accident and near miss reporting in the Norwegian offshore industry: An organisational analysis of the SYNERGI project (Doctoral thesis). Trondheim: The Norwegian University of Science and Technology.

Roberts, K. H. (1990). Some characteristics of one type of high reliability organization. Organization Science, 1, No. 2, 160-176.

Rochlin, G. I. (1989). Informal organizational networking as a crisis-avoidance strategy: US naval flight operations as a case study. Industrial Crisis Quarterly, 3, 159-176.

Rochlin, G. I. (1999). The social construction of safety. In J. Misumi, B. Wilpert & R. Miller (Hrsg.), Nuclear Safety: A Human Factors Perspective (S. 5-23). London: Taylor & Francis.

Rosenthal, I. (1997). Organisational epidemiology: A tool for investigating organisational factors related to the occurrence and prevention of accidental chemical releases. In A. Hale, B. Wilpert & M. Freitag (Hrsg.), After the Event. Oxford: Pergamon.

Ross, L. (1977). The intuitive psychologist and his shortcomings: Distortions in the attribution process. In L. Berkowitz (Hrsg.), Advances in experimental social psychology (Bd. 10). New York: Academic Press.

Rossi, P. H., Freeman, H. E. & Hofmann, G. (1988). Programm-Evaluation. Stuttgart: Enke.

RSK. (1997). RSK-Denkschrift zur Sicherheitskultur in der Kerntechnik. Salzgitter: Bundesamt für Strahlenschutz.

Saarinen, T. (1989). Impacts on organizations: Evolution of information systems in organizations. Behaviour and Information Technology, 8 (5), 387-398.

Schein, E. (1985). Organizational culture and leadership: A dynamic view. San Francisco, CA: Jossey Bass.

Schein, E. H. (1993). On dialogue, culture and Organizational Learning. Organizational Dynamics, 22, 40-41.

Schmid, S. E. (1998). Entscheidungshilfesystem im Vergleich. In Willumeit, Hans-P. & Kolrep, H. (Hrsg.), Entscheidungshilfe und Assistenz in Mensch-Maschine-Systemen (S. 21-30). Sinzheim: P.U.V.

Schneider, H. D. (1985). Kleingruppenforschung. Stuttgart: Teubner.

Schöbel, M. & Szameitat, S. (1999). Experience feedback and safety culture as contributors to system safety. In P. F. Elzer, R. H . Kluwe & B. Boussoffara (Hrsg.), Human error and system design and management (S. 47-50). Berlin: Springer.

Scholl, W. (1997). Gruppenarbeit: Die Kluft zwischen sozialpsychologischer Theoriebildung und organisationspsychologischer Anwendung. Gruppendynamik, 28, 381-358.

Scholl, W., Hoffmann, L. & Gierschner, C. (1993). Innovation und Information: Wie in Unternehmen neues Wissen produziert wird (DFG-Abschlußbericht). Göttingen: Universität, Institut für Wirtschafts- und Sozialpsychologie.

Schultz, B., Ketrow, S. M. & Urban, D. M. (1995). Improving decision quality in the small group - The role of the reminder. Small Group Research, 26 (4), 521-541.

Shaw, M. E. (1972). Group Dynamics: The Psychology of Small Group Behavior. Hillsdale: McGraw-Hill.

Sheridan, T. B. (2000). HCI in supervisory control: Twelve dilemmas. In P. F. Elzer, R. H. Kluwe & B. Boussoffara (Hrsg.), Human Error and System Design Management. Berlin: Springer.

Shiftlett, S., Eisner, J. J., Price, M. J. & Schemmer,, F. M. (1982). The definition and measurement of team functions. Bethesda MD: ARRO.

Silver, S. D., Cohen, B. P. & Crutchfield, J. H. (1995). Status differentiation and information exchange in face-to-face and computer-mediated idea generation. Social Psychology Quarterly, 57(2), 108-123.

Sitkin, S. B. (1996). Learning through failure: The strategy of small losses (S. 541-577). Thousand Oaks: Sage Publications.

Skorve, M. (1999). Helicopter inquiry touches down. Norwegian Petroleum Diary, 1, 47-48.

Stasser, G. (1992). Information salience and the discovery of hidden profiles by decision-making groups: A "thought experiment". Organizational Behavior and Human Decision Process, 52(1), 156-181.

Stasser, G., & Stewart, D. (1992). Discovery of hidden profiles by decision-making groups: Solving problem versus making a judgement. Journal of Personality and Social Psychology, 63(3), 426-434.

Stasser, G., Stewart, D., & Wittenbaum, G. (1995). Expert roles and information exchange during discussion: The importance of knowing who knows what. Journal of Experimental Social Psychology, 31, 244-265.

Stasser, G., Taylor, L. A., & Hanna, C. (1989). Information sampling in structured and unstructured discussions of three- and six-person groups. Journal of Personality and Social Psychology, 57(1), 67-78.

Stasser, G., & Titus, W. (1985). Pooling unshared information in group decision making: Biased information sampling during discussion. Journal of Personality and Social Psychology, 53(6), 81-93.

Steiner, I. D. (1972). Group Process and Productivity. New York: Academic Press.

Stewart, D. D. & Stasser, G. (1995). Expert role assignment and information sampling during recall and decision making. Journal of Personality and Social Psychology, 69(4), 619-628.

Sträter, O. (1997). Beurteilung der menschlichen Zuverlässigkeit auf der Basis von Betriebserfahrung. Köln: Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit.

Straus, S. G. (1999). Testing a typology of tasks: An empirical validation of McGrath's (1984) Group Task Circumplex. Small Group Research, 30 (2), 166-187.

Straus, S. G. & McGrath, J. E. (1994). Does the medium matter? The interaction of task type and technology on group performance and member reactions. Journal of Applied Psychology, 74, 87-96.

StrlSchV. (1997). Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung - StrlSchV) (Vom 13. Oktober 1976 (BGBl. I S. 2905, 1977 S. 184, 269) in der Fassung der Bekanntmachung vom 30. Juni 1989 (BGBl. I S. 1321, ber. S. 1926) zuletzt geändert durch Verordnung vom 18. August 1997 (BGBl. I S. 2113)).

Stucky, S. U. (1995). Technology in support of Organizational Learning. In C. Zucchermaglio, S. Bagnara & S. U. Stucky (Hrsg.), Organizational Learning and technological change. Berlin: Springer.

SwissRe. (1999). Tables for the most costly and the worst catastrophes. In Sigma (Bd. 1, S. 37-38). Zürich: Swiss Reinsurance Company.

Szameitat, S. (1997). Aufgabenstrukturen der Gruppenarbeit in der Praxis (unveröffentlichte Diplomarbeit). Berlin: Humboldt-Universität.

Timpe, K. P. (1998). Unterstützungssysteme als interdisziplinäre Herausforderung. In Willumeit, Hans-P. & Kolrep, H. (Hrsg.), Entscheidungshilfe und Assistenz in Mensch-Maschine-Systemen. Sinzheim: P.U.V.

Timpe, K.-P., Rothe, H.-J., und Gaßner, K. (1997). Entwicklung eines wissensbasierten Entscheidungshilfesystem zur Störungsdiagnose bei CNC-Werkzeugmaschinen. In K. H. Sonntag & N. Schaper (Hrsg.), Störungsmanagement und Diagnosekompetenz. Zürich: vdf Hochschulverlag.

Tompkins, T. C. (1995). Role diffusion in collective learning. The International Journal of Organizational Analysis, 3, 69-85.

Tsang, E. W. K. (1997). Organizational Learning and the Learning Organization: A dichotomy between descriptive and prescriptive research. Human Relations, 50 (1), 73-88.

Tuckman, B. W. (1965). Developmental Sequences in Small Groups. Psycholgical Bulletin, 63, 384-399.

Valacich, J. S., Dennis, A. R. & Nunamaker, J. F. (1992). Group size and anonymity effects on computer-mediated idea generation. Small Group Research, 23 (1), 49-73.

Valacich, J. S., Paranka, D., George, J. F. & Nunamaker, J. F. (1993). Communication concurrency and the new media: A new dimension for media richness. Communication Research, 20 (2), 249-276.

van der Schaaf, T. W. (1991). A framework for designing near miss management systems. In T. W. van der Schaaf, D. A. Lucas & A. R. Hale (Hrsg.), Near miss reporting as safety tool. Oxford: Butterworth-Heinemann.

van der Schaaf, T. W. & Kanse, L. (2000). Errors and errors recovery. In P. F. Elzer, R. H. Kluwe & B. Boussoffara (Hrsg.), Human Error ans System Design Management. Berlin: Springer.

van Eijnatten, F. M. (1993). The paradigm that changed the work place. Stockholm: The Swedish Center for Working Life.

VGB. (1994). VGB-Konzept zur Optimierung der Mensch-Maschine-Schnittstelle (Human-Factors-System) der Vereinigung Deutschen Kernkraftwerksbetreiber. Technische Vereinigung der Großkraftwerksbetreiber e.V.

Visser, J. P. (1998). Developments in HSE management in oil and gas exploration and production. In A. Hale & M. Barram (Hrsg.), Safety Management (S. 43-65). Oxford: Pergamon.

Vollrath, D. A., Shepard, B. H., Hinsz, V. B. & Davis, J. H. (1989). Memory performance by decision-making groups and individuals. Organizational Behavior and Human Decision Process, 43, 289-300.

Wagenaar, W. A. & van der Schrier, J. (1997). Accident analysis - The goal, and how to get there. Safety Science, 26 (1), 25-33.

Walther, J. B. (1992). Interpersonal effects in computer-mediated interaction: A relational perspective. Communication Research, 19, 52-90.

Walther, J. B. (1995). Relational aspects of computer-mediated communication: Experimental observation over time. Organization Science, 6(2), 186-203.

Walther, J. B. (2000). Die Beziehungsdynamik in virtuellen Teams. In M. Boos, K. J. Jonas & K. Sassenberg (Hrsg.), Computervermittelte Kommunikation in Organisationen. Göttingen: Hogrefe.

Wanous, J. P., Reichers, A., Cooper C. & Rao, R. (1994). Effectiveness of problem-solving groups: Process and outcome criteria. Psychological Reports, 75, 1139-1153.

Wegner, D. M. (1987). Transactive memory: A contemporary analysis of the group mind. In B. Mullen & G. R. Goethals (Hrsg.), Theory of Group Behavior (S. 185-207). New York: Springer.

Wegner, D. M. (1995). A computer network model of human transactive memory. Social Cognition, 13, 319-339.

Wegner, D. M., Erber, R. & Raymond, P. (1991). Transactive memory in close relationships. Journal of Personality and Social Psychology, 61, 923-929.

Weick, K. E. & Roberts, K. H. (1995). Collective mind in organizations. In M. D. Cohen & L. S. Sproull (Hrsg.), Organizational Learning (S. 330-358). Thousand Oaks: Sage.

Weinert, A. B. (1987). Lehrbuch der Organisationspsychologie (2. Aufl.). Weinheim: PVU.

Weisband, S. P. (1992). Group discussion and first advocacy in computer-mediated and face-to-face decision making groups. Organizational Behavior and Human Decision Process, 53, 352-380.

Weisband, S. P., Schneider, S. K. & Connolly, T. (1995). Computer-mediated communication and social information: Status salience and status differences. Academy of Management Journal, 38(4), 1124-1151.

Wender, K. F. (1992). Ausgewählte Methoden. In H. Spada (Hrsg.), Allgemeine Psychologie (S. 561-596). Bern: Huber.

Wildavski, A. (1983). Information as an organizational problem. Journal of Management Studies, 20 (1), 29-40.

Wilpert, B., Becker, G., Maimer, H., Miller, R., Fahlbruch, Babette, Baggen, R., Gans, A., Leiber, I. & Szameitat, S. (1997). Umsetzung und Erprobung von Vorschlägen zur Einbeziehung von Human Factors (HF) bei der Meldung und Ursachenanalyse in Kernkraftwerken (BMU-1996-457). Dossenheim: Merkel.

Wilpert, B., Fahlbruch, B., Miller, R., Baggen, R. & Gans, A. (1996). Interorganizational development in the German nuclear safety system. In J. Misumi, B. Wilpert & R. Miller (Hrsg.), Nuclear Safety: A Human Factors Perspective (S. 127-140). London: Taylor & Francis.

Wilpert, B., Fank, M., Becker, G., Fahlbruch, B., Freitag, M., Giesa, H. G. & Miller, R. (1994). Weiterentwicklung der Erfassung und Auswertung von meldepflichtigen Vorkommnissen und sonstigen registrierten Ereignissen beim Betrieb von Kerrnkraftwerken hinsichtlich menschlichen Fehlverhaltens (SR 2039/1). Köln: Gesellschaft für Reaktorsicherheit.

Wilpert, B., Ignatov, M. & Schöbel, M. (2000). Implizite Normen als Regulation des Sicherheitshandelns. (unveröffentlichter Forschungsbericht). Berlin: Technische Universität.

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

Wilpert, B., Miller, R., Geymüller, C. von, Uhlemann, F., & Ninov, E. (1998). Analyse von sicherheitsrelevanten Ereignissen in verfahrenstechnischen Anlagen. (Forschungsbericht 296 48 426). Berlin: Umweltbundesamt.

Winquist, J. R. Larson, J. R. (1998). Information pooling: When it impacts group decision making. Journal of Personality and Social Psychology, 74 (2), 371-377.

Witte, E. H. (1994). Group performance - The solution of two different tasks (Handout for the Nags Head Conference June 5-10, 1994).

Wittenbaum, G. M. & Stasser, G. (1996). Management of information in small groups. In J. L. Nye & A. M. Brower (Hrsg.), What's social about social cognition? (S. 3-28). Thousand Oaks: Sage.

Zack, M. H. & McKenney, J. L. (1995). Social context and interaction in ongoing computer-supported management groups. Organization Science, 6(4), 394-422.

7 Anhang

Anhang A: Instrumente der Studie II

A.1 Interviewleitfaden

I Organisation

1.1 Einführung

Sie haben gerade über die Ereignisanalyse und das Berichtssystem im KKW berichtet. Nachfolgend werden wir zum vertiefenden Verständnis einige allgemeine Fragen zur Handhabung der Ereignisanalyse stellen. Anschließend möchten wir mit Ihnen gemeinsam noch einmal den Prozeß der Ereignisanalyse und Berichtslegung grafisch veranschaulichen. Doch zunächst einige allgemeinen Fragen zu den Rahmenbedingungen von Ereignisanalyse in dieser Anlage. Sollte Ihnen eine Frage unverständlich sein, weisen Sie uns bitte darauf hin.

1.2 Entwicklung

1. Seit wann gibt es Ereignisanalyse (EA)/Berichtssystem (BS) in der Anlage?
2. Können Sie Meilensteine der Entwicklung der EA/BS nennen?
3. Was ist das strategische Ziel der Weiterentwicklung der EA/BS?

1.3 Einbindung

1. Welche Funktionsbereiche werden in das BS eingebunden?
   - Welche steuern?
   - Welche führen aus?
2. Wie ist Ihre Einheit in das Organigramm der Anlage eingeordnet? Gibt es andere Bereiche, mit denen Sie während der Ereignisanalyse kooperieren?
3. Wie viel Personen sind in diesem Bereich tätig?

1.4 Internes Berichtswesen

1. Werden Daten im BS anonymisiert?
2. Wer erhält den Bericht bzw. wer partizipiert am Bericht?
3. Welchen Nutzen haben die Beteiligten?
4. Werden Beinahe-Ereignisse berücksichtigt? Wie tief werden diese untersucht?
5. Wie werden die gewonnenen Erfahrungen zurückgemeldet?
6. Welche Medien werden eingesetzt (Dokumentenfluß, Netzwerke, Fax u.ä.)?

1.5 Sonstige

1. Wie viele Analysen laufen gleichzeitig bzw. parallel?
2. Wie lange dauert eine Analyse?

II Analyseteam

2.1 Allgemeine Fragen zur Teamsituation

1. Wie viele Personen sind an einer Analyse beteiligt?
2. Wie lange existiert ein solches Analyseteam?
3. Wie ist dieses Team in die Organisation eingebunden?
   - Dienststellungen der Teammitglieder
   - Entscheidungsbefugnisse
   - Bedeutung innerhalb einer Entwicklungsstrategie des Unternehmens
4. Wie groß ist der zeitliche Aufwand innerhalb der wöchentlichen Arbeitszeit, den Teammitglieder für Ereignisanalyse und Berichtssystem aufwenden?

- in der Woche, im Monat, im Jahr
- sonstige Tätigkeiten

5. Wo sind die Arbeitsplätze der Teammitglieder? (Liegen sie weit im Gebäude verstreut, Gehminuten)

2.2 Fragen zu den Teammitgliedern

1. Welche Ausbildung haben die Fachleute? Wie groß sind dabei die Unterschiede?
2. Haben die Personen einen ähnlichen Erfahrungshintergrund?
   - Anzahl der Berufsjahre in der Anlage?
   - In welchen Bereichen?

2.3 Fragen zur Koordination im Team

2.3.1 Umfeld

1. Wie wird die Arbeit eines Analyseteams innerhalb der Anlage akzeptiert?
2. Wonach bewertet die Anlagenleitung die Leistung des Analyseteams?
3. Behindern Konflikte zwischen dem Analyseteam und der Anlagenleitung die Analyse?
4. Wie wird das Analyseteam von der Anlagenleitung über Aufgaben instruiert?
5. Wie werden die Informationen aus dem Analyseteam heraus weitergegeben?

2.3.2 Information

1. Wie stimmen sich die Teammitglieder zwischen den Teamtreffen ab?

· Per Telefon / Fax / E-Mail /mündlich

2. Wie werden Prioritäten der Analyseschritte festgelegt (im Team oder ein Verantwortlicher?)
3. Wann ist das Ziel für das Team erreicht? (z.B. Bericht ist fertig, „das war ein guter/schlechter Bericht“ usw.)
4. Welche Termine und Arbeitsmittel sind für eine Analyse zu koordinieren?
   - Wie geschieht das?

2.3.3 Zeiteinteilung

1. Wie häufig trifft sich das Team?
   - Im Monat?

· - Pro zu analysierendem Ereignis

2. Wie detailliert ist die Zeitplanung in einem Analyseprojekt?
3. Gibt es für die Bearbeitung eines Ereignisses feste Deadlines?

2.3.4 Ressourcenverteilung

1. Welchen Nutzen hat eine „gelungene“ Ereignisanalyse für Sie privat?

· Gibt es Unterschiede im Team?

2. Sind die Belastungen im Team gleich verteilt?

2.4 motivationale Funktionen

1. Können Sie den Zeitrahmen für die Analyse eines Ereignisses festlegen?
   Oder sind Sie an äußere Vorgaben gebunden?
2. Haben Sie das Gefühl, ausreichend für Ihre Arbeit informiert zu sein?
3. Haben Sie das Gefühl, daß ihre Arbeit zweckdienlich ist?
4. Sind die Teammitglieder mit ihrer Arbeit zufrieden oder gibt es Veränderungsbedarf?

2.5 offene Fragen

Anhang B: Instrumente der Studie III

B.1 Das Ereignis (Simulation)

Für die Simulation der Ereignisanalyse wurden insgesamt vier Rollen von Personen vorgegeben, die an der Ereignisanalyse teilnehmen, da sie Zeuge des Ereignisses sind und über unterschiedliche, z.T. nicht geteilte Informationen verfügen:

- Der Leitstandsfahrer (LF) überwacht alle Schalthandlungen auf der Warte.
- Der Qualitätssicherungsbeauftragte (QS) ist verantwortlich für alle Prozesse der Qualitätssicherung.
- Der Dieselmechaniker (DM) wartet und überwacht Dieselaggregate.
- Der Betriebselektriker (BE) ist verantwortlich für die Wartung und Überwachung von elektrischen und elektronischen Komponenten.

Die Versuchsteilnehmer erhielten *insgesamt* (abgesehen von der Informationsverteilung in den Rollen) folgende Information zum Ereignis:

Es wurden Störungen bei der Spannungsversorgung einer Hauptkühlmittelpumpe (KMP) in einem Kraftwerk registriert. Dabei handelt es sich um eine elektrisch angetriebene Pumpe, welche den Druckkesselbehälter mit Kühlwasser versorgt. Ein längerer Ausfall der KMP führt zur Beschädigung der Anlage, in schweren Fällen kann es zu explosionsartigen Brüchen dampfführender Behälter, Leitungen und Armaturen kommen.

Zur Sicherheit ist die Spannungsversorgung redundant über drei unabhängige Netze voneinander abgesichert: (1.) das Anlagen- oder Eigenbedarfsnetz, gespeist durch den Kraftwerksgenerator, (2.) das Notstromnetz, gespeist durch ein Notstromdieselaggregat (NSD) und (3.) das Fremdnetz, gespeist durch das Verbundnetz, also aus der Leistung anderer Kraftwerke. Die Einspeisung der Netze sowie die Betätigung der Lastschalter und der Start des NSD verläuft automatikgesteuert, manuelle Eingriffe des Personals sind nicht erforderlich.

Im Ereignisverlauf kommt es aufgrund eines Sicherungsausfalls an einem Gleichrichter zu einer automatischen Umschaltung der Spannungsversorgung für die Steuerungsautomatik. In der Folge wird diese durch die Batterie gespeist, die nun kontinuierlich entladen wird.

Die Störungsmeldung für die Umschaltung wird im Kontrollraum quittiert, da zu diesem Zeitpunkt eine große Anzahl von Störungen durch gleichzeitig in der Anlage stattfindende Wartungsarbeiten ausgelöst wird. Nach dem Schichtwechsel wird dieser Irrtum bemerkt und der Betriebselektriker (BE) mit der Kontrolle des Gleichrichters beauftragt. Dieser übersieht die ausgefallene Sicherung und versucht, den Gleichrichter zweimal zuzuschalten. Da er

keine Änderung am Systemverhalten bemerken kann, geht er von einer fehlerhaften Störungsmeldung aus, d.h. er glaubt, daß der Gleichrichter sei in Betrieb.

Aufgrund der kontinuierlichen Entladung der Batterie wird der Minimalwert für die Gleichspannungsversorgung der Automatik unterschritten, und es kommt zur auslegungsgemäßen Auslösung eines Notstromfalls. Hierbei wird das NSD gestartet, die Spannungsversorgung der KMP auf das Notstromnetz umgeschaltet und das Anlagennetz, welches im Normalfall die KMP versorgt, abgetrennt.

Der Dieselmechaniker (DM) bemerkt nach kurzer Zeit einen verzögerten Aufbau des Öldrucks und schaltet das NSD vorschriftgemäß ab. Eine spätere Untersuchung zeigt, daß bei Wartungsarbeiten ein Ölschlauch mit einem zu geringen Querschnitt eingebaut und auf einen Probelauf verzichtet worden ist.

Währenddessen steht das Signal für den Notstromfall weiter am NSD an, so daß es kurz nach der manuellen Abschaltung erneut gestartet wird. Daraufhin schaltet der DM das NSD erneut ab und trennt es von der automatischen Spannungsversorgung. Damit kann das NSD nicht mehr gestartet werden, das Notstromnetz steht nicht zur Verfügung und die KMP wird spannungslos. Dadurch erfolgt eine automatische Umschaltung auf das Fremdnetz.

Inzwischen stoppt der Qualitätssicherungsbeauftragte (QS) eine Erdschlußsuche in der Anlage, die mit der Auslösung der vermeintlich fehlerhaften Signale in Verbindung gebracht wird. Erst später wird die Entladung der Batterie festgestellt und die Automatik durch das Öffnen des Einspeiseschalters von der Batterie getrennt. Damit ist die Automatik außer Betrieb.

Später am Tag beginnt ein Wartungsteam turnusgemäße Wartungsarbeiten in der Anlage und nimmt dazu die Ersatzautomatik in Betrieb. Da die Ersatzautomatik über eine gemeinsame Spannungsversorgungsschiene mit der Automatik fest verbunden ist, erhält die Automatik wieder Spannung und der Notstromfall wird aufgrund gespeicherter Signale erneut ausgelöst. Es kommt zu einer wirkungslosen Anforderung des freigeschalteten NSD und der Abtrennung des Fremdnetzes, das über das Anlagennetz mit der KMP verbunden ist.

Kurz darauf wird die Ersatzautomatik wieder außer Betrieb genommen und das Fremdnetz erneut manuell zugeschaltet. Weiterhin bereitet der LF ein automatisches Umschalten auf das Anlagennetz während eines Notstromfalls vor.

Zum Ende wird die defekte Sicherung am Gleichrichter bemerkt und ausgetauscht.

B.2 System zur Simulation einer Ereignisanalyse

Das System zur Simulation einer Ereignisanalyse basiert auf einer Website im Format Hyper Text Markup Language (HTML), die durch alle gängigen Browser dargestellt werden kann. Die Website wurden mit Microsoft® Frontpage98® programmiert und verwaltet. Es orientiert sich an den Gestaltungsheuristiken von Nielsen (1993). Unter dem Begriff „Usability software engineering“ postuliert Nielsen plausible Merksätze, die auf eine benutzerfreundliche, leicht verständliche und ressourcensparende Gestaltung von Softwareoberflächen abzielen.

Für den Versuch wurden die entsprechenden Dateien (Seiten) auf einem zentralen Webserver der Technischen Universität Berlin sowie auf einem lokalen PC mit fester IP-Adresse gespeichert, wodurch der Zugriff auf Informationen beschränkt wurde. Die Informationen auf dem zentralen Webserver konnten permanent, die Informationen zum Ereignis nur während der Versuche abgerufen werden. Die Zugriffe auf den lokalen Versuchsserver wurden in einer Protokolldatei aufgezeichnet.

Die Inhalte wurden in fünf Kategorien organisiert (vgl. Abbildung B.22):

a) Home: Hier waren allgemeine Informationen zur Fragestellung bzw. zur Organisation der Simulation und zu den Teilnahmemodalitäten an der Untersuchung abgelegt. Zusammen mit den Informationen der Kategorien „Video“ und „Glossar“ wurden diese Informationen auf einem öffentlichen Universitätsserver gespeichert, so daß sie im World Wide Web (WWW) frei verfügbar waren. Auf Indizes in den Kopfbereichen der HTML-Seiten sowie auf den Eintrag in Suchmaschinen wurde verzichtet.

b) Situation: In diesem Bereich waren alle ereignisrelevanten Informationen dargestellt und entsprechend der Rollen (BE, DM, LF und QS) gegliedert. Physisch waren nicht-geteilte Informationen einer Rolle in einem separaten Verzeichnis gespeichert. Mit einem rollenspezifischen Paßwort kann auf dieses Verzeichnis zugegriffen werden. Nicht-geteilte Informationen der jeweils anderen Teilnehmer bleiben unsichtbar. Geteilte Informationen sind in einem gemeinsamen Verzeichnis abgelegt. Alle Ereignisinformationen sind auf einem lokalen Webserver gespeichert und ausschließlich während der Versuche und nur unter Verwendung eines Paßwortes verfügbar.

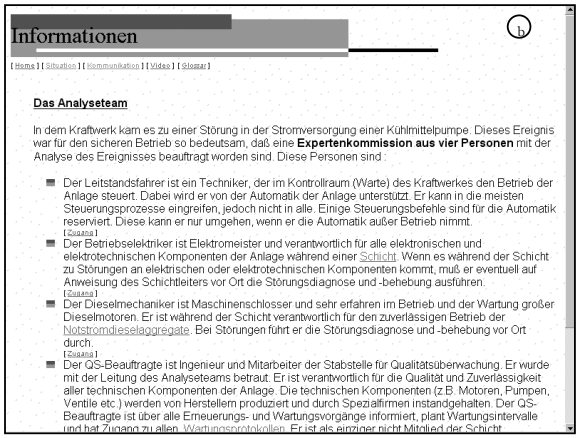
c) Diskussion: Computervermittelte Kommunikation wurde realisiert, indem in diesem Bereich ein Konferenz-system installiert wurde (vgl. Hollingshead & McGrath, 1994). Alle Seiten in dieser Kategorie wurden dynamisch erzeugt, d.h. die Beiträge der Teilnehmer während der Ereignisanalyse wurden aufgenommen, HTML-Code daraus generiert und die Informationen schließlich auf der Website angezeigt. Dazu wurden die Beiträge in einen formularbasierten Dialog eingegeben sowie an zuvor ausgewählte Beiträge angehängt, so daß sich Diskussionsleitfäden zu einzelnen Sachverhalten entwickeln (vgl. Abbildung B.22c).

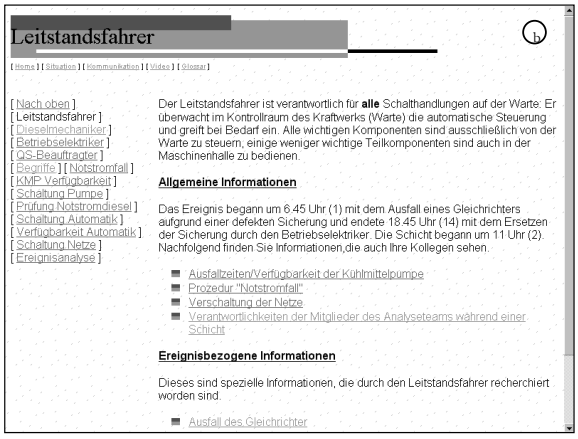
Diese Kategorie wurde ebenfalls auf dem lokalen Webserver gespeichert und war ausschließlich während der Versuche zugänglich.

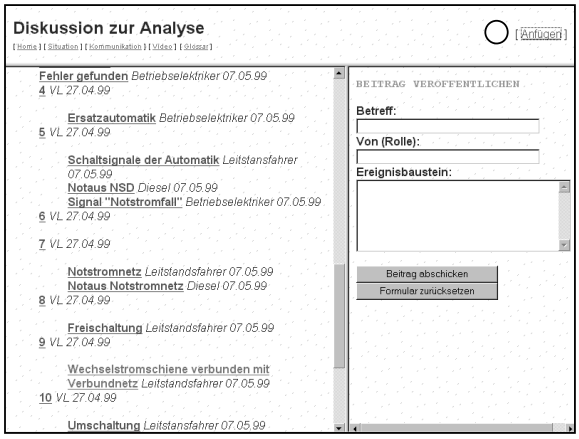
d) Video: In Form einer dynamischen Präsentation (slide show) wurde die Funktionsweise der Spannungs-versorgung der Kühlmittelpumpe und der automatischen Steuerung dargeboten. Zunächst wurde erläutert, wie die Spannungsversorgung über drei redundante Netze abgesichert ist. Anschließend wurden die einzelnen automatischen Schalthandlungen nach einem Notstromfall dargestellt. Schließlich wurde erläutert, wann die automatische Steuerung die Prozedur für den Notstromfall auslöst und welche automatischen Schalthandlungen vorgenommen werden. Es wurden Abbildungen und Schaltpläne gezeigt, die durch Text erläutert wurden.

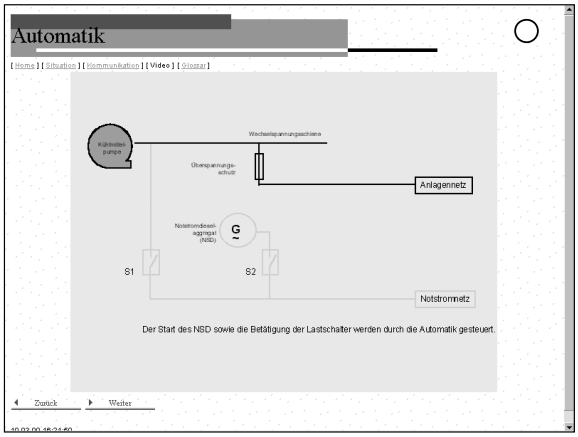
e) Glossar: Es umfaßt eine Sammlung technischer, durch Texte, Tabellen und Abbildungen erläuterte Begriffe. Sie unterliegen einer alphabetischen Ordnung und sind ggf. mit anderen Begriffen durch einen Hypertextlinks verbunden. Auch bestehen verschiedene Verweise aus den Seiten der Kategorie „Situation“ zu den Begriffen.

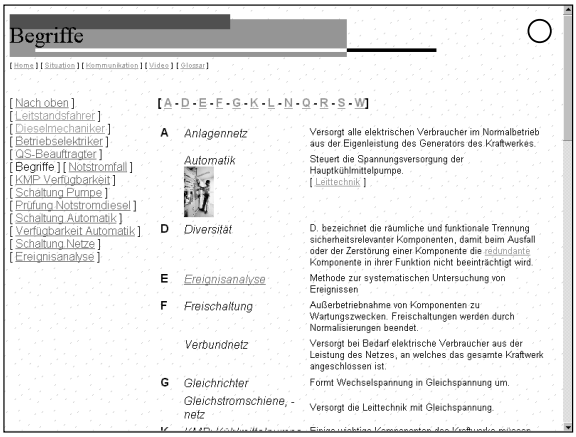
Abbildung B.22 System zur Darstellung der Ereignisinformationen (Erläuterungen im Text)











B.3 System zum Erzeugen einer Zeit-Akteurs-Matrix

Die Rekonstruktion des Ereignisses wurde zusätzlich zum system zur Simulation der Ereignisanalyse mit einer weiteren Software unterstützt. Der SOL-Methode folgend werden in dieser Phase alle Informationen zum Ereignis gesammelt, strukturiert und dokumentiert. Dazu wurde auf eine vorhandene Software zurückgegriffen (Wilpert, Miller, Geymüller, Uhlemann, & Ninov, 1998), die kurz dargestellt wird..

Die Software basiert auf einer Mircrosoft Access ® Datenbank. Das System wurde entwickelt für die Erfassung von Ereignissen in Chemieanlagen und ermöglicht eine vollständige Analyse nach der SOL-Methode. Für die Simulation einer Ereignisanalyse wurde ausschließlich die Funktion zur automatischen Erzeugung einer Zeit-Akteurs-Matrix verwendet.

Diese wird erzeugt, indem mit der Eingabemaske gesammelte Informationen zum Ereignis strukturiert eingegeben werden (vgl. Abbildung B.1). Damit sind die Ereignisdaten in der Datenbank gespeichert. Die Software kann nun durch eine Berichtsfunktion die Daten grafisch in Form der Zeit-Akteurs-Matrix (vgl. Abbildung B.2) darstellen. Eine Zeit-Akteurs-Matrix wird erstellt, indem das Ereignis in Ereignisbausteine zerlegt wird. Notwendig sind dazu Informationen über den Akteur, seine Handlung und deren zeitliche Einordnung in den Ereignishergang. Die Matrix wird gebildet, indem die Ereignisbausteine hinsichtlich der Akteure (Zeilen) und der Abfolge der Handlungen (Spalten) angeordnet werden. Erreicht wird durch diese Darstellungsform eine erhöhte Übersichtlichkeit des Ereignishergangs.

Für die Darstellung komplexer Matrizen wurden diese auf mehrere Seiten im Format A4 aufgeteilt (vgl. Abbildung B.3). Die so generierte Zeit-Akteurs-Matrix wurde ausgedruckt und bildete die Grundlage für die weitere Konzeptualisierung der Ereignisverursachung durch die Versuchsteilnehmer.

Abbildung B.1 Datenmaske zur Eingabe von Ereignisbausteinen

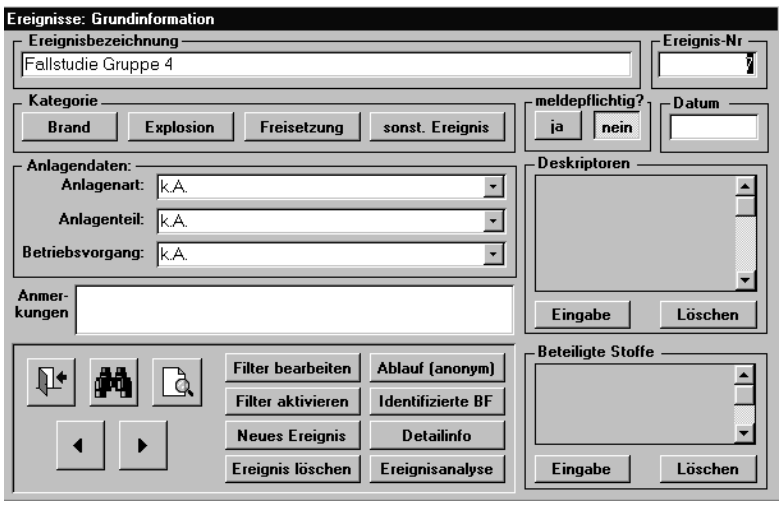


Abbildung B.2 Modul zur automatischen Generierung einer Zeit-Akteurs-Matrix

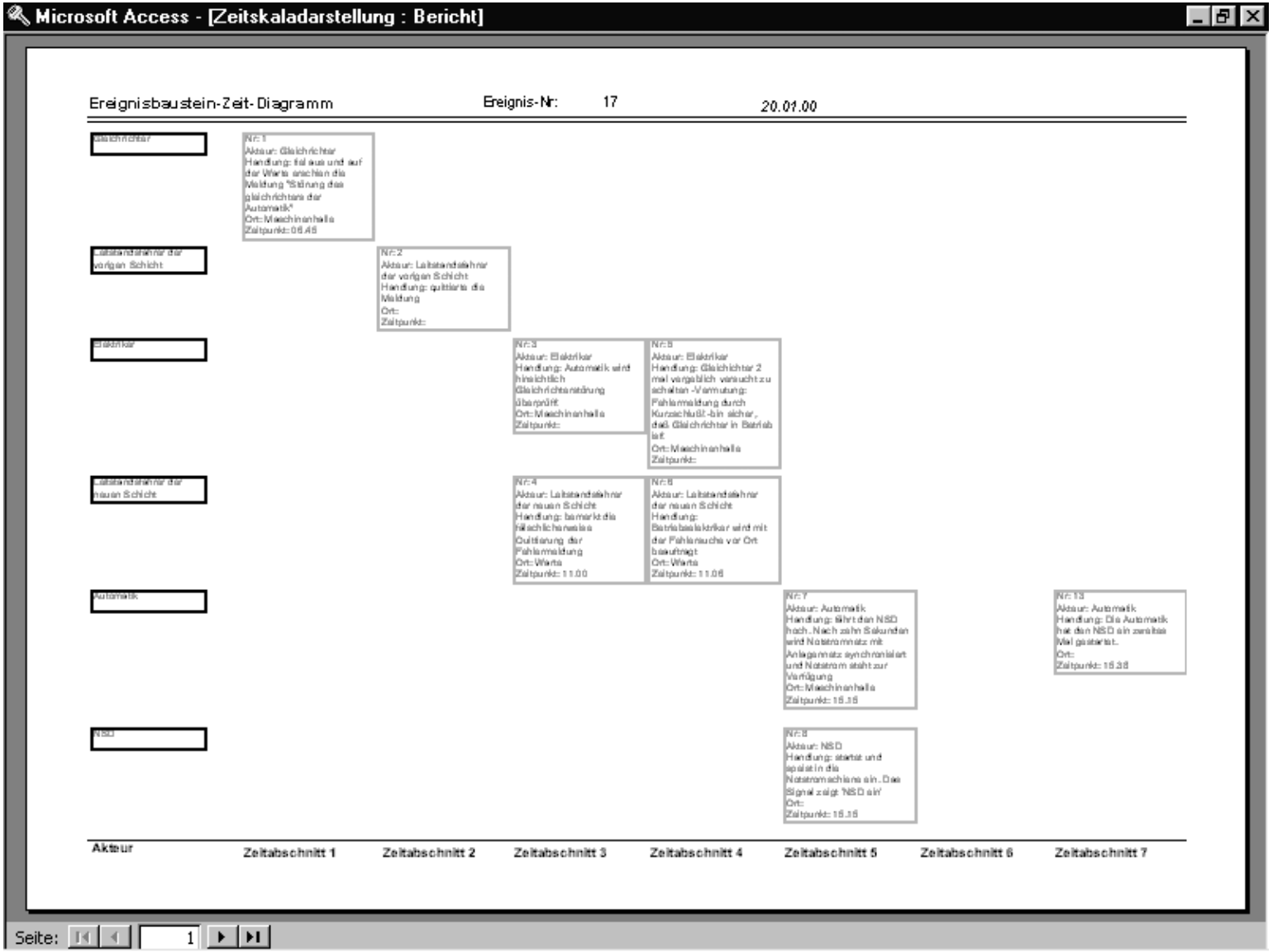
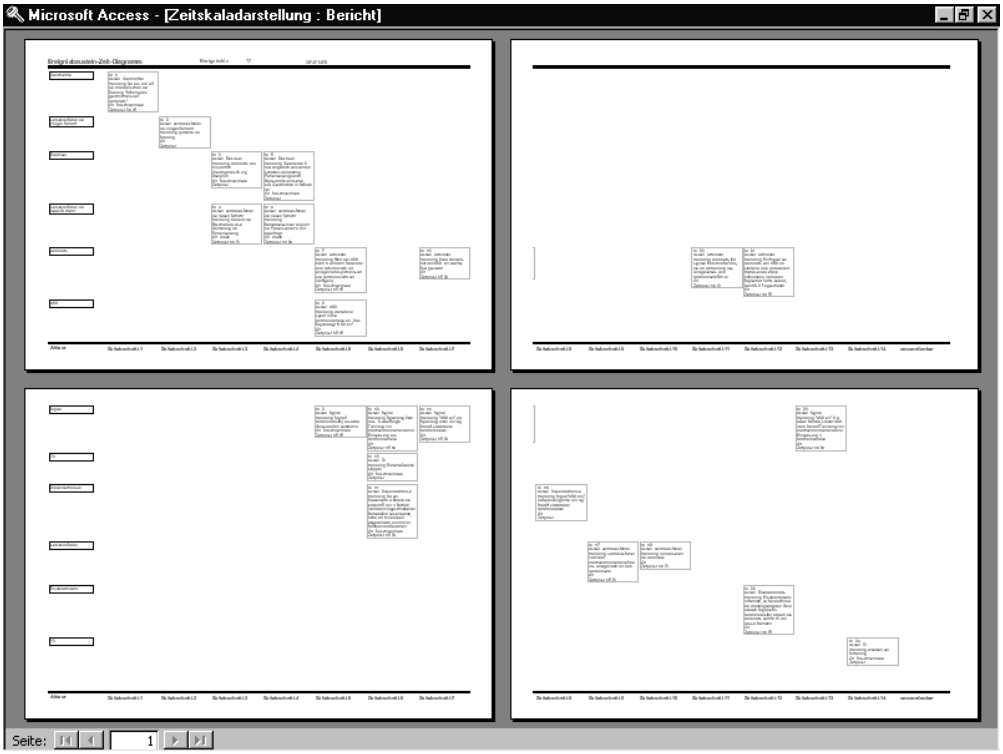


Abbildung B.3 Aufteilung einer komplexen Zeit-Akteurs-Matrix



B.4 Event-Space-Analysis

Zur quantitativen Inhaltsanalyse der Gruppen wurde die "Event-Space-Analysis" verwandt, die an die Design-Space-Analyse angelehnt wurde (MacLean, Young, Belotti & Moran, 1991). Diese wurde zur Dokumentation und Bewertung kollektiver Softwareentwurfsprozesse sowie zur Auswahl der weiteren Entwicklungsschritte bei der Programmierung entwickelt. Unter Verwendung dieser Methode wird eine grafische Darstellung eines kollektiv-geteilten mentalen Modells erzeugt. Ziel einer Event-Space-Analysis ist die Erzeugung einer grafischen Abbildung der Konzeptualisierung des Ereignisses, um unterschiedliche Konzeptualisierung miteinander vergleichen zu können.

Bei der Softwareentwicklung sind geeigneter Merkmale und Funktionen auszuwählen und zu implementieren. MacLean et al. (S.204) unterscheiden in diesem Prozeß die explizite Repräsentation, vergegenständlicht in Dokumenten, dem Quellcode usw., von der impliziten, mentalen Repräsentation, die in Diskussionen konstruiert wurde. Bei der Softwareentwicklung im Team bestehen drei Schichten der Repräsentation: (1.) die tatsächliche, gegenwärtige Gestalt der Software, (2.) der angestrebte, zukünftige Zustand der Software und (3.) die kollektive mentale Repräsentation beider.

Bei Ereignisanalysen lassen sich diese drei Schichten des Analyseprozesses auf gleiche Weise unterscheiden: (1.) der Zustand bzw. die Situation unmittelbar nach dem Ereignis, (2.)

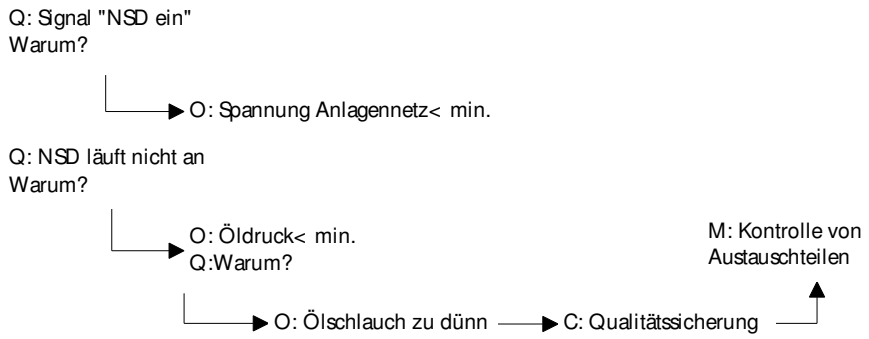
der angestrebte Zustand optimierter Sicherheit (3.) das kollektive mentale Abbild des Ereignishergangs und seiner Verursachung in den Köpfen der Mitglieder des Analyseteams.

Dem in 4.1.4 dargestellten Design Rationale-Modell folgend, wird die grafische Abbildung des kollektiven mentalen Abbildes anhand von Informationseinheiten erzeugt, die in Diskussionen ausgetauscht wurden. Das mündliche Gespräch wird aufgezeichnet bzw. bei anderen Formen des Informationsaustausches werden Kommunikationsprotokolle erstellt. Diese Dokumentationen lassen sich in einzelne Informationseinheiten zerlegen, die zumeist einige Worte bis wenige Sätze lang sind und einen spezifischen Sachverhalt umfassen.

Zur Erzeugung der grafischen Struktur werden diese Informationseinheiten festgelegten, distinkten Kategorien zugeordnet, d.h. die Informationseinheiten bzw. die Dokumentationen werden kodiert. Einzelne Informationseinheiten werden entweder als Fragen (questions - Q), Antworten (options - O) oder Kriterien (criteria - C) kodiert. Zusätzlich werden bei der Event-Space-Analysis bestimmte Informationseinheiten als korrektive Maßnahmen (M) kodiert.. Damit ist zunächst die Menge aller Informationseinheiten in funktionale Teilmengen unterteilt.

Wissen - und als solches die mentale Repräsentation des Ereignisses - beruht auf der Speicherung von Information und deren Struktur. Die kausalen Relationen zwischen den Merkmalen, mental repräsentiert als semantische Verknüpfungen zwischen den Informationseinheiten, bestehen somit zwischen den Q, O, C und M und werden ebenso als Strukturmerkmal in den Dokumentationen kodiert. Die Verbindungen zwischen Fragen und Antworten als Q-O bzw. zwischen Antworten und Kriterien werden als O-C kodiert. Dadurch entsteht eine grafische Anordnung der kodierten Informationseinheiten (Abbildung B.4).

Abbildung B.4 Semantische QOCM-Struktur der Event-Space-Analyis einer Ereignis-konzeptualisierung



Nachfolgend werden die zur inhaltsanalytischen Kodierung der Gruppenlösung verwandten Kategorien erläutert.

Q (Questions / Fragen):

Hiermit werden Informationseinheiten kodiert, die zur phänomenologischen Beschreibung bestimmter Situationen innerhalb des Ereignisses dienen, bestehend aus einer Aussage über die Handlung eines Akteurs. Hierin liegt der Ausgangspunkt der Analyse, des Hinterfragens, der Suche nach Zusammenhängen beim Ereignishergang. Diese Informationseinheiten sind zumeist als Aussagen in den Transkripten zu finden, die sich jedoch leicht als W-Frage (Was, wann, wo, warum, wer, wie, womit usw.) umformulieren lassen. Kausale Verknüpfungen zwischen einzelnen Fakten bzw. Geschehnissen oder Interpretationen werden hier nicht kodiert. In der SOL-Analyse entspricht Q den Warum-Fragen zu den Ereignisbausteinen. (Beispiel: {Ein Feuer brannte} O: Warum wurde das Feuer nicht gelöscht?)

O (Options / mögliche Lösungen):

Die Lösungen bzw. Antworten auf die zuvor gestellten Fragen bieten eine Erklärung und beschreiben den Kontext einzelner Situationen im Ereignis. Damit liefern sie vorzeitige, zu testende Hinweise für die tiefere kausale Bedingungsstruktur der Ereignisentstehung. Hierbei lassen sich Fakten von Vermutungen unterscheiden, wobei diese Dichotomie mithin künstlich ist. Unter praktischen Gesichtspunkten lassen sich als "O" kodierte Informationseinheiten auf einem Kontinuum zwischen den beiden benannten Polen einordnen, wobei Informationseinheiten, welche tatsächlich als haltlose Vermutung einzuordnen sind, hier nicht kodiert werden. In Bezug auf die SOL-Methode entsprechen Q den Antworten auf die Warum-Fragen (Beispiel: O: Die Person hatte keine Mittel zum Löschen des Feuers).

Die Anzahl aller in der Konzeptualisierung berücksichtigten Informationen (AV2.a) wird operationalisiert über den Summenwert aller Q- oder O-kodierten Informationseinheiten.

C (Criteria / Bewertungskriterien):

Für jede technische Komponente, für Prozeduren und Handlungen einzelner Personen bestehen zumeist Kriterien hinsichtlich eines anzustrebenden Zielzustandes. Damit müssen auch die zuvor als "O" kodierten Antworten und Lösungen bestimmten Kriterien entsprechen. Werden diese benannt, so werden sie als "C" kodiert. Schwierigkeiten können auftreten, da normative Informationseinheiten nicht immer als solche formuliert werden, sondern implizit einer Information zugrunde liegen können. Im Kodierprozeß kann ggf. ein Kriterium generiert werden, welches dann der Belegung durch die entsprechende Textstelle in der Transkription bedarf. Im Hinblick auf die Ereignisdefinition als ein Zustand nach einer Abweichung von einem intendierten Ziel beschreiben die Kriterien auf einem generellen, abstrakten Niveau den normativen, wünschenswerten Zustand. In der SOL-Analyse finden die C Entsprechung in den direkten und indirekten kontribuierenden Faktoren. (Beispiel: {Der Feuerlöscher hat gefehlt} C: Brandschutz).

Q-O (Relation zwischen Frage und Lösung) und Q-C (Relation zwischen Fragen und Kriterium):

Jede einzelne kausal-semantische Relation zwischen einem Q und einem O wird hier kodiert. Wurden tiefer gestaffelte O kodiert, werden die Relationen zwischen zwei O ebenfalls als eine Q-O-Verbindung kodiert. Es ist denkbar, daß eine Frage nicht nur eine, sondern mehrere Antworten / Lösungsmöglichkeiten besitzt. Hierbei wäre einem Q mehrere O zugeordnet. Entsprechend der Informationstheorie (z.B. Bischof, 1995) erzeugt jede dieser Verbindungen eine andere Bedeutung und wird deshalb jeweils als einzelne Q-O-Verbindung kodiert. In der SOL-Methode werden diese Relationen nicht schriftlich dokumentiert und deshalb ausschließlich aus den Transkriptionen zu erschließen. (Beispiel: Q: Warum wurde das Feuer nicht gelöscht? O: {Der Feuerlöscher hat gefehlt}, {Es gab keine alternativen Brandbekämpfungsmittel.}, {Die Person war nicht für das Verhalten bei Feuer ausgebildet}, usw.).

Ebenso bestehen kausal-semantische Verbindungen zwischen Fragen und einem Kriterium (Q-C) oder Lösungen und Maßnahmen (O-M). (Beispiel: C: Brandschutz - Q: {Kein ausreichender Brandschutz}, {Die Feuerwehr wurde nicht alarmiert}, {Es wurden brennbare Materialien dort gelagert}.Die Häufigkeit der Verknüpfung eines C mit verschiedenen O bietet Hinweise für die Bedeutung dieses Kriteriums für die Ableitung korrektiver Maßnahmen (MacLean et al., 1991, S.214f). Auch in SOL ist eine ähnliche Analyse vorgesehen; in deskriptiven Statistiken werden die Häufigkeiten der Nennung direkter und indirekter Faktoren ausgezählt. Die Faktoren mit den häufigsten Nennungen gelten dann als Hinweis für die Ableitung korrektiver Maßnahmen.

Die Anzahl der in der Konzeptualisierung identifizierten kausalen Relationen zwischen Informationseinheiten (AV2.b) wird über den Summenwert aller als Q-O- , Q-C- oder Q-M - Verbindungen kodierten Informationseinheiten berechnet.

M (Maßnahmen):

Diese sind Informationseinheiten, die konkrete bzw. ausführliche Handlungsvorschläge zur Vermeidung des Wiederauftretens dieses Ereignisses, spezieller Teilereignisse oder ähnlicher Ereignisse enthalten. Im Gegensatz zu Lösungen bzw. Antworten auf Fragen enthalten sie einen konkreten Handlungsbezug zur Erreichung eines Zustandes höherer Sicherheit Y'. Die Ableitung von Maßnahmen wird durch die SOL-Methode nicht explizit unterstützt. (Beispiel: M:{Es sollte ein zweiter Feuerlöscher installiert werden.}, {Die Mitarbeiter sollten in den Gebrauch der Feuerlöscher eingewiesen werden.}.

Die Anzahl aller aus der Konzeptualisierung des Ereignisses abgeleiteten korrektiven Maßnahmen werden über den Summenwert aller M-kodierten Informationseinheiten kalkuliert. Für die Bestimmung der Konzeptualisierung (AV2a-c) werden verbale Daten zum

kollektiven mentalen Abbild der Gruppe benötigt. Deshalb werden die Lösungen der Gruppen nach einer vollständigen Ereignisanalyse, bestehend aus Informationssammlung, Rekonstruktion und Konzeptualisierung mittels Tonband, aufgezeichnet, transkribiert und nach der QOC-Methode ausgewertet.

B.5 Wissenstest

7.1.1 B.6 Auswertungsschema für den Wissenstest

1	Eine in festen Intervallen durchgeführte Prüfung technischer Komponenten als Teil der QS	3
2	In festen Intervallen, die durch den Hersteller, Betreiber, Gutachter oder die Aufsicht festgelegt ist [oder] in der Auslegung fest geschriebenen Intervallen / 7 Woche	2
3	Dieselmotorgetriebener Generator	2
4	NSD	1
5	Beim Ausfall der Spannungsversorgung durch das Anlagennetz übernimmt das NSD die Spannungsversorung für einen begrenztes Zeitintervall / mehrere Stunden	4
6	Automatisch durch das Kriterium "Spannung / Frequenz < min." / wenn der Strom ausgefallen ist / per Hand.	3
7	Außerbetriebnahme einer technischen Komponente und Abkopplung von automatischer Steuerung von der automatischen Steuerung bzw. der Leittechnik	2
8	Durch Inbetriebnahme / Verfügbarmachung für die automatische Steuerung	2
9	Elektrisch angetriebene Pumpe, welche ein Kühlmittel gegen einen Druck in eine zu kühlende Komponente transportiert	4
10	Hoch / maßgeblich	1
11	Ja	1
12	- BE: Wartung von E- und Leittechnik - DM: Wartung des NSD - LF: Steuerung der Anlage aus dem Kontrollraum - QS: Überwachen von Prozeduren und Instandhaltungsplänen	4
13	Notstromnetz, Anlagennetz / Eigenbedarfsnetz, Fremdnetz / Verbundnetz	3
14	Funktionale und räumliche Trennung technischer Komponenten zur Erhöhung der Sicherheit / Zuverlässigkeit / Verfügbarkeit	3
15	Mehrfache / doppelte Ausführung technischer Komponenten zur Erhöhung der Sicherheit / Zuverlässigkeit / Verfügbarkeit	2
16	Gleichspannung	1
17	1 Abtrennung des Notstromnetzes vom Anlagennetz 2 Start Notstromdieselaggregat 3 Abschalten der Hauptkühlmittelpumpe 4 Abschalten weiterer Notstromverbraucher 5 Zuschalten des Generators des Notstromdieselaggregates auf das Notstromnetz 6 Zuschalten der Hauptkühlmittelpumpe 7 Gestaffeltes Zuschalten weiterer Notstromverbraucher	Je 1
18	ja	1
19	Öldruck < min / Temperatur > max. / Ausfall einer Teilkomponente des NSD / ...	Je 1
20	Abtrennung von der Wechselstromschiene / Einspeiseschiene	2
21	Probelauf	1

22	Beschreibung / Strukturierung des (komplexen) Ereignishergangs, Identifikation von Ursachen, Ableiten von Maßnahmen / Lernen, Austausch zwischen Experten	4
23	Informationssammlung, Darstellung des Ereignishergangs / Situationsbeschreibung / ...	Je 1
24	Rekonstruktion des Ereignishergangs	1
25	Ursächlicher Zusammenhang ist im Nachhinein nicht eindeutig zu bestimmen, mehrere Faktoren sind möglich	2
26		Je 1
27	Mit Fakten aus der Ereignisrekonstruktion	2
28	Bei der Situationsbeschreibung werden anhand von Fakten der Ereignishergang rekonstruiert; bei der Identifikation beitragender Faktoren werden die Faktoren hinischtlich der Wichtigkeit für die Ereignisentstehung bewertet	2

Anhang C: Dokumentation der Studie III

C.1 Kumulative Lösung zur Bewertung der QOCM-Strukturen

Episode 1: Gleichrichterausfall und Quittieren

Ausfall des Gleichrichters	Q
aufgrund einer defekten Sicherung	O
Quittieren der Fehlermeldung durch den LF der ersten Schicht	Q
Versehentlich/falsch	O
aufgrund von vielen Störungsmeldungen, die auf der Warte aufliefen	O
Aufgrund von Wartungsarbeiten	O
Organisation / Prozeduren / Aufmerksamkeit des LF	M
Techn. Lösung für Feedback / Kontrollprozedur	M
LF Frühschicht gibt die Information über Störungsmeldung nicht weiter	Ohne

Episode 2: Störungssuche

Schichtwechsel 11. Uhr, bemerkt anstehenden Alarm	Q
Auftrag an BE: Überprüfung des Gleichrichters	Q
BE kann keinen Fehler finden	Q
12.30 zweimaliges vergebliches Zuschalten des Gleichrichters	Q
Aufgrund fehlender Rückmeldung des Systems / es änderte sich nichts und nichts wies auf einen Fehler hin	O
Meßgeräte, Anzeigen installieren	M

Episode 3: Start und Ausfall des NSD

15.15 NSD ein	Q
Unterspannung der Batterie führt zu fehlerhaften Signalen	O
Anlagennetz hat genügend Strom / Kriterien sind nicht erfüllt / DM vermutet Fehler der Automatik	Q
15.35 NSD aus per Notstop durch DM	Q
Information an Leitstand	M
Aufgrund verminderten Öldrucks / um Schäden zu vermeiden	O
Aufgrund eines falschen Ölschlauches	O
Kontrolle von Fremdfirmen	M
Funktionsprüfung nach Wartung	M
15.38 NSD ein (erneut)	Q
15.40 Abschalten und Freischaltung / Trennung von Automatik	Q
NSD nicht mehr verfügbar / automatisches Einschalten nicht mehr möglich	O
Änderung der Prozedur / Kommunikation	M
Meldung der Freischaltung an LF	Q
Zu spät	Ohne
16.35 NSD ein	Q

Episode 4: Automatik - Entleerung der Batterien

Nach Gleichrichterausfall wird Automatik durch Batterie gespeist	Q
15.15 Notstromfall = Fehlfunktion	Q
Fehlfunktion der Automatik	O
Batterie unter 84%	O
Lange, unkontrollierte (unbemerkte) Entladung der Batterie	O
Kontrolle durch Personen	M

Spannungsversorgung durch zweiten Gleichrichter	M
16.13 Öffnen der Einspeiseschalter durch BE	Q

Episode 5: Ausfall der KMP

15.15 Ausfall der KMP	Q
Folge Notstromfall: Abtrennen des Anlagennetzes von der Wechselstromschiene / Ansprechen des Überspannungsschutzes	O
15.35 Ausfall der KMP	Q
Nach Stop des NSD	O
Automatisches Umschalten auf Fremdnetz	M
16.35 Ausfall der KMP	Q
Folge Notstromfall: Abtrennen des Anlagennetzes von der Wechselstromschiene / Ansprechen des Überspannungsschutzes	O

Episode 6: Umschalten der Netze

15.15 Trennung Anlagennetz, Aufschaltung Notstromnetz	Q
Aufgrund Notstromfall: Spannung > max.	O
16.00 Umschalten des Fremdnetz auf Anlagennetz	Q
Ausfall der Notstromversorgung	O
Prozedur / Umschalten auf Fremdnetz früher	M
16.13 Vorbereiten der Umschaltung auf Anlagennetz im Notstromfall	Q
16.35 Anlagennetz: Trennung des Anlagennetzes von Wechselstromschiene	Q
Aufgrund Notstromfall	O
Aufgrund Inbetriebnahme Ersatzautomatik	O

Episode 7: Ersatzautomatik

16.35 Inbetriebnahme der Ersatzautomatik durch Wartungsteam	Q
Wartungsteam hätte aufgrund der Situation nicht beginnen dürfen	M
16.35 Notstromfall	Q
Automatik erhält Strom (über Ersatzautomatik)	O
Signale aus dem Speicher	O
16.36 Quittieren der Signale der Automatik	Q
Da Automatik bereits abgeschaltet wurde	O
16.40 Außerbetriebnahme Ersatzautomatik	Q
Da Schutzsignale ausgelöst wurden	O
Durch die Automatik	O

Episode 8: Erdschlußsuche

15.35 Stop der Erdschlußsuche	Q
Denn dabei werden evtl. Kurzschlüsse ausgelöst	O
Falsche Hypothese	O

C.2 Äquivalenz zwischen kumulativer Gruppenlösung und kontribuierenden Faktoren nach SOL

Tabelle 29 Äquivalenz zwischen den korrektiven Maßnahmen und den direkten bzw. indirekten Faktoren der Identifikationshilfe von SOL. In Klammern sind die Beispiele für die kontribuierenden Faktoren zitiert, welche die größte inhaltliche Übereinstimmung mit den vorgeschlagenen Maßnahmen haben.

Referenz in kumm. Lösung	**Maßnahme**	**Kontribuierende Faktoren nach SOL**	
		Direkt	Indirekt
1.7	Organisation: Änderung der Prozedur bzw. Einflußnahme auf Arbeitsverhalten des Leitstandsfahrers	Persönliches Arbeitsverhalten (Aufgabe wurde nicht korrekt beendet)	Kontrolle (Fehlende Eigenkontrolle der Arbeitsergebnisse und Teilergebnisse) Arbeitsbedingungen (Nicht ausreichende oder fehlende Benutzerfreundlichkeit, Übersichtlichkeit, Bedienbarkeit und Zugänglichkeit der Arbeitsmittel)
		Regelabweichung (unzulässiges Zusammenfassen von Arbeitsschritten)	Regeln, Prozeduren und Unterlagen (... sind unangemessen entwickelt)
		Information (zu viele Informationen zu einem Zeitpunkt)	Sicherheitsprinzipien (Warnanlagen und Sicherheitsfunktionen fehlen)
1.8	Technische Lösung für Feedback, z.B. durch Kennzeichnung relevanter Störmeldungen	Information (zu viele Informationen zu einem Zeitpunkt)	Information (Fehlende Berücksichtigung der menschlichen Fähigkeiten zur Verarbeitung von Information (zuviel Information zu einem Zeitpunkt, schwer zu unterscheidende Information, fehlende Eindeutigkeit))
2.6	Meßgeräte / Anzeigen installieren	Information (Unvollständige oder fehlende Anzeige von Parametern (z.B. Druck, Temperatur))	Arbeitsbedingungen (Mangelnder Schutz vor Fehlbedienung (Bestätigung von Eingaben und Schalthandlungen, Hinweis auf Fehlbedienungen, Korrekturmöglichkeit nach Fehlbedienung))
3.5	Information des DM an Leitstand nach Notstop	Kommunikation (Störungen der Informationsübermittlung innerhalb einzelner Abteilungen etc.)	Kommunikation (Regeln für die mündliche und schriftliche Informationsübermittlung waren unangemessen oder fehlten)
3.8	Kontrolle von Fremdfirmen nach dem Wechsel des Ölschlauchs		Qualitätssicherung und Qualitätsmanagement (Unangemessene Qualitätskontrolle bzw. unangemessenes Qualitätssicherungsprogramm beim

Referenz in kumm. Lösung	Maßnahme	Kontribuierende Faktoren nach SOL	
		Direkt	Indirekt
3.9	Funktionsprüfung nach Wartung des NSD	Technische Komponente (Versagen eines technischen Bauteils/einer technischen Komponente)	Hersteller/Unterauftragnehmer) Instandhaltung (Fehlende oder unzureichende Überwachung der Wartungstätigkeiten) Qualitätssicherung und Qualitätsmanagement (Fehlende oder unangemessene Anwendung des Qualitätsmanagements auf Fremdfirmen)
3.13	Änderung der Prozedur / Kommunikation der Freischaltung		Regeln und Prozeduren (Regeln, Prozeduren oder Arbeitsunterlagen sind unangemessen entwickelt)
4.6	Batterie: Kontrolle durch Personen		Kontrolle
4.7	Batterie: Kontrollanzeigen, Alarme, Schutzsignale	Arbeitsbedingungen (Unangemessene technische Ausrüstung/Arbeitsmittel für Arbeitsaufgabe)	Arbeitsbedingungen (Nicht ausreichende oder fehlende Benutzerfreundlichkeit, Übersichtlichkeit, Bedienbarkeit und Zugänglichkeit der Arbeitsmittel)
4.9	Spannungsversorgung durch zweiten Gleichrichter	Technik (Versagen eines technischen Bauteils/einer technischen Komponente)	Sicherheitsprinzipien (Fehlende Diversität von Bauteilen/Anzeigen)
5.5	Automatisches Umschalten auf das Fremdnetz		Regeln und Prozeduren (Regeln, Prozeduren oder Arbeitsunterlagen sind unangemessen entwickelt)
6.5	Prozedur: Umschalten auf Fremdnetz früher		Regeln und Prozeduren (Regeln, Prozeduren oder Arbeitsunterlagen sind unangemessen entwickelt)
7.2	Wartungsteam hätte in dieser Situation nicht beginnen dürfen		Organisation und Management
9.1	Prozedur: früher Sicherung kontrollieren		Regeln und Prozeduren (Regeln, Prozeduren oder Arbeitsunterlagen sind unangemessen entwickelt)

C.3 Rohwerte

Tabelle 30 Wertetabelle für die experimentelle Untersuchung (Studie III).

id	group	Design	role	LPS3	LPS4	pr_skill	retriev	wt1	ebk	sum_qo	lg_qo	sum_m	wt2	delta_wt
1	1	FTF/FTF	be	19	35	54	29	19,5	19	26	8	1	41	21,5
2	1	FTF/FTF	dm	28	30	58	60	23,5	19	26	8	1	35	11,5
3	1	FTF/FTF	lf	26	39	65	76	33,5	19	26	8	1	43,5	10
4	1	FTF/FTF	qs	25	37	62	45	25,5	19	26	8	1	40	14,5
5	2	FTF/FTF	be	33	33	66	55	17,5	17	17	8	1	21,5	4
6	2	FTF/FTF	dm	32	32	64	82	12	17	17	8	1	35	23
7	2	FTF/FTF	lf	31	36	67	70	24	17	17	8	1	41	17
8	2	FTF/FTF	qs	29	26	55	47	13,5	17	17	8	1	28,5	15
9	3	FTF/FTF	be	26	29	55	29	13	17	13	6	1	35,5	22,5
10	3	FTF/FTF	dm	24	30	54	33	7,5	17	13	6	1	32,5	25
11	3	FTF/FTF	lf	28	30	58	22	18	17	13	6	1	36,5	18,5
12	3	FTF/FTF	qs	28	36	64	33	18,5	17	13	6	1	29	10,5
13	4	CM/FTF	be	24	26	50	30	5,5	24	32	16	2	20	14,5
14	4	CM/FTF	dm	33	29	62	28	8,5	24	32	16	2	21,5	13
15	4	CM/FTF	lf	23	24	47	21	21	24	32	16	2	32	11
16	4	CM/FTF	qs	25	29	54	19	16,5	24	32	16	2	26,5	10
17	5	CM/FTF	be	36	39	75	30	26	27	25	14	3	32	6
18	5	CM/FTF	dm	36	30	66	41	15	27	25	14	3	36,5	21,5
19	5	CM/FTF	lf	37	35	72	37	19,5	27	25	14	3	29	9,5
20	5	CM/FTF	qs	37	39	76	23	24,5	27	25	14	3	38	13,5
21	6	CM/CM	be	25	21	46	31	17	22	16	11	2	25	8
22	6	CM/CM	dm	31	27	58	31	22	22	16	11	2	32,5	10,5
23	6	CM/CM	lf	28	31	59	19	0	22	16	11	2	27	27
24	6	CM/CM	qs	33	30	63	30	12	22	16	11	2	28	16

id	group	Design	role	LPS3	LPS4	pr_skill	retriev	wt1	ebk	sum_qo	lg_qo	sum_m	wt2	delta_wt
25	7	FTF/FTF	be	38	30	68	29	15,5	22	36	21	7	27,5	12
26	7	FTF/FTF	dm	32	32	64	34	22,5	22	36	21	7	42	19,5
27	7	FTF/FTF	lf	36	32	68	26	12,5	22	36	21	7	38,5	26
28	7	FTF/FTF	qs	30	25	55	19	25	22	36	21	7	41,5	16,5
29	8	CM/CM	be	33	31	64	22	11,5	22	5	1	0	21,5	10
30	8	CM/CM	dm	27	32	59	51	14	22	5	1	0	25	11
31	8	CM/CM	lf	29	24	53	36	7,5	22	5	1	0	15	7,5
32	8	CM/CM	qs	23	29	52	27	17,5	22	5	1	0	30,5	13
33	9	CM/FTF	be	30	31	61	24	8	26	23	14	1	25	17
34	9	CM/FTF	dm	28	30	58	27	10	26	23	14	1	27	17
35	9	CM/FTF	lf	29	25	54	15	19,5	26	23	14	1	26,5	7
36	9	CM/FTF	qs	31	29	60	64	22	26	23	14	1	36,5	14,5
37	10	CM/CM	be	32	37	69	23	22	32	31	23	5	35,5	13,5
38	10	CM/CM	dm	32	34	66	25	21	32	31	23	5	36,5	15,5
39	10	CM/CM	lf	26	27	53	18	18,5	32	31	23	5	20,5	2
40	10	CM/CM	qs	36	37	73	38	7,5	32	31	23	5	25,5	18
41	11	CM/CM	be	33	29	62	22	22	25	34	20	1	34	12
42	11	CM/CM	dm	30	30	60	31	3	25	34	20	1	25	22
43	11	CM/CM	lf	36	24	60	28	25,5	25	34	20	1	46	20,5
44	11	CM/CM	qs	34	34	68	56	17	25	34	20	1	35	18
45	12	CM/FTF	be	28	30	58	67	17	22	22	10	1	22,5	5,5
46	12	CM/FTF	dm	31	36	67	16	26	22	22	10	1	32,5	6,5
47	12	CM/FTF	lf	35	35	70	24	8,5	22	22	10	1	29	20,5
48	12	CM/FTF	qs	33	34	67	19	12,5	22	22	10	1	25,5	13
49	13	CM/CM	be	30	26	56	28	7	11	19	14	5	24	17
50	13	CM/CM	dm	27	35	62	25	19	11	19	14	5	31	12
51	13	CM/CM	lf	23	29	52	24	21	11	19	14	5	40	19
52	13	CM/CM	qs	25	28	53	22	2	11	19	14	5	23,5	21,5

id	group	Design	role	LPS3	LPS4	pr_skill	retriev	wt1	ebk	sum_qo	lg_qo	sum_m	wt2	delta_wt
53	14	CM/FTF	be	23	28	51	28	28,5	24	28	19	5	41	12,5
54	14	CM/FTF	dm	34	35	69	45	17	24	28	19	5	44	27
55	14	CM/FTF	lf	25	31	56	26	27,5	24	28	19	5	40	12,5
56	14	CM/FTF	qs	30	33	63	32	28	24	28	19	5	29,5	1,5
57	15	FTF/FTF	be	29	31	60	23	8,5	22	13	10	4	33	24,5
58	15	FTF/FTF	dm	25	29	54	17	15,5	22	13	10	4	37	21,5
59	15	FTF/FTF	lf	40	39	79	25	22,5	22	13	10	4	42	19,5
60	15	FTF/FTF	qs	30	32	62	16	26	22	13	10	4	37,5	11,5