

Volker Hoensch

**Sicherheitsgerichtetes Leistungsverhalten  
in Kernkraftwerken**



Herbert Utz Verlag · München

## **Mensch-Maschine-Kommunikation**

Zugl.: Diss., München, Techn. Univ., 2006

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek:  
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation  
in der Deutschen Nationalbibliografie;  
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über  
<http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.  
Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die  
der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von  
Abbildungen, der Wiedergabe auf photomechani-  
schem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in  
Datenverarbeitungsanlagen bleiben – auch bei nur  
auszugsweiser Verwendung – vorbehalten.

Copyright © Herbert Utz Verlag GmbH · 2006

ISBN 3-8316-0600-5

Printed in Germany

Herbert Utz Verlag GmbH, München  
089-277791-00 · [www.utzverlag.de](http://www.utzverlag.de)

<b>Übersicht</b>	<b>2</b>
<b>Ein Wort des Dankes</b>	<b>4</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>5</b>
0. Forschungsleitendes Interesse	10
1. Theorieansatz	20
1.1 Menschliches Leistungsverhalten	20
1.2 Menschliches Leistungsverhalten in der Psychologie	21
1.3 Menschliches Leistungsverhalten in der ingenieurwissenschaftlichen Anwendung	22
1.4 Systemansatz zur sachgerechten Behandlung von Menschlichem Leistungsverhalten	23
1.5 Systemischer Ansatz für die Ereignisentstehung	25
2. Vorgehensweise	27
3. Betrachtungsebene Individuum	29
3.1 Grundlagen zur Anwendung des Systemansatzes zur sachgerechten Behandlung von Menschlichem Leistungsverhalten	29
3.1.1 Geschichtliches zum Begriff des Menschlichen Leistungsverhaltens	29
3.1.1.1 Kurt Lewin	29
3.1.1.2 George Herbert Mead	29
3.1.2 Perspektiven der Persönlichkeitspsychologie	30
3.1.2.1 Lerntheorien	30
3.1.2.2 Tätigkeitspsychologie	30
3.1.2.3 Kognitive Psychologie	31
3.1.2.4 Prozessorientierung	33
3.1.2.5 Kulturvergleichende Perspektive	33
3.1.2.6 Humanistische Psychologie	34
3.1.2.7 Konkretisierung der Zielvorstellung	34

3.1.3	Persönlichkeit im Lebensbereich Arbeit	35
3.1.3.1	Die zentrale Bedeutung der Arbeit für den Menschen	35
3.1.3.2	Inhaltskonzepte	35
3.1.3.3	Prozess-Theorien	36
3.1.3.4	Kontrollüberzeugung	36
3.1.3.5	Differenziertes Erwartungs-Wert-Modell	37
3.1.3.6	Attribution	38
3.1.3.7	Kognitive Stile	39
3.1.4	Informationsverarbeitungsprozess des Menschen	40
3.1.5	Ansatz einer integrativen Persönlichkeitstheorie	46
3.1.5.1	Konzept der theoretischen Grundannahmen	46
3.1.5.2	Menschliche Informationsverarbeitung und naive Handlungstheorie	47
3.1.5.3	Diskrepanz und Selbstbewertung	48
3.1.5.4	Selbstkonzepte und die Selbstregulation des Verhaltens	48
3.1.5.5	Bezugsnormen und die Wahrnehmung eigener Tüchtigkeit	50
3.1.5.6	Das dynamische Selbstkonzept	50
3.1.5.6.1	Die Darstellung des dynamischen Selbstkonzepts	52
3.1.5.6.2	Intrapersonale Prozesse vermittelt durch das Selbstkonzept	53
3.1.5.6.3	Interpersonale Prozesse vermittelt durch das Selbstkonzept	54
3.2	Grundlagen zur Anwendung des Systemansatzes zur Ereignisentstehung	54
3.2.1	WANO-Analyse der Ursachen	56
3.2.2	Kognitionsbezogene Klassifikation von Fehlertypen	59
3.2.3	Unfallverursachung in komplexen Systemen	61
3.2.4	Die menschlichen Elemente der Unfallverursachung	63
4.	Betrachtungsebene Gruppe/Interaktion	65
4.1	Gruppe/Gruppentypen	66
4.2	Gruppenarbeit	68
4.3	Gruppenentwicklung	69
4.4	Führung von Gruppen	70
4.4.1	Macht	71
4.4.2	Information	72
4.5	Problembereiche	73
5.	Betrachtungsebene Organisation	75

5.1	Der Organisationsbegriff in der Literatur	75
5.2	Organisationstheorien	78
5.2.1	Organisationstheoretische Beiträge zum sicherheitsgerichteten Leistungsverhalten	78
5.2.2	Bürokratie- oder Struktur-Ansatz (Weber)	80
5.2.3	Human-Relations-Ansatz (Mayo, Roethlisberger)	81
5.2.4	Systemtheoretische Ansätze (Bertalanffy, Parsons, Luhmann)	81
5.2.5	Verhaltenswissenschaftliche Entscheidungstheorie (Barnard, Simon, March)	82
5.2.6	System- und Organisationsentwicklung, soziotechnischer Systemansatz (McGregor, Schein, Trist, Emery)	83
5.2.7	Organisationskultur	87
5.3	Betrachtungen von Schein zur Unternehmenskultur	89
5.4	Zustandsbeschreibung der Organisation	92
5.4.1	Organisationsziele	92
5.4.2	Organisationsverfassung	93
5.4.3	Organisationsstruktur	93
5.4.4	Führungsmodell	93
5.5	Prozessbeschreibung der Organisation	95
5.5.1	Entscheidungsprozesse	95
5.5.2	Information und Kommunikation	96
5.5.3	Kooperation und Konflikt	97
5.6	Umwelt von Organisationen	99
5.7	Schlussfolgerungen für den Kernkraftwerksbetrieb	100
6.	Betrachtungsebene Technologie	103
6.1	Energieerzeugung im Kernkraftwerk	104
6.2	Methoden zur Erfassung des Istzustandes der Arbeit im Kernkraftwerk	106
6.3	Prozessführung und –überwachung durch das Schichtteam	108
6.3.1	Relevantes Regelwerk für das Schichtteam	111
6.3.2	Arbeit des Schichtteams	112
6.3.2.1	Struktur der Arbeit des Schichtteams	112
6.3.2.2	Beschreibung des Mensch-Maschine-Systems “Warte“	113
6.3.2.3	Beschreibung wichtiger Tätigkeitsmerkmale und Einflussgrößen	117
6.3.3	Ergebnisdiskussion der Arbeitsumstände des Schichtteams	119
6.3.4	Schlussfolgerungen aus dem Leistungsverhalten des Schichtteams	121

6.4	Prozessbegleitung durch das Instandhaltungspersonal	125
6.4.1	Relevantes Regelwerk für das Instandhaltungspersonal	128
6.4.2	Arbeit des Instandhaltungspersonals	129
6.4.2.1	Struktur der Arbeit des Instandhaltungspersonals	131
6.4.2.2	Beschreibungen wichtiger Tätigkeitsmerkmale und Einflussgrößen	131
6.4.2.3	Integriertes Betriebsführungssystem (Managementsystem)	133
6.4.3	Ergebnisdiskussion der Arbeitsumstände des Instandhaltungspersonals	133
6.4.4	Schlussfolgerungen aus dem Leistungsverhalten des Instandhaltungspersonals	134
6.4.4.1	System Toleranz	137
6.5	Prozessbegleitung durch das Strahlenschutzpersonal	140
6.5.1	Relevantes Regelwerk für das Strahlenschutzpersonal	143
6.5.2	Arbeit des Strahlenschutzpersonals	143
6.5.2.1	Struktur der Arbeit des Strahlenschutzpersonals	144
6.5.2.2	Beschreibung wichtiger Tätigkeitsmerkmale und Einflussgrößen	144
6.5.2.3	Integriertes Betriebsführungssystem (Managementsystem)	145
6.5.3	Ergebnisdiskussion der Arbeitsumstände des Strahlenschutzpersonals	145
6.5.4	Schlussfolgerungen aus dem Leistungsverhalten des Strahlenschutzpersonals	147
6.5.4.1	System Toleranz	148
7.	Zusammenfügen der Subsysteme	150
7.1	Analyse der Arbeitsbedingungen in einem Kernkraftwerk	152
7.1.1	Schichtpersonal	152
7.1.2	Instandhaltungspersonal	153
7.1.3	Strahlenschutzpersonal	154
7.2	Begriffliches zu Streß in arbeitswissenschaftlicher Sicht	156
7.3	Streß in arbeitspsychologischer Sicht	157
7.3.1	Arbeitssituation als streßauslösende Bedingung	157
7.3.1.1	Aufgabenstruktur	158
7.3.1.2	Qualifikationsstruktur	158
7.3.1.3	Rollenstruktur	159
7.3.1.4	Interaktionsstruktur	159
7.3.1.5	Organisationsstruktur	159
7.3.2	Individuelle und soziale Streßbeeinflußung	159
7.3.2.1	Persönlichkeitstypische Einflußfaktoren	159
7.3.2.2	Situationskontrolle	160
7.4	Streß und Verhalten in Organisationen	161
7.4.1	Forschungsparadigma zu Streß	161
7.4.2	Verhalten in Organisationen	162
7.4.2.1	Rahmenkonzept	162

7.4.2.2	Rahmenkonzept sowie Belastungs- und Streßfaktoren	164
7.5	Quellen stressender Bedingungen bei der Arbeit im Kernkraftwerk	165
7.5.1	Aufgabe und Streß	165
7.5.2	Verhaltensraum und Streß	168
7.5.3	Rolle und Streß	170
7.5.4	Das Rahmensystem Kernkraftwerk als Streßquelle	171
8.	Gestaltung der Sicherheitskultur zum konfliktarmen Umgang mit Fehlern	174
8.1	Merkmale hoher Zuverlässigkeit	174
8.1.1	Konzentration auf Fehler	174
8.1.2	Abneigung gegen vereinfachende Interpretationen	175
8.1.3	Sensibilität für betriebliche Abläufe	175
8.1.4	Streben nach Flexibilität	176
8.1.5	Respekt vor fachlichem Wissen und Können	176
8.2	Grundlagen der Achtsamkeit und ihre Anwendung im Kernkraftwerk	177
8.2.1	Bedeutung der Achtsamkeit	178
8.3	Zusammenwirken der Merkmale hoher Zuverlässigkeit	179
8.4	Sicherheitskultur und der konfliktarme Umgang mit Fehlern	179
8.4.1	Schlüsselmerkmale der Sicherheitskultur	180
8.4.2	Sicherheitskultur, die Kultur des konfliktarmen Umgangs mit Fehlern	184
8.4.2.1	Sicherheitskultur als achtsame Kultur	184
8.4.2.2	Sicherheitskultur als informierte Kultur	184
8.4.2.3	Visualisierung des Konzepts der Sicherheitskultur	186
8.5	Werkzeuge zur Gestaltung der Sicherheitskultur	187
9.	Zusammenfassung	191
<b>Literaturverzeichnis</b>		<b>195</b>

## 0. Forschungsleitendes Interesse

Ein Hauptpunkt der Sicherheit in der Entwicklung der technologischen Gesellschaft ist die Betrachtung des menschlichen Elements als Quelle von und als Beitrag zu Unfällen (Sheridan, 1986). Die überwiegende Anzahl von Katastrophen, die sich heutzutage ereignen, entsteht aus der Kombination von vielen kleinen Ereignissen, Systemfehlern und menschlichen Fehlern, die für sich betrachtet irrelevant sind, aber welche, wenn sie in einer speziellen Abfolge von Umständen und Aktionen auftreten, zu nicht in den Griff zu bekommenden Situationen führen können. Selten resultieren Unfälle aus einer Konsequenz von einem einzelnen Systemfehler oder menschlichem Versehen oder bewusster menschlicher Entscheidung. Es ist erwähnenswert, dass die schwersten Unfälle sich ereignen, wenn zwei oder mehrere Merkmale gemeinsam eintreten, das heißt, wenn Abfolgen von kleinen, offenbar unwichtigen Ereignissen und kritische menschliche Handlungen zusammentreffen, werden daraus oftmals Ereignisse mit katastrophalen Auswirkungen, solche wie im Fall von

- Bhopal (1984, Methylisocyanat – Tragödie),
- Tschernobyl (1986, Explosion des Reaktors 4) und
- Zeebrücke (1987, Untergang der Herald of Free Enterprise).

Das auf solche Ereignisse anzuwendende soziotechnische Ereignisentstehungsmodell basiert im Wesentlichen auf dem soziotechnischen Systemansatz (Trist & Banforth, 1951) und dem Modell der Ereignisentstehung (Accident Causation Theory von Reason, 1992).

Reason hat diese Theorie entwickelt, weil nach seiner Auffassung die Tendenz ergonomischer Vorgehensweise bei der Analyse der Arbeitssituation dann zu kurz greift, wenn ausschließlich „objektiv messbare“ Sachverhalte ohne Rückgriff auf individuelle Interpretationen, Sichtweisen und Befindlichkeiten der arbeitenden Menschen eingesetzt werden.

Daher hat Reason den Beitrag des Menschen zu Unfallabläufen in seinem umfassenden theoretischen Konzept auf verschiedene Ebenen der Organisation aufgeteilt. Diese Vorgehensweise setzt als gegeben voraus, dass die Entstehung und Entwicklung eines Unfalls von der Ebene der Organisation abhängt, bei welcher die Fehler gemacht wurden.

Fehler, die auf der höchsten Ebene der Organisation gemacht wurden, sind nicht notwendigerweise unmittelbar sichtbar, aber sie bleiben in einem latenten Status. Sie schreiten fort und dehnen sich durch die gesamte Organisation aus, beeinflussen eine große Anzahl nachfolgender Entscheidungen und werden auf der Ebene des aktiven Anlagenbetriebs und der –steuerung offensichtlich.

Der soziotechnische Systemansatz hat sich sowohl als konzeptionelle wie auch als methodische Grundlage der Analyse, Bewertung und Gestaltung von Arbeitssystemen und Arbeitstätigkeiten als tragfähig erwiesen. Den von Reason aufgezeigten Mangel an der ergonomischen Vorgehensweise verstärkt Schüpbach (1998), indem er darauf hinweist, dass soziotechnische Systemanalysen in der von Emery (1959) vorgeschlagenen Form aus psychologischer Sicht durch eingehende Arbeitsablauf- und Arbeitstätigkeitsanalysen ergänzt und erweitert werden müssen.

Es ist das Ziel dieser Arbeit, den soziotechnischen Systemansatz und das Modell der Ereignisentstehung von Reason durch den konkreten Fall der Beschreibung der Arbeitsablauf- und Arbeitsanalysen des „soziotechnischen Systems“ Kernkraftwerk aus ingenieurwissenschaftlicher und psychologischer Sicht weiterzuentwickeln. Die Weiterentwicklung bezieht sich nicht auf das Generische Fehler-Modellierungs-System (GFMS) von Reason (1992), sondern auf das in der gleichen Publikation vorgestellte Modell über die



Dynamik der Unfallverursachung (auch bekannt unter den Stichwort „Gelegenheitsfenster“). Die Weiterentwicklung des soziotechnischen Ereignisentstehungsmodells und der „Accident Causation Theory“ geht von der Überlegung aus, dass dieselben Faktoren, die die Effizienz menschlichen Handelns ermöglichen, häufig auch für dessen Versagen verantwortlich sind. Es geht dabei um drei Aspekte menschlichen Fehlhandelns, um (a) den motivationalen Aspekt, (b) den kognitiven Aspekt und (c) den sozialen Aspekt.

Die Weiterentwicklung erstreckt sich hauptsächlich auf den motivationalen und sozialen Aspekt. Konkret gesagt geht es darum, die Beschäftigten im Kernkraftwerk im Konzept der Sicherheitskultur durch letztlich motivierende Maßnahmen zu wachsender, pflichtbewusster Erfüllung ihrer Aufgaben anzuhalten oder noch etwas spezifischer gesagt - da Fehler letztlich nicht vermeidbar sind - Voraussetzungen für den konfliktarmen Umgang mit Fehlern zu schaffen. Die unzureichende Einbeziehung der motivationalen und sozialen Aspekte im Rahmen der gängigen Praxis bei der Analyse von unvorhergesehenen Ereignissen schränkt das Lernen aus Fehlern stark ein.

Die Bedeutung dieser Arbeit für den Betrieb von Kernkraftwerken liegt in der umfassenden und intensiven Nutzung der vorhandenen Betriebserfahrungen. Der zunehmenden technischen Zuverlässigkeit der „hardware“ wird eine entsprechende Bestrebung auf dem Gebiet des menschlichen Leistungsverhaltens entgegengesetzt.

Der Untersuchungsgegenstand – Kernkraftwerk – gehört zu den so genannten „high reliability organizations“. Solche Organisationen gehören zu den größten Herausforderungen unserer Zivilisation. Der Untersuchungsgegenstand wird auf das Schichtpersonal, das Strahlenschutz- und Instandhaltungspersonal eingeschränkt, weil diesen Personengruppen die Schlüsselrollen: Anlagenbetrieb (Steuerung und Regelung der Anlage), Überwachung (Einschluss von Radioaktivität) und Technik (Aufrechterhaltung und Verbesserung des Anlagenzustandes, der der Genehmigung zugrunde liegt) obliegen. Obwohl die drei Bereiche letztlich auf das gleiche Oberziel – Sicherheit im Kernkraftwerk – hinarbeiten, bedingt doch die Bearbeitung der genannten Spezialaufgaben ein gewisses Konfliktpotential.

Die Methode zur Aufzeichnung und zu Reduzierung des Konfliktpotentials beruht im Wesentlichen auf der Auswertung vorhandener Erfahrungen, gewonnen durch empathische Beobachtungen, und deren Verknüpfung. Durch die empathische Beobachtung werden die im Arbeitsfeld wirksamen Belastungsfaktoren vollständig erfasst. Belastungsfaktoren sind die den Entscheidungsprozess in ungünstiger Weise beeinflussende Merkmale des Arbeitssystems, das heißt, diejenigen einem schädlichen Eingriff zuzuordnenden Randbedingungen, die sich aufgrund technischer Gegebenheiten oder kognitiver, motivationaler und sozialer Einflüsse als scheinbar gegeben darstellen.

Nach dieser gestrafften Darstellung der Vorgehensweise sollen die Meilensteine dieser Arbeit inhaltlich angesprochen werden.

Das „soziotechnische System“ Kernkraftwerk wird in dieser Arbeit als Kombination des technischen Subsystems, bestehend aus der Hardware der Anlage, deren Verhalten durch physikalische und thermodynamische Gesetze bestimmt wird, und der sozialen Subsysteme betrachtet. Das technische Anlageverhalten wird aber auch durch die sozialen Subsysteme geprägt. Diese werden von den dort Beschäftigten durch deren individuelles Verhalten entsprechend den Gesetzen der Biologie und Psychologie bestimmt. Hinzu treten noch die Interaktionen der sozialen Gruppen von Beschäftigten, deren Aufgabe die Aufrechterhaltung des Anlagenbetriebs des Kernkraftwerks ist. Hierzu gehören schwerpunktmäßig der eigentliche Anlagenbetrieb (Schichtpersonal), die Instandhaltung und der Strahlenschutz. Deren Interaktionen sind durch Hierarchien, Druck- und Einflüßausübung sozialer Kräfte bestimmt. Aufsichtsbehörden, Sachverständige, weitere externe Stellen gehören ebenso wie Organisation und Management zum sozialen Subsystem.

Da das „soziotechnische System“ Kernkraftwerk für analytische Zwecke zu groß und undifferenziert ist, wird für die vorliegende Untersuchung die angesprochene Unterteilung in ein dreiteiliges technisches Subsystem und ein ebenfalls dreiteiliges soziales Subsystem vorgenommen. Ein systematischer Mehrebenenansatz, hier die Subsysteme, ist am besten geeignet, die Wirkungszusammenhänge für die Subsysteme ganzheitlich zu erfassen.

Umwelten

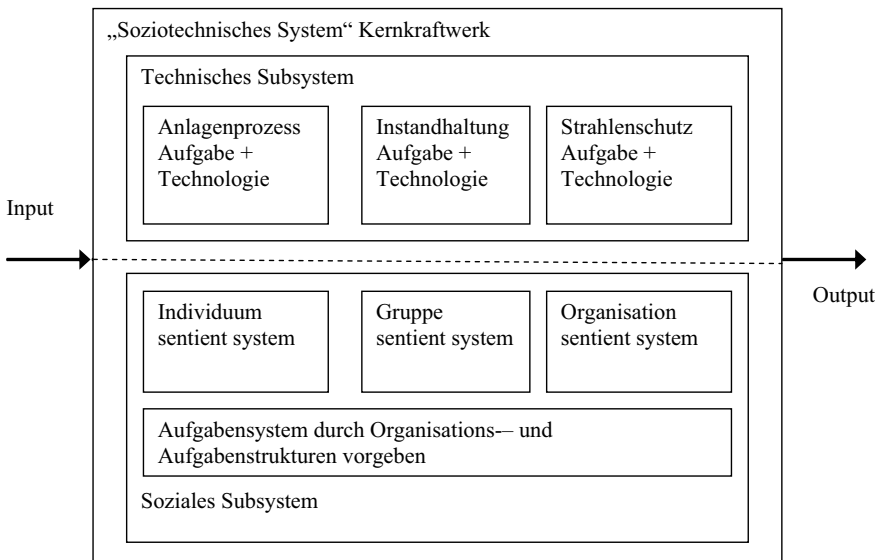


Abb. 1: „Soziotechnisches System“ Kernkraftwerk, wie es dieser Arbeit zugrunde liegt (Sydow, 1985).

Wie in Abbildung 1 dargestellt, wird der Input – Transformations – Output – Prozess von dem „soziotechnischen System“ Kernkraftwerk geleistet. Dieser Prozess wird von der Organisation übernommen, indem das technische und soziale Subsystem jeweils seine eigene Primäraufgabe verfolgt.

Das technische Subsystem besteht aus der zuleistenden Aufgabe und der zu ihrer unmittelbaren Erfüllung zu bedienenden/einzusetzenden Technologie.

Das soziale Subsystem besteht aus den Beschäftigten des Kernkraftwerkes, die einerseits aufgabenbezogene Träger von Rollen sind, die sich aus den Organisations- und Aufgabenstrukturen herleiten lassen und andererseits in ihrer gesamten Persönlichkeit als relevant erachtet werden.

Jedes Subsystem besteht aus einem Aufgabensystem (task system), unter dem die durchzuführenden Handlungen und die zur Aufgabenerfüllung notwendigen menschlichen und physischen Ressourcen verstanden werden. Zu jedem Subsystem gehört auch ein gefühlsorientiertes System (sentient system) (Sydow, 1985). Das gefühlsorientierte oder auch empfindungsfähige Subsystem leitet sich von der Tatsache ab, dass Menschen neben aufgabenorientierten Rollen auch gleichzeitig andere Rollen innehaben, in denen sie nicht