

Verbesserung der
Bewertungsbasis für
Aspekte des
Sicherheitsmanagements und der
Schnittstellen zur
Sicherheitstechnik
sowie für
Personalhandlungen

Vorhaben 3606R02562
Sicherheitsmanagement 3

AP3: Anforderungen an die
Durchführung von Audits zu
Faktoren mit Einfluss auf die
Zuverlässigkeit von Personal-
handlungen

Teil 1: Abschlussbericht

Verbesserung der
Bewertungsbasis für Aspekte
des Sicherheitsmanagements
und der Schnittstellen zur
Sicherheitstechnik sowie für
Personalhandlungen

Vorhaben 3606R02562
AP 3: Anforderungen an die Durch-
führung von Audits zu Faktoren mit
Einfluss auf die Zuverlässigkeit von
Personalhandlungen
Teil 1: Abschlussbericht

Dr. J. Hartung

07.10. 2009

Auftrags-Nr.: 865001

Anmerkung:

Das diesem Bericht zu Grunde lie-
gende FE-Vorhaben 3606R02562
wurde im Auftrag des Bundesminis-
teriums für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit durchgeführt.
Die Verantwortung für den Inhalt
dieser Veröffentlichung liegt beim
Auftragnehmer.

Der Bericht gibt die Auffassung und
Meinung des Auftragnehmers wie-
der und muss nicht mit der Meinung
des Auftraggebers übereinstimmen.

Kurzfassung

Ziel des Vorhabens ist die Ableitung von Anforderungen an die Durchführung von Audits zu Faktoren mit Einfluss auf die Zuverlässigkeit von Personalhandlungen. Hierzu erfolgt zunächst eine Sichtung des internationalen Standes hinsichtlich der Erhebung und Bewertung solcher Faktoren. Auf Basis dieser Sichtung, der ISO 19011 und der Sichtung von Methoden zur Bewertung der menschlichen Zuverlässigkeit werden unter Berücksichtigung arbeitswissenschaftlicher Grundlagen eine Methode zur Auditierung und der dabei anzuwendende Themenkatalog entwickelt. Die dabei gewonnenen Erfahrungen werden abschließend in die Anforderungen an die Durchführung von Audits zu Faktoren mit Einfluss auf die Zuverlässigkeit von Personalhandlungen umgesetzt.

Die Anwendung der Auditierungsmethode ist in einem Leitfaden (Teil 2 dieses Berichtes) dargelegt.

Abstract

Objective of this project is to determine requirements for conducting audits concerning factors which could influence the reliability of human actions. To accomplish this goal, a screening concerning the international state of the art in acquiring and evaluating such factors is carried out. Based on this screening, the ISO 19011, screening of methods reliability analysis an ergonomic basics, a method for auditing and the related catalogue of topics is developed. Finally the gained experience is transferred into requirements for conducting audits concerning factors which could influence the reliability of human actions.

The application of the developed method for auditing is described in a guideline (Part 2 of this report).

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Sichtung von im In- und Ausland praktizierten Vorgehensweisen	3
2.1	Zielsetzung des Arbeitspaketes	3
2.2	WANO Peer Review.....	3
2.3	VGB-SBS	9
2.4	OSART-Mission	13
2.5	MOSAIK	23
2.6	KOMFORT	27
2.7	NRC Inspection Procedure 71841 „Human Performance“	31
2.8	VDI 4006	34
2.9	Abschließendes Fazit im Hinblick auf das zu entwickelnde Auditierungsverfahren	39
3	Entwicklung des Auditierungsverfahrens	41
3.1	Zielsetzung des Auditierungsverfahrens	41
3.2	Anwendungsbereich des Verfahrens	41
3.3	Erwartete Ergebnisse.....	41
3.4	Anforderungen an die Auditierungsmethode.....	42
3.5	Entwicklung des Grundkonzeptes	42
3.6	Entwicklung von Organisation und Ablauf der Auditierung	46
3.7	Ableitung der Themenbereiche für die Auditierung	54
3.8	Betrachtung der Methoden zur Datenerhebung.....	123
3.9	Bewertung der Faktoren, die die Zuverlässigkeit von Personenhandlungen beeinflussen.....	135
3.10	Herangehensweise für die Dokumentation	136
4	Ableitung von Anforderungen an Audits	137
4.1	Initiierung eines Audits	137

4.2	Anforderungen an die Organisation des Audits	137
4.3	Anforderungen an Qualifikation und Schulung des Auditorenteams.....	138
4.4	Anforderungen an die Erhebungsmethodik.....	140
4.5	Anforderungen an die Bewertung	142
4.6	Ableitung von Maßnahmen	142
4.7	Anforderungen an die Dokumentation	142
5	Literatur.....	144
6	Abbildungsverzeichnis.....	151

1 Einleitung

Die ergonomisch günstige Gestaltung personenbezogener Einflussfaktoren liefert einen wichtigen Beitrag zur Zuverlässigkeit von Personalhandlungen und damit auch zur Sicherheit der Anlage und aller zu ihrem Betrieb implementierten Prozesse. Personenbezogene Einflussfaktoren sind hierbei Faktoren, die sich auf die Zuverlässigkeit der Aufgabenerfüllung durch das Personal in einem Kernkraftwerk auswirken können. Dazu zählen z.B. Punkte wie Schulung, Training, motivierende Arbeitsbedingungen, Gestaltung von Arbeitsmitteln, Arbeitsplätzen und der Arbeitsumgebung sowie die Summe aller Regelungen, die den Abläufen in einem Kernkraftwerk hinterlegt sind.

Audits zu personenbezogenen Einflussfaktoren sind ein Hilfsmittel zur Überwachung der Anlagensicherheit und damit auch der Wirksamkeit des Sicherheitsmanagementsystems. Hinsichtlich ihrer Bedeutung sind sie mit wiederkehrenden Prüfungen, die an Komponenten des Sicherheitssystems des Kernkraftwerks durchgeführt werden, zu vergleichen.

Entsprechend den Anforderungen des BMU zu Sicherheitsmanagementsystemen und der Gestaltung der Arbeitsumgebung (/BMU 04/ sowie Entwurf zum neuen Regelwerk (Modul 8 und 10 Revision C) muss unter anderem durch regelmäßig durchzuführende Audits die Wirksamkeit des Sicherheitsmanagementsystems der Anlage und die Gestaltung der Arbeitsumgebung überprüft werden. Zurzeit sind jedoch keine detaillierten Vorgaben zur Durchführung solcher Audits definiert. Um ein bundeseinheitliches Vorgehen sicherzustellen, ist es sinnvoll die beschriebenen Anforderungen auch im Hinblick auf die Überwachung personenbezogener Einflussfaktoren zu konkretisieren.

Ziel dieses Arbeitspunktes 3 im Rahmen des Projektes SR2562 ist es daher ein Verfahren zu entwickeln, das u.a. Umfang, Häufigkeit, Methoden und Bewertungskriterien zur Auditierung personenbezogener Einflussfaktoren festlegt. Darüber hinaus sollen Vorschläge für eine Konkretisierung der in /BMU 04/ und Regelwerksmodul 8 und 10 beschriebenen Anforderungen an Audits erarbeitet werden

Die unter dieser Prämisse entwickelte Auditierungsmethode kann im Vorfeld von Instandhaltung, Um- und Nachrüstungen an sicherheitstechnisch bedeutsamen Anlagenteilen durchgeführt werden und dabei helfen Gefahren aus anzunehmenden Fehlern

des handelnden Personals sowie Abhilfemöglichkeiten zu identifizieren. Sie soll dabei eine Antwort auf die Frage liefern, ob eine angemessene Vorsorge zur Vermeidung des Auftretens von Fehlern bzw. der Verminderung der Auswirkungen auftretender Fehler hinsichtlich der sicherheitstechnischen Relevanz getroffen wurde.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass für die Aufstellung der zu auditierenden Faktoren keine Rücksicht auf evtl. rechtliche Belange hinsichtlich der Erhebung genommen wurde. Die Zusammenstellung der Faktoren orientiert sich an wissenschaftlichen Erkenntnissen hinsichtlich des belegten oder vermuteten Einflusses der beschriebenen Faktoren auf die Zuverlässigkeit von menschlichen Handlungen.

Die praktische Durchführung der Auditierung unterliegt diesen rechtlichen Beschränkungen. Somit können ggf. einige Teilbereiche in der Praxis nicht oder nur teilweise erhoben werden oder es müssen die entsprechenden rechtlichen Grundlagen für die Erhebung der Faktoren geschaffen werden.

Die Dokumentation besteht aus zwei Dokumenten. Das vorliegende Dokument beschreibt den Entwicklungsprozess des Auditierungsverfahrens und die wissenschaftlichen Grundlagen für das Auditierungsverfahren. Das zweite Dokument ist ein Leitfaden, der ohne vertiefte Ausführungen die Organisation des Audits und die zu auditierenden Inhalte beschreibt. Der Leitfaden stellt somit die Anleitung für die konkrete Durchführung des Audits dar.

2 Sichtung von im In- und Ausland praktizierten Vorgehensweisen

2.1 Zielsetzung des Arbeitspaketes

Im Rahmen dieses Arbeitspunktes soll der Stand, den die Überprüfung von Faktoren, welche die Zuverlässigkeit von Personenhandlungen beeinflussen, gesichtet, zusammengefasst und kommentiert werden. Dazu sollen Erfahrungen, die bei Aufsichtsbehörden, Sachverständigen und Kernkraftwerksbetreibern vorliegen, ermittelt und ausgewertet werden. Zudem sollen publizierte Erfahrungen aus anderen, nichtnuklearen Bereichen mit einbezogen werden.

2.2 WANO Peer Review

Die nachfolgenden Ausführung basieren vorwiegend auf den Quellen /WAN 07/ und /KSA 07/.

2.2.1 Zielsetzung

Das WANO¹ Peer Review Programm soll es den WANO-Mitgliedern ermöglichen, durch eine tiefgehende Überprüfung ihres Kraftwerkes von einem unabhängigen Team ihre Leistungen mit internationalen Standards und Bestleistungen im Rahmen eines Self-Assessments (Selbstüberprüfung) zu vergleichen. Zwischen den Jahren 1991 und 2000 wurden hierfür 122 Reviews durchgeführt. Ziel ist es, dass alle Anlagen weltweit mindestens ein Review durchgeführt haben.

Die Initiierung des Überprüfungsverfahrens erfolgt auf Basis einer Einladung durch die Anlage /COL 05/.

¹ Die World Association of Nuclear Operators (WANO) ist eine internationale Organisation der Betreiber von KKW, die das Ziel verfolgt, die Sicherheit der Kernkraftwerke weltweit zu verbessern.

2.2.2 Beschreibung der Methode

2.2.2.1 Vorbereitungen

Im Vorfeld der Untersuchung wird von der Anlage nach Vorgaben der WANO ein Informationspaket für die Peer-Reviewer zusammengestellt. Dieses Paket beinhaltet eine „[...] Zusammenstellung über Anlagendaten, erreichte Performance der letzten Jahre, Organisation, Arbeitsabläufe, Probleme, Herausforderungen, verwendete Methoden zur Erfüllung von Aufgaben sowie Hinweise zum Peer-Review [...]“ /COL 05/.

2.2.2.2 Zusammenstellung des Überprüfungsteams

Das Überprüfungsteam besteht aus ca. 20 erfahrenen, internationalen Fachleuten aus anderen Kernkraftwerken, die Mitglieder der WANO sind. Teamleiter und Koordinator sind Mitarbeiter der WANO, die restlichen Mitglieder des Teams beteiligen sich freiwillig.

2.2.2.3 Themenbereiche der Überprüfung

Ein typisches Peer Review untersucht die Leistungen der Anlage in den folgenden Bereichen:

- Organisation und Administration
- Betrieb
- Wartung
- Technische Unterstützung
- Strahlenschutz
- Betriebserfahrung

Weiterhin werden auf Wunsch der WANO-Mitglieder noch folgende Bereiche in das Peer Review integriert:

- Training und Qualifikation

- Bereitschaft für Notfälle
- Chemie
- Brandschutz

Funktionsübergreifende Themen werden durch das gesamte Reviewteam berücksichtigt. Diese sind:

- Sicherheitskultur
- Menschliche Leistung
- Selbstbeurteilung
- Arbeitssicherheit
- Anlagenzustand und –konfiguration
- Arbeitsplanung
- Leistungsfähigkeit und Zustand der Betriebsmittel

2.2.2.4 Durchführung der Überprüfung

In der ersten Woche der Überprüfung wird eine Ausbildung der Prüfer (Peers) für das Review durchgeführt.

In der zweiten Woche erfolgen die Anlagenbegehungen. Dabei werden der alltägliche Ablauf und der Anlagenzustand in allen zu prüfenden Bereichen beobachtet. Die Peers haben während des Reviews rund um die Uhr unbegleiteten Zugang zu allen begehbaren Räumlichkeiten. Die Prüfung besteht in der Regel aus Beobachtungen vor Ort, Besprechungen mit den Vorgesetzten, Inspektionen und Interviews mit Mitarbeitern. Die Abweichungen gegenüber anerkannten Standards werden in sogenannten „Observation Reports“ strukturiert festgehalten. Zudem wird die Umsetzung der WANO-SOERs (Significant Operating Experience Reports) und deren Empfehlungen hinsichtlich Stand und Zeitplanung in der auditierten Anlage überprüft. Weiterhin wird der Betreiber täglich über die gemachten Beobachtungen in Form von Gesprächen zwischen Teammitgliedern und Ansprechpartnern der Anlage, bzw. zwischen Teamleiter und Anlagenleiter informiert.

In der dritten Woche werden auf Basis der Begehungen und den dabei identifizierten Schwächen durch Anwendung der "WANO – Leistungsstandard und Kriterien" /KSA 07/ Bereiche mit Verbesserungspotenzial abgeleitet. Diese Bereiche werden in den folgenden Anlagenbegehungen fokussiert betrachtet und es wird insbesondere nach Ursachen und beitragenden Faktoren für die Schwächen gesucht. Aus den Ergebnissen dieser Betrachtungen werden Maßnahmen zur Verbesserung abgeleitet. Außerdem werden Leistungen, die über den anerkannten Standards liegen, dokumentiert und an die anderen WANO-Mitglieder kommuniziert.

2.2.2.5 Bewertungskriterien

Die Beurteilung erfolgt auf Basis der „WANO – Leistungsstandard und Kriterien“ /KSA 07/. Dieses Dokument wurde von der WANO nicht veröffentlicht. Somit ist auch keine Beschreibung der Kriterien verfügbar.

2.2.2.6 Berichterstattung

Die gemachten dokumentierten Beobachtungen werden dem Betreiber direkt nach dem Review übergeben. Zudem kommuniziert das Reviewteam die ermittelten Verbesserungspotentiale Vertretern der Anlage in Form einer Präsentation.

Nach etwa zwei Monaten erhält der Betreiber einen umfassenden Bericht, in dem die Bereiche mit Verbesserungspotential inklusive der zugehörigen Beobachtungen, Ursachen und beitragenden Faktoren dokumentiert sind. Die empfohlenen Verbesserungsvorschläge runden den Bericht ab. Der Bericht wird von der WANO gegenüber der Öffentlichkeit unter Verschluss gehalten, um eine vertrauensvolle und offene Zusammenarbeit zwischen den Anlagen und der WANO zu gewährleisten.

2.2.2.7 Zeitplan der Überprüfung

Das Peer Review dauert drei Wochen und ist wie folgt aufgeteilt:

- 1. Woche: Ausbildung der Peers für die Durchführung des Reviews
- 2. Woche: Anlagenbegehungen, „Observation Reports“

- 3. Woche: Anlagenbegehung fokussiert in Bereichen, in denen Schwächen erkannt wurden, Ursachensuche

2.2.2.8 Trendverfolgung

Die kommunizierten Verbesserungspotentiale sollen vom Betreiber analysiert und in entsprechende Verbesserungsmaßnahmen überführt werden. Der Betreiber hat die WANO innerhalb einiger Monate über die Verbesserungsmaßnahmen zu informieren. Diese Rückmeldung wird dem Abschlussbericht angefügt.

Es wird erwartet, dass der Betreiber nach ca. 1 ½ Jahren eine Überprüfung der Umsetzung und der Wirksamkeit der geplanten Maßnahmen durch die WANO im Rahmen eines „Follow-Up Reviews“ durchführen lässt.

2.2.2.9 Fazit

Die Bewertung des Verfahrens lässt sich aufgrund der gefundenen Informationen nicht endgültig abschließen. Dass über Teile des Verfahrens keine detaillierteren Informationen gefunden wurden, kann auf ein Defizit des Verfahrens diesbezüglich hinweisen, aber auch die Folge der Informationspolitik der WANO sein.

Prinzipiell ist die Durchführung eines Selbstassessments als positiv einzuschätzen. Allerdings leidet die Glaubwürdigkeit des Verfahrens wie auch der beabsichtigten Wirkung auf die Sicherheit einer Anlage stark unter seiner Intransparenz für Außenstehende.

Als positiv ist zu betrachten, dass die Prüfer eine Woche auf die Durchführung des Peer Reviews vorbereitet werden. Leider gehen die Inhalte dieser Schulung nicht aus den vorliegenden Unterlagen hervor.

Im Rahmen des Verfahrens werden auf Basis eines empirisch zusammengestellten Themenkataloges verschiedene Bereiche der Anlage überprüft. Über den Detaillierungsgrad der Fragestellungen im Themenkatalog kann auf Basis der vorliegenden Informationen keine Aussage gemacht werden. Inwieweit sich die Ausprägung von zuverlässigkeitsbeeinflussenden Faktoren in den WANO Leistungsstandards und Krite-

rien widerspiegelt und damit bei der Überprüfung berücksichtigt wird, ist ebenfalls unklar.

Aus den vorliegenden Ausführungen lässt sich schließen, dass es sich nicht um eine Komplettüberprüfung der auditierten Bereiche handelt, sondern um eine Stichprobe, die in der zweiten Woche des Reviews auf Basis der bis dahin gemachten Beobachtungen nochmals verfeinert wird.

Soweit dies aus den vorliegenden Unterlagen gefolgert werden kann, wurden formale Kriterien für die Bewertung einzelner Bereiche aufgestellt. Wie die ermittelten Faktoren in diesen Bereichen zusammenspielen und sich konkret auf die Randbedingungen des einzelnen Mitarbeiters auswirken, wird bei dieser Vorgehensweise nur marginal berücksichtigt.

Eine Modellierung wie die Zuverlässigkeit, insbesondere die menschliche Zuverlässigkeit, durch die im Review überprüften Faktoren beeinflusst wird, wird in diesem Verfahren nicht aufgestellt.

Abschließend muss nochmals angemerkt werden, dass das Verfahren bis auf wenige allgemein gehaltene Dokumente nicht publiziert wurde. Es entzieht sich somit einer fundierten wissenschaftlichen Beurteilung.

Für das vorliegende Vorhaben konnten Anregungen für die formale Vorgehensweise und Strukturierung eines Audits gefunden werden. Zudem kann der Themenkatalog des Reviews im Zusammenspiel mit den Themenkatalogen der anderen Verfahren dazu dienen, den Themenkatalog für das hier entwickelte Auditierungsverfahren auf Vollständigkeit zu überprüfen. Weiter zeigt das Verfahren, dass trotz hohem Aufwand im Rahmen eines Audits nur eine Stichprobennahme erfolgen kann.

2.3 VGB-SBS

Die nachfolgenden Ausführung basieren vorwiegend auf der Quelle /KSA 07/.

2.3.1 Zielsetzung

Mit dem VGB-Sicherheitskultur-Bewertungs-System (VGB-SBS) soll eine qualitative wie auch quantitative Beurteilung hinsichtlich der Ist-Situation der Sicherheitskultur mit den untergeordneten Aspekten des Sicherheitsmanagements und des Verhaltens der Mitarbeiter durchgeführt werden. Ziel ist die Identifizierung von Verbesserungspotential und die Ausarbeitung von Verbesserungsmaßnahmen.

Dies erfolgt ähnlich des WANO Peer Review im Rahmen eines Self-Assessments (Selbstüberprüfung) bei der Behörden und Aufsicht nicht beteiligt sind.

Das Verfahren hat folgende untergeordneten Ziele /KSA 07/:

- Bewertung des Sicherheitsmanagementsystems sowie des Verhaltens der Mitarbeiter bezüglich des sicheren Betriebes kerntechnischer Anlagen (ganzheitlich wie auch hinsichtlich relevanter Themenkomplexe)
- Identifizierung von Verbesserungspotentialen (Schwachstellen) und Stärken (Good Practice)
- Bestimmung des erreichten Standes der Aspekte der Sicherheitskultur
- Ableitung besonderer Problemschwerpunkte
- Trendverfolgung der Aspekte der Sicherheitskultur

2.3.2 Beschreibung der Methode

2.3.2.1 Vorbereitungen

Im Rahmen der Vorbereitungen erfolgt eine Benachrichtigung der Mitarbeiter der Anlage über eine bevorstehende Selbstüberprüfung. Weitere Informationen zu den Vorbereitungen sind nicht bekannt.

2.3.2.2 Zusammenstellung des Überprüfungsteams

Die Mitglieder des Überprüfungsteams werden im VGB-SBS als „Assessoren“ bezeichnet. Das Assessorenteam umfasst 10 bis 15 Mitglieder.

Das Assessorenteam setzt sich lt. /KSA 07/ wie folgt zusammen:

- Mitarbeiter, die sich als Assessoren qualifiziert haben, dabei mindestens einer vom betroffenen Standort, der über Kenntnisse in der Aufbau- und Ablauforganisation an diesem Standort verfügt
- externe, anerkannte und hochqualifizierte Berater mit umfassender Erfahrung bezüglich der Bewertung von Sicherheitsmanagementsystemen und Verhaltensweisen von Mitarbeitern
- Eventuell auch Mitarbeiter aus anderen Standorten, die sich als Assessoren qualifiziert haben

Zu Inhalten der Qualifizierung bzw. Schulung des Assessorenteam liegen keine detaillierten Informationen vor.

2.3.2.3 Themenbereiche der Überprüfung

Grundlage der Überprüfung ist der VGB-SBS Themenkatalog, welcher hierarchisch gegliedert ist. Auf der untersten Ebene bietet der Themenkatalog dem Assessor Hilfestellung in Form von Fragestellungen, Erklärungen und Beispielen.

Bereiche des VGB-SBS-Themenkataloges /KSA 07/:

- Führung und Organisation

- Schulung von Führungskräften zu Aspekten der Sicherheitskultur
- Rundgänge und Begehungen
- Ermittlung und Bewertung kritischer Tätigkeiten
- Umgang mit Ereignissen
- Beobachtung von Tätigkeiten
- Alarm- und Notfallsituationen
- Regeln und Arbeitsgenehmigungen
- Trendauswertung von Betriebserfahrungen
- Aus- und Weiterbildung
- Persönliche Schutzausrüstung
- Gesundheitsschutz
- Bewertung des Sicherheitsmanagementsystems
- Änderungs- und Instandhaltungsverfahren
- Einarbeitung und Einweisung von Mitarbeitern
- Information und Kommunikation
- Motivation
- Personalauswahl
- Beschaffung von Waren und Dienstleistungen
- Außerbetriebliche Sicherheit

2.3.2.4 Durchführung der Überprüfung

Die Durchführung der Überprüfung setzt sich aus Interviews mit Führungskräften, Befragung von Mitarbeitern, Betriebsrundgängen und Dokumenteneinsicht zusammen.

Die erhobenen Daten werden zur Feststellung des Ist-Zustandes dokumentiert und anhand des vorgegeben Themenkataloges bewertet.

2.3.2.5 Bewertungskriterien

Die gewonnenen Informationen werden von dem Assessorenteam diskutiert und anhand der Vorgaben und Erklärungen des VGB-SBS (nicht veröffentlicht) bewertet. Verwendet wird hierfür eine sog. „Reifegrad-Skala“ beginnend bei "nicht thematisiert" über "thematisiert" bis "verbessert" und "lernend selbstoptimierend" /KSA 07/.

Die Elemente eines Themenkomplexes werden für die Bewertung summarisch zusammengefasst und grafisch dargestellt. Kriterien, wie die Bewertungen und Abweichungen zu beurteilen sind, werden in der verfügbaren Dokumentation nicht angegeben.

2.3.2.6 Berichterstattung

Die Ergebnisse der Überprüfung einschließlich Vorschläge für Verbesserungen werden in einem Ergebnisbericht zusammengefasst und an die Anlage übergeben.

2.3.2.7 Zeitplan der Überprüfung

Das Assessment dauert in der Regel zwei Wochen ohne Vor- und Nachbereitung

2.3.2.8 Trendverfolgung

Die Trendverfolgung wird über die wiederholte Anwendung des VGB-SBS gewährleistet.

2.3.2.9 Fazit

Die verfügbaren Informationen über das Verfahren zeigen gute Ansätze, aber auch Ansatzpunkte zur Verbesserung. Die Bewertung des Verfahrens lässt sich allerdings auf Basis der gefundenen Informationen nicht endgültig abschließen. Infolge der Informationspolitik des VGB sind keine detaillierten Informationen über die konkrete Durchführung des Verfahrens öffentlich zugänglich.

Prinzipiell ist die Durchführung eines Selbstassessments als positiv einzuschätzen. Allerdings leidet die Glaubwürdigkeit des Verfahrens wie auch der beabsichtigten Wirkung auf die Sicherheitskultur einer Anlage stark unter seiner Intransparenz für Außenstehende.

Aufgrund dieser Intransparenz sind auch keine detaillierten Aussagen zu Erhebungsmethoden, Merkmalsumfang, Bewertungskriterien und Detaillierungsgrad der Fragestellungen des Themenkataloges möglich.

Ebenso wie beim WANO Peer Review werden auf Basis eines anscheinend empirisch zusammengestellten Themenkataloges verschiedene Bereiche der Anlage überprüft. Inwieweit sich die Fragestellung der menschlichen Zuverlässigkeit in dem Verfahren widerspiegelt, kann aufgrund der spärlichen Informationen über das Verfahren selbst nicht beurteilt werden. Die Beschreibung lässt aber wie beim WANO Peer Review darauf schließen, dass formale Kriterien bei der Überprüfung abgearbeitet werden, welche die Auswirkungen auf das einzelne Arbeitssystem nicht berücksichtigt. Eine Modellierung wie die einzelnen Faktoren auf den Menschen einwirken, scheint nicht zu erfolgen.

Für das vorliegende Projekt konnten Anregungen für die formale Vorgehensweise und Strukturierung eines Audits gefunden werden. Zudem kann der Themenkatalog des Reviews im Zusammenspiel mit den Themenkatalogen der anderen Verfahren dazu dienen, den Themenkatalog für das hier entwickelten Auditierungsverfahren auf Vollständigkeit zu überprüfen. Weiter zeigt das Verfahren erneut, dass im Rahmen eines Audits nur eine Stichprobennahme erfolgen kann.

2.4 OSART-Mission

Die nachfolgenden Ausführungen basieren vorwiegend auf den Quellen /IAE 05/ und /KSA 07/.

2.4.1 Zielsetzung

OSART (Operational Safety Review Team) stellt eine Überprüfung des Betriebes einer kerntechnischen Anlage durch ein internationales Expertenteam auf Basis deren Erfahrung und der IAEA Safety Standards dar. Zielsetzung ist nicht eine Inspektion nach na-

tionalen Regelungen sondern ein Austausch von Erfahrung und Vorgehensweisen auf Arbeitsebene. Durch diesen Austausch sollen die verwendeten Programme, Prozeduren und Vorgehensweisen in der Anlage verbessert werden.

Folgende Hauptziele werden dabei verfolgt:

- Bereitstellung einer möglichst objektiven Einschätzung der Betriebssicherheit der Anlage im Vergleich zu internationalen Standards
- Unterbreitung von Vorschlägen und Empfehlungen für Bereiche , die nicht international anerkannten Vorgehensweisen entsprechen
- Dem Betriebspersonal die Möglichkeit zu bieten, ihre Vorgehensweisen mit Experten zu diskutieren, die über einen breit gefächerten Erfahrungsschatz auf diesem Gebiet verfügen
- Weitergabe von Information an alle Mitgliedstaaten über alle positiv herausragenden Vorgehensweisen in der Anlage
- Den Experten und Beobachtern der Mitgliedstaaten und der IAEA die Möglichkeit zu bieten ihr Wissens- und Erfahrungsschatz zu verbreitern

2.4.2 Beschreibung der Methode

2.4.2.1 Vorbereitungen

Nach einer Einladung an die IAEA durch das Gastland werden entsprechende Vorbereitungen für die Mission getroffen:

- Knüpfen von Kontakten mit den lokalen Behörden und den Betreibern der Anlage
- Organisation eines Vorbereitungstreffens mit allen involvierten Institutionen
- Rekrutierung eines Überprüfungsteams, welches sich aus externen Experten (normalerweise Personen aus dem mittleren Management von - im Bezug auf die Nationalität der Anlage - ausländischen Kernkraftwerken; englische Bezeichnung aus /IAE 05/: „senior manager“) zusammensetzt

Parallel dazu bestimmt das Management der Anlage eine Kontaktperson, die als Ansprechpartner für den Leiter des Überprüfungsteams der IAEA fungiert.

Das Vorbereitungstreffen findet etwa 12 Monate vor der OSART-Mission in der zu überprüfenden Anlage statt. Anwesend sind der OSART-Teamleiter und sein Stellvertreter sowie nach Möglichkeit die involvierten Mitarbeiter und Institutionen.

Inhalte des Treffens sind:

- die Hauptmerkmale des OSART-Programms
- der Umfang der Überprüfung basierend auf der Anfrage der Anlage
- Vorbereitung des Managements für die Überprüfung
- Vorbereitung des sogenannten „advanced information package“ (Beschreibung der Anlage, der Organisation, der wichtigsten Prozesse, besonderer Vorkommnisse, usw.)
- benötigte Logistik
- finanzielle Gesichtspunkte

Nach dem Treffen werden von der IAEA die Teammitglieder berufen. Weiter muss das Management der Anlage für jeden Teilbereich der Überprüfung Bezugspersonen benennen, die während der Überprüfung mit den jeweiligen Teammitgliedern in Kontakt stehen.

Die Anlage stellt außerdem einen Vertreter, der die folgenden Eigenschaften aufweist:

- Mitarbeiter der Anlage mit sehr guten Kenntnissen über die Anlage, die laufenden organisatorischen Maßnahmen und die Belegschaft sowie guten Englisch-Kenntnissen
- Während der Zeit des Reviews muss er im Anlagenbetrieb keinerlei Aufgaben wahrnehmen, ist kein Mitglied des Reviewteams, agiert als Verbindungsmann zwischen Anlage und dem IAEA-Team
- Nimmt Teil an den „OSART Team Meetings“ , berät OSART-Team-Mitglieder bei unvollständiger oder falscher Information
- Bei Punkten, die einer weiteren Klärung bedürfen, unterstützt er das OSART Team bei der Kontaktaufnahme mit dem Betriebspersonal welches für das jeweilige Gebiet verantwortlich ist bzw. über die notwendigen Kenntnisse verfügt

2.4.2.2 Zusammenstellung des Überprüfungsteams

Das Team setzt sich aus einem Teamleiter, der immer ein IAEA-Mitglied ist, dem stellvertretenden Leiter, bis zu zehn Experten und bis zu drei Beobachtern zusammen. Die zu untersuchenden Bereiche werden normalerweise von jeweils 2 Experten überprüft. Die gewünschte Teamzusammensetzung besteht überwiegend aus externen Beratern und zwei oder drei Personen von der IAEA, einschließlich des Teamleiters und seinem Stellvertreter. Es wird versucht, unter Einhaltung eines hohen Qualitätsstandards Experten aus den Mitgliedstaaten zu Rekrutierung (Anm.: Inhalt der Qualitätsstandards werden nicht ausgeführt). Aus dem Gastland werden keine Experten in das Überprüfungsteam aufgenommen. Die Schulung des Überprüfungsteams wird in einem zweitägigen Training mit dem Teamleiter direkt vor dem Beginn der Überprüfung durchgeführt. Während dieses Trainings können Fragen geklärt werden, die nicht von der OSART-Guideline /IAE 05/ abgedeckt werden.

2.4.2.3 Themenbereiche der Überprüfung

Die Themenbereiche der Überprüfung werden vorab zwischen der IAEA und dem Betreiber der Anlage festgelegt. Grundlage der Überprüfung sind die IAEA Safety Standards (Verweise auf die entsprechenden Standards sind in /IAE 05/ zu finden). Zusätzlich werden in der Beschreibung des Verfahrens „Guidelines“ (Richtlinien) zur Einschätzung der folgenden Themen zur Verfügung gestellt:

- Management, Organisation und Administration
- Training und Qualifikation
- Betrieb
- Instandhaltung
- Technische Unterstützung
- Erfahrungsrückfluss
- Strahlenschutz
- Chemie
- Notfallplanung
- Inbetriebnahme

2.4.2.4 Durchführung der Überprüfung

Das OSART-Team recherchiert die Informationen für seine späteren Empfehlungen in vier Schritten:

- Überprüfung von Dokumenten
- Befragung des Personals
- Direkte Beobachtung
- Diskussion der Bewertungen/vorläufigen Schlussfolgerungen mit den Experten

Dokumente

Dokumente von allgemeinem Interesse sind im „advanced information package“ zusammengefasst. Spezifische Dokumente für die zu bewertenden Bereiche werden in der zugehörigen Guideline /IAE 05/ getrennt ausgewiesen.

Interviews

Interviews werden zu folgenden Zwecken eingesetzt:

- Beschaffung zusätzlicher Informationen, die über die Dokumentation hinausgehen
- Beantwortung von Fragen und Bedenken, die sich aus der Überprüfung der Dokumentation ergeben
- Beurteilung des Verständnisses der Maßnahmen sowie der eigenen Pflichten und Verantwortlichkeiten des Personals
- Untersuchung, ob Einzelpersonen mit den Maßnahmen zufrieden sind
- Beurteilung der Kompetenz, der Professionalität und der Verpflichtung gegenüber kerntechnischer Sicherheit

Die Interviews sollen auch als Erfahrungsaustausch zwischen Experten und den Betriebspersonal dienen. Wichtig ist, dass wirklich ein beidseitiger Austausch stattfindet und das Interview nicht als reine Befragung durchgeführt wird. Richtig durchgeführt, stellen diese Interviews den wichtigsten Teil einer OSART-Mission dar.

Direkte Beobachtung

Die direkte Beobachtung der Anlage und der Tätigkeiten in der Anlage sind ein wichtiger Teil der Überprüfung. Die Beobachtung soll Gewohnheiten, wie mit Sicherheit umgegangen wird, die Benutzung von Prozeduren, Zeichnungen und Instruktionen, die benutzten Qualitätsvorgaben, Überwachungsaktivitäten und die Kontrolle der Arbeit durch das Management mit einschließen.

Daraus soll der Prüfer eine Wertung für folgende Punkte ableiten:

- Umsetzung vorgegebener Regelungen
- technisches Wissen und Fähigkeiten der Belegschaft
- Einstellung und psychische Verfassung der Belegschaft
- Überwachung der Arbeit durch das Management
- Stärke der Verpflichtung gegenüber Sicherheitszielen

2.4.2.5 Bewertungskriterien

Hauptkriterium für die Bewertung sind die IAEA Safety Standards (entsprechende Quellverweise sind in /IAE 05/ dokumentiert). Zudem werden die Experten so ausgewählt, dass sie ein weites Spektrum von nationalen Vorgehensweisen repräsentieren. Da Experten fast immer Wissen von anderen nationalen Vorgehensweisen und Wissen aus anderen Bereichen mitbringen, erlaubt die Zusammenführung dieses Wissen mit den IAEA Safety Standards die geeigneten Standards zu identifizieren.

An jedem Abend im Zeitraum der Überprüfung wird ein ein- bis zweistündiges Treffen einberufen, bei dem die Teammitglieder ihre Beobachtungen und Bedenken vortragen und mit anderen Teammitgliedern diskutieren.

Der beobachtete Status der Anlage wird verglichen mit „erfolgreichen und kosteneffektiven Sicherheitspraktiken wie sie in anderen KKW's weltweit gefunden werden können“ /IAE 05/. Daraus resultieren Urteile, die sich in sog. „Recommendations“ (Empfehlungen), „Suggestions“ (Vorschläge) und „Good Practices“ (bewährte Verfahrensweisen) ausdrücken.

Erläuterung „Recommendation“

Eine „Recommendation“ ist ein Ratschlag, welche Maßnahmen zur Verbesserung der Betriebssicherheit vorgenommen werden sollten. Dieser Ratschlag basiert meist auf den IAEA Safety Standards oder anerkannten internationalen Standards und richtet sich nicht auf die Beseitigung der Symptome, sondern auf die Ausmerzung der ursächlichen Faktoren. „Recommendations“ sind spezifisch und realistisch und lassen sich in greifbare Verbesserungen umsetzen. Eine „Recommendation“ kann somit als ein Hinweis auf eine zu behebbende Schwachstelle verstanden werden.

Erläuterung „Suggestion“

Eine „Suggestion“ kann in Verbindung mit einer „Recommendation“ oder auch für sich alleine stehen. Sie kann indirekt zu Verbesserungen beitragen, ist aber primär dafür gedacht, eine gute Leistung effektiver zu gestalten, nützliche Erweiterungen zu bestehenden Programmen sowie Alternativen zu bestehenden Lösungen aufzuzeigen. Sie soll das Anlagenmanagement und die technische Belegschaft dazu stimulieren, sich weiter Gedanken über Wege und Hilfsmittel zur Verbesserung der Leistung der Anlage zu machen. Eine „Suggestion“ kann somit als Hinweis auf eine Möglichkeit der Optimierung verstanden werden.

Erläuterung „Good Practice“

Eine „Good practice“ ist eine herausragende und bestätigte Leistung, Programm, Aktivität oder Ausrüstung, die direkt oder indirekt der Betriebssicherheit dient und eine gleichbleibend gute Leistung gezeigt hat.

Folgende Kriterien charakterisieren eine „Good practice“

- Neuheitsgehalt
- Bringt einen belegten Vorteil
- Ist Übertragbar (auf andere Kraftwerke)
- Bringt keine Verschlechterung in einem anderen Bereich

Als Abschwächung der „Good Practice“ kann auch die Wertung „Good Performance“ gegeben werden, insbesondere wenn nicht alle Kriterien einer „Good Practice“ zutreffen.

2.4.2.6 Berichterstattung

Nach jedem abendlichen Treffen des Teams während der Überprüfungsphase schreiben die Teammitglieder sog. „Technical Notes“, welche die gemachten Beobachtungen, die Schlussfolgerungen, die „Recommendations“, die „Suggestions“, die „Good Practices“ und die „Good Performances“ beinhalten. Die „Technical Notes“ bilden die Grundlage der Abschlusspräsentation und werden vor dem Abschlusstreffen dem Manager der Anlage übergeben.

Jede der „Recommendations“ und „Suggestions“ wird einer Festlegung in den „IAEA Safety Standards“ zugeordnet. Die Teammitglieder werden dazu aufgefordert Kommentare hinsichtlich der Anwendbarkeit der IAEA Safety Standards abzugeben, sowie dazu aufgerufen Vorschläge für Verbesserungen bzw. Neuaufnahme von Themen zu machen, die in der aktuellen Überprüfung nicht zugeordnet werden konnten.

Die „Technical Notes“ werden von der IAEA nicht veröffentlicht. Lediglich auf der Anlage hat der Betreiber die Möglichkeit diese einzusehen.

Veröffentlicht wird von der IAEA ein „OSART Report“, der vom Teamleiter auf Basis der „Technical Notes“ erstellt wird. Darin sind die wichtigsten Beobachtungen und Schlussfolgerungen aufgeführt, einschließlich aller „Recommendations“, „Suggestions“ und „Good Practices“. Vor Fertigstellung des Berichtes haben Betreiber wie auch Aufsicht die Möglichkeit Kommentare abzugeben. Der fertige Bericht wird dann über offizielle Kanäle an den Mitgliedsstaat, der die Mission initiiert hat, übermittelt. Der Bericht wird von der IAEA automatisch nach 90 Tagen für die Öffentlichkeit freigegeben, außer der Mitgliedsstaat erhebt dagegen Einspruch. Viele Mitgliedstaaten haben ihre Transparenz gegenüber der Öffentlichkeit und den Medien durch Veröffentlichung des Reports auf ihrer Web-Site erhöht.

2.4.2.7 Zeitplan der Überprüfung

Direkt vor der Überprüfung wird durch den Teamleiter ein zweitägiges Training für die Mitglieder des OSART-Teams durchgeführt. Hier haben die Mitglieder die Möglichkeit sich zu treffen und Fragen zu erörtern, die nicht von den Richtlinien der IAEA abgedeckt werden.

Die OSART-Mission besteht aus 13 Arbeitstagen:

- Tag 1: Einführung in die Anlage und Formalitäten (Strahlenschutz, Sicherheit, Treffen mit Anlagenvertretern und Zustimmung zum Zeitplan, ...)
- Tag 2-10: Überprüfung nach Vereinbarung (der zweite Samstag ist ein Arbeitstag, um die „Technical Notes“ und Kommentare fertig zu stellen).
- Montag der 3. Woche: Überprüfung der Ergebnisse des gesamten Teams
- Dienstag der 3. Woche: vormittags: Feedback aus den „Technical Notes“ an die Anlagenvertreter
- Nachmittags: Abschließende Bearbeitung der „Technical Notes“
- Mittwoch der 3. Woche: Vormittags: Vorbereitung des Abschlusstreffens
- Nachmittags: Abschlusstreffen

2.4.2.8 Trendverfolgung

Üblicherweise wird nach 18 Monaten eine wiederholte Überprüfung im Rahmen einer sog. „OSART Follow-Up Mission“ durchgeführt. Dazu informiert die Anlage die IAEA über die Maßnahmen, die eingeleitet wurden, um den gemachten „Recommendations“ und „Suggestions“ gerecht zu werden. Bei einem nachfolgenden Besuch der Anlage durch den Teamleiter und vier Experten werden die vorgenommenen Maßnahmen nach folgendem Schema bewertet:

„Recommendation“ oder „Suggestion“

- Issue Resolved (Problem beseitigt)
- Satisfactory Progress (zufriedenstellender Fortschritt)

- Insufficient Progress to date (unzureichender Fortschritt)
- Withdraw (fallen gelassen)

Nach der "Follow-Up Mission" wird erneut ein Bericht erstellt, der folgende Punkte beinhaltet:

- Problembeschreibung
- Auswirkung des Problems auf die Sicherheit
- Gegenmaßnahmen der Anlage zu Behebung des Problems
- Kommentierung durch die IAEA
- Schlussfolgerungen

2.4.2.9 Sicherheitskultur als Teilaufgabe der gesamten Überprüfung

Neben der oben beschriebenen Überprüfung sind die Prüfer dazu angehalten auf Indizien hinsichtlich der Sicherheitskultur zu achten. In /IAE 05/ wird auf entsprechende Berichte mit Fragenkatalogen zur Sicherheitskultur verwiesen.

2.4.2.10 Fazit

Die OSART-Mission versteht sich selbst nicht als Mittel der Aufsicht, sondern als ein Austausch von Erfahrungen und Praktiken auf Arbeitsebene. Trotzdem erscheint es als das elaborierteste der betrachteten Verfahren, soweit dies auf Basis der vorhandenen Informationen beurteilt werden kann. Insbesondere fallen die detaillierte Führung des Prüfers sowie die ausformulierten Kriterien zur Überprüfung auf. Dies trägt, trotz einiger anderer Schwachstellen diesbezüglich, entscheidend zur Reliabilität und Objektivität des Verfahrens bei.

Bei der OSART-Mission werden unter anderem Bereiche überprüft, die Einfluss auf die menschliche Zuverlässigkeit ausüben können. Dieser Punkt wird aber nicht explizit behandelt. Wie beim WANO Peer Review werden formal Strukturen der Anlage auf Basis eines anscheinend empirisch zusammengestellten Themenkataloges überprüft ohne Berücksichtigung der Rückwirkung der Ausprägung dieser Strukturen auf den einzelnen Mitarbeiter.

Wie bei den anderen betrachteten Verfahren wird nur eine Stichprobe des möglichen Umfangs auditiert. Als negativ ist dabei einzustufen ist, dass die Anlage auf die zu auditierenden Bereiche Einfluss nehmen kann. Hieraus kann sich ein verzerrtes Bild über den Status der Anlage ergeben.

Unklar bleibt, wie im Rahmen einer OSART-Mission mit Teilnehmern aus unterschiedlichsten Ländern die Sprachbarriere, insbesondere hinsichtlich der Feinheiten bei Interviews, zufriedenstellend überwunden werden kann.

Wie aus den anderen betrachteten Verfahren können aus dem OSART-Verfahren für dieses Projekt Anregungen zur Vorgehensweise und Strukturierung eines Audits gezogen werden. Weiter kann der sehr detaillierte Themenkatalog zur Überprüfung der Vollständigkeit des in diesem Projekt entwickelten Auditierungsverfahren dienen.

2.5 MOSAIK

Die nachfolgenden Ausführung basieren vorwiegend auf den Quellen /HSK 06/, /HSK 07/ und /KSA 07/.

Anmerkung: Im Rahmen der Umstrukturierung der Schweizer Aufsicht von der HSK zur ENSI bis zum Beginn des Jahres 2009 wurden die Inhalte des Verfahrens in das Schweizer Inspektionswesen integriert. Das Verfahren stellt somit zukünftig kein eigenständiges Werkzeug mehr da.

2.5.1 Zielsetzung

MOSAIK (Anlageninspektionskatalog der HSK-Sektion Mensch-Organisation-Sicherheitskultur) wird von der Schweizer Aufsichtsbehörde, Hauptabteilung für die Sicherheit von Kernanlagen (HSK) entwickelt. Die Zielsetzung von MOSAIK ist, dass im Rahmen von vorgesehenen technischen Inspektionen in der Anlage auch Beobachtungen hinsichtlich der Arbeitsabläufe und einer Auswahl von Merkmalen, die diese beeinflussen, durchgeführt werden.

2.5.2 Beschreibung der Methode

2.5.2.1 Vorbereitungen

Die Vorbereitung für die Durchführung besteht in der Schulung der technischen Inspektoren auf die Methode. Inhalte der Schulung gehen aus den vorliegenden Unterlagen nicht hervor. Alle anderen Vorbereitungen werden im Rahmen der Planung der technischen Inspektionen abgehandelt.

2.5.2.2 Zusammenstellung des Überprüfungsteams

Das Überprüfungsteam besteht aus dem/den technischen Inspektor(en). Eine spezielle Personalauswahl im Hinblick auf die Methode wird nicht getroffen.

2.5.2.3 Themenbereiche der Überprüfung

Der Themenkatalog wird durch 29 Fragen aus den folgenden Bereichen gebildet:

- Arbeitsprozess
 - Vorgaben
 - Arbeitsdokumente
 - Koordination/Kommunikation
 - Arbeitsmittel
 - Vorbereitung/Schulung/Training
 - Arbeitskontrollen/-übergabe
- Housekeeping
- Arbeitssicherheit
- Sonstiges (offene Kategorie)

Jedes Themengebiet umfasst zwei bis sechs Fragen.

2.5.2.4 Durchführung der Überprüfung

Die Kontrolle erfolgt als Unteraufgabe zu den technischen Inspektionen. Dem Inspekteur wird es dabei überlassen, welche Teilbereiche er inspiziert. Die Auswahl erfolgt auf Basis der Eignung der technischen Inspektion für die Fragestellungen aus dem Themenkatalog von MOSAIK.

2.5.2.5 Bewertungskriterien

Die Fragen aus dem Themenkatalog werden anhand folgender Skala beantwortet:

- Gute Praxis
- Normalität
- Verbesserungsbedarf
- Abweichung
- Anomalie

Diese Skala wurde aus der Skala für die technischen Inspektionen abgeleitet.

Hinweise, nach welchen Kriterien (z.B. was ist gute Praxis, Normalität usw. für die jeweilige Fragestellung) die Zuordnung der Skalenwerte zu den Fragestellungen erfolgt, sind in der vorliegenden Dokumentation nicht ausgeführt.

2.5.2.6 Berichterstattung

Die Ergebnisse der Erhebung mit MOSAIK werden Vertretern der Anlage im Rahmen des technischen Inspektionsabschlussgespräches kommuniziert. Hierbei werden mindestens die Themenbereiche mit den Bewertungen Verbesserungsbedarf, Abweichungen und Anomalie mitgeteilt.

Die gesammelten Daten werden von der HSK im Rahmen der jährlichen Sicherheitsbewertung, zusammen mit den übrigen Inspektionsresultaten ausgewertet.

2.5.2.7 Zeitplan der Überprüfung

Es wird kein eigener Zeitplan für die Überprüfung aufgestellt. Die Überprüfung anhand von MOSAIK ordnet sich dem Zeitplan der technischen Inspektion unter.

2.5.2.8 Trendverfolgung

Die Trendverfolgung erfolgt durch einen Vergleich der zahlreichen Kontrollergebnisse. Treten die Bewertungen Verbesserungsbedarf, Abweichung und Anomalie auf, so stellt die HSK Forderungen nach Abhilfemaßnahmen und verfolgt deren Umsetzung.

2.5.2.9 Fazit

MOSAIK ist nicht als Verfahren zur Überprüfung einer gesamten Anlage gedacht. Es dient vielmehr als Werkzeug der begleitenden Überwachung von einzelnen Elementen aus den Bereichen Mensch, Organisation und Sicherheitskultur, welche als Indikatoren für Verfolgungen von langfristigen Entwicklungen in der Anlage verwendet werden.

Durch diese Rahmenbedingungen beschränken sich die Merkmale der Überprüfung auf die, die während einer technischen Inspektion beobachtet werden können. Eine Vollständigkeit der überprüften Merkmale kann somit nicht erreicht werden. Dies wird von dem Verfahren auch nicht beabsichtigt. So lassen die beobachteten Merkmale z.B. keine Rückschlüsse auf die Qualität der Führung durch das Management zu.

Für das zu entwickelnde Auditierungsverfahren ist die bei MOSAIK gewählte Vorgehensweise im Hinblick auf eine möglichst umfassende Betrachtung von zuverlässigkeitsbeeinflussenden Faktoren nicht praktikabel. Der von MOSAIK aufgestellte Themen- bzw. Fragenkatalog kann aber einen Beitrag zur Überprüfung der Vollständigkeit der zuverlässigkeitsbeeinflussenden Faktoren leisten.

2.6 KOMFORT

Die nachfolgenden Ausführungen basieren vorwiegend auf der Quelle /KSA 07/.

2.6.1 Zielsetzung

KOMFORT wurde von der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde des Landes Baden-Württemberg als Methode zur Aufsicht konzipiert. Durch KOMFORT werden im Rahmen von technischen Inspektionen in der Anlage Informationen über personelle und organisatorische Faktoren gesammelt. Die Vielzahl von technischen Inspektionen erlaubt eine breit gestreute und häufig durchgeführte Datensammlung und kann somit als Instrument der kontinuierlichen Überwachung eingesetzt werden, welches sowohl positive wie auch negative Trends in der Entwicklung der beobachteten Faktoren früh erkennen lässt.

2.6.2 Beschreibung der Methode

2.6.2.1 Vorbereitungen

Die Vorbereitungen werden im Rahmen der Vorbereitung für die technischen Inspektionen durchgeführt.

2.6.2.2 Zusammenstellung des ÜberprüfungsTeams

Die/der Prüfer bestimmen sich aus dem Fachpersonal für die technische Inspektion.

2.6.2.3 Themenbereiche der Überprüfung

In Rahmen der Überprüfung werden durch KOMFORT folgende Themenbereiche abgedeckt:

- Qualität schriftlicher Unterlagen (Erhebungshäufigkeit: 10 mal pro Jahr und Kernkraftwerksblock)

- Befolgung von Vorschriften (20 mal)
- Kenntnisse und Kompetenzen (10 mal)
- Schulungen (10 mal)
- Arbeitsbelastung (20 mal)
- Wahrnehmung von Führungsaufgaben (10 mal)
- Sauberkeit, Ordnung und Pflege der Anlage/Housekeeping (40 mal)
- Umgang mit der Aufsichtsbehörde (40 mal)

Unterstützt wird die Überprüfung durch eine umfassende Beschreibung des Themenbereiches, die sich aus Definition, Begründung und Bewertungstendenz, Erhebungsintervall, Erhebungsmöglichkeiten und einer Bewertungshilfe zusammensetzt.

Die Anzahl der untersuchten Themenbereiche kann sich je nach Gegenstand der Inspektion und den sich daraus ergebenden Erhebungsmöglichkeiten durch KOMFORT ändern.

2.6.2.4 Durchführung der Überprüfung

Die Überprüfung der Themenbereiche aus dem KOMFORT-Katalog erfolgt im Rahmen der technischen Inspektionen, soweit diese es erlauben, anhand von Befragungen und Beobachtungen.

Vor der Einführung des Verfahrens wurden die Prüfer geschult. In einer einjährigen Pilotphase wurden die Erfahrungen unmittelbar nach der Anwendung erfasst und ausgewertet. In Form von „Workshops zur Aufsichtspraxis“ werden regelmäßig Schulungen und Erfahrungsaustausch zu KOMFORT durchgeführt. Damit wird das Ziel verfolgt, Konsistenz und Reliabilität des Verfahrens zu erreichen.

Prinzipiell kann KOMFORT bei jeder Inspektion eingesetzt werden. Die Häufigkeit der Erhebung der einzelnen Bereiche ist im Abschnitt „Erhebungsintervall“ im Themenkatalog definiert.

2.6.2.5 Bewertungskriterien

Die erhobenen Informationen werden durch den Inspektor auf Basis seiner Erfahrung und Qualifikation anhand folgender Skala bewertet:

- vorbildlich
- in Ordnung
- nicht in Ordnung
- Mangel

Unterstützt wird er dabei durch den Abschnitt „Bewertungshilfe“ im Themenkatalog.

2.6.2.6 Berichterstattung

Die erhobenen Daten werden kontinuierlich ausgewertet und im Jahreszyklus in einem Bericht für die jeweilige Anlage zusammengefasst. Die Übergabe an den Betreiber der Anlage erfolgt im Rahmen des jährlich stattfindenden Gesprächs zum Sicherheitsmanagement. Unabhängig davon werden sichertechnisch relevante Feststellungen dem Betreiber unmittelbar mitgeteilt und im Rahmen der Aufsicht weiter verfolgt.

2.6.2.7 Zeitplan der Überprüfung

Die Überprüfung ordnet sich der Planung der technischen Inspektion unter. Ein eigener Zeitplan für die Überprüfung nach KOMFORT wird nicht aufgestellt.

2.6.2.8 Trendverfolgung

Die Trendverfolgung ergibt sich aus der kontinuierlichen Anwendung von KOMFORT während den technischen Inspektionen.

2.6.2.9 Fazit

KOMFORT ist wie MOSAIK ein Verfahren, welches über einen längeren Zeitraum die Veränderung von Indikatoren beobachtet, die im Rahmen von technischen Inspektionen zusätzlich vom jeweiligen Fachpersonal erhoben wird.

Der Umfang der Indikatoren ist gering. Ausgehend von einer empirischen Sammlung und einer Überprüfung anhand der Fachliteratur wurden die Indikatoren ausgewählt, die bei der geplanten Vorgehensweise als praktikabel und für das Personal als akzeptabel bewertet wurden. Als besonders positiv zu werten ist die ausführliche Unterstützung des Überprüfers zu jedem der zu kontrollierenden Punkte durch Definition, Begründung und Bewertungstendenz, Erhebungsintervall, Erhebungsmöglichkeiten und Bewertungshilfe. Eine Vollständigkeit der überprüften Merkmale, die bei diesem Verfahren auch nicht beabsichtigt ist, kann wie bei MOSAIK nicht erreicht werden.

Als besonders positiv ist die hohe Anzahl der Überprüfungen zu erwähnen, welche eine kontinuierliche Überwachung gewährleistet.

Weiterhin ist die kontinuierliche Kommunikation mit der Anlage positiv zu erwähnen. In maximal Jahresabstand erhält die Anlage Rückmeldung über die Ergebnisse der Überprüfung.

Für das zu entwickelnde Auditierungsverfahren ist die bei KOMFORT gewählte Vorgehensweise im Hinblick auf eine möglichst umfassende Betrachtung von zuverlässigkeitsbeeinflussenden Faktoren nicht praktikabel. Der von KOMFORT aufgestellte Themen- bzw. Fragenkatalog kann aber einen Beitrag zur Überprüfung der Vollständigkeit der zuverlässigkeitsbeeinflussenden Faktoren leisten.

2.7 NRC Inspection Procedure 71841 „Human Performance“

Die nachfolgenden Ausführungen basieren auf der Quelle /NRC 00/.

2.7.1 Zielsetzung

Die „Inspection Procedure 71841“ wurde von der Nuclear Regulatory Commission (NRC), verantwortlich für die Lizenzierung und Regulierung der Kerntechnischen Anlagen der Vereinigten Staaten von Amerika, eingeführt, um folgende Ziele zu erreichen:

- Überprüfung der Eignung der „Root Cause“-Analyse in KKW's und der entsprechenden Abhilfemaßnahmen des Lizenznehmers im Hinblick auf die menschliche Leistung beeinflussenden Faktoren
- Eine unabhängige Überprüfung der Übertragbarkeit und den möglichen Auswirkungen der identifizierten „Root Causes“ mit menschlichem Beitrag auf andere Systeme der Anlage, Planungen und Prozesse.

Die Ausführungen weisen darauf hin, dass eine Durchführung im Nachgang von Ereignissen erfolgt. Genauere Angaben, wann die IP 71841 durchzuführen ist, werden im Dokument selbst nicht erwähnt.

2.7.2 Beschreibung der Methode

2.7.2.1 Vorbereitungen

Spezifische Vorbereitungen werden in der IP 71841 nicht diskutiert.

2.7.2.2 Zusammenstellung des Überprüfungsteams

Die genaue Zusammensetzung des Überprüfungsteams konnte auf Basis der IP71841 nicht ermittelt werden. Evtl. ist diese in übergeordneten Dokumenten definiert.

Allerdings wird ausgeführt, dass mindestens ein Inspektor in den letzten fünf Jahren eine Schulung oder ein Auffrischtraining in Methoden der „Root Cause“-Analyse erhalten haben sollte. Weiterhin sollte der Inspektor Fachkenntnisse über den zu überprü-

fenden Fachbereich oder das zu überprüfende System haben. Treten Schwierigkeiten in der Beurteilung der aufgeführten Punkte auf, sollen „Human Factors“-Spezialisten der NRC konsultiert werden.

2.7.2.3 Themenbereiche der Überprüfung

Als Grundlage für die Überprüfung dient ein Themenkatalog mit den folgenden übergeordneten Themen:

- Mensch-Interaktionsobjekt-Schnittstelle
 - Visuelle Information/Darstellung
 - Funktionen/Stellteile
 - Alarmer/Anzeigen
- Umweltfaktoren
- Kommunikation
- Arbeitsplanung/-kontrolle
- Arbeitspraxis
- Benutzung/Befolgung von Prozeduren
- Training und Qualifikation
- Verfassung der Mitarbeiter („Fitness for Duty“)

Jeder der Themenbereiche ist in weiteren Unterpunkten detailliert. Diese Unterpunkte bestehen aus konkreten Fragestellungen, die der Inspektor direkt als Grundlage seiner Beurteilung heranziehen kann.

2.7.2.4 Durchführung der Überprüfung

Der Inspektor hat zu überprüfen, ob die „Root Cause“-Analyse und die daraus folgende Ableitung von Maßnahmen sowie deren Umsetzung in geeigneter Weise durchgeführt wurden. Dies erfolgt auf der Basis der Dokumente, die dem Inspektor vom Lizenznehmer zur Verfügung gestellt werden (z.B. „Root Cause“-Analyse des Lizenznehmers, Planung der Verbesserungsmaßnahmen und deren Ergebnis). Anhand des Fragenka-

taloges überprüft der Inspektor für identifizierte „Root Causes“, ob alle Aspekte der darin enthaltenen Themenbereiche menschlicher Faktoren bei den Verbesserungsmaßnahmen von dem Lizenznehmer berücksichtigt wurden. Weiterhin wird überprüft, ob der Lizenznehmer die Übertragbarkeit und die Auswirkungen der gefundenen „Root Causes“ auf andere Systeme, Planungen oder Prozessen bedacht hat. Hat der Lizenznehmer dies nicht getan wird vom Inspektor erwartet, dass er die Auswirkung weiterverfolgt.

Es wird nicht erwartet, dass der Inspektor immer alle der definierten Themenbereiche abarbeitet. Er hat vielmehr zu prüfen inwieweit die übergeordneten Themenbereiche auf den jeweiligen Fall anwendbar sind. Hat er einen anwendbaren Themenkomplex identifiziert, kann er die einzelnen beitragenden Faktoren anhand der vorgegebenen Fragen ermitteln.

2.7.2.5 Bewertungskriterien

Die Bewertungskriterien sind nur marginal vorgegeben. So enthalten die Formulierungen der Detailfragen zu den einzelnen Themenbereichen Adjektive, die jeweils die negative Ausprägung beschreiben (z.B. „zu lang“, „unzureichend“, ...). Eine mehrstufige Skala ist nicht vorgegeben.

2.7.2.6 Berichterstattung

Über die Inspektion wird ein „Inspection Report“ angefertigt. Die genaue Form der Berichterstattung ist in der IP 71481 nicht näher definiert. Evtl. ist dies in übergeordneten Dokumenten oder Anweisungen festgelegt.

2.7.2.7 Zeitplan der Überprüfung

Ein konkreter Zeitplan ist in der IP71841 nicht vorgegeben. Allerdings werden ungefähre Ressourcenangaben von 8 bis 40 Stunden für die Abarbeitung pro identifiziertem, menschlichen Beitrag zu einem Fehler gemacht.

2.7.2.8 Trendverfolgung

Eine Vorgehensweise zur Trendverfolgung ist in der IP 71481 nicht beschrieben.

2.7.2.9 Fazit

Die „Inspection Procedure Human Performance“ der NRC ist ein sehr kurz gehaltenes Verfahren. Der Hauptteil des Verfahrens besteht aus einer Auflistung von Fragestellungen zu Faktoren, die die menschliche Leistungsfähigkeit beeinflussen. Die Kürze der Dokumentation des Verfahrens dürfte daher rühren, dass die „Inspection Procedure Human Performance“ nur ein kleiner Teil des sehr umfangreichen Programms der „Inspections Procedures“ der NRC ist und somit Fragen der Vorgehensweise bei der Überprüfung, Qualifikation des Prüfers, Berichterstattung, usw. schon in anderen Bereichen des Programms bzw. durch die Qualifikation der Inspektoren der NRC definiert ist.

Als besonders positiv ist die gute Führung des Inspektors durch sehr spezifische Fragestellungen in der Auflistung der Bewertungskriterien anzusehen. Weiter unterstützt wird die Analyse durch eine Auflistung von Literaturquellen, die als Hilfestellung zur Durchführung der Beurteilung herangezogen werden kann.

Die in der „Inspection Procedure“ aufgeführten Faktoren sind gut geeignet, sie in das zu entwickelnde Auditierungsverfahren einfließen zu lassen.

2.8 VDI 4006

Die nachfolgenden Ausführungen basieren auf der Quelle /VDI 03/.

2.8.1 Zielsetzung

In der VDI 4006 Blatt 2 wird ein generisches Verfahren zur prospektiven, qualitativen und quantitativen Analyse der menschlichen Zuverlässigkeit beschrieben. Die Beschreibung der Methode in der VDI 4006 wurde möglichst allgemein gehalten, um ein breites Anwendungsspektrum zu gewährleisten. Die Methode fußt auf dem Stand der Forschung und Anwendung hinsichtlich der Bewertung der menschlichen Zuverlässig-

keit zum Zeitpunkt der Veröffentlichung (2003), ist aber aufgrund der Forschungslandschaft auf diesem Gebiet stark durch die in der Kernenergie gebräuchlichen Methoden geprägt. Anders als die weiteren hier vorgestellten Methoden befasst sie sich nicht mit der punktuellen Erfassung von strukturellen Indikatoren in der Anlage sondern greift einzelne Arbeitssysteme heraus und analysiert diese umfassend. Diese Analyse erfasst die beeinflussenden Faktoren und lässt Rückschlüsse auf die daraus resultierende Zuverlässigkeit der Arbeitssysteme zu.

2.8.2 Beschreibung der Methode

2.8.2.1 Vorbereitungen

In der Vorbereitung muss ein Analyseteam aufgestellt werden. Zudem werden folgende Punkte definiert:

- Ziel der Analyse
- Umfang der Analyse
- Analysetiefe
- Qualitätsparameter der Analyse(ergebnisse)
- Geltungsbereich der Analyse(ergebnisse)

2.8.2.2 Zusammenstellung des Überprüfungsteams

Nach DIN 4006 Blatt 2 /VDI 03/ sollte bei Arbeitssystemen, welche die Benutzung von technischen Anlagen beinhalten, Fachleute mit folgendem Wissen in die Analyse einbezogen werden:

- Zuverlässigkeitsanalyse/ PSA
- Anlagentechnik/ Betriebsführung
- Personalzuverlässigkeit / Ingenieurspsychologie
- Anlagentechnik (Auslegung, Konstruktion)
- Betriebsführung

- Instandhaltung
- Betriebsdatenerfassung/ Störungsbearbeitung
- Betriebsdokumentation
- Personalschulung und Training

2.8.2.3 Themenbereiche der Überprüfung

Die Themenbereiche der Überprüfung ergeben sich aus der Aufteilung der Arbeitssysteme in ihre Elemente. Diese sind lt. /VDI 03/:

- Situation: Organisatorische Faktoren wie Zeitangabe, Betriebszustand, mögliche Konsequenzen
- Aufgabe: Beschreibung der Aufforderungen an die Arbeitsperson(en), eine Arbeit nach einem vorgegebenen Arbeitsverfahren auszuführen
- Auftragserteilung: Organisatorische und administrative Maßnahmen, die zur Einleitung der erforderlichen Aufgabe dienen
- Operateure: Personen, die an der Aufgabenerfüllung beteiligt sind, die Art der erforderlichen kognitiven Verarbeitung sowie deren Fähigkeiten und Fertigkeiten
- Tätigkeit: Tätigkeiten, die bei der Durchführung der Handlungen erforderlich sind
- Auftrags erledigung: Organisatorische Maßnahmen, um die Aufgabenerledigung zu protokollieren oder anderen Personen bekannt zu machen
- Rückmeldung: Informationen, an denen die Personen die Durchführung der Handlungen kontrollieren können
- Technisches System: Systeme oder Teilsysteme, welche die Tätigkeiten des Operateurs verarbeiten
- Ergebnis: Realisierung einer Aufgabe
- Umgebung: Einflussfaktoren in der Umgebung bzw. den Räumlichkeiten (z.B. Beleuchtung) und deren Auswirkung auf die menschliche Zuverlässigkeit

2.8.2.4 Durchführung der Überprüfung

Zunächst werden Informationen über die zu überprüfenden Arbeitssysteme anhand der oben aufgeführten Themenbereiche gesammelt. Als mögliche Informationsquellen dienen Unterlagen, schriftliche und mündliche Befragungen, Tests oder Beobachtungen bei der Durchführung der zu bewertenden Aufgaben.

Die gesammelten Informationen werden den einzelnen Teilen der Arbeitssysteme zugeordnet.

Auf Basis der ermittelten Arbeitsabläufe werden mögliche Fehlhandlungen identifiziert und die Faktoren ermittelt, die die menschliche Leistung in den gegebenen Arbeitssystemen beeinflussen können. Diese sind z.B.:

- Technische Vorbedingungen der Aufgabenschwierigkeit
- Technische Vorbedingungen der situativen Faktoren
- Organisatorische Vorbedingungen
- Leistungsfähigkeit und Leistungsbereitschaft

Die Ergebnisse dieser Betrachtungen werden in dem qualitativen Analysebericht zusammengefasst. Aus der Identifikation der leistungsbeeinflussenden Faktoren im Zuge der qualitativen Analyse lassen sich bereits entsprechende Gegenmaßnahmen ableiten, die zu einer Erhöhung der menschlichen Zuverlässigkeit führen können.

Die qualitative Analyse dient als Grundlage für die anschließende Quantifizierung der menschlichen Zuverlässigkeit. Für die Quantifizierung wird auf vorhandene Methoden verwiesen (z.B. THERP, ASEP, HEART).

2.8.2.5 Bewertungskriterien

Wie bereits beschrieben, wird für die quantitative Bewertung der ermittelten Tätigkeiten und leistungsbeeinflussenden Faktoren auf Methoden in der Literatur (z.B. THERP) verwiesen. Art und Vorgehensweise bei der Bewertung kann je nach gewählter Methode zur Quantifizierung sehr unterschiedlich sein. Das Spektrum erstreckt sich hierbei von fest vorgegeben Kategorien bis zu direkten Expertenschätzungen.

2.8.2.6 Berichterstattung

Die Ergebnisse der Analysen werden in einem Bericht zusammengefasst, der Zielsetzung, Umfang, Durchführung, Ergebnisse und qualitätssichernde Maßnahmen sowie eine umfassende Diskussion der Analyseergebnisse hinsichtlich Annahmen und Schwächen enthält.

2.8.2.7 Zeitplan der Überprüfung

Durch die Methode ist kein definierter Zeitplan vorgegeben. Die Aufwände richten sich nach dem Analyseumfang und der Analysetiefe.

2.8.2.8 Trendverfolgung

Eine Trendverfolgung ist nicht explizit vorgesehen. Eine erneute Untersuchung nach gleichem Schema kann Aufschluss über die Verbesserung bzw. die Verschlechterung der Situation geben.

2.8.2.9 Fazit

Die VDI 4006 ist ein generisches Verfahren zur Analyse der menschlichen Zuverlässigkeit.

Als besonders positiv bei diesem Verfahren ist anzusehen, dass es auf einer breiten wissenschaftlichen Basis aufbaut.

Insbesondere kommt dies dadurch zum Ausdruck, dass das Verfahren arbeitswissenschaftliche Modelle als Grundlage seiner Analyse definiert. So wird für die Strukturierung der Analyse das "Mensch-Maschine-System" eingeführt, anhand dessen sich die Faktoren, welche die menschliche Zuverlässigkeit beeinflussen, erschließen und strukturieren lassen.

Zudem wird auf ein Modell zur Beschreibung menschlicher Handlungen zurückgegriffen.

Weiterhin ist als positiv zu betrachten, dass...

- Analyseumfang und -tiefe, sowie Gültigkeit der Analyse definiert werden sollen
- detaillierte Forderungen für das Überprüfungsteam aufgestellt werden
- die Vorgehensweise bei der Überprüfung detailliert beschrieben wird
- Forderungen an die Dokumentation aufgestellt werden
- Forderungen an die Verifizierung und Validierung aufgestellt werden

Die fachlichen und organisatorischen Inhalte der äußerst elaborierten VDI 4006 sind als Basis für das zu entwickelnde Auditierungsverfahren sehr gut geeignet.

2.9 Abschließendes Fazit im Hinblick auf das zu entwickelnde Auditierungsverfahren

Die meisten der betrachteten Auditierungsverfahren zielen nicht direkt auf Faktoren, die die Zuverlässigkeit von Personenhandlungen beeinflussen. Vielmehr behandeln sie die Bewertung der Struktur und der Qualität der Organisation, der Anlage und der Arbeitsmittel, in die sich der Mitarbeiter einfügt. Durch diese umfassende Betrachtung werden auch eine Vielzahl von Faktoren betrachtet und bewertet, die die Zuverlässigkeit von Personenhandlungen beeinflussen können. Allerdings sind die Verfahren nicht auf dieses Ziel hin ausgerichtet. Die Betrachtung der Verfahren erweist sich aber trotzdem als sehr hilfreich in Hinblick auf eine Stoffsammlung und die Strukturierung des zu entwickelnden Auditierungsverfahrens.

Dem Ziel einer Überprüfung von Faktoren, welche die Zuverlässigkeit von Personenhandlungen beeinflussen, kommen die VDI 4006 (ein generisches Verfahren zu Beurteilung der menschlichen Zuverlässigkeit) und die "Inspection Procedure Human Performance" der NRC am nächsten. In der VDI 4006 wird explizit auf die Ermittlung von Faktoren eingegangen, welche die Zuverlässigkeit von Personenhandlungen beeinflussen können.

Ein Modellierungsansatz ist bei den meisten der untersuchten Verfahren nicht hinterlegt. Ausschließlich die VDI 4006 führt ein Modell, das sog. „Mensch-Maschine-System“ ein, an dem das Verfahren seine Vorgehensweise bei der Überprüfung der zuverlässigkeitsrelevanten Faktoren strukturiert. Auch greift die VDI 4006 als einzige

auf ein Modell zur Kategorisierung menschlicher Handlungen zurück. Die VDI 4006 ist zudem auf einem wissenschaftlichen Fundament der bisherigen Erkenntnisse im Bereich der menschlichen Zuverlässigkeit aufgebaut.

Als günstig für das zu entwickelnde Auditierungsverfahren wird eine Symbiose aus den in Arbeitspunkt 3.1 betrachteten Auditierungsverfahren und den Methoden zur Ermittlung der menschlichen Zuverlässigkeit angesehen. Für die Strukturierung der Organisation und des Ablaufes des zu entwickelnden Verfahrens empfiehlt sich eine Anlehnung an die im vorangegangenen dargestellten Auditierungsverfahren. Hinsichtlich der Inhalte und der hinterlegten Modelle sollte sich das zu entwickelnde Verfahren an den Methoden zur Ermittlung der menschlichen Zuverlässigkeit orientieren.

Deshalb wird für die weitere Vorgehensweise bei der Entwicklung der Auditierungsmethode der Fokus von im Kernkraftbereich verwendeten Auditierungsverfahren auf Methoden zur Ermittlung der menschlichen Zuverlässigkeit verlagert. In diesen Methoden sind explizit Faktoren formuliert, die die Zuverlässigkeit menschlicher Handlungen beeinflussen können.

3 Entwicklung des Auditierungsverfahrens

3.1 Zielsetzung des Auditierungsverfahrens

Mit dem Auditierungsverfahren sollen Faktoren überwacht werden, welche die Zuverlässigkeit von Personenhandlungen beeinflussen können. Besonderen Wert wird in dem Auditierungsverfahren darauf gelegt, dass die Analyse nicht schon bei der Identifizierung von direkt beeinflussenden Faktoren aufhört, sondern die Kausalkette über die Verantwortlichen für die Gestaltung der Faktoren weiterverfolgt wird. Dadurch wird die Überprüfung zuverlässigkeitsrelevanter Faktoren bis auf die Ebene des Managements und ggf. sogar darüber hinaus gewährleistet.

3.2 Anwendungsbereich des Verfahrens

Das Verfahren kann auf alle Arbeitssysteme in einem Kernkraftwerk und darüber hinaus (z.B. Fremdpersonal, Aufsicht, usw.) angewendet werden. Es kann sowohl prospektiv wie auch retrospektiv eingesetzt werden. D.h. sowohl die Überprüfung von zuverlässigkeitsbeeinflussenden Faktoren schon im Vorfeld von Fehlern wie auch die nachgelagerte Analyse von Fehlhandlungen sind möglich. Das Verfahren gibt Hilfestellung und Führung für externe wie auch interne Audits.

3.3 Erwartete Ergebnisse

Das Verfahren liefert einen Beitrag zur Identifizierung, Bewertung und Überwachung von Faktoren, welche die Zuverlässigkeit von Personenhandlungen beeinflussen können. Auf Basis der Bewertungsergebnisse können erforderliche Verbesserungsmaßnahmen abgeleitet werden, was allerdings nicht Inhalt dieses Verfahrens ist.

Das Verfahren soll qualitative Ergebnisse bereitstellen. Eine probabilistische Quantifizierung des Einflusses von Faktoren auf die Zuverlässigkeit von Personalhandlungen ist nicht Aufgabe solcher Auditierungsverfahren.

3.4 Anforderungen an die Auditierungsmethode

Für die zu entwickelnde Auditierungsmethode sind einige grundlegende Forderungen zu beachten, die zum Teil formal, zum Teil thematisch begründet sind. Benötigt werden:

- Empfehlungen, wann und wie eine Auditierung stattzufinden hat
- Ein Themenkatalog, mit dem alle für die Zuverlässigkeit relevanten Faktoren soweit wie möglich abgedeckt werden
- Beschreibung der Methoden zur Datenerhebung und Sensibilisierung für dabei auftretende ergebnisverzerrende Effekte
- Vorgaben für die Vorgehensweise bei Durchführung der Auditierung
- Vorgaben zur Durchführung der Dokumentation
- eine vollständige Auflistung der zu betrachtenden Faktoren, basierend auf akzeptierten Erkenntnissen aus der Arbeitswissenschaft und zunächst ohne Rücksicht auf Schwierigkeiten bei der Erhebung

3.5 Entwicklung des Grundkonzeptes

Zunächst wird das methodische Grundgerüst für das Auditierungsverfahren errichtet. Die meisten der im Abschnitt „Sichtung von im In- und Ausland praktizierten Vorgehensweisen“ betrachteten Verfahren verwenden keine tiefergehende Modellierung des Auditierungsgegenstandes. Es werden strukturelle, anscheinend empirisch zusammengestellte Merkmale abgefragt und es wird davon ausgegangen, dass eine Behebung aller Mängel in der Struktur zu einem Optimum für die individuellen Arbeitssysteme führt. Im Gegensatz dazu liefert die VDI 4006 ein umfassendes Modell des Arbeitssystems, welches als Grundlage einer strukturierten Erfassung aller das Arbeitssystem beeinflussenden Variablen dient.

Der Ansatz der VDI 4006 wird hier aufgegriffen und das Modell des Mensch-Maschine-Systems als Grundlage der Modellierung verwendet. Auf Basis der umfassenden Analyse von einzelnen Arbeitssystemen und den damit vernetzten Arbeitssystemen ergeben sich dann Rückschlüsse auf strukturelle Probleme in der Anlage.

In Abbildung 3-1 wird das hier verwendete Modell des Mensch-Maschine-Systems (im Weiteren auch als Arbeitssystem bezeichnet) dargestellt. In den gängigen Formulierungen wird das Objekt auf das der Mensch einwirkt als „Maschine“ bezeichnet, egal ob dies wirklich eine Maschine, ein Werkzeug oder auch ein anderer Mensch ist. Zum besseren Verständnis wird in der Darstellung der Begriff „Maschine“ durch den weiter reichenden Begriff „Interaktionsobjekt“ ersetzt.

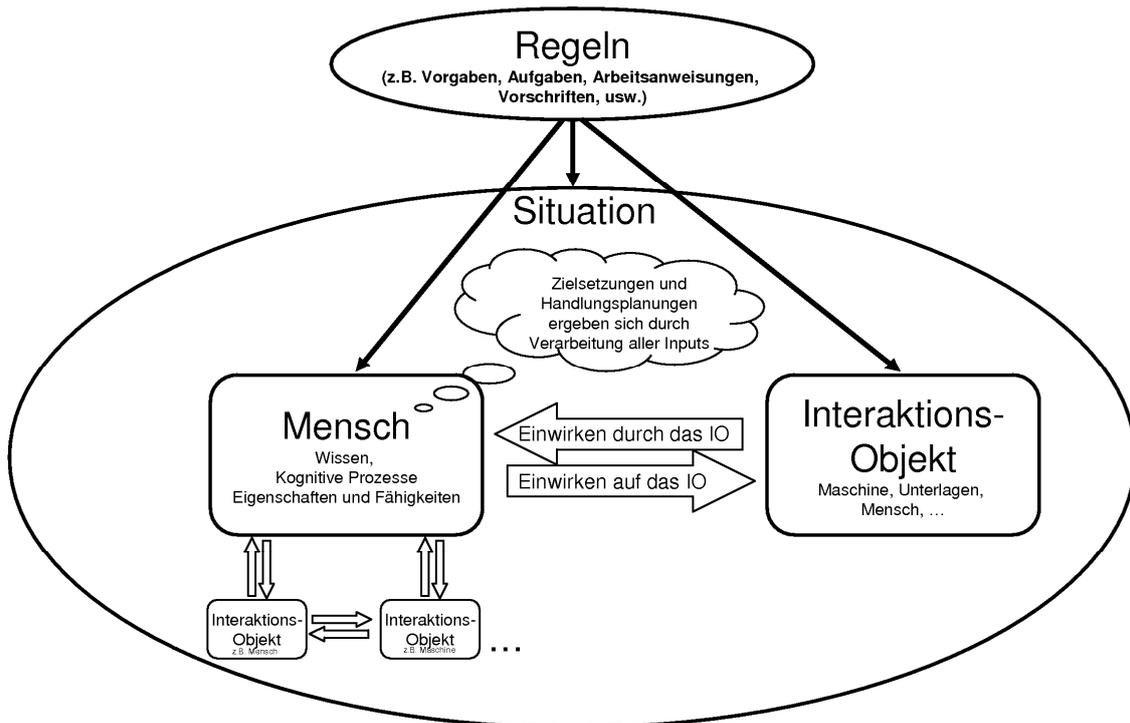


Abbildung 3-1 Mensch-Interaktionsobjekt-System (MIS oder auch Arbeitssystem)

Wie in Abbildung 3-1 dargestellt, kann der Mensch, der selbst auch wiederum ein Interaktionsobjekt ist, mit weiteren Interaktionsobjekten verknüpft sein, die ihrerseits wieder ein Mensch, eine Maschine, ein Werkzeug sein können.

Die Analyse hinsichtlich der Faktoren, welche die menschliche Zuverlässigkeit beeinflussen können, erfolgt auf Basis des Mensch-Interaktionsobjekt-Systems, indem die Einzelkomponenten der Systems betrachtet werden und diesen beeinflussende Faktoren zugeordnet werden (Abbildung 3-2).

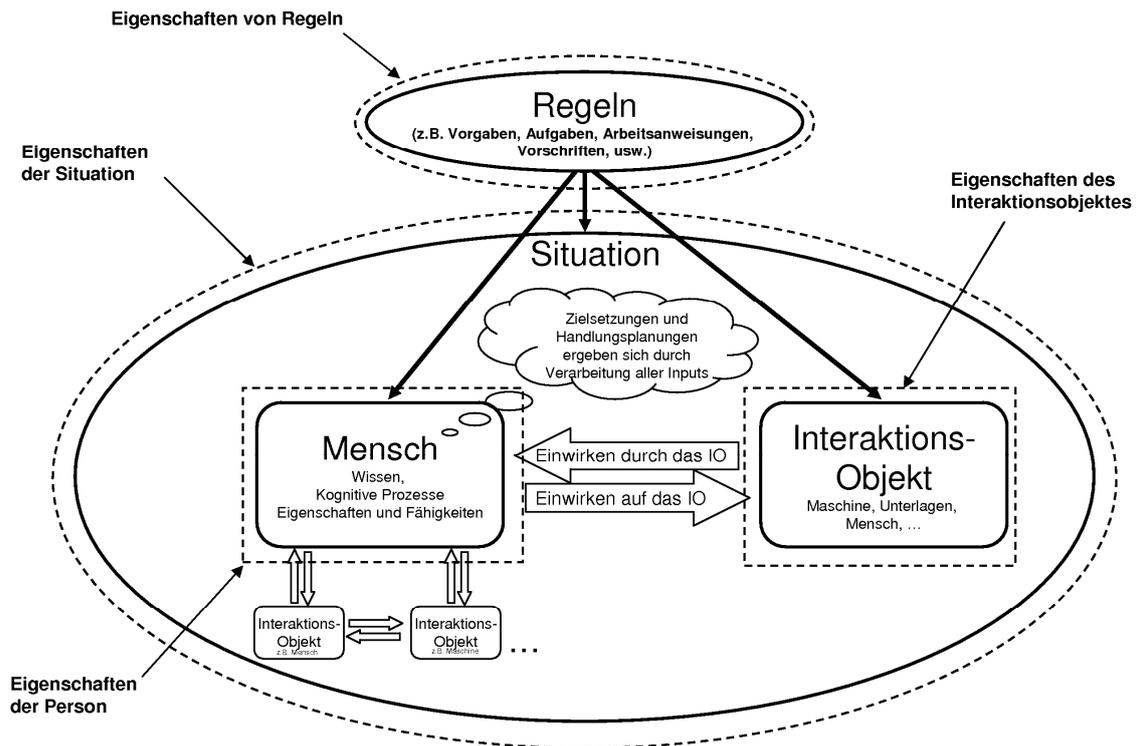


Abbildung 3-2 Zuordnung der beeinflussenden Faktoren zu den Elementen des Mensch-Interaktionsobjekt-Systems

Dieser erste Schritt der Analyse bringt zunächst die unmittelbaren beitragenden Faktoren für die menschliche Zuverlässigkeit ans Licht. Die Analyse könnte hier abgebrochen werden. Dies hätte allerdings zur Folge, dass tiefer liegende Faktoren, die Einfluss auf die unmittelbaren Faktoren ausüben, nicht erfasst werden. Damit wäre das Aufspüren von strukturellen Problemen in der Anlage nicht möglich.

Um die tiefer liegenden Ursachen zu erfassen, wird die sogenannte „explorative Kausalanalyse“ verwendet. Hierbei werden iterativ immer wieder die Gründe für die identifizierten beitragenden Faktoren hinterfragt, indem die für die Ausprägung des Faktors verantwortlichen Arbeitssysteme betrachtet werden. Dieser Prozess wird fortgeführt, bis sich keine zu betrachtenden Arbeitssysteme mehr ergeben oder ein begründeter Abbruch in der Verfolgung der Kausalkette vorgenommen wird. Gründe für den Abbruch können z.B. die fehlende Beeinflussbarkeit des verantwortlichen Mensch-Interaktionsobjekt-Systems oder fehlende Nachvollziehbarkeit in der Vergangenheit liegender Arbeitsabläufe sein. In Hinblick auf sicherheitsgerichtetes Denken darf möglicherweise hoher Arbeitsaufwand kein Grund für einen Abbruch des Nachvollziehens der Kausalkette sein.

Die Vorgehensweise der Kausalanalyse soll anhand des Beispiels in Abbildung 3-3 verdeutlicht werden.

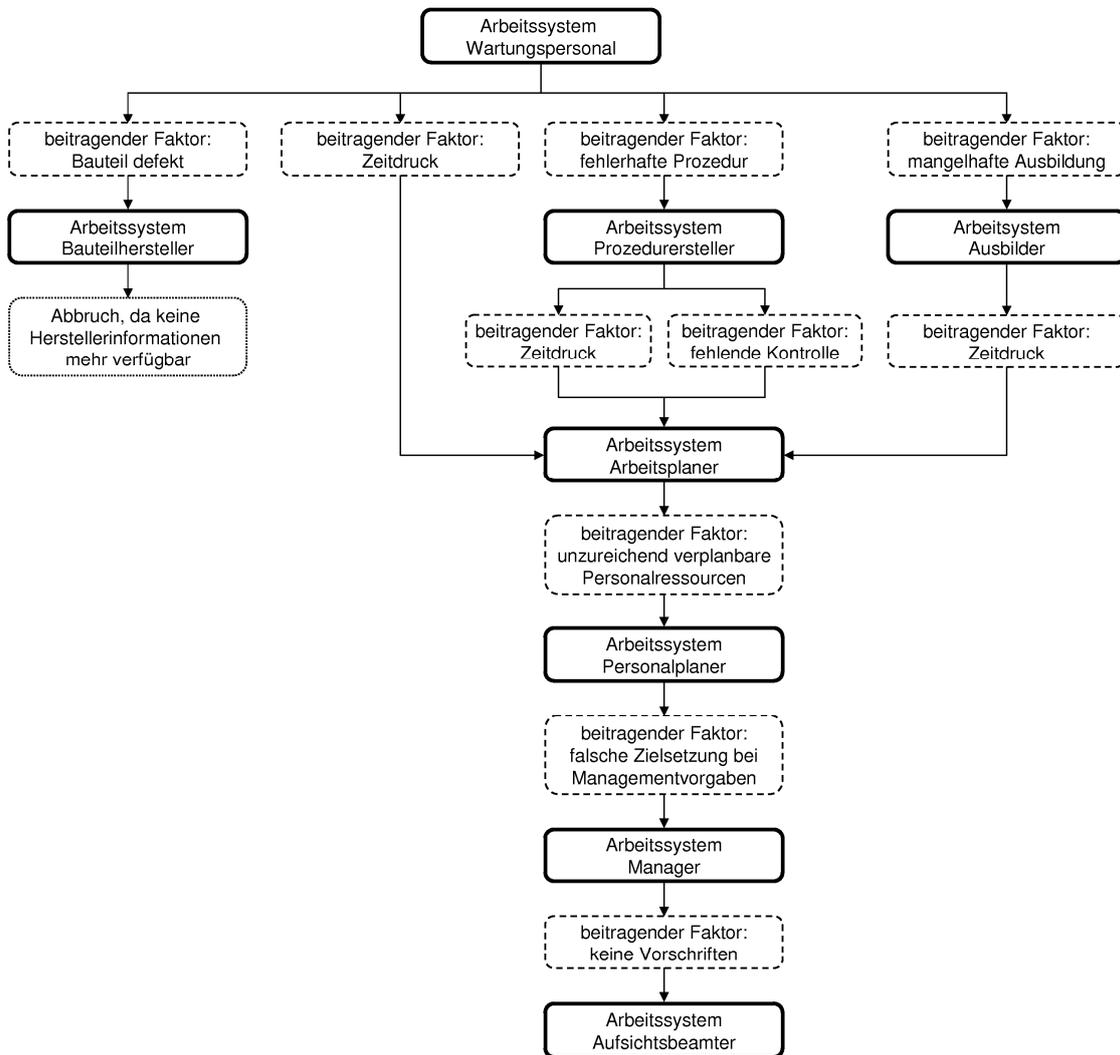


Abbildung 3-3 Fiktives Beispiel für eine explorative Kausalanalyse

Erläuterungen zu Abbildung 3-3:

Zu Beginn der Auditierung wird z.B. definiert, dass ein Arbeitssystem, in welches das Wartungspersonal involviert ist, näher betrachtet werden soll. Es wird dafür eine repräsentative Tätigkeit herausgegriffen und die Randbedingungen der einzelnen Arbeitsschritte anhand des Mensch-Interaktionsobjekt-Systems analysiert. Dabei wird festgestellt, dass die Aufgabe unter Zeitdruck durchzuführen ist, eine Prozedur fehlerhaft ist und die Ausbildung des Mitarbeiters mangelhaft ist. Die weitere Analyse soll nun anhand des Mangels „fehlerhafte Prozedur“ verdeutlicht werden. Das Arbeitssystem

tem „Prozedurerstellung“ wird als verantwortliches System für die Erstellung der Prozedur ermittelt. Dieses Arbeitssystem wird nun ebenfalls anhand des Mensch-Interaktionsobjekt-Modells einer strukturierten Betrachtung unterzogen und so die beitragenden Faktoren „Zeitdruck“ und „fehlende Kontrolle“ identifiziert. Im Weiteren wird das für diese beiden Faktoren verantwortliche Arbeitssystem identifiziert und ebenfalls analysiert. Dieser Vorgang wird iterativ fortgesetzt und endet in diesem Beispiel bei den fehlenden Vorschriften durch die Aufsicht. In Abbildung 3-3 sind noch weitere Analysepfade für andere beitragende Faktoren dargestellt.

Wie dieses Beispiel verdeutlicht, umfasst der Auditierungsgegenstand (Prüfstichprobe) die unmittelbar auf die Zuverlässigkeit der ausgewählten Aufgabe wirkenden personenbezogenen und organisatorischen Einflussfaktoren sowie alle weiteren Aufgabenträger und die auf diese wirkenden personenbezogenen und organisatorischen Einflussfaktoren. Dabei werden nur die Faktoren berücksichtigt, die zu beanstanden sind.

Theoretisch könnten im Rahmen der explorativen Kausalanalyse auch Faktoren weiterverfolgt werden, die nicht zu beanstanden sind. Die für diese Faktoren verantwortlichen Arbeitssysteme könnten Schwachstellen aufweisen. Um die Praktikabilität des Auditierungsverfahrens zu erhöhen, wird auf diese Vorgehensweise verzichtet. Solche Schwachstellen können aufgedeckt werden, wenn die Arbeitssysteme mit Schwachstellen selbst Gegenstand des Audits werden.

Es ist dabei anzumerken, dass ein Fehler oder der Ausfall einer Hardwarekomponente ebenfalls als Ausgangspunkt einer explorativen Kausalanalyse dienen kann. Dabei werden alle Arbeitssysteme betrachtet, deren Interaktionsobjekt die Hardwarekomponente ist. Dies erlangt insbesondere Bedeutung, wenn das Auditierungsverfahren bei der nachträglichen Ursachenanalyse von Ereignissen angewendet wird.

3.6 Entwicklung von Organisation und Ablauf der Auditierung

Als Grundgerüst für den Ablauf der Auditierung wird die ISO 19011 herangezogen, da sie wohl elaboriert erscheint und im Rahmen der Zertifizierung nach ISO 9000-9002 herangezogen wird.

In dieses Grundgerüst werden ausgewählte Elemente der in Abschnitt „Sichtung von im In- und Ausland praktizierten Vorgehensweisen“ betrachteten Auditierungsverfahren integriert.

Für das Auditverfahren wird unterschieden zwischen einer regelmäßig geplanten und einer Ad-Hoc-Auditierung aufgrund von Indizien hinsichtlich nicht sicherheitsgerichtetem Verhaltens bzw. aufgrund von meldepflichtigen Ereignissen.

Die geplanten, regelmäßigen Audits können einem definierten und geregelten Zeitplan folgen.

Für Audits aufgrund von Indizien oder Ereignissen sollte die Durchführung des Audits so zeitnah wie möglich erfolgen. Deshalb sind zwar die gleichen Schritte wie bei dem geplanten Audit durchzuführen. Diese rücken aber zeitlich wesentlich enger zusammen. Diese kurzfristig durchzuführenden Audits sind durch eine kontinuierliche Interaktion zwischen dem Auditteam und der zu auditierenden Anlage charakterisiert.

In den nachfolgenden Abschnitten wird zunächst immer auf die Durchführung eines geplanten Audits eingegangen. Anschließend werden die Änderung hinsichtlich eines kurzfristigen Audits aufgrund von Indizien und Ereignissen erläutert.

3.6.1 Initiierung des Audits

3.6.1.1 Auslöser für eine Auditierung

Für die Auditierung gibt es mehrere Auslöser:

- Zeitlich initiiert: Auditierung in fest vorgegebenen Intervallen
- Initiiert durch Indizien: Auditierung wird angesetzt, wenn es Hinweise auf Mängel gibt
- Initiiert durch Ereignis: eine Auditierung wird angesetzt, wenn ein meldepflichtiges Ereignis eingetreten ist, das u.a. auf Mängel im Bereich MTO (Mensch-Technik-Organisation) zurückzuführen ist.

Abhängig von der Art der Initiierung ändert sich auch die Auswahl der zu betrachtenden Arbeitssysteme:

- Bei der zeitlich initiierten Auditierung werden vom Auditorenteam die Arbeitssysteme ausgewählt. Dabei sind Arbeitssysteme zu wählen, die als besonders kritisch, besonders belastet oder besonders repräsentativ eingestuft werden.
- Bei durch Indizien und durch Ereignisse initiierten Audits erfolgt die Auswahl auf Basis der Indizien und der am Ereignis beteiligten Arbeitssysteme.

3.6.1.2 Mitteilung an den Betreiber der betroffenen Anlage

Die Benachrichtigung des Betreibers der Anlage sechs Monate vor dem geplanten Audit lässt genügend Handlungsspielraum, so dass sich Anlage auf die Auditierung angemessen vorbereiten kann.

Zur Gewährleistung einer offenen Gesprächskultur mit dem Auditteam sollte der Betreiber so früh wie möglich in die Planung des Audits informiert und mit eingebunden werden.

Audits aufgrund von Indizien oder eines Ereignisses sollten zeitnah erfolgen, so dass entsprechende Fakten zu den Vorkommnissen noch präsent bzw. verfügbar sind. Es ist zu erwarten, dass diese kurzfristige Planung hinsichtlich der Vorbereitungen für den Betreiber der Anlage problematisch ist. Dies wird allerdings zum Teil dadurch kompensiert, dass im Zusammenhang mit Audits aufgrund von Indizien oder Ereignissen der Auditierungsumfang meist geringer ausfällt als bei regelmäßigen Audits. Bei Audits aufgrund von Indizien oder Ereignissen muss ein zeitlich wesentlich dichter Austausch von Informationen zwischen Auditteam und Betreiber als bei regelmäßigen Audits stattfinden.

3.6.2 Organisation des Audits

3.6.2.1 Organisationstreffen mit der Anlage

Kurz nach der Mitteilung über die Durchführung des Audits sollte ein Organisationstreffen zwischen Betreiber und Audit-Teamleitung stattfinden. Hierbei werden alle organi-

satorischen Details des Audits besprochen und mit ausreichendem Vorlauf beschlossen. Nähere Details zu den Inhalten des Organisationstreffens sind dem Leitfaden zum Audit zu entnehmen.

3.6.2.2 Anforderung von Informationen über die Anlage für die Auditvorbereitung

Für die spätere Auswahl der zu betrachtenden Arbeitssysteme durch das Auditteam bei einem geplanten Audit werden entsprechende Informationen über die Organisation und Technik der Anlage benötigt. Diese Informationen sind durch die Anlage in einem Informationspaket bereit zu stellen. Eine detaillierte Beschreibung des Inhaltes des Informationspaketes ist im Leitfaden zum Auditierungsverfahren ausgeführt. Dieses Paket sollte spätestens drei Monate vor Beginn der Auditierung vor Ort an das Auditteam übergeben werden.

Soll das Audit aufgrund von Indizien oder Ereignissen durchgeführt werden, so kann nach Einschätzung der Audit-Teamleitung der Umfang des Informationspaketes auf den jeweiligen Fall angepasst werden. Die Informationen über die betroffenen Arbeitssysteme sind so schnell wie möglich durch die Anlage verfügbar zu machen.

3.6.2.3 Zusammenstellen des Auditorenteams

Für die Durchführung des Audits wird entsprechendes Fachpersonal bzw. Experten benötigt, die sich mit der zu prüfenden Materie auskennen. Die Anforderungen an die Auditoren hinsichtlich der Durchführung eines Audits wurden auf Basis der ISO 19011 definiert. Die fachlichen Anforderungen an das Auditteam sind Ergebnis der Durchsicht der im Abschnitt „Sichtung von im In- und Ausland praktizierten Vorgehensweisen“ betrachteten Verfahren und der Methoden zur Bewertung der menschlichen Zuverlässigkeit sowie eigener Überlegungen. Die detaillierten Anforderungen an die Auditoren sind im Leitfaden für das Audit im Abschnitt „Qualifikation des Auditorenteams“ beschrieben.

Die Anzahl der Auditoren richtet sich nach dem jeweiligen abgeschätzten Umfang und kann im Minimalfall auch nur aus der Audit-Teamleitung (Teamleiter und Stellvertreter) bestehen.

3.6.3 Vorbereitung des Audits

3.6.3.1 Schulung der Auditoren

Die Auswahl der Auditoren garantiert deren fachliche Eignung. Allerdings werden aufgrund der unterschiedlichen Aus- und Vorbildung unterschiedliche Gesichtspunkte bei der Auditierung für den einzelnen im Vordergrund stehen. Um dies zu homogenisieren, soll eine Schulung der Auditoren vor Beginn der Auditierung stattfinden. Die Inhalte der Schulung sind dem Abschnitt „Schulung der Auditoren“ des Leitfadens für die Auditierung zu entnehmen.

3.6.3.2 Auswahl der Arbeitssysteme

Für die Auditierung müssen Arbeitssysteme ausgewählt werden. Für ein regelmäßiges Audit sollten Arbeitssysteme gewählt werden, die einen hohen Einfluss auf die Sicherheit der Anlage haben können. Dies sind zunächst Arbeitssysteme, die eine auffällige Häufung von Vorkommnissen bei früheren Ereignissen aufweisen. Weiter sollten Arbeitssysteme betrachtet werden, die nach Einschätzung des Auditteams besonders sicherheitsrelevant sind. Interessant für die Auditierung sind auch Arbeitssysteme, die besonders repräsentativ sind, d.h., dass die Ergebnisse der Betrachtung auf viele andere Arbeitssysteme übertragbar sind. In Frage kommen auch Arbeitssysteme, die eine Breitenwirkung entfalten können, d.h. die viele andere Arbeitssysteme oder Komponenten beeinflussen können. Außerdem sind besonders belastende Arbeitssysteme und Arbeitssysteme, die Auffälligkeiten wie erhöhten Krankenstand, hohe Mitarbeiterfluktuation oder offensichtlich eine zu geringe personelle Besetzung aufweisen, hinsichtlich des Audits von Interesse.

Für ein Audit aufgrund von Indizien und Ereignissen ergeben sich die zu betrachtenden Arbeitssysteme aus den Arbeitssystemen, bei denen die Indizien beobachtet wurden bzw. die an dem Ereignis beteiligt waren.

3.6.3.3 Anforderung eines Informationspaketes über die zu auditierenden Arbeitssysteme

Ist die Entscheidung getroffen, welche Arbeitssysteme betrachtet werden sollen, so muss von der Anlage ein Informationspaket über diese angefordert werden. Ziel des Informationspaketes ist es, soviel wie möglich über die zu betrachtenden Arbeitssysteme für die Analyse auf Basis des Themenkataloges in Erfahrung zu bringen. Eine detailliertere Auflistung der möglichen Dokumente im Informationspaket ist dem Abschnitt „Anforderung des Audit-Informationspaketes“ des Leitfadens zu entnehmen.

3.6.3.4 Analyse der schriftlichen Unterlagen

Auf Basis des angeforderten Informationspaketes wird eine erste Analyse der schriftlichen Dokumente durchgeführt. Dabei wird der Themenkatalog zu Faktoren, welche die Zuverlässigkeit von Personenhandlungen beeinflussen, angewendet. Es ist zu erwarten, dass die Inhalte des Informationspaketes die Beschreibung der Arbeitssysteme nicht vollständig abdecken. Deshalb ist die Analyse der schriftlichen Unterlagen ein iterativer Prozess von Analyse und Anforderung weiterer Dokumente. Bleiben nach diesem Prozess noch Fragen offen, so sind diese in einem Katalog für die spätere Überprüfung vor Ort zusammenzufassen.

3.6.3.5 Planung des Audits vor Ort

Als Abschluss der Vorbereitungsphase muss die Planung für die Durchführung des Audits vor Ort aufgestellt werden. Basis hierfür bildet der Katalog der offenen Fragen, der sich bei der Analyse der Arbeitssysteme ergeben hat. Die Durchführung ist, soweit dies im Voraus möglich ist, mit der Anlage abzustimmen, um Reibungsverluste z.B. durch Unverfügbarkeit von Personen zu vermeiden.

3.6.4 Durchführung des Audits vor Ort

3.6.4.1 Einleitendes Gespräch in der Anlage

Das einleitende Gespräch in der Anlage dient dazu, alle Beteiligten auf die Situation des Audits einzustimmen und um an die Hintergründe des Audits zu erinnern.

3.6.4.2 Durchführung

Auf Basis des Kataloges mit unbeantworteten Fragen aus der Dokumentenanalyse wird das Audit vor Ort durchgeführt. Hierbei können sich durch die Überprüfung der Arbeitssysteme vor Ort, sonstige Beobachtungen und Befragungen neue Aspekte ergeben, die zu einer Erweiterung der Kausalkette von einflussnehmenden Faktoren führt. Somit kann es notwendig werden, erneut eine Dokumentenanalyse für die hinzugekommen Arbeitssysteme zu initiieren, den Katalog mit offenen Fragen zu aktualisieren und eine erneute Überprüfung vor Ort durchzuführen. Diese Vorgehensweise ist fortzusetzen, bis kein weiterer Klärungsbedarf mehr besteht. Während der gesamten Durchführung ist eine kontinuierliche Arbeitsdokumentation zu führen.

3.6.4.3 Abschlusstreffen

Es ist ein Abschlusstreffen in der Anlage vorzusehen, bei dem das Auditteam über seine Erfahrungen bei der Auditierung berichten und evtl. bereits Verbesserungsvorschläge den Mitarbeitern der Anlage unterbreiten kann. Dieses Treffen soll eine weitere offene und vertrauensvolle Zusammenarbeit zwischen Auditteam und Anlage sicherstellen.

3.6.5 Nachbereitung des Audits

3.6.5.1 Zusammenstellung der Daten

Es ist zu erwarten, dass die Daten aus der Durchführung des Audits weitestgehend in ungeordneter Form vorliegen. Deshalb werden unter diesem Arbeitspunkt im Rahmen des Auditierungsverfahrens die Ergebnisse aus Dokumentenanalyse, Beobachtungen vor Ort und Befragungen strukturiert zusammengeführt. Evtl. ergeben sich weitere Fragen, die durch die Anlage zu beantworten sind.

3.6.5.2 Analyse der Daten und Ableitung von Vorschlägen und Empfehlungen

Grundsätzlich ist zu allen auditierten Faktoren Stellung zu nehmen. Weiter sollen auf Basis der auftretenden, die Zuverlässigkeit von Personenhandlungen beeinflussenden

Faktoren, Vorschläge und Empfehlungen für Abhilfemaßnahmen durch das Auditteam abgeleitet und dokumentiert werden. Ist dies in Einzelfällen nicht möglich, so ist die Problematik so detailliert wie möglich durch die Auditoren zu beschreiben.

3.6.5.3 Übertragbarkeit auf andere Arbeitssysteme

Die Auditierung kann sich üblicherweise bei Begrenzung des Aufwandes nur auf einen Teil der Arbeitssysteme erstrecken. Allerdings weisen die Arbeitssysteme innerhalb eines Kernkraftwerkes Ähnlichkeiten auf. Auf Basis entsprechender Anlagendokumente ist deshalb zu überprüfen, ob sich die durch das Audit gewonnen Erkenntnisse evtl. auf andere Arbeitssysteme übertragen lassen. Ist dies der Fall, so lässt sich die Wirksamkeit der Audits erheblich erweitern. Die Erkenntnisse aus diesem Analyseprozess sind ebenfalls zu dokumentieren.

3.6.5.4 Anforderung eines Maßnahmenplanes

Damit die erarbeiteten Vorschläge und Empfehlungen ihre Wirkung entfalten können, müssen entsprechende Maßnahmen von der Anlage eingefordert werden. Die Anlage ist deshalb aufzufordern auf Basis der Analyseergebnisse einen Maßnahmenplan zu verfassen.

3.6.5.5 Kommentierung des Maßnahmenplans

Als Schritt der Qualitätssicherung wird der durch die Anlage aufgestellte Maßnahmenplan gesichtet und bewertet. Das Ergebnis ist an die Anlage zurückzumelden. Diese Schritte können bei starken Defiziten iterativ ausgeführt werden.

3.6.5.6 Überprüfung der Umsetzung des Maßnahmenplans

Der Maßnahmenplan kann nur seine volle Wirksamkeit entfalten, wenn eine Kontrolle der Umsetzung der Maßnahmen erfolgt. Es ist deshalb eine Überprüfung und Bewertung der Umsetzung der Maßnahmen nach einem ausreichend großen Zeitraum für die Umsetzung vorzusehen. (vgl. auch den Abschnitt „Audit-Follow up-Phase“ des Leitfadens für das Audit)

3.7 Ableitung der Themenbereiche für die Auditierung

3.7.1 Review von HRA-Methoden hinsichtlich die menschliche Zuverlässigkeit beeinflussenden Faktoren

Fast alle Verfahren zur Beurteilung der menschlichen Zuverlässigkeit listen leistungsbeeinflussende Faktoren auf. Da im Rahmen dieses Projektes solche Faktoren auditiert werden sollen, werden gängige Verfahren zur Beurteilung der menschlichen Zuverlässigkeit einer näheren Betrachtung unterzogen und jeweils die im Verfahren beschriebenen Faktoren aufgelistet.

3.7.1.1 ATHEANA

Das Verfahren ATHEANA ist in /NRC 00b/ und /NRC 07/ beschrieben.

In ATHEANA werden die beitragenden Faktoren „Performance Shaping Factors (PSFs)“ genannt. Die Methode nennt folgende Themenbereiche, aus denen PSFs erwachsen können:

- Anwendbarkeit und Eignung von Training und Erfahrung
- Eignung der relevanten Prozeduren und der Verfahren zur Arbeitskontrolle
- Handlungstendenzen von Operateuren und informelle Regeln
- Verfügbarkeit und Klarheit von Anzeigen (Hinweise auf notwendige Handlungen und Bestätigung des zu erwartenden Anlagenverhaltens)
- Verfügbare Zeit und benötigte Zeit zur Handlungsausführung unter Berücksichtigung des Einflusses von gleichzeitigen und konkurrierenden Tätigkeiten
- Komplexität der notwendigen Diagnose und Reaktion, Notwendigkeit einer bestimmten Reihenfolge und Vertrautheit mit der Situation
- Arbeitsbelastung, Zeitdruck und Stress
- Gruppendynamik und Gruppeneigenschaften
- Verfügbare Personal- und Materialressourcen
- Ergonomische Qualität der Mensch-Interaktionsobjekt-Schnittstelle

- Umwelt, in der die Handlung stattfindet
- Zugänglichkeit und Bedienbarkeit der Betriebsmittel
- Notwendigkeit von speziellen Werkzeugen
- Kommunikationsstrategie und Koordination, akustische Verständlichkeit
- Notwendigkeit von speziellen körperlichen Fähigkeiten
- Abweichungen von tatsächlichen Vorfällen gegenüber Training und Simulation

3.7.1.2 THERP

Das Quantifizierungsverfahren von THERP /SWA 83/ beschreibt explizit drei Faktoren, die Einfluss auf die menschliche Zuverlässigkeit haben können:

- Güte der Kennzeichnung
- Höhe von Stress und Erfahrung
- Abhängigkeiten zwischen Tätigkeiten

Neben diesen drei Faktoren werden in der Beschreibung der Methode weitere Faktoren erwähnt, die bei der Bewertung der menschlichen Zuverlässigkeit berücksichtigt werden können:

- Eigenschaften der Situation
 - Gestaltung des Arbeitsraumes (bauliche Merkmale)
 - Qualität der Umgebungsbedingungen (Temperatur, Luftfeuchte, Luftqualität, Strahlung, Beleuchtung, Lärm, Vibrationen, Sauberkeit)
 - Arbeitszeit und Pausen
 - Verfügbarkeit und Eignung von spezieller Ausrüstung, Werkzeugen und unterstützenden Ressourcen
 - Schichtrotation
 - personelle Besetzung
 - Organisationsstruktur und Handlungen Dritter
 - Belohnung, Anerkennung und Vergünstigungen

- Eigenschaften der Aufgabe und der Ausrüstung/des technischen Systems
 - Anforderungen an die Informationsaufnahme
 - Motorische Anforderungen
 - Verhältnisse zwischen Anzeige und Bedienelementen
 - Antizipatorische Anforderungen
 - Interpretation
 - Entscheidungsfindung
 - Komplexität
 - Häufigkeit der Aufgabe, Wiederholbarkeit
 - Einschätzung des Gefährdungspotentials der Aufgabe
 - Lang- und Kurzzeitgedächtnis
 - Notwendigkeit von Berechnungen
 - Rückmeldung
 - Dynamische Tätigkeiten und schrittweise ausführbare Tätigkeiten
 - Gruppenstruktur
 - Faktoren der Mensch-Interaktionsobjekt-Schnittstelle

- Arbeits- und Tätigkeitsinstruktionen
 - Prozeduren
 - mündliche Instruktionen
 - Hinweise und Warnungen
 - Arbeitsmethoden
 - Politik der Anlage

- Psychologische Stressoren
 - plötzlich eintretende Ereignisse
 - Dauer der Stressbelastung
 - notwendige Ausführungsgeschwindigkeit der Aufgabe
 - hohes Gefahrenpotential
 - Gefahren, Bedrohungen (Versagen, Verlust des Arbeitsplatzes)
 - Monotone, herabwürdigende oder bedeutungslose Arbeit
 - Lange Aufmerksamkeitsperioden ohne Ereignisse
 - Konflikte zwischen Motiven für die Arbeitsleistung
 - keine oder negative Bestätigung
 - Ablenkung

- inkonsistente Abläufe
- Physiologische Stressoren
 - Dauer der Stressbelastung
 - Ermüdung
 - Schmerz oder Diskomfort
 - Hunger oder Durst
 - extreme Temperaturen
 - Strahlung
 - extreme Beschleunigungskräfte
 - schlechte Luftqualität
 - Vibrationen
 - Einschränkung in der Bewegung
 - Fehlen körperlicher Ertüchtigung
 - Unterbrechung des Circadianen Rhythmus (Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit des Menschen von der Tageszeit)
- Personenbezogene Faktoren
 - Training und Erfahrung
 - Aktueller Stand der Geübtheit und der Fähigkeiten
 - Persönlichkeit und Einstellungen
 - Motivation und Einstellungen
 - Wissen über notwendige Arbeitsqualität
 - Geschlechterunterschiede
 - körperlicher Zustand
 - Einstellungen geprägt durch die Familie oder andere außenstehende Personen oder Organisationen
 - Identifikation mit der Gruppe

Implizit sind in den Tabellen zur Quantifizierung der Zuverlässigkeit von Personalhandlungen folgende Faktoren enthalten:

- Zeitabhängigkeit für Fehler bei der Diagnose
- Beeinflussung der Zuverlässigkeit der Diagnose bei gleichzeitigem Auftreten von zusätzlichen Ereignissen

- Möglichkeit zur Korrektur
- Nichtverfügbarkeit oder Nichtbenutzen von Prozeduren
- Einfluss des Betriebszustandes (normaler, gestörter Betriebszustand)
- Zuverlässigkeit bei der Benutzung von Dokumenten in Abhängigkeit vom Dokumententyp
- Länge einer Auflistung von durchzuführenden Arbeitsschritten
- Anzahl und Detaillierungsgrad von mündlichen Anweisungen
- Aussehen, Anordnung und Beschriftung von Anzeigen und Bedienelementen
- Art der technischen Ausführung einer Anzeige und Bedienelementen
- technische Störung einer Anzeige
- Anzahl abzulesender Ziffern
- Notwendigkeit von Berechnungen
- Ausführung des Schlüssel- und Kennzeichnungssystem
- Stress
- Anhängigkeit zwischen Handlungen
- Art der Handlung: schrittweise oder dynamisch
- Anzahl der Alarme zur selben Zeit
- Anzahl der Überprüfung einer Anzeige
- Anzahl der Tage zwischen zwei Rundgängen

3.7.1.3 HERA-PREDICT

HERA-PREDICT ist ein Verfahren, dass zur Identifikation von Fehlern im Flugbetrieb eingesetzt werden soll. In diesem Verfahren werden die beitragenden Faktoren „Contextual Conditions“ genannt. Diese sind:

- Kommunikation
- Verkehr im Luftraum

- Wetter
- Dokumentation und Prozeduren
- Training und Erfahrung
- Arbeitsplatzgestaltung und Gestaltung der Mensch-Interaktionsobjekt-Schnittstelle
- Umweltfaktoren
- Persönlichkeit
- Gruppenfaktoren

3.7.1.4 HEART

In der Methode HEART /WIL 86/ werden die beitragenden Faktoren, die die Zuverlässigkeit von Personenhandlungen beeinträchtigen können, „Error Producing Conditions (EPCs)“ genannt. Die Methode nennt folgende EPCs, absteigend sortiert nach ihrer Einflussstärke:

- Fehlende Vertrautheit mit einer Situation, die möglicherweise wichtig ist, aber nur selten und unregelmäßig auftritt oder neu ist
- Fehlende Zeit für Fehlererkennung und –behebung
- Geringer Signal-Geräusch-Abstand
- Einfachheit Informationen zu unterdrücken oder darüber hinweg zu gehen
- Schwierigkeit Information aufzunehmen
- Fehlende Übereinstimmung des mentalen Modells des Operateurs und des Konstrukteurs der Anlage
- Keine offensichtliche Möglichkeit unbeabsichtigte Handlungen rückgängig zu machen
- Überlastung der Informationskanäle, insbesondere hervorgerufen durch gleichzeitige Präsentation von nicht redundanter Information (verschiedene Informationen gleichzeitig)
- Notwendig eine Handlung zu verlernen und stattdessen eine mit einer gegensätzlichen Philosophie anzuwenden

- Notwendigkeit spezielles Wissen von einer Tätigkeit auf eine andere ohne Verluste zu übertragen
- Unklarheit über die notwendige Qualität der Arbeit
- Schlechte, mehrdeutige oder unpassende Rückmeldung des Systems
- Fehlende Übereinstimmung zwischen wahrgenommenem und realem Risiko
- Keine eindeutige, direkte und zeitnahe Bestätigung der Handlung durch den Teil des Systems, der bedient wird.
- Unerfahrenheit des Operators
- Niedrige Informationsqualität von Prozeduren oder interpersoneller Kommunikation
- Keine oder keine unabhängige Überprüfung der Ergebnisse
- Konflikt zwischen kurz- und langfristigen Zielen
- Fehlende Übereinstimmung der Ausbildung des Individuums und den Anforderungen der Aufgabe
- Ein Anreiz eine andere, aber gefährlichere Vorgehensweise zu wählen
- Wenig Gelegenheit, Körper und Geist außerhalb der Arbeit zu trainieren
- Unzuverlässige technische Einrichtungen (gerade genug, so dass es bemerkbar ist)
- Notwendigkeit einer absoluten Schätzung, die jenseits der Fähigkeiten und der Erfahrung des Operators liegen
- Unklare Zuordnung von Funktionen und Verantwortlichkeiten
- Keine offensichtliche Möglichkeit den Fortschritt während einer Tätigkeit zu beobachten
- Gefahr, dass die körperliche Leistungsfähigkeit überschritten wird
- Wenig oder keine Bedeutung der Tätigkeit
- Hohe emotionale Belastung
- Hinweise auf Krankheit des Operators, insbesondere Fieber

- Niedrige Arbeitsmoral
- Inkonsistente Bedeutung von Anzeigen und Prozeduren
- Schlechte oder feindliche Umgebungsbedingungen
- Lange Untätigkeit oder ständige Wiederholung von Tätigkeiten mit geringen mentalen Anforderungen
- Unterbrechung der normalen Schlafphasen durch die Arbeit
- Steuerung der Arbeitsgeschwindigkeit durch Eingriff von Dritten
- Mehr Gruppenmitglieder als für die Ausführung der Aufgabe notwendig
- Alter des Personals, das eine Wahrnehmungsaufgabe durchführt

3.7.1.5 INTENT

Die Methode INTENT /GER 92/ listet folgende "Performance Shaping Factors" auf, deren jeweilige Ausgestaltung/Ausprägung Einfluss auf die Zuverlässigkeit von Personenhandlungen haben kann:

- Mensch-Interaktionsobjekt-Schnittstelle
- Stress
- Fertigkeitsbasiertes, regelbasiertes oder wissensbasiertes Verhalten
- Erfahrung
- Sicherheitskultur
- Training
- Motivation
- Arbeitsbelastung
- Arbeitskontrolle
- Kommunikation
- Prozeduren

3.7.1.6 SPAR-H, HERA

Die Standardized Plant Analysis Risk Human Reliability Analysis (SPAR-H) Methode verwendet folgende Performance Shaping Factors (PSFs) /NRC 05/:

- Verfügbare Zeit
- Stress und Stressoren
- Komplexität
 - Mehrere (gleichzeitig) auftretende Fehler
 - Gleichzeitiger Ausfall mehrerer technischer Systeme
 - Hohe Anforderungen an das Gedächtnis
 - Parallele Tätigkeiten
 - Irreführende oder fehlende Indikatoren
 - Kopfrechnen erforderlich
 - Hohe Anzahl von Handlungen notwendig
 - Springen zwischen mehreren Prozeduren
 - Niedrige Fehlertoleranz
 - Hohe Anzahl von Ablenkungen
 - Systemabhängigkeiten nicht gut definiert
 - Viel Kommunikation erforderlich
 - Symptome eines Fehlers maskieren die eines anderen
 - Tätigkeit benötigt Koordination mit Tätigkeiten außerhalb der Warte
- Erfahrung /Training
- Ausgestaltung von Prozeduren
- Ergonomie der Mensch-Maschine-Interaktion
- „Fitness for Duty“: körperliche und geistige Verfassung im Hinblick auf die Tätigkeit
- Ausgestaltung der Arbeitsprozesse

Die Methode „Human Event Repository & Analysis (HERA)“ übernimmt diese und fügt noch folgende hinzu:

- Kommunikation des Personals untereinander
- Umweltfaktoren (Lärm, Temperatur, Beleuchtung, usw.)

- Gruppendynamik und Gruppencharakteristik (Art und Weise der Führung, Gruppenverhalten über einfache Kommunikation hinaus, Moral, Zusammenarbeit)

3.7.1.7 HUF

Die GRS hat für die Auswertung von menschlichen Handlungen im Rahmen von meldepflichtigen Ereignissen ein Schema erstellt, welches es erlaubt leistungsbeeinflussende Faktoren für weiterführende Analysen, wie z.B. die Ableitung von Zuverlässigkeitskennzahlen, zu kategorisieren. Dieses Schema kann in Ausschnitten aber auch als Grundlage einer prospektiven Betrachtung der Faktoren, die die menschliche Zuverlässigkeit beeinflussen, dienen. Da die Anzahl der Faktoren sehr hoch ist, werden diese hier in einer zusammengefassten Version aufgelistet.

- Information
 - Informationsqualität (Ergonomische Gestaltung von Anzeigen, Instrumenten, schriftlichen Unterlagen, Kodierungshilfen; Vollständigkeit; Zuverlässigkeit; Detaillierungsgrad, Korrektheit; Eignung)
 - Informationsmenge
 - Zeitdauer der Bereitstellung
- Personenbezogene Faktoren
 - Wissenserhalt
 - Qualifikation
 - Motivation
 - Aufmerksamkeit
 - Krankheit/Verletzung
 - Stress
 - Müdigkeit
 - Drogen/Medikamente
- Handlungsbezogene Faktoren
 - Handlungsanforderungen
 - Handlungsablauf
 - Personalkapazität
 - Verfügbarkeit, Nutzung und Eignung von Arbeitsmitteln

- Organisatorische Faktoren
 - Konzeption fehlerkompensierender Maßnahmen
 - Einfluss der Organisation auf die Gestaltung der PSFs aus den Bereichen Information, Person, Handlung, Umgebung, Sicherheitskultur
 - Konzeption fehlererkennender Maßnahmen
- Umgebungsbedingungen
- Sicherheitskultur
 - Erfahrungsrückfluss
 - Qualitätssicherung
 - Vorschlagswesen
 - Schwächung von Barrieren
 - Tolerierung von Fehlern
 - Tolerierung von Verstößen gegen Regeln, Richtlinien und Anweisungen

3.7.2 Ableitung von Faktoren für die Auditierung

Die Ableitung der Faktoren für die Auditierung erfolgt auf Basis der zuvor dargestellten beitragenden Faktoren der einzelnen HRA-Methoden. Die gefundenen Faktoren werden zunächst anhand des Mensch-Interaktionsobjekt-Modells strukturiert und zur Vereinfachung der Handhabbarkeit in weitere Faktorengruppen untergliedert. Teilweise ist eine eindeutige Zuordnung nicht möglich, deshalb wird eine der Alternativen gewählt. Eine mehrfache Auflistung von Faktoren wird so weitestgehend vermieden.

Somit ergibt sich für die Faktoren, die die Zuverlässigkeit von Personenhandlungen beeinflussen können folgende Grundstruktur:

- PSFs durch die Eigenschaften und Fähigkeiten der Person
- PSFs durch die Eigenschaften des Interaktionsobjektes
- PSFs durch die Eigenschaften der Situation
- PSFs durch Regeln

Es sei hier nochmals darauf hingewiesen, dass bei der Ableitung der Faktoren für die Auditierung das Ziel einer nach Stand der Wissenschaft möglichst vollständigen Erfas-

sung aller die Zuverlässigkeit beeinflussenden Faktoren verfolgt wird. Auf rechtliche Belange bei der Erhebung wurde dabei keine Rücksicht genommen. Die praktische Durchführung des Audits unterliegt ggf. bei einigen der aufgeführten Faktoren rechtlichen Einschränkungen, welche sie von einer Erhebung ausschließen. Neben den rechtlichen Belangen ist weiter zu berücksichtigen, ob durch die Erhebung einiger der aufgeführten Faktoren eine Belastung des Vertrauensverhältnisses zwischen den Mitarbeitern, Vorgesetzten, der Anlageleitung und der Aufsicht entstehen könnte. Hier ist eine Abwägung zwischen Informationsgewinn und Vertrauensverlust zu treffen.

3.7.2.1 PSFs durch die Eigenschaften und Fähigkeiten der Person

Die Eigenschaften der Person, hier auch bezeichnet als interne Faktoren, beschreiben einen Teil des aktuellen Zustandes des Menschen. Dies kann z.B. sein aktuelles Wissen, sein aktueller Gesundheitszustand, seine aktuelle geistige und körperliche Leistungsfähigkeit sein. Diese Auflistung zeigt bereits, dass diese Faktoren nicht voneinander unabhängig sind. Auf die Abhängigkeiten zwischen den Faktoren kann aufgrund ihrer Komplexität hier allerdings nicht eingegangen werden.

Die Auflistung deutet ebenfalls an, was für einen Großteil der internen Faktoren gilt: eine Erfassung ist nur, wenn überhaupt, mit sehr großen Aufwand möglich (z.B. durch psychologische Tests, Leistungstests, Gesundheitsuntersuchungen). Dieser Aufwand lässt sich im Rahmen eines Auditierungsverfahrens aufgrund des hohen Ressourcenbedarfs nicht realisieren. Deshalb wird auf den Zustand der internen Faktoren (z.B. Wissen) durch die Betrachtung von externen Faktoren (z.B. Schulung) geschlossen, von denen eine Beeinflussung belegt ist oder angenommen wird.

Weiterhin ist festzustellen, dass für eine Reihe der genannten Faktoren die formalen Voraussetzungen für eine Erfassung (noch) nicht gegeben sind (z.B. regulatorische Grundlagen). Im vorliegenden Projekt wird das Ziel verfolgt eine aus fachlicher Sicht möglichst umfassende Methode zu entwickeln. Es werden daher solche Faktoren berücksichtigt, auch wenn sie in der Praxis, z.B. wegen fehlender regulatorischer Grundlagen nicht auditiert werden können.

Prinzipiell ist anzumerken, dass jeder der im späteren dargestellten externen Faktoren (Regeln, Situation, Interaktionsobjekt) eine Auswirkung auf interne Faktoren des Menschen hat und dadurch dessen Leistung beeinflusst. Allerdings ist bei vielen Faktoren

nur die Auswirkung auf das Verhalten des Menschen bekannt, nicht aber der Wirkmechanismus wie der Einfluss der externen Faktoren auf die internen Faktoren das Verhalten des Menschen generiert. Diese Unkenntnis der Wirkmechanismen ist aber für ein Audit, welches das Ziel verfolgt, die Rahmenbedingungen für Handlungen zu erfassen und ggf. zu verbessern, nicht von Bedeutung.

Weiterhin ist anzumerken, dass die Verbalisierung der internen Faktoren ein Hilfsmittel ist, um das komplexe System „Mensch“ zu beschreiben. Sie stellt somit eine Art der Modellierung dar. Eine Modellierung geht aber immer mit Vereinfachungen einher, schon aufgrund der Grenzen der Verbalisierbarkeit. Durch die Modellierung können somit auch nicht alle Eigenschaften umfassend dargestellt werden. So werden hier z.B. die Faktoren Wissen, Kognition, Motivation, Persönlichkeit, Ziele und Erfahrung aufgeführt, was eine starke Vereinfachung der ganzheitlichen und eng vernetzten Abläufe im Gehirn darstellt. Auf diese Komplexität kann allerdings im Rahmen einer Auditierung nicht eingegangen werden, nicht zuletzt auch aufgrund des bis heute nur lückenhaften Wissens über die Abläufe im Gehirn.

Im Nachfolgenden werden nun die internen und die jeweils zugehörigen beeinflussenden externen Faktoren beschrieben. Zur Verbesserung der Übersicht im Dokument starten die Gliederungspunkte mit menschbezogenen Faktoren mit dem Buchstaben „M“.

M.1 Wissen, Erfahrung und kognitive Fähigkeiten

Der Mensch verfügt über die Fähigkeit, Informationen aufzunehmen, zu verarbeiten und zu speichern. Aus den im Gehirn gespeicherten Informationen und den wahrgenommenen situativen Randbedingungen ergibt sich das Handeln des Menschen. Es ist anzumerken, dass das Wort Information hier in einem globaleren Sinn als reine Sachinformation verstanden wird. Die gespeicherte Information wird durch die sich ständig verändernde Gesamtstruktur des Gehirns repräsentiert, welche Sachwissen, Ziele, gesellschaftliche Normen, Verhaltensweisen, Fähigkeiten, usw. enthält, kurz das Individuum definiert. Diese Information ist allerdings rein subjektiv. Sie ist entstanden durch die Interpretation der Wahrnehmungen. Somit können die im Gehirn gespeicherten Informationen Verzerrungen gegenüber der Wirklichkeit aufweisen. Dies wird gefördert durch das ständige Überlagern mit neu aufgenommenen Informationen, sogenannten Interferenzen, und dem Mechanismus des Vergessens.

Die Forschung steht erst am Anfang einen tieferen Einblick in die Abläufe im Gehirn zu gewinnen. Von diesen komplexen Abläufen im Gehirn werden nun die Teilbereiche, die semantisch in den Begriffen Wissen, Erfahrung und kognitive Fähigkeiten beschrieben werden können, als sich wechselseitig beeinflussende Parameter herausgegriffen, da auf sie durch externe Maßnahmen relativ leicht eingewirkt werden kann.

Der positive Einfluss eines hohen Grades an Wissen, Erfahrung und kognitiven Fähigkeiten auf die Zuverlässigkeit von Personenhandlungen ist trivial und wird hier nicht weiter diskutiert.

Es sollte aber nicht unerwähnt bleiben, dass diese Faktoren auch negativen Einfluss auf die Zuverlässigkeit haben können. Gerade bei Handlungsabläufen oder Situationen, die einer der Person präsenten (zeitlich nahen oder hoch geübten) Handlung oder Situation ähneln, kann es zu Fehlhandlungen oder Fehlschlüssen kommen. Auch bei Ereignissen, die sehr selten auftreten oder nach informeller Übereinkunft für unmöglich gehalten werden, kann die Erfahrung und das Wissen des Mitarbeiters dazu führen, dass das Ereignis nicht erkannt wird und der Fehler zunächst anders attribuiert wird (/SWA 83/).

Prinzipiell können Wissen, Erfahrung und kognitive Fähigkeiten durch entsprechende Tests angenähert ermittelt werden oder zumindest testspezifisch verglichen werden. Eine solche Datengewinnung ist allerdings aufgrund des hohen Ressourcenbedarfs im Rahmen eines Audits nicht durchführbar.

Deshalb beschränkt sich die Auditierung auf äußere Faktoren, die Wissen, Erfahrung und kognitive Fähigkeiten beeinflussen können.

Es ist anzumerken, dass sich durch ausschließliche Betrachtung externer beeinflussender Faktoren eine gewisse Unschärfe gegenüber der tatsächlichen Ausprägung der inneren Faktoren ergibt. Diese Unschärfe wäre aber auch von den oben erwähnten Tests zur direkten Überprüfung der inneren Faktoren zu erwarten.

Die inneren Faktoren Wissen, Erfahrung und kognitive Fähigkeiten können durch die im Folgenden beschriebenen äußeren Faktoren beeinflusst werden.

M.1.1 Personalauswahl

Die Personalauswahl legt den Grundstein, auf dem die weiteren Fähigkeiten aufgebaut werden. Das ausgewählte Personal sollte von seiner Ausbildungsrichtung, von seinen Grundfähigkeiten und seinen bisherigen Erfahrungen für die auszuführende Tätigkeit geeignet sein. Ist dies nicht der Fall, so kann dies Auswirkungen auf die Zuverlässigkeit der Handlungen der Person haben.

Im Rahmen des Audits ist zu überprüfen ob diese Kriterien ausreichend erfüllt sind.

M.1.2 Einarbeitung und Einweisung

Eine qualifizierte fachliche Einweisung erleichtert einem Mitarbeitern erheblich den Einstieg in eine neue Aufgabe und den damit verbunden Aufbau von Wissen und Erfahrung. Insbesondere der informelle Fluss von Informationen ist hierbei von Bedeutung. (Anmerkung: Generell sollte bei geeigneter Schulung ein solcher informeller Informationsfluss nicht notwendig sein. Sein Auftreten kann somit z.B. auf Defizite im Bereich der Schulung oder der Personalauswahl hinweisen.)

Im Rahmen des Audits ist zu überprüfen, ob der Mitarbeiter im Arbeitssystem eine solche Einweisung erhalten hat, welche Inhalte ihm vermittelt wurden und welche Qualifikation der Einweisende hatte.

M.1.3 Schulung, Training und Praxis

Die Schulung ist ein zentraler Bestandteil der Ausbildung des Mitarbeiters für die Arbeit in der Anlage. Die Inhalte und die Güte der Schulungen stehen im unmittelbaren Zusammenhang mit dem Wissen, das durch den Mitarbeiter über seinen Tätigkeitsbereich und darüber hinaus erworben werden kann.

Im Rahmen des Audits ist zu überprüfen, ob der Mitarbeiter für seinen Tätigkeitsbereich sowohl formal wie auch inhaltlich adäquat geschult wurde.

Die regelmäßige Durchführung von Tätigkeiten im Rahmen von Trainings und in der Praxis ist ein essentieller Bestandteil zum Erhalt von Wissen, Erfahrung und Fertigkeiten, die in der Schulung erworben wurden.

Im Rahmen des Audits ist zu überprüfen, ob der Mitarbeiter für die Tätigkeit sowohl formal wie auch inhaltlich ausreichend trainiert wurde bzw. ob eine ausreichende Praxis (regelmäßige Ausführung der Tätigkeit) vorliegt.

M.1.4 Erfahrungsrückfluss

Der Erfahrungsrückfluss aus der eigenen Anlage oder aus Anlagen mit ähnlichen Komponenten dient dem Aufbau von anlagenspezifischem Wissen. Der Erfahrungsrückfluss ist insbesondere für die Vermeidung von wiederholtem Auftreten von gleichen oder ähnlichen Fehlhandlungen wichtig.

Im Rahmen des Audits ist zu überprüfen, ob der Mitarbeiter einen ausreichenden Erfahrungsrückfluss erhält und ob ihm die entsprechenden Zeitressourcen zur Verfügung stehen, um sich damit zu befassen.

M.1.5 Vorbereitung

Gerade bei inhaltlich wechselnden Tätigkeiten ist eine adäquate Vorbereitung auf die anstehende Arbeit im Hinblick auf die Vermeidung von Fehlern unerlässlich.

Im Rahmen des Audits ist zu prüfen, ob der Mitarbeiter eine ausreichende Vorbereitung für die Tätigkeit durchführt und ob ihm die entsprechenden Ressourcen für die Durchführung der Vorbereitung (Unterlagen, Zeit, usw.) zur Verfügung stehen.

M.2 Motivation und Arbeitszufriedenheit

Als Motivation wird der innere Antrieb des Menschen zum Handeln bezeichnet.

Nicht vorhandene Motivation, d.h. fehlender Antrieb zum Handeln, würde bei einer Anforderung aus Sicht der menschlichen Zuverlässigkeit einen hundertprozentigen Ausfall bedeuten. Erst bei einer irgendwie gearteten Motivation zum Handeln im Sinne der Aufgabenstellung kann dieser Wert unter 100 % fallen. In der Literatur ist vielfach dokumentiert (z.B. /BUB 92/, /BAI 05/, /SWA 83/), dass der Motivation eine Bedeutung als Einflussgröße der menschlichen Zuverlässigkeit zugemessen wird. Inwieweit die Mo-

tivation neben anderen Faktoren in verschiedenen Situationen der jeweils entscheidende Faktor für die Zuverlässigkeit ist, lässt sich nicht eindeutig beantworten.

Die Untersuchung der menschlichen Motivation ist ein sehr breites Forschungsfeld, das verschiedene Ansichten, Ansätze und Modelle hervorgebracht hat, die nur zu einem geringen Teil empirisch belegt sind. Für das Auditierungsverfahren werden die Arbeitsmotivation beeinflussende Faktoren nach Herzberg /HER 08/ verwendet, da sie auf einer sehr breiten Datenbasis ermittelt wurden und auch gut zu anderen Theorien der Motivationsbildung (z.B. von Maslow /MAS 81/) in Beziehung gesetzt werden können.

Basierend auf einer Befragung von Mitarbeiter, wann sie sich bei Ihrer Arbeit schlecht gefühlt haben, leitete Herzberg Faktoren ab, die die Arbeitszufriedenheit und Motivation beeinflussen. Diese teilte er aufgrund seiner Beobachtungen weiter in sogenannte Hygienefaktoren und Motivatoren ein. Hygienefaktoren müssen erfüllt sein, um keine Unzufriedenheit hervorzurufen. Sie rufen aber nicht zwangsweise Motivation hervor. Sind Motivatoren vorhanden, rufen diese in der Regel Motivation hervor, ihre Abwesenheit aber nicht zwangsweise Unzufriedenheit. Auf Basis seiner Untersuchungen fand Herzberg folgende Motivatoren und Hygienefaktoren:

- Motivatoren
 - Leistungserlebnis: Möglichkeiten, den Erfolg eigener Leistung zu sehen
 - Anerkennung durch andere
 - Arbeitsinhalt: Arbeit stimmt mit den Fähigkeiten und Vorstellungen über eine Tätigkeit überein
 - Verantwortung: Möglichkeit, nach eigenen Vorstellungen Verantwortung zu übernehmen
 - Beförderung: Möglichkeit, nach eigenen Vorstellungen beruflich aufzusteigen und/oder besser bezahlt zu werden
 - Wachstum: Möglichkeiten, sich nach eigenen Vorstellungen weiter zu entwickeln (z.B. neue fachliche Kenntnisse und Fähigkeiten zu erwerben)
- Hygienefaktoren
 - Unternehmenspolitik/interne Organisation (z.B. Personalpolitik, Abwicklung von Verwaltungsaufgaben)

- fachliche Führung/Aufsicht (z.B. Rückmeldung des/der Vorgesetzten zur geleisteten Arbeit)
- Beziehungen zu Vorgesetzten (z.B. Vertrauen, das die/der Vorgesetzte entgegenbringt, Verhalten des/der Vorgesetzten, wenn Probleme auftauchen)
- Arbeitsbedingungen (z.B. Essensversorgung, Räumlichkeiten, Schutzmaßnahmen, Arbeitsmittel, Mobiliar, Arbeitszeiten)
- Entlohnung (z.B. Vergütung, Sozialleistungen/-einrichtungen)
- Beziehungen zu Kollegen (z.B. Vertrauen, Zusammenarbeit, Verhalten, wenn Probleme auftauchen)
- Privatleben
- Beziehungen zu Untergebenen (z.B. Vertrauen, Zusammenarbeit, Verhalten, wenn Probleme auftauchen)
- Status (z.B. großes Büro, Dienstwagen)
- Sicherheit (z.B. Arbeitsplatzsicherheit)

Spätere Untersuchungen haben gezeigt, dass die von Herzberg gewählte Kategorisierung zu straff ist, da mit zunehmender Gewöhnung auch Motivatoren für selbstverständlich hingenommen werden können und aus ihnen keine Motivation mehr erwächst. Erst bei erneuter Befriedigung eines Mangels erwächst daraus wieder Motivation. Im Bewusstsein dessen wird trotzdem die Kategorisierung Herzbergs beibehalten, da sich aus ihr für das Auditierungsverfahren kein Nachteil ergibt. Hinsichtlich einer Optimalsituation sollten sowohl Motivatoren wie auch Hygienefaktoren erfüllt sein.

In der Literatur wurde Kritik geäußert /HFE 06/, dass dem Modell von Herzberg ein zu einfaches Konstrukt hinsichtlich der Motivationsbildung zugrunde gelegt ist. Dieser Meinung wird zugestimmt. Allerdings scheint es bis jetzt auch auf Basis von elaborierteren (komplexeren) Konstrukten nicht möglich, im Rahmen eines Audits die tatsächliche Motivation des Mitarbeiters zu bestimmen. Die optimale Ausprägung der Faktoren nach Herzberg scheint aber das Vorhandensein von Arbeitsmotivation begünstigen. Deshalb werden diese externen Faktoren zur Beurteilung der Voraussetzungen für Motivation und Arbeitszufriedenheit des Mitarbeiters herangezogen. Dies erfolgt in dem Bewusstsein, dass damit nicht alle Faktoren und Zusammenhänge erfasst sind, die die Arbeitsmotivation des Mitarbeiters erklären.

Parallel zu dem Modell von Herzberg erscheint ein weiteres Motivations-Modell erwähnenswert. Die „Fairness“-Theorie /CAR 78/ geht davon aus, dass der Mensch alle sei-

ne „Inputs“ (z.B. Zeit, Fachkunde, Qualifikation, Erfahrung) und seine „Outputs“ (Gehalt, Sonderzahlungen, flexible Arbeitszeit) anhand seiner inneren Standards unter Berücksichtigung der Input/Output-Verhältnisses anderer Mitarbeiter vergleicht. Liegt der bewertete Output unter dem bewerteten Input oder sind die bewerteten Input/Output-Verhältnisse anderer Mitarbeiter günstiger, so löst dies Unzufriedenheit aus. Der Mensch wird versuchen, diese für ihn subjektiv empfundenen Missverhältnisse auszugleichen. Dies kann auf unterschiedlichste Weise passieren. Entweder er versucht, seinen Input zu senken oder durch veränderte Zielsetzungen und Verhandlungen mit dem Arbeitgeber seinen Output zu steigern. Ist dies nicht möglich und ist die bewertete Diskrepanz hoch, so kann dies dazu führen, dass der Mitarbeiter das Unternehmen verlässt.

Insbesondere die Reduzierung des Inputs durch den Mitarbeiter ist hinsichtlich der Zuverlässigkeit von Personenhandlungen als kritisch anzusehen.

Dieses „Fairness“-Modell zeigt, dass der Mensch interne Gerechtigkeitsmaßstäbe anwendet. Werden diese verletzt, so wird dies als ungerecht empfunden. Dies manifestiert sich in Unzufriedenheit des Mitarbeiters.

Nachfolgend einige Beispiele:

- überhöhte Managergehälter, die allein durch Arbeitsbelastung, Verantwortung und Unsicherheit der Position für den durchschnittlichen Mitarbeiter nicht mehr nachvollziehbar sind
- in einer Abteilung wird eine Modernisierung/Renovierung durchgeführt in der anderen nicht
- inkonsistente Lohnpolitik, Output korreliert nicht mit den Inputs (s.o.)

Firebaugh scheint in neueren Studien anhand der Auswertung von Befragungen belegen zu können, dass sowohl die absolute Höhe des Einkommens /FIR 06/ wie auch die Höhe des Einkommens in Relation zu den Kollegen /FIR 05/ die Zufriedenheit bestimmen. Damit bestätigt sich empirisch zumindest zum Teil die oben ausgeführte "Fairness"-Theorie.

Im Rahmen des Audits muss überprüft werden, welche Ausprägung die oben beschriebenen Faktoren haben, die die Arbeitszufriedenheit und respektive die Motivation beeinflussen können.

M.3 Körperliche und geistige Leistungsfähigkeit

Die körperliche und geistige Leistungsfähigkeit sind die Grundlage für die Leistungserbringung. Das biologische System Mensch kann einerseits aus seiner Prädisposition Eigenschaften aufweisen, die eine verringerte Leistungsfähigkeit zu Folge haben. Andererseits gibt es auch Einflussfaktoren, die während der Lebenszeit Einfluss auf das biologische System Mensch haben können und damit dessen Leistung bestimmen. Prädispositionelle Faktoren, die Einfluss auf die Leistungsfähigkeit des biologischen Systems Mensch ausüben, sind z.B.:

- Intelligenz
- Behinderung
- Geschlecht

Hinsichtlich der meisten Faktoren, die aus der Prädisposition resultieren, kann angenommen werden, dass schon alleine durch die Personalauswahl und die anschließende Schulung eine gewisse Filterfunktion hinsichtlich der körperlichen und geistigen Eignung für die Arbeit im KKW ausgeübt wird. Diese Faktoren werden deshalb im Weiteren vernachlässigt. Sie sind aber im Audit zum Teil implizit in anderen Faktoren enthalten (körperliche Fähigkeiten → ergonomische Gestaltung, Intelligenz → Ausbildung, Wissen, usw.)

Faktoren, die während der Lebenszeit die Leistungsfähigkeit beeinflussen können sind z.B.:

- Circadianer Rhythmus (Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit des Menschen von der Tageszeit)
- Krankheit
- Suchtmittel und Medikamente
- Schlaf

- Kondition (Übung und Training)

Faktoren, die erst während der Lebenszeit auftreten, entziehen sich weitestgehend dem oben beschriebenen Filterungsprozess. Zur einigermaßen adäquaten Beherrschung dieser Faktoren wäre eine tägliche geistige und körperliche Überprüfung, insbesondere auf leistungsbeeinträchtigende Substanzen notwendig. Dies wird aufgrund des damit verbundenen Aufwandes als nicht durchführbar erachtet. Längerfristige Entwicklungen sollten aber durch regelmäßige ärztliche Überprüfungen sowie Stichproben hinsichtlich leistungsbeeinträchtigender Substanzen aufgedeckt werden können. Da einige dieser Maßnahmen in die Persönlichkeitsrechte des Menschen eingreifen, müssten hierzu die entsprechenden rechtlichen Grundlagen geschaffen werden.

Hinsichtlich des Audits ist man bei den meisten der oben genannten Faktoren auf freiwillige Aussagen des Mitarbeiters angewiesen, wobei die Verlässlichkeit der Antworten als gering einzuschätzen ist. Die Möglichkeit des Zugriffs auf ärztliche Unterlagen sowie auf Krankmeldungen wird aufgrund der rechtlichen Randbedingungen als eher unwahrscheinlich eingestuft.

Eine Sonderrolle bei den aufgeführten Faktoren nimmt der Circadiane Rhythmus ein. Durch ihn ist die Leistungsfähigkeit des Menschen aufgrund von biologischen Prozessen im Körper über den Verlauf eines Tages zu einem gewissen Maß bestimmt. Der Circadiane Rhythmus wird später im Abschnitt "zeitlichen Aspekte der Situation" im Zusammenhang mit den Arbeitszeiten und Schichtarbeit detaillierter diskutiert.

M.4 Persönlichkeitseigenschaften

Eine Persönlichkeitseigenschaft ist eine relativ zeitstabile Variable, welche Aspekte des Verhaltens einer Person in bestimmten Situationen beschreiben und vorhersagen soll.

Persönlichkeitseigenschaften, die im Arbeitsumfeld hinsichtlich der Zuverlässigkeit von Personenhandlungen eine Rolle spielen können, sind z.B.:

- Neigung zur kritischen Überprüfung der eigenen Tätigkeiten
- hinterfragende Grundeinstellung
- Angst vor Versagen in bestimmten Situationen

- Tendenz zu unsicheren Arbeitspraktiken
- Leistungsentwicklung unter Stress (/SWA 83/)
- Bestechlichkeit (/SWA 83/)
- Verhalten in der Gruppe (/SWA 83/)
- Verhalten in kritischen Situationen

Swain (/SWA 83/) geht davon aus, dass die von ihm genannten Persönlichkeitseigenschaften in ihrer negativen Ausprägung bereits durch den Personalauswahlprozess herausgefiltert werden und erachtet sie deshalb nicht als wichtige beeinflussende Faktoren im KKW. Zudem beurteilt er die Kontrolle und Beeinflussbarkeit dieser Faktoren als gering und wendet sich deshalb anderen, beeinflussbareren Faktoren zu.

Die Beurteilung der Persönlichkeitseigenschaften im Rahmen des Audits wird als sehr schwierig eingestuft. Eine Erhebung könnte durch Befragung der Personen selbst sowie deren Kollegen erfolgen. Auch die Beobachtung des Verhaltens könnte Rückschlüsse auf die Persönlichkeitseigenschaften der Person liefern. Alle diese Methoden werden aber unter den Bedingungen eines Audits als nicht sehr verlässlich eingeschätzt.

Es wird deshalb der Weg einer indirekten Beurteilung der Persönlichkeitsmerkmale über die Inhalte von Ausbildung und Training besprochen, da diese längerfristig Einfluss auf Persönlichkeitseigenschaften ausüben können.

Im Rahmen des Audits sind die Ausbildungs- und Trainingsinhalte hinsichtlich der Förderung von sicherheitsgerichtetem Verhalten zu untersuchen.

M.5 Persönliche Ziele, Einstellungen, Probleme

Persönliche Ziele, Einstellungen (z.B. Sicherheitskultur) und Probleme können einen erheblichen Einfluss auf das Verhalten haben, insbesondere, wenn sie mit Zielen der Aufgabe oder Tätigkeit in Konflikt stehen. Im Rahmen des Audits wäre man für eine direkte Erhebung dieser Faktoren auf die in diesem Fall als wenig verlässlich zu beurteilenden Methoden der Befragung und Beobachtung angewiesen.

Das Auditierungsverfahren betrachtet deshalb diese Faktoren nicht explizit, schärft aber die Aufmerksamkeit des Auditors für die Problematik. Implizit sind einige Aspekte dieser Faktoren in den externen Faktoren Situation, Interaktionsobjekt und Regeln enthalten. So kann z.B. durch die zeitliche Lage einer sicherheitsrelevanten Tätigkeit am Ende oder in der Mitte der Schicht gesteuert werden, ob eine Neigung des Mitarbeiters besteht, die Arbeit möglichst schnell abzuschließen oder nicht (mit möglichem Einfluss auf die Fehlerrate).

M.6 Kognitive Mechanismen

Neben den beschriebenen Eigenschaften des Menschen können Effekte auftreten, die das Verhalten in bestimmten Situationen negativ beeinflussen. Die Effekte wurden im Rahmen psychologischer Forschungen entdeckt und dokumentiert. Sie liegen in Aufbau und Arbeitsweise des menschlichen Gehirns begründet, welches oft auf Basis unzureichender Informationen und Verarbeitungsressourcen relevante Information wahrnehmen, Inhalte mit dem Gedächtnis vergleichen, Informationen beurteilen, Entscheidungen fällen, Handlungen planen und ausführen muss. Im Laufe der Evolution haben sich Mechanismen entwickelt, die dieser Aufgabe im Hinblick auf das Überleben in einen zeitlich angemessenen Rahmen gerecht werden, allerdings mit dem Nachteil, dass diese in bestimmten Situationen zu Fehlhandlungen führen können.

Im Folgenden sind einige mögliche Effekte aufgeführt und beschrieben /SHO 02/:

- Assoziationen, Verwechslung, Interferenz, Gewohnheit
 - Signalkonstellationen werden mit ähnlichen verwechselt
 - beim Abruf aus dem Gedächtnis erfolgt die Verwechslung mit ähnlichen Inhalten
 - Gewohnte Handlungen nehmen Einfluss auf situationsspezifische Handlungen
- Fixierung
 - die Wahrnehmung ist auf bestimmte Signale fixiert, andere Signale werden ignoriert
 - es werden nur bestimmte Informationen aus dem Gedächtnis abgerufen, andere sind blockiert

- Beurteilung, Planung und Entscheidung sind auf eine bestimmte Beschreibung der Realität (kann richtig oder falsch sein) fixiert, andere Beschreibungen werden nicht (mehr) in Erwägung gezogen
- Erwartungen und Annahmen
 - es werden nur Signale wahrgenommen, die den Erwartungen entsprechen
 - Beurteilung, Planung und Entscheidung erfolgt auf Basis falscher Annahmen
- Überlastung und Unterforderung
 - Überlastung bei der Informationsaufnahme
 - verminderte Vigilanz (Wachheit oder auch Daueraufmerksamkeit) durch Unterlast
 - Überlastung des Gedächtnisses; zu viele Informationen gleichzeitig zu merken
 - Unfähigkeit zur Beurteilung, Planung und Entscheidung
- Komplexität und Verstehen
 - bei zu hoher Komplexität können Inhalte nur unzureichend erlernt werden
 - bei Beurteilung, Planung und Entscheidungen werden ggf. einzelne Fakten und Zusammenhänge außer acht gelassen. Der Beurteilung, Planung und Entscheidung liegt kein vollständiges Bild der Situation zu Grunde.
- Interne Ablenkung
 - Aufmerksamkeit und Wahrnehmung gestört
 - Erinnern gestört

Weitere Mechanismen, die zum Teil mit den oben aufgeführten korrespondieren, werden von /SEM 96/ unter Verweis auf andere Autoren zusammengefasst:

- bevorzugtes Achten auf auffällige Information, auch wenn diese nicht unbedingt die Wichtigste ist
- bevorzugtes Achten auf Information, die zuerst eintrifft, später eintreffende Information wird weniger beachtet
- Abbrechen der Suche nach alternativen Möglichkeiten, wenn eine plausible gefunden wurde

- bevorzugtes Achten auf Informationen, welche die gefasste Meinung unterstützen, Ignorieren von widersprechenden Informationen
- es werden Erklärungen gesucht, die zur gebildeten Meinung passen, Widersprüche werden "wegekürzt"
- Routinehandlungen lassen sich nur schwer umlernen
- Routinehandlungen werden in passenden, aber auch in scheinbar passenden Situationen quasi automatisch ausgelöst
- unter Stress besteht die Tendenz zur Vereinfachung von Handlungen, häufig wird dabei auf ggf. veraltete Routinehandlungen zurückgegriffen
- ist die Aufmerksamkeit auf andere Dinge gerichtet und tritt gleichzeitig eine anscheinend bekannte Situation auf, so können ggf. veraltete Handlungsprotokolle aktiviert werden

/DÖR 87/ zählt weitere negative Effekte auf, die in komplexen Situationen und in Situationen, in denen die Versuchspersonen die Kontrolle über die Situation verloren haben, beobachtet wurden:

- unzureichende Berücksichtigung der zeitlichen Entwicklung von Prozessen
- Probleme im Umgang mit exponentiellen Entwicklungen
- Denken in Kausalketten und nicht in kausal verknüpften Netzen
- Thematisches Vagabundieren (es wird zwischen den Aufgaben in schneller Folge gewechselt, wobei die Aufgaben nur oberflächlich bearbeitet werden)
- Abkapselung (Beschränkung auf Bereiche, die leicht zu kontrollieren sind)
- Abnahme in der Anzahl der Entscheidungen
- Tendenz zu Delegieren
- Externe Schuldsuche
- Verminderung der Anzahl der Selbstreflexionen
- Verringerung der Anzahl der Pläne
- Anstieg von stereotypen Verhalten

- abnehmende Überprüfung der Umsetzung von Plänen
- Zunahme von risikofreudigem Verhalten
- Zunahme der Verstöße gegen Regeln und Richtlinien
- Zunahme der Tendenz, aus der Situation zu flüchten
- Hypothesenerstellung wird allgemeiner
- Suche nach Fakten, die die gewählte Hypothese stützen
- Ziele werden weniger konkret

/HOL 06/ berichtet über in der Betriebserfahrung beobachtete psychologische Effekte:

- Unzureichende Bereitschaft umzudenken („es hat immer so funktioniert“)
- Direkte Verfügbarkeit einer „Lösung“ (die ähnlichste Variante nehmen, das einfachste machen)
- Ungeprüfte Schlussfolgerungen auf Basis von oberflächlichen Informationen
- Übermäßiges Selbstvertrauen („ich bin mir absolut sicher“)
- Überlastung des Gedächtnisses
- „aus den Augen aus dem Sinn“-Effekt
- Benutzen der falschen Analogie

Die hier dargestellten Effekte geben nur einen kleinen Überblick der Phänomene, die bei der menschlichen Informationsverarbeitung beobachtet wurden. Für weiterführende Informationen wird auf /GRS 03/ und auf weiterführende Fachliteratur verwiesen.

/SEM 96/ empfiehlt, dass bekannte kognitive Mechanismen bei der Schulung des Personals unterrichtet werden sollten, um dadurch die Aufmerksamkeit diesbezüglich zu schärfen.

Im Rahmen des Audits erscheint es sinnvoll diese Empfehlung aufzugreifen und als Anforderung für die Schulung formulieren. Es muss somit im Audit überprüft werden, ob die Schulung in der Anlage dieser Anforderung gerecht wird.

3.7.2.2 PSFs durch die Eigenschaften des Interaktionsobjektes

Die im Folgenden beschriebenen Eigenschaften des Interaktionsobjektes, welche die Zuverlässigkeit beeinflussen können, sind ein Sammelsurium von Erkenntnissen aus wissenschaftlichen Studien oder Theorien. Soweit dies möglich ist, wird für jeden dieser leistungsbeeinflussenden Faktoren die Wirkkette beschrieben und, falls vorhanden, werden entsprechende Verweise auf Quellen sowie wissenschaftliche Studien gemacht, die den Einfluss des Faktors auf die Zuverlässigkeit belegen.

Die leistungsbeeinflussenden Faktoren des Interaktionsobjektes werden hier weiter in "Systemverhalten" und "Gestaltung der Schnittstelle zum Menschen" unterteilt.

"Systemverhalten" spiegelt Faktoren wieder, die aus dem technischen Ablauf des Interaktionsobjektes aufgrund eines Design- und Konstruktionsprozesses hinsichtlich einer zu erfüllenden Funktion innewohnen. Demgegenüber steht die Gestaltung der Schnittstelle zum Menschen, die Ergebnis eines Design- und Konstruktionsprozesse mit dem Ziel der Steuerbarkeit des Systems ist (bzw. sein sollte).

Die Schnittstelle zum Menschen kann hierbei zum Teil als Moderator dienen, um das Systemverhalten für den Menschen durchschaubar und kontrollierbar zu machen.

Zur Verbesserung der Übersicht im Dokument starten die Gliederungspunkte mit Faktoren des Interaktionsobjektes mit dem Buchstaben „O“.

O.1 Systemverhalten

Grundsätzlich muss das Systemverhalten für den Handelnden durchschaubar, vorhersehbar und kontrollierbar sein.

Ist das Systemverhalten vom Handelnden nicht durchschaubar, so wird das Verhalten als zufällig betrachtet oder es werden fehlerhafte Vorstellungen über die Funktionsweise gebildet, welche bei Handlungen an dem System zu Fehlern führen können.

Ist das Systemverhalten für den Handelnden nicht vorhersagbar, so sind keine kontrollierten Handlungen zur Erstellung eines Systemergebnisses möglich. Ggf. werden mentale Modelle über die Funktionsweise des Systems gebildet, die eine

Vorhersagbarkeit temporär vortäuschen. Aus diesen fehlerhaften Modellen können sich wiederum Fehlhandlungen ableiten.

Bei einem System, das nicht beeinflussbar ist, entzieht sich der Ablauf im System den Eingriffen des Handelnden. Auch hier kann es vorkommen, dass der Handelnde durch falsche mentale Modelle die Illusion der Beeinflussbarkeit über längere Zeit aufrecht erhält und aus diesen Modellen Fehlhandlungen resultieren.

Neben Durchschaubarkeit, Vorhersagbarkeit und Kontrollierbarkeit existieren weitere Faktoren, die Einfluss auf die Zuverlässigkeit von Personenhandlungen haben können, da Grenzen der menschlichen Leistungsfähigkeit überschritten werden:

- Nichtlinearität des Systemverhaltens: In Studien konnte gezeigt werden, dass dem Menschen der Umgang mit nichtlinearem Systemverhalten bei der adäquaten Handlungsplanung Schwierigkeiten bereitet /DÖR 92/. Dies kann ggf. durch eine Linearisierung über die Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle oder durch Änderung des zu regelnden Parameters kompensiert werden. Auch prognostische Anzeigen könnten hierbei unterstützend wirken.
- Trägheit des Systems: bei Systemen, die mit Trägheit behaftet sind, erfährt der Bediener des Systems ein Rückmeldungsdefizit über die Auswirkung seiner Handlungen, da diese erst zeitverzögert erfolgt. In solchen Situationen neigt der Mensch zu einer Übersteuerung des Systems, was unter Umständen im weiteren Ablauf der Systemregelung zu Regelschwingungen und Resonanzen führen kann. Die Beherrschung träger System kann ggf. durch den Einsatz von prognostischen Anzeigen verbessert werden.
- Geschwindigkeit der Systemabläufe: Sowohl bei sehr schnellen wie auch bei sehr langsamen Vorgängen stößt der Mensch an seine Grenzen. Sehr schnelle Abläufe können oberhalb der maximalen Erkennungs-, Verarbeitungs- und Regelgeschwindigkeit des Menschen liegen. Diese Abläufe müssen zu ihrer Beherrschbarkeit durch Automatisierung unterstützt werden. Sehr langsame Vorgänge liegen unter Umständen unter der Erkennungs- und Regelgenauigkeit des Menschen. Auch hier kann die Situation durch Automatisierung verbessert werden. Eine weitere Möglichkeit bei sehr langsamen Abläufen ist der Einsatz von entsprechenden Anzeigen, die langsame Abläufe für den Nutzer über die Wahrnehmungsschwelle anheben bzw. bei der Genauigkeit hinsichtlich der Regelung der Abläufe unterstützen.

- Abhängigkeiten zwischen Systemparametern: Der Mensch ist nur sehr beschränkt in der Lage, die Wirkung von Abhängigkeiten zwischen Systemparametern vorherzusehen und bei der Handlungsplanung zu berücksichtigen. Die Konzentration auf die Beeinflussung eines oder einiger weniger Systemparameter kann dann zu einem unerwünschten Systemverhalten führen /DÖR 92/. Um dem entgegen zu wirken, empfiehlt sich eine konstruktive oder regelungstechnische Entkopplung der Systemparameter. Ist dies nicht möglich, so kann ggf. der Einsatz prognostischer Anzeigen die Leistung des Menschen bei Planung und Regelung verbessern.

Im Rahmen des Audits sind die Merkmale des Systems zu untersuchen und hinsichtlich ihrer Bedeutung für Personenhandlungen zu bewerten. Werden für Personenhandlungen bedeutende Systemmerkmale identifiziert, so ist zu klären, inwieweit die Systemmerkmale die kognitiven und körperlichen Fähigkeiten hoch beanspruchen oder gar übersteigen.

O.2 Gestaltung der Schnittstelle zum Menschen

Bei der Gestaltung der Schnittstelle zum Menschen ist zu beachten, dass es zu keiner zu hohen Beanspruchung des Menschen unter Berücksichtigung seiner Eigenschaften und Fähigkeiten kommt.

O.2.1 Gestaltung hinsichtlich körperlicher Eigenschaften und Fähigkeiten

O.2.1.1 Visuelle Wahrnehmbarkeit

Größe, Form, Farbe

Die Faktoren Größe, Form und Farbe können sich auf unterschiedlichste Elemente des Interaktionsobjektes beziehen. Meist geht eine Veränderung dieser Faktoren bei Systemelementen mit einer Veränderung in der Erkennbarkeit und Bedienbarkeit einher. Die Faktoren können aber auch im Sinne einer Kodierung Signalwirkungen z.B. über die Wichtigkeit eines Elementes ausdrücken. Dies ist allerdings der Gestaltung hinsichtlich kognitiver Eigenschaften des Menschen zuzuordnen (siehe Abschnitt "Gestaltung hinsichtlich kognitiver Eigenschaften und Fähigkeiten").

Die Faktoren Größe, Form und Farbe können sich z.B. auf folgende Elemente des Interaktionsobjektes beziehen:

- Größe, Form und Farbe des Interaktionsobjektes selbst (z.B. nimmt die Abmessungen einer schriftlichen Unterlage Einfluss auf deren Handhabbarkeit)
- Größe, Schriftart und Farbe von Beschriftungen: Beeinflussung der Erkennbarkeit und Lesbarkeit
- Größe, Form und Farbe von Anzeigen: Beeinflussung der Erkennbarkeit und Lesbarkeit
- Größe, Form und Farbe von Bedienelementen: Beeinflussung der Erkennbarkeit und Bedienbarkeit
- Schriftgröße, Schriftart und Schriftfarbe von Texten: Beeinflussung der Erkennbarkeit und Lesbarkeit

Der Einfluss dieser Eigenschaften von Systemelementen auf Erkennbarkeit, Lesbarkeit und Bedienbarkeit und deren Einfluss auf die Zuverlässigkeit von Handlungen ist trivial und hier nicht weiter vertieft.

Auslegungskriterien hinsichtlich Größe, Form und Farbe können gängiger ergonomischer Literatur (siehe Leitfaden) entnommen werden und als Bewertungsgrundlage im Rahmen der Auditierung dienen.

Helligkeit und Kontrast

Die Eigenschaften Helligkeit und Kontrast können durch unterschiedliche Wirkmechanismen Einfluss auf die Erkennbarkeit haben.

Zum einen ist ein Minimum an Farbkontrast wie auch Hell-Dunkel-Kontrast notwendig, um die Erkennbarkeit durch das menschliche Auge zu gewährleisten. Nähert man sich diesem Minimum an oder unterschreitet es, steigt die Wahrscheinlichkeit, dass die Information nicht oder fehlerhaft bzw. überhaupt nicht wahrgenommen wird. Andererseits können hohe Kontraste wie auch hohe Helligkeiten Blendwirkungen entfalten, die die Informationsaufnahme behindern und über längere Zeit zu Ermüdung führen können.

Auslegungskriterien hinsichtlich Helligkeit und Kontrast können gängiger ergonomischer Literatur (siehe Leitfaden) entnommen werden und als Bewertungsgrundlage im Rahmen der Auditierung dienen.

Dauer und Geschwindigkeit

Dauer und Geschwindigkeit von optischer Information unterliegen hinsichtlich der Wahrnehmung ebenfalls Grenzen, die aus der Physiologie des Auges resultieren. Zu hohe wie auch zu niedrige Geschwindigkeiten können vom Auge nicht mehr wahrgenommen bzw. aufgelöst werden. Auch die Dauer von Einzelsignalen besitzt eine Untergrenze hinsichtlich der Wahrnehmung.

Nähert man sich diesen Grenzen bzw. überschreitet sie, so steigt die Wahrscheinlichkeit, dass die optische Information nicht wahrgenommen wird. Aus dieser fehlenden Information können wiederum Fehlhandlungen resultieren.

Im Rahmen des Audits ist zu beurteilen, ob die Signale aufgrund ihrer Dauer und Geschwindigkeit adäquat wahrgenommen werden können.

Weitere Eigenschaften

Unter bestimmten Konstellationen können weitere negative Effekte auftreten, welche die Informationsaufnahme behindern oder erschweren (Akkommodationsprobleme durch chromatische Aberration im Auge, Lokaladaptation bei Hell-Dunkel-Kontrasten, Corona-Effekte durch Streuung des Lichtes im Augapfel, Adaptationseffekte in der Netzhaut). Diese treten aber in der Anwendung vergleichsweise selten auf. Für diese Effekte wird auf entsprechende ergonomische und physiologische Fachliteratur verwiesen.

Im Rahmen des Audits kann dies unter dem Gesichtspunkt beurteilt werden, ob die Wahrnehmung von Informationen durch irgendwelche optischen Effekte gestört ist. Eine genaue Kenntnis des Wirkmechanismus ist dafür nicht notwendig.

O.2.1.2 Auditorische Wahrnehmbarkeit

Lautstärke

Die Lautstärke muss frequenzabhängig und altersabhängig einen Mindestwert überschreiten, um für den Menschen hörbar zu sein. Eine Annäherung an diese Schwelle erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass die akustische Information nicht wahrgenommen wird und daraus Fehlhandlungen resultieren.

Auslegungskriterien hinsichtlich der Lautstärke können gängiger ergonomischer Literatur (siehe Leitfaden) entnommen werden.

Frequenz

Der Mensch kann nur Geräusche in einem definierten Frequenzband wahrnehmen, welches sich mit zunehmendem Alter verkleinert. Die Empfindung der Lautstärke einzelner Frequenzen ist nicht gleich verteilt, so wird z.B. der Frequenzbereich zw. etwa 1000-5000 Hz gegenüber anderen Frequenzen verstärkt wahrgenommen.

Auslegungskriterien hinsichtlich der Frequenz können gängiger ergonomischer Literatur (siehe Leitfaden) entnommen werden und als Bewertungsgrundlage im Rahmen der Auditierung dienen.

Verdeckung

Bei annähernd gleicher Frequenz zweier Töne kann es zu Verdeckungseffekten kommen. D.h. es wird z.B. statt zwei Tönen nur einer wahrgenommen, der abhängig von der Frequenzdifferenz in der Lautstärke an- und abschwilt (für Differenz < 7 Hz) oder ein lautstärkekonstanter Ton, der dissonant (rau) klingt (für Differenz > 7 Hz) /MÜL 93a/.

Dieser Effekt kann unter Umständen die Wahrnehmung von zwei unterschiedlichen Signalen, die nahe beieinander liegen, beeinträchtigen und es steigt damit die Wahrscheinlichkeit des Überhörens eines der beiden Signale. Tritt dies auf, so können daraus ggf. Fehlhandlungen resultieren.

Im Rahmen des Audits ist zu überprüfen, ob Verdeckungseffekte unterschiedlicher akustischer Signale auftreten können.

O.2.1.3 Haptische Wahrnehmbarkeit

Der Mensch kann über seine Hautsinne Druck und Schwingungen wahrnehmen. Bedeutung erlangen diese Sinne insbesondere bei der Bedienung des Interaktionsobjektes oder Elementen des Interaktionsobjektes. Sie geben zusätzliche Rückmeldung über den Ablauf der Bedienung (z.B. Erfühlen des Schaltpunktes eines Druckschalters). Liegen die haptischen Reize nahe oder unter der Wahrnehmungsschwelle, so kann unter Umständen ein Rückmeldungsdefizit entstehen, welches Fehlhandlungen anregt (z.B. erneutes Drücken eines Schalters)

Kriterien hinsichtlich der haptischen Auslegung von Bedienelementen können gängiger ergonomischer Literatur (siehe Leitfaden) entnommen werden.

Im Rahmen des Audits ist zu überprüfen, ob die ergonomischen Auslegungskriterien ausreichend erfüllt sind.

O.2.1.4 Weitere Wahrnehmungskanäle

Die weiteren Wahrnehmungskanäle sollen hier nur kurz der Vollständigkeit halber erwähnt werden. Sie besitzen bei der Gestaltung der Schnittstelle zum Menschen um Umfeld eines Kernkraftwerkes praktisch keine Bedeutung.

Weitere Wahrnehmungskanäle sind:

- olfaktorisch: die Wahrnehmung von Geruch und Geschmack
- thermisch: die Wahrnehmung von Temperatur
- kinestätisch: die Wahrnehmung von Beschleunigungen

O.2.1.5 Körperabmessungen, Kräfte, Motorik, Körperhaltung,

Die Körperabmessungen des Menschen bilden die Grundlage der maßlichen Auslegung der Schnittstelle zum Menschen. Es sind alle Elemente der Schnittstelle zum

Menschen so auszulegen, dass eine optimale Bedienbarkeit, Zugänglichkeit und Sichtbarkeit unter Berücksichtigung der menschlichen Körperabmessungen gewährleistet wird. Erfolgt dies nicht, so können z.B. Fehlbedienungen, Ermüdung, Motivationsbeeinträchtigung oder sogar der komplette Ausfall der Handlung die Folge sein.

Der Faktor Kraft ist in Zusammenhang mit notwendigen Bedienkräften zu nennen. Nähert man sich bei der Bedienung des Interaktionsobjektes oder eines seiner Elemente den maximalen Körperkräften an, so leiden Genauigkeit und Dosierbarkeit der Körperkräfte. Ähnliches ist zu erwarten, wenn die aufzubringenden Kräfte sehr klein sind und die Genauigkeit des menschlichen Bewegungsapparates überfordern. In beiden Fällen kann durch die Überforderung die Zuverlässigkeit von Personenhandlungen leiden und bei einer Überschreitung der maximalen Körperkraft sogar zu einem vollständigen Ausfall der Handlung führen.

Die Ausführungsgeschwindigkeiten wie auch die Genauigkeit von menschlichen Bewegungen sind durch die Physiologie des Menschen begrenzt. Nähert man sich diesen Grenzen ist eine Abnahme der Zuverlässigkeit bis zum totalen Ausfall nach dem Überschreiten der motorischen Grenzen zu erwarten. Zusätzlich kann es zu Schwingungsphänomenen kommen. Die Überlagerung des motorischen Regelkreises des Menschen mit der Stellteilcharakteristik und der Reaktion des zu regelnden Systems kann zu Resonanzen führen (vgl. Aufschaukeln eines PKW bis zum Schleudern).

Die Körperhaltung ist als moderierender Faktor für die Faktoren Körperkraft und Motorik zu interpretieren. Abhängig von der Haltung können Körperkräfte mehr oder weniger gut aufgebracht werden oder motorische Handlungen ausgeführt werden.

Ebenfalls als moderierender Faktor hinsichtlich Körperkräfte und Motorik sind die Faktoren Größe und Form des Interaktionsobjektes oder eines seiner Elemente zu nennen.

Körperkräfte, Motorik und Körperhaltung spielen auf der Warte eine eher untergeordnete Rolle. In anderen Bereichen, wie z.B. bei Wartungsaufgaben in der Anlage, ist der Auslegung hinsichtlich der Körperkräfte und der Motorik eine höhere Bedeutung zuzumessen.

Als zusätzlicher Effekt der Faktoren Körperkräfte, Motorik und Haltung ist mit zunehmender Belastung eine körperliche Ermüdung zu erwarten. Diese kann Auswirkungen

auf die körperliche wie auch kognitive Leistungsfähigkeit, und damit auf die Zuverlässigkeit von Handlungen haben.

Auslegungskriterien hinsichtlich Körperkräfte, Motorik, Körperhaltung und Körperabmessungen können gängiger ergonomischer Literatur (siehe Leitfaden) entnommen werden.

Im Rahmen des Audits ist zu überprüfen, ob die ergonomischen Auslegungskriterien ausreichend erfüllt sind.

O.2.2 Gestaltung hinsichtlich kognitiver Eigenschaften und Fähigkeiten

Das zentrale Element der Gestaltung hinsichtlich kognitiver Eigenschaften und Fähigkeiten ist die Art und Weise der Präsentation von Informationen und wie dadurch die kognitive Verarbeitung beeinflusst wird. Im Laufe der Evolution haben sich zur Bewältigung der Lebensaufgabe Mechanismen herausgebildet die bei der Auslegung der Schnittstelle zum Menschen berücksichtigt werden müssen. Diese Mechanismen sind zum Teil fundamental in der Struktur und Arbeitsweise des Gehirns verankert, unterliegen aber auch zum Teil einer Veränderung während der Lebenszeit (Ausbildung, Erfahrung, Kultur, usw.).

O.2.2.1 Information

In den nachfolgenden Abschnitten werden die wichtigsten ergonomischen Prinzipien zur Gestaltung der Informationsinhalte und der Informationsdarstellung dargelegt.

O.2.2.1.1 Inhalt der Informationsdarstellung

Notwendige Information

Grundvoraussetzung für alle Betrachtungen hinsichtlich der Information ist, dass die für die Tätigkeit minimal benötigte Information in irgendeiner Weise zugänglich oder eindeutig ableitbar ist.

Ist dies nicht der Fall, kann die Tätigkeit nur auf Basis von Annahmen oder Spekulationen durchgeführt werden, die unter Umständen fehlerhaft sind. Daraus können sich dann Fehldiagnosen, Fehlinterpretation und Fehlhandlungen ableiten (vgl. hierzu den ersten Unfall in Three Mile Island: Fehlen der Füllstandsmessung im RDB und Füllstand aus anderen Parametern nicht eindeutig ableitbar).

Im Rahmen des Audits ist durch eine Analyse der jeweiligen Tätigkeit zu überprüfen, welche Information minimal benötigt wird und ob diese zugänglich oder eindeutig ableitbar ist.

Sekundärinformation

Sekundärinformationen sind Informationen, die nicht essentiell für die Durchführung der Tätigkeit sind, aber mit der Tätigkeit und den beteiligten Interaktionsobjekten in Beziehung stehen. Sie können eine unterstützende Wirkung ausüben, z.B. bei der Festigung einer Diagnose oder bei der Planung zukünftiger Handlungsschritte. In diesem Sinne können Sekundärinformationen (vorausgesetzt ihre Richtigkeit) zu einer Steigerung der Zuverlässigkeit von Personenhandlungen führen.

Im Rahmen des Audits ist durch eine Analyse der jeweiligen Tätigkeit zu überprüfen, welche Sekundärinformationen bei der jeweiligen Tätigkeit eine unterstützende Wirkung haben können und ob diese zugänglich oder ableitbar ist.

Irrelevante Information

Als irrelevante Information wird die Information definiert, die in keiner Beziehung zu der durchzuführenden Tätigkeit stehen. Sie belastet zusätzlich die Informationsaufnahme und -verarbeitung hinsichtlich Erkennen, Auswahl und Interpretation von Information. Dies kann z.B. zu Verwechslungen, Verlängerung der Bearbeitungsdauer und erniedrigte Erkennungsleistung führen und damit die Zuverlässigkeit von Personenhandlungen negativ beeinflussen. Als plakatives Beispiel ist die Diagnose des Anlagenzustandes und die weitere Handlungsplanung unter der Informationsflut nach der Auslösung einer RESA zu nennen.

Im Rahmen des Audits zu überprüfen, ob neben notwendiger und sekundärer Information auch irrelevante Informationen dem Nutzer zugeführt werden.

Mentaler Verarbeitungsaufwand

Der Verarbeitungsaufwand der dargestellten Information kann durch vielfältige Möglichkeiten der Gestaltung des Inhaltes variiert werden.

Hier zu nennen sind z.B.:

- Verständlichkeit, insbesondere bei Texten
- Notwendigkeit der Interpretation der Information
- Notwendigkeit von Rechenoperationen und Vergleichen

Die Distanz zwischen Inhalt und Bedeutung der Information sollte so gering wie möglich gehalten werden. Unterstützt werden kann dies durch gestalterische Maßnahmen hinsichtlich der Informationsdarstellung (siehe Abschnitt "Gestaltung der Informationsdarstellung").

Wird diese Forderung nicht eingehalten, so können z.B. Missverständnisse, Fehlinterpretationen oder Fehler bei nachfolgenden Rechenoperationen und Vergleichen auftreten, die unter Umständen einen Einfluss auf die Zuverlässigkeit der daraus abgeleiteten Personenhandlungen haben können. Zudem kann sich durch den erhöhten kognitiven Ressourcenaufwand die generelle Aufmerksamkeit vermindern.

Im Rahmen des Audits ist durch das Auditteam zu beurteilen, ob die Information inhaltlich so gestaltet ist, dass der notwendige Verarbeitungsaufwand minimiert wurde.

Eindeutigkeit

Die dargestellte Information muss soweit wie möglich dem Kriterium der Eindeutigkeit entsprechen. Jeder Interpretationsspielraum birgt die Möglichkeit der Fehlinterpretation und daraus resultierend die Möglichkeit von darauf basierenden Fehlhandlungen.

In wieweit der Kontext den Interpretationsspielraum einschränkt und damit unterstützend wirkt muss fallweise beurteilt werden.

Im Rahmen des Audits muss das Auditteam beurteilen, ob die bereitgestellte Information eindeutig ist oder einen Spielraum für Interpretation bietet.

Konsistenz und Widerspruchsfreiheit

Die Inhalte der Information müssen in sich konsistent und widerspruchsfrei sein. Weicht man von dieser Maxime ab, so ergibt sich für die Informationsverarbeitung des Menschen eine unzulässige Beanspruchung, die eine geordnete Handlungsplanung unmöglich macht. Folgen können u.a. die Nichtbeachtung von Informationen, unpassende Handlungen nach erlernten Mustern oder sogar die Handlungsunfähigkeit sein.

Im Rahmen des Audits ist zu überprüfen, ob die Inhalte der bereitgestellten Information in sich konsistent und widerspruchsfrei sind.

O.2.2.1.2 Gestaltung der Informationsdarstellung

Mentale Modelle

Nach /NOR 83/, zitiert von /LUC 87/, baut der Mensch durch Interaktion mit seiner Umwelt, mit anderen und mit technischen Gegenständen in seinem Geist mentale Modelle über die Zusammenhänge in seiner Umwelt auf. Diese Modelle verfügen über voraussagende und erklärende Eigenschaften für das Verständnis von Interaktionen. Dabei repräsentieren die mentalen Modelle nicht zwangsweise die tatsächlichen Zusammenhänge und können auf unterschiedlichen Wegen zu dem gewünschten Ergebnis führen, wobei auch unnötige oder irrelevante Schritte enthalten sein können. So können zum Beispiel beim Aufbau des Modells zufällig auftretende Koinzidenzen mit in das Modell einfließen. Wird beim Erlernen ein falsches mentales Modell der Umwelt aufgebaut, so steigt die Wahrscheinlichkeit, dass das mentale Modell durch die ständig auftretenden Widersprüche immer komplexer wird und z.B. immer mehr Koinzidenzen eingebaut werden. Wann ein solches falsches mentales Modell verworfen wird, ist unklar. Um die Wahrscheinlichkeit für den Aufbau falscher mentaler Modelle zu reduzieren, sollte die Gestaltung der Schnittstelle zum Menschen den Aufbau des richtigen mentalen Modells soweit wie möglich unterstützen.

Die Durchsetzungskraft von mentalen Modellen hängt vom Zeitpunkt des Erlernens und der Häufigkeit der Konfrontation damit ab (z.B. Training). Bei erstmalig durchgeführten Handlungen werden vorhandene mentale Modelle unter Berücksichtigung der Randbedingungen übertragen. Hierbei und auch bei schon öfters durchgeführten Handlungen kann der Effekt des sogenannten Priming auftreten. Dieser Effekt bewirkt,

dass Handlungen die vor einer Handlung liegen, die Auswahl der mentalen Modelle zum Teil determinieren können. Auch kann die Auswahl der mentalen Modelle durch den Kontext der Handlung determiniert sein. So können z.B. abhängig von der jeweiligen Situation zwei unterschiedliche oder sogar widersprüchliche mentale Modelle zur Anwendung kommen. D.h. auch widersprüchliche und inkonsistente mentale Modelle können im Menschen gleichzeitig vorliegen.

Widerspricht die Auslegung des Interaktionsobjektes oder eines seiner Elemente den mentalen Modellen oder existieren im Menschen für verschiedene Situationen widersprüchliche mentale Modelle, so steigt die Wahrscheinlichkeit einer Fehlinterpretation und daraus resultierend die Wahrscheinlichkeit einer Fehlhandlung an.

Norman führt in /NOR 83/ Beobachtungen von Problemen auf, die bei mentalen Modellen auftreten:

- Mentale Modelle sind unvollständig
- Die Fähigkeit des Menschen, mentale Modelle von Systemen in Gedanken „laufen zu lassen“ sind sehr begrenzt
- Mentale Modelle sind instabil: Menschen vergessen Details des Systems, das sie benutzen, insbesondere wenn diese Details (oder das ganze System) für längere Zeit nicht benutzt wurden
- Mentale Modelle sind nicht klar abgegrenzt: ähnliche Gerätschaften und Bedienvorgänge werden miteinander verwechselt
- Mentale Modelle sind „unwissenschaftlich“: Menschen behalten als abergläubisch einzustufende Handlungsmuster bei, selbst wenn sie wissen, dass sie nicht notwendig sind, da sie nur wenig physischen Aufwand bedeuten und den mentalen Aufwand reduzieren.
- Mentale Modelle sind „sparsam“: Oft führen Menschen zusätzliche körperliche Handlungen durch anstatt zu überlegen, wie diese vermieden werden können; sie sind bereit zusätzliche körperliche Aktivitäten durchzuführen, um die mentale Komplexität zu reduzieren. Dies trifft insbesondere zu, wenn durch eine zusätzliche Handlung eine vereinfachte Regel auf mehrere Geräte angewendet werden kann, um die Wahrscheinlichkeit einer Verwechslung zu minimieren.

Norman /NOR 83/ kommt zum Schluss, dass die mentalen Modelle von Menschen bei der Interaktion mit Geräten überraschend detailarm, unpräzise und voll von Inkonsistenzen, Lücken und Eigenwilligkeiten sind. Er führt weiter aus, dass die mentalen Modelle nur partielle Beschreibungen von Handlungen und große Bereiche mit Unsicherheiten enthalten. Selbst wenn die mentalen Modelle vollständig und korrekt sind, fühlen sich Menschen unsicher über ihr Wissen. Mentale Modelle können somit Wissen und Meinungen mit geringer Validität enthalten.

Für weitere Informationen über mentale Modelle wird auf entsprechende Fachliteratur verwiesen: /LUC 87/, /NOR 83/, /NOR 02/, /JOH 05/, /DÖR 92/, /HEU 93/.

Da diese Ausführungen recht abstrakt sind, sollen zur Verdeutlichung einige Beispiele für mentale Modelle angeführt werden:

- Vorstellungen über die Funktionsweise und Beeinflussung eines technischen (Sub-)Systems
- Bedienphilosophie einer Software (bei uns stark geprägt durch Microsoft Windows)
- Ähnlichen Objekten wird ähnliche Funktion zugeordnet
- Symbole implizieren eine bestimmte Bedeutung
- Form und Ausrichtung eines Stellteils implizieren eine bestimmte Bedienrichtung und Bedienart /GÖT 07/
- Bei einer Stellteilbewegung wird eine korrespondierende Objektbewegung erwartet (z.B. Stellteil nach rechts, Objekt nach rechts; andere Richtungen analog)
- Bedienrichtungen von Stellteilen werden mit einer bestimmten Veränderung des zu beeinflussenden Parameters verbunden (z.B. wird eine Bewegung nach rechts oder oben sowie eine Rechtsdrehung normalerweise als mehr, größer, höher usw. interpretiert (Ausnahme: Ventile mit Gewinde, starkes erlerntes inneres Modell)
- Farben wird eine bestimmte Bedeutung zugeordnet (z.B. Farbe Rot: Halt, Stopp, Gefahr, Aus; Farbe grün: alles in Ordnung, an, freie Fahrt).

Diese Auflistung ließe sich fortsetzen. Für weitere Regeln und Auslegungsprinzipien wird auf ergonomische Fachliteratur (siehe Leitfaden) verwiesen.

Viele der in den folgenden Abschnitten dargestellten Kriterien für die Gestaltung der Informationsdarstellung beziehen sich auf die in diesem Abschnitt erläuterten mentalen Modelle.

Durch das Auditteam ist insbesondere darauf zu achten, ob Abläufe, Bedien- und Anzeigephilosophien von gängigen Standards abweichen. Ist dies der Fall, so ist zu überprüfen, ob hinsichtlich dieser Abweichungen zumindest die Konsistenz über die gesamte Anlage gewahrt wird.

Kodierung

digital/analog

Die Darstellung von Information in digitaler und analoger Form ist unter verschiedenen Randbedingungen indiziert.

Digitale Anzeigen (z.B. Anzeige des Zahlenwertes, Kontrolllampe) eignen sich am besten für statische Werte, die genau eingestellt werden müssen.

Analoge Anzeigen (z.B. Zeigerinstrument, Schreiber, computergestützte Diagramme) sind geeignet für die Darstellung dynamischer Prozesse sowie für Vergleiche von Werten (unter Berücksichtigung entsprechender Designprinzipien, siehe nachfolgende Abschnitte).

Werden Stärken und Schwächen dieser Arten der Informationsdarstellung nicht berücksichtigt, so kann dies einerseits ein Verlust in der Genauigkeit von Handlungen bedeuten und die notwendige Umkodierung der Information kann zu Zeitverzügen oder Fehlinterpretationen führen.

Hinweise hinsichtlich der anzuwendenden Kodierungsart sind ergonomischer Standardliteratur (siehe Leitfaden) zu entnehmen.

Im Rahmen des Audits ist zu überprüfen, ob, entsprechend der ergonomischen Forderungen, die richtige Kodierungsart verwendet wurde.

Farbe, Größe, Form

Farbe, Form und Größe können beim Designprozess der Schnittstelle zum Menschen eingesetzt werden, um den Informationsfluss zu unterstützen.

Unter Berücksichtigung der inneren Modelle lassen sich über Farbe, Form und Größe zusätzliche Informationen (z.B. Wichtigkeit, Funktionsweise, Bedienart) implizit übermitteln und dadurch die Zuverlässigkeit von Personenhandlungen erhöhen.

Informationen zur Möglichkeiten der Kodierung sind ergonomischer Standardliteratur (siehe Leitfaden) zu entnehmen.

Im Rahmen des Audits ist zu überprüfen, ob Kodierungsmaßnahmen zur Unterstützung des Bedieners verwendet werden, ob die Ausführung der Kodierung ergonomischen Forderungen entspricht und konsistent in der gesamten Anlage umgesetzt wurde.

Strukturierung der Information

Die räumliche Anordnung von Information kann Einfluss auf deren Interpretation und Zuordnung haben.

Räumliche Nähe wird normalerweise als „miteinander in Beziehung stehend“ interpretiert. Umgekehrt wird normalerweise eine Beziehung zwischen weit von einander entfernten Objekten nicht angenommen.

Bei räumlicher Anordnung von Bedien- und Anzeigeelementen versucht der Mensch im Allgemeinen, diese auf Anordnungen und Abläufe in die Realität zu übertragen und umgekehrt. So wird z.B. bei einem sequenziellen Ablauf erwartet, dass Bedienelemente räumlich nacheinander bedient werden oder Anzeigen räumlich nacheinander aufleuchten.

Die Wirksamkeit der räumlichen Anordnung kann durch zusätzliche Elemente wie z.B. Markierungen, Gruppierungen verstärkt werden.

Wichtig bei der räumlichen Anordnung ist deren Konsistenz. Wird diese nicht konsequent eingehalten (z.B. unterschiedliche Position des "OK"- und des "Abbrechen"-

Buttons bei Computerprogrammen), so erhöht sich die Wahrscheinlichkeit von Interpretations- und Handlungsfehlern.

Eine weitere wichtige Funktion der räumlichen Anordnung ist, dass der Mensch auf Basis dieser eine innere Karte der Bedienschnittstelle anlegt und Bereichen in dieser Karte Eigenschaften und Funktionen zuweist. So kann ein Operateur unter Umständen allein aus der Anordnung der Signale auf einer Schalttafel auf die Art einer Störung schließen, ohne direkt einzelne Werte und Beschriftungen ablesen zu müssen.

Die Möglichkeiten und Effekte der Strukturierung von Informationen ist ergonomischer Standardliteratur (siehe Leitfaden) zu entnehmen.

Im Rahmen des Audits ist zu überprüfen, ob Möglichkeiten zur Strukturierung von Informationen zur Unterstützung des Bedieners genutzt wurden sowie ob diese nach ergonomischen Forderungen und konsistent über die gesamte Anlage umgesetzt wurden.

Zugänglichkeit von Information

Ist eine Information nicht ständig präsent, so stellt sich die Frage der Zugänglichkeit der Information, d.h. wie hoch der Aufwand ist, um an die gewünschte Information zu gelangen.

Ein regelmäßig hoher Aufwand (körperlich und/oder geistig) kann zur Ermüdung führen. Außerdem kann bei schwieriger Zugänglichkeit die Möglichkeit bestehen, dass Information nur mit hohem Zeitverzug oder unter Umständen bei vorgegebenem Zeitfenster gar nicht aufgefunden wird. Zudem ist eine Tendenz zu erwarten, dass mit steigendem Aufwand die Motivation zur Suche abnimmt und die Abbruchwahrscheinlichkeit für die Suche zunimmt.

Die oben genannten Folgen mangelnder Zugänglichkeit können in Fehlhandlungen resultieren, weil eine Handlung z.B. mit fehlender Information oder unter Annahmen durchgeführt werden muss.

Beispiele hierfür sind:

- Navigationsaufwand bei softwarebasierter Warte

- "Navigation" durch Prozeduren (Einstieg in die richtige Prozedur, Folgen von Sprüngen und Verweisen)
- räumlich entfernte Anzeige oder Lagerung von Information

Im Rahmen des Audits ist durch das Auditteam zu beurteilen, wie gut die Zugänglichkeit unter Berücksichtigung der oben genannten und ggf. weiteren Faktoren gestaltet ist.

Dauer der Informationsdarstellung

Liegt die Dauer der Informationsdarstellung innerhalb der physiologischen Wahrnehmungsgrenzen, so hängt von verschiedenen weiteren Faktoren ab, wie lange die Informationsdarstellung sein muss.

Prinzipiell ist anzuführen, dass die Information so lange dargestellt werden sollte, wie sie für die Tätigkeit benötigt wird. Ist dies nicht der Fall so können die Folgen eintreten, die in den Abschnitten "Notwendigkeit des Merkens" und "notwendige Information" dargestellt sind.

Im Rahmen des Audits durch das Auditteam zu beurteilen, ob die Dauer der Informationsdarstellung adäquat ist.

Notwendigkeit des Merkens

Werden Informationen räumlich verteilt oder zeitlich begrenzt dargestellt, so ergibt sich die Notwendigkeit des Merkens.

/SWA 83/ merkt hierzu an:

- Erinnerung von Fakten nach langer Zeit ist keine Stärke des Menschen
- das Gedächtnis besitzt gute Fähigkeiten sich Prinzipien, Strategien und Regeln zu merken, vorausgesetzt sie wurden richtig gelehrt und gelegentlich trainiert
- das Kurzzeitgedächtnis ist notorisch unzuverlässig
- das Kurzzeitgedächtnis ist unzuverlässiger als das Langzeitgedächtnis

- beim Merken von Zahlen (Anm.: hier Telefonnummern) oder anderer bedeutungsloser Information über einige Sekunden hinweg ist eine Fehlerrate zwischen 1 und 5% zu erwarten

Bezieht man sich auf diese Aussagen, so ist Information, die nach einem Merkvorgang wieder aufgerufen wird, im höchsten Maße unzuverlässig. Die falsch oder nicht erinnerte Information kann zu entsprechenden Fehlhandlungen führen. Es sollte deshalb die Notwendigkeit des Merkens soweit wie möglich vermieden werden.

Im Rahmen des Audits ist zu überprüfen, ob das Merken von Informationen während Handlungen notwendig ist. Ist dies der Fall, so ist durch das Auditteam zu beurteilen, ob ungemessene Anforderungen an die Merkfähigkeit des Einzelnen gestellt werden.

O.2.2.1.3 Rückmeldung

Rückmeldung stellt die für den Nutzer wahrnehmbare Reaktion des Interaktionsobjektes auf seine Handlung dar.

Rückmeldung ist eine bestimmte Untermenge des Informationsflusses zwischen Mensch und Interaktionsobjekt. Es gelten somit alle Gestaltungsregeln, die auch für die Information gelten. Aufgrund seiner Wichtigkeit wird er aber hier nochmals getrennt aufgeführt.

Findet eine Rückmeldung durch das Interaktionsobjekt nicht statt, oder ist diese zeitlich verzögert, kann dies zur Beeinträchtigung der Zuverlässigkeit von Personenhandlungen führen.

Ohne Rückmeldung ist der Systemzustand unbekannt und kann nur auf Basis von Annahmen abgeleitet werden. Zieht sich dies über mehrere Handlungsschritte hinweg, kumuliert sich die Unsicherheit der Annahmen. Bei fehlender Rückmeldung besteht keine Möglichkeit Fehlhandlungen zu erkennen und mentale Modelle über die Wirkzusammenhänge aufzubauen.

Erfolgt die Rückmeldung zeitlich verzögert, so steigt mit zunehmender Zeit die Wahrscheinlichkeit, dass die Rückmeldung der Handlung nicht mehr richtig zugeordnet werden kann. Dies kann zu Verwirrung hinsichtlich des Ursache-Wirkungs-

Zusammenhangs beim Nutzer führen, woraus dann auf Basis falscher mentaler Modellbildung Fehlhandlungen resultieren können (vergleiche hierzu auch /BUB 93b/).

Im Rahmen des Audits ist zu überprüfen, ob eine Systemrückmeldung erfolgt. Ist dies der Fall so ist durch das Auditteam anhand der Forderungen an Inhalt und Gestaltung der Informationsdarstellung (s.o.) zu beurteilen, ob die Rückmeldung adäquat gestaltet wurde.

O.2.2.1.4 Aufmerksamkeit

Eine bestimmende Größe für die Qualität der Informationsaufnahme ist die Aufmerksamkeit. Von außen können bestimmte Reize (z.B. Reize mit hoher Intensität, plötzlich auftretende Änderungen, Bewegungen oder Reize mit besonderer emotionaler Bedeutung) dazu führen, dass der Beobachter seine Aufmerksamkeit dem Reiz zuwendet. Emotionale Reize lassen sich nur schwer zu erzeugen. Andere Reize sind aber gut geeignet die Aufmerksamkeit im Sinne der Aufgabe zu lenken, bzw. zu verhindern, dass für die Tätigkeit irrelevante Reize die Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Ungeeignete Steuerung der Aufmerksamkeit kann bewirken, dass relevante Information nicht bemerkt wird und nicht aufgenommen werden kann. Dies kann Fehlinterpretationen und Fehlhandlungen zur Folge haben.

Aufmerksamkeit kann nicht geteilt werden. Der Mensch kann zwar lernen z.B. große Informationsmengen durch ihre bildliche Darstellung parallel zu verarbeiten. Die Aufmerksamkeit kann aber immer nur einer Sache zugewendet sein. Durch wiederholtes Üben kann einerseits eine Handlung so weit automatisiert werden, dass sie keine oder nur noch ein geringes Maß an Aufmerksamkeit verlangt, andererseits kann erlernt werden, zwischen verschiedenen Tätigkeiten so schnell hin und her zu schalten, dass der Eindruck entsteht, dass die Aufmerksamkeit sich auf zwei oder mehr Dinge gleichzeitig richtet. Grundsätzlich sollte bei der Gestaltung von Tätigkeiten davon ausgegangen werden, dass die handelnde Person ihre Information nur auf eine Informationsquelle gleichzeitig richten kann. /FOL 87/

Im Rahmen des Audits ist zu überprüfen, ob Situationen auftreten können, die eine geteilte Aufmerksamkeit erfordern.

O.2.2.1.5 Vigilanz

Nach /WES 00/ bezieht sich Vigilanz "[...] auf eine unspezifische organismische Reaktionsbereitschaft, die Aufmerksamkeit über einen längeren Zeitraum auf einem hohen oder höheren Niveau zu halten [...].

In Untersuchungen zur Vigilanz konnte gezeigt werden, dass bei monotonen Überwachungstätigkeiten die Anzahl der entdeckten Signale von der Anzahl der Signale pro definierten Zeitraum abhängt. Dabei beschreibt die Abhängigkeit eine U-förmige Funktion. D.h. bei einer hohen Anzahl von Reizen (Überforderung) wie auch bei einer niedrigen Anzahl von Reizen (Unterforderung, Abnahme der Vigilanz) nimmt die Erkennungsleistung ab.

Hinsichtlich der Zuverlässigkeit des Erkennens von Reizen im Rahmen von Personenhandlungen ist darauf zu achten, dass durch die Reizkonfiguration die Vigilanz möglichst hoch gehalten wird.

Im Rahmen des Audits ist durch das Auditteam zu beurteilen, ob Tätigkeiten vorliegen, die eine Verminderung der Vigilanz zur Folge haben können.

3.7.2.3 PSFs durch die Eigenschaften der Situation

Die Zuverlässigkeit von Handlungen durch die Interaktion zwischen Mensch und Interaktionsobjekt kann nur im Zusammenhang mit der Situation beurteilt werden, in der die Interaktion stattfindet, da diese auf den Menschen, das Interaktionsobjekt und auf die Interaktion zwischen beiden Einfluss nehmen kann.

Zur Verbesserung der Übersicht im Dokument starten die Gliederungspunkte mit Faktoren der Situation mit dem Buchstaben „S“.

S.1 Physikalische Aspekte der Situation

S.1.1 Beleuchtung

Die Beleuchtung kann unterschiedliche Einflüsse auf die Zuverlässigkeit von Personenhandlungen ausüben.

Bei zu geringer Beleuchtungsstärke, bei farblich ungünstiger Wahl der Beleuchtungsquelle und beim Auftreten von Blendungen kann die Erkennbarkeit von Objekten eingeschränkt sein. Dies erhöht die Wahrscheinlichkeit des Fehl- oder Nichterkennens und damit die Wahrscheinlichkeit von Fehlinterpretationen und Fehlhandlungen.

Untersuchungen legen nahe (/HAR 93/, /CRI 87/), dass mit zunehmender Beleuchtungsstärke (über der Schwelle der Erkennbarkeit) die Arbeitsleistung zunimmt und die Ermüdung abnimmt. Der Kontrast wird dabei als weitere beeinflussende Variable genannt. Inwieweit diese Studien auf die Tätigkeiten in Kernkraftwerken übertragen werden kann, ist unklar.

Weiter wird bei /FLE 00/ und /CRI 87/ erwähnt, dass Beleuchtungsstärke, Farbwahl und Blendung einen Einfluss auf das Raumempfinden und die Befindlichkeit von Personen haben können. In wieweit sich dies in der Arbeitsleistung niederschlägt ist unklar.

Im Zusammenhang mit der Inspektion von Bauteilen und Oberflächen werden erhöhte Anforderungen an die Qualität der Beleuchtung gestellt, um eine ausreichende Fehlererkennungsrate zu gewährleisten.

Auslegungskriterien hinsichtlich der Gestaltung der Beleuchtung sind gängiger ergonomischer Literatur (siehe Leitfaden) zu entnehmen.

Im Rahmen des Audits ist zu überprüfen, ob die ergonomischen Forderungen hinsichtlich der Beleuchtung erfüllt werden.

S.1.2 Klima

Hauptinflussgrößen auf das Klima sind Lufttemperatur, Luftfeuchte (Dampfdruck), Luftgeschwindigkeit und Wärmestrahlung. Berücksichtigt man den Menschen, so müssen noch die Variablen Bekleidung, physische Betätigung und Expositionszeit miteinbezogen werden. /ROH 87/

Liegt das (Mikro-)Klima an der Hautoberfläche außerhalb des für die Tätigkeit optimalen Bereichs, so stellen sich Missempfindungen ein. Je nach Expositionsdauer stellen sich beim Menschen körperliche Reaktionen (z.B. Zittern, Schwitzen, Leistungsminde- rung aufgrund von Problemen mit der Temperaturregelung) oder Verhaltensänderun-

gen (z.B. Verringerung der Motivation, Beschleunigung oder Verlangsamung der Tätigkeit, Abbruch der Tätigkeit) ein, die ggf. die Zuverlässigkeit der zu bearbeitenden Tätigkeit beeinflussen.

Als weitere Auswirkung ist die Einschränkung der Sehfähigkeit durch Austrocknen der Augen (Luftzug, niedrige Luftfeuchtigkeit /SCH 07/, Wärmestrahlung) zu nennen.

Auslegungskriterien hinsichtlich der Gestaltung des Klimas sind gängiger ergonomischer Literatur (siehe Leitfaden) zu entnehmen.

Im Rahmen des Audits ist zu überprüfen, ob die ergonomischen Forderungen hinsichtlich des Klimas erfüllt werden.

S.1.3 Luftqualität, Rauch und Staub

/SWA 83/ nennt die Luftqualität als leistungsbeeinflussenden Faktor, erläutert dies allerdings nicht weiter. Sieht man von unmittelbar schädlich wirkenden Stoffen ab, so belegen einige Studien zitiert in /SEP 06/, dass ein Zusammenhang zwischen Ventilationsrate und menschlicher Leistung sowie wahrgenommener Luftqualität und menschlicher Leistung besteht. Welcher Wirkmechanismus sich dahinter verbirgt und welche Bestandteile der Luft ausschlaggebend sind ist unklar.

Auslegungskriterien für die Belüftung und Grenzwerte für Luftbelastungen sind aus ergonomischer Literatur und entsprechenden Richtlinien zu entnehmen.

Im Rahmen des Audits ist zu überprüfen, ob die Forderungen hinsichtlich der Grenzwerte der Luftbelastung und der Belüftung erfüllt werden.

Als weitere Einschränkung der Luftqualität ist das Auftreten von Rauch und Staub zu werten. Rauch und Staub können zunächst rein physikalisch die Sicht einschränken. Verbunden damit kann es zu Fehlererkennung bzw. nicht Erkennen kommen, woraus entsprechende Fehlinterpretationen und Fehlhandlungen resultieren können.

Es können auch unmittelbare gesundheitliche Schädigungen auftreten, die eine Leistungsminderung verursachen.

Selbst bei objektivem Ausschluss einer gesundheitlichen Schädigung kann das Auftreten dieser Faktoren zu Befindlichkeitsstörungen bis hin zur Panik (insbesondere bei Rauch) führen. Weitere Konsequenzen sind z.B. Ablenkung, verminderte Motivation und Fluchtreaktion.

Im Rahmen des Audits ist zu überprüfen, ob die Grenzwerte hinsichtlich der gesundheitlichen Belastung eingehalten werden. Weiter ist vom Auditteam zu beurteilen, inwieweit das Auftreten von Rauch bzw. Staub die geistige und körperliche Befindlichkeit beeinträchtigt.

S.1.4 Schwingungen

Schwingungen, die an Objekten auftreten oder auf menschlichen Körper einwirken, können Einfluss auf die Informationsaufnahme, die Informationsverarbeitung und die Informationsumsetzung haben, woraus sich ggf. die Zuverlässigkeit der damit verbundenen Personenhandlungen erniedrigt.

Das optische Erkennen von Information kann unter Schwingungen (je nach Frequenz und Amplitude) eingeschränkt bis unmöglich sein. Gleiches gilt für die Bedienung des Interaktionsobjektes oder Teile davon.

Zudem können Schwingungen zu körperlicher Ermüdung führen und durch das auftretende Missempfinden zu Verhaltensänderungen führen (z.B. Beeinträchtigung der Motivation, Meiden der Situation)

Auslegungskriterien von Arbeitsplätzen hinsichtlich Schwingungen sowie die Gestaltung der Schnittstelle zum Menschen unter Schwingungen sind ergonomischer Literatur sowie entsprechenden Normen und Richtlinien zu entnehmen (siehe auch Leitfaden).

Im Rahmen des Audits ist zu überprüfen, ob die ergonomischen Forderungen hinsichtlich Schwingungen erfüllt werden.

S.1.5 Lärm

Laut der Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung kann übermäßige Lärmbelastung u.a. zu experimentell nachgewiesenen Konzentrationsstörungen, Anstieg der Fehlerquotienten, vegetativen Reaktionen, wie abnehmende Hautdurchblutung, steigendem Muskeltonus und Stoffwechselreaktionen führen. Vasomotorische Reaktionen (Ausdehnen und Zusammenziehen von Blutgefäßen) können Kopfschmerzen bedingen.

Diese Auflistung verdeutlicht, dass Lärm als die Zuverlässigkeit beeinflussender Faktor berücksichtigt werden muss.

Weiter kann es durch Lärm zu Verdeckungseffekten kommen, die die akustische Kommunikation zwischen dem Personal beeinträchtigen oder ganz unterbinden können. Das daraus resultierende Informationsdefizit bzw. die daraus resultierende Fehlinformation kann ihrerseits wiederum Potential für Fehlinterpretationen und Fehlhandlungen in sich tragen.

Auf die langfristige gesundheitliche Schädigung durch Lärm wird hier nur insoweit verwiesen, dass diese zu Schwerhörigkeit führen kann, was die Aufnahme von akustischer Information der jeweiligen Person dauerhaft einschränkt. Die möglichen Folgen sind die gleichen wie bei den Verdeckungseffekten.

Weiterhin kann es durch andauernden Lärm zu Befindlichkeitsstörungen kommen, welche in entsprechenden Reaktionen der Person resultieren (Stress, verminderte Motivation, Meidung der Situation, usw.). Diese Reaktionen können unter Umständen ebenfalls einen negativen Einfluss auf die Zuverlässigkeit von Personenhandlungen haben.

Richtwerte für die Auslegung hinsichtlich störenden Lärms in Abhängigkeit von der Tätigkeit sind entsprechenden Richtlinien, Normen und ergonomischer Literatur zu entnehmen (siehe auch Leitfaden).

Im Rahmen des Audits ist zu überprüfen, ob die gesetzlichen und ergonomischen Forderungen hinsichtlich des Lärms eingehalten werden.

S.1.5.1 Radioaktive Strahlung

Für den Faktor Strahlung wird angenommen, dass diese kein Niveau erreicht, das zu einer unmittelbaren körperliche Reaktion führt.

Unter dieser Annahme hat auftretende Strahlung eine rein psychologische Wirkung auf die Zuverlässigkeit von Personenhandlungen. Das Wissen um eine zu erwartende Belastung durch Strahlung kann zu Befindlichkeitsstörungen führen, welche sich z.B. in Stress, Angst, verringerte Motivation manifestieren.

Diese Befindlichkeitsstörungen können sich ggf. auf die Zuverlässigkeit von Personenhandlungen auswirken.

Im Rahmen des Audits ist zu überprüfen, ob bei der Tätigkeit eine erhöhte Strahlenbelastung auftritt. Wenn ja, muss durch das Auditteam beurteilt werden, ob die Strahlenbelastung die geistige Befindlichkeit des Personals beeinflusst.

S.1.6 Sonstige Gefahren

Wie Strahlung können auch andere Gefahren für Leib und Leben zu Befindlichkeitsstörungen führen, die sich in Stress, Angst, verringerte Motivation oder Fluchtreaktion manifestieren.

Diese Reaktionen können Einfluss auf die Zuverlässigkeit von Handlungen der betroffenen Personen nehmen.

Im Rahmen des Audits muss zunächst überprüft werden, ob solche Gefahren bei der Tätigkeit auftreten können. Ist dies der Fall, so hat das Auditteam zu beurteilen, in wieweit die auftretenden Gefahren das geistige und körperliche Befinden beeinflussen können.

S.1.7 Ergonomie des Mobiliars

Das Mobiliar wird als eigener Punkt aufgeführt, da es von einem großen Teil der Belegschaft über den ganzen Arbeitstag benutzt wird. Somit ist bei Problemen mit dem Mobiliar ein starker Effekt zu erwarten.

Bei schlechter Qualität des Mobiliars ist der Hauptwirkmechanismus meist ein sich einstellendes Missempfinden, welches längerfristig zu Ermüdung und ggf. auch zu einer Verminderung der Motivation führen kann. Dies kann wie schon dargestellt (vgl. Abschnitt „Dauer der Tätigkeit, Ermüdung“ und Abschnitt „Motivation und Arbeitszufriedenheit“) zur Verminderung der Zuverlässigkeit von Personenhandlungen führen.

Die Anforderungen an das Mobiliar sind aus ergonomischer Literatur (siehe Leitfaden) zu entnehmen.

Im Rahmen des Audits ist zu überprüfen, ob die ergonomischen Anforderungen an das Mobiliar erfüllt sind.

S.1.8 Sauberkeit

Die Sauberkeit in der Anlage hat einerseits physikalische Auswirkungen auf die Zuverlässigkeit von Personenhandlungen. Durch Verschmutzungen kann es zu Verdeckungen von Anzeigen und Bedienelementen oder Problemen bei der Bedienung von Elementen geben. Zudem erhöht sich in dem undefinierten Zustand der Unsauberkeit die Wahrscheinlichkeit, dass Unregelmäßigkeiten übersehen werden (z.B. bei der Wartung).

Andererseits ist der Sauberkeit in der Anlage auch eine psychologische Wirkung zuzuschreiben. Eine unsaubere Arbeitsumgebung beeinträchtigt das Wohlbefinden des Einzelnen. Zudem kann durch die nicht konsequente Umsetzung der Reinigungsmaßnahmen der Eindruck entstehen, dass "unsaubere" Arbeit toleriert wird, was unter Umständen Auswirkungen auf die Einstellungen des Einzelnen hinsichtlich seiner Tätigkeiten haben kann. In /IAE 02/ wird angeführt, dass aus Erfahrung die Sauberkeit der Anlage ein guter Indikator für dem Ethos der Anlage im Hinblick auf sicherheitsgerichtetes Verhalten ist.

Im Rahmen des Audits ist zu überprüfen, ob die Aufgabe der Reinhaltung der Anlage formal erfüllt wird. Weiter ist durch das Auditorenteam die Sauberkeit der Anlage zu beurteilen.

S.1.9 Bauliche Merkmale der Arbeitsumgebung

Der architektonische Aufbau der Anlage kann unter Umständen Einfluss auf die Zuverlässigkeit von Personenhandlungen haben. /SWA 83/

Für das Audit ist im Einzelfall zu prüfen, wie Verdeckungen, Laufwege, Zugänglichkeit, räumliche Aufteilung, Platzangebot, usw. Einfluss auf die Zuverlässigkeit haben können.

S.2 Soziale Aspekte der Situation

S.2.1 Gruppendynamik

Ein Vielzahl von Studien belegen, dass der Mensch sich in der Gruppe anders verhält wie als Einzelperson. Wahrnehmungs-, Interpretations- und Entscheidungsprozesse können davon betroffen sein.

In der Literatur wird meist nur das Auftreten der Effekte diskutiert. Unterliegende Wirkmechanismen bleiben unklar.

Nachfolgend eine beispielhafte Auflistung von Effekten, die beobachtet werden konnten:

- Verantwortungsdiffusion (keiner fühlt sich direkt verantwortlich)
- Verzerrung der Beurteilung von Wahrnehmungen
- in schwierigen und mehrdeutigen Situationen wird der Meinung anderer mehr vertraut als der eigenen
- weicht die Einzelmeinung von der Mehrheitsmeinung ab, wird dies als Bestrafung empfunden, stimmt sie überein als Belohnung. Daraus folgt ein normativer Einfluss der Mehrheitsmeinung.
- Durchführung ethisch fragwürdiger Handlungen unter Aufsicht (z.B. Milgram-Experimente: vermeintliche Bestrafung von Personen mit Elektroschocks durch Versuchspersonen unter vermeintlich wissenschaftlicher Anleitung im Rahmen eines Experimentes)

- selektive Kommunikation, Aufmerksamkeit, Interpretation

Zur Vermeidung oder Verringerung von gruppensdynamischen Effekten werden von /BRO 99/ folgende Maßnahmen vorgeschlagen:

- Der formell oder informell Führende sollte zunächst keinen Lösungsweg favorisieren, da sich die anderen Gruppenmitglieder daran orientieren
- Offenheit der Diskussion: der formell oder informell Führende sollte eine kontroverse Diskussion fördern und Minderheitenmeinungen Gehör verschaffen
- Gruppen sollten möglichst heterogen zusammengesetzt sein
- unklare Verantwortlichkeiten bzw. ein Entziehen einzelner aus der Verantwortung sollen dadurch verhindert werden, dass alle Gruppenmitglieder bei der Erstellung des Ergebnisses mitarbeiten und die Konsequenzen der Gruppenentscheidung tragen.
- die Gruppe kann in mehrere Untergruppen unterteilt werden, die zunächst unabhängig voneinander Lösungswege/Ergebnisse erarbeiten. Danach können dann unterschiedliche Ergebnisse diskutiert werden
- Etablierung von Kontrollinstanzen: z.B. Einsetzen eines „advocatus diaboli“, der Lösungsansätze und Ergebnisse kritisch, aber konstruktiv hinterfragt.
- Berücksichtigung von sozialen Komponenten: Macht, Konkurrenz, Gesichtsverlust, Sympathie und Antipathie in der Gruppe können Einfluss auf den Entscheidungsprozess nehmen. Eine mögliche Folge von Nichtbeachtung sozialer Komponenten ist die Gruppenpolarisation, d.h. gegensätzliche Standpunkte werden unbegründet vertreten.
- unabhängig von den möglichen Konsequenzen sollen Entscheidungen auch revidiert werden können, jeder sollte ermutigt werden Zweifel an der diskutierten Lösung zu äußern.
- die Gruppe und jedes Gruppenmitglied sollte sich darum bemühen, Kontakte nach außerhalb der Gruppe zu pflegen. Dies kann auch neue Informationen und Sichtweisen in die Gruppe bringen.

Eine Behandlung gruppensdynamischer Effekte im Rahmen eines prospektiven Audits wird als außerordentlich schwierig erachtet. Die dafür geeigneten Erhebungsmethoden

(Beobachtung und Befragung) werden unter den Bedingungen des Audits als wenig verlässlich eingestuft. Deshalb wird hier, wie schon bei anderen Faktoren vorher, der Weg der Berücksichtigung über die Schulung und Training eingeschlagen. Es ist deshalb im Rahmen des Audits zu überprüfen, ob die Problematik von gruppendynamischen Effekten in Schulung und Training vermittelt wird.

S.2.2 Aufsicht, Überwachung

/SWA 83/ führt an, dass eine generell strenge Überwachung die Wahrscheinlichkeit für die Auslassung von Rückschaltungen bei Inspektionen (z.B. Ventil wieder öffnen, Jumper zurücksetzen, usw.) erniedrigt. Er argumentiert weiter, dass Inspektionen im Rahmen der Aufsicht zu bestimmten Themen allein schon durch ihre Aufmerksamkeitswirkung die Anstrengungen der Belegschaft in diesem Bereich erhöhen. Damit kommt dem Inspekteur durch seine Präferenzen eine tragende Rolle bei der Ausbildung der "Persönlichkeit" einer Anlage zu. Belege dafür führt er nicht an.

Im Rahmen des Audits ist durch das Auditteam zu beurteilen, wie stark die Aufsicht forciert wird.

S.2.3 Verhältnis zu Vorgesetzten

Ist das Vertrauensverhältnis zwischen Vorgesetztem und Untergebenen im weitesten Sinne gestört, so kann sich dies in Problemen der Kommunikation miteinander niederschlagen. Diese Beeinträchtigung kann dazu führen, dass Informationen unbewusst oder bewusst nicht übermittelt werden. Die unzureichende Informationslage kann dann in Fehlhandlungen resultieren.

Beispiele hierfür sind:

- Verschweigen von Fehlern
- kein Nachfragen
- Verschweigen von Unwissenheit
- absichtliches Verschweigen von Informationen

Weiterhin kann das gestörte Verhältnis auch zu Stressreaktionen mit den in Abschnitt „Stress“ dargestellten Einflüssen auf die Zuverlässigkeit führen.

Informationen diesbezüglich können im Rahmen des Audits ausschließlich aus Beobachtungen und Befragungen ermittelt werden, wobei Informationsquellen unter Berücksichtigung der Auditsituation als nicht sehr verlässlich zu beurteilen sind. Im Rahmen eines prospektiven Audits sollte deshalb wiederum auf die Überprüfung der Inhalte von Schulung und Trainings zurückgegriffen werden.

S.2.4 Bedrohungen

Bedrohungen jeglicher Art können dazu führen, dass die Zuverlässigkeit von Personenhandlungen beeinträchtigt wird. Einerseits ist dies durch auftretenden Stress (vgl. hierzu (/SWA 83) zu erklären (vergl. Abschnitt “Stress“), andererseits mit der inneren und äußeren Ablenkung durch die Bedrohung.

Die Bedrohungen können dabei in unterschiedlichster Intensität oder Kombination auftreten. Beispiele für Bedrohungen sind:

- Gefahr für Leib und Leben
- Angst um den Verlust der Arbeitsstelle
- Angst vor Versagen (Gesichtsverlust)

Im Rahmen des Audits ist zu überprüfen, ob in der jeweiligen Situation solche Bedrohungen auftreten können unter Berücksichtigung der Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens.

S.3 Ähnlichkeit der Situation

Die Merkmale der Situation während und vor dem betrachteten Zeitpunkt können sich auf die Zuverlässigkeit von Personenhandlungen auswirken. Hierbei kann das schon früher angesprochene Priming auftreten. Durch die Situation und ihre Vorgeschichte werden bestimmte Gedächtnisinhalte aktiviert und damit wird die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass diese für die Interpretation der gegenwärtigen Fakten herangezogen werden. Stehen die auftretenden Fakten mit der Situation und ihrer Vorgeschichte nicht in

Zusammenhang, so können Interpretationsfehler auftreten, die sich dann ggf. auf die Zuverlässigkeit der daraus resultierenden Personenhandlungen auswirken.

Durch den Priming-Effekt können unter Umständen aufgrund der Situation und ihrer Vorgeschichte auch automatisierte Handlungsmuster aktiviert werden, die in dem konkreten Fall aber nicht angebracht sind. Auch hieraus können sich unbeabsichtigte Fehlhandlungen ergeben. Es bestehen Hinweise darauf, dass dies insbesondere eintreten kann, wenn die Aufmerksamkeit auf eine andere Sache gelenkt ist (vgl. hierzu /REA 90/).

Im Rahmen des Audits ist durch das Auditteam zu beurteilen, ob Merkmale der Situation Fehlhandlungen begünstigen können.

S.4 Zeitliche Aspekte der Situation

S.4.1 Dauer der Tätigkeit, Ermüdung

Ermüdung ist ein zentrales Element, welches die Zuverlässigkeit von Personenhandlungen beeinflussen kann. Im KKW-Bereich ist vorrangig die psychische Ermüdung ausschlaggebend, aber auch die körperliche Ermüdung kann in einigen Bereichen eine Rolle spielen.

In /RIC 98/ wird festgehalten, dass es bei andauernder Ausführung von manuellen oder mentalen Tätigkeiten zur psychischen Ermüdung kommen kann, welche das Entwerfen und Modifizieren von erinnerten Handlungsprogrammen beeinträchtigt. Außerdem verliert mit zunehmender psychischer Ermüdung der Denkablauf an Ordnung und wird sprunghaft und abschweifend. Folgende Auswirkungen psychischer Ermüdung werden bei /RIC 98/ angeführt:

- größere Zusammenhänge können schlechter überschaut werden
- Ableiten von der erforderlichen Denkrichtung
- Beeinträchtigung des kurzzeitigen Merkens
- zeitweiliges Vergessen des Handlungszieles
- wiederholtes Neubeginnen

- zielgerichtetes fortschreitendes Denken weicht einer gleichsam kreisförmigen Bearbeitung
- Bewusstwerden von Fehlleistungen verzögert sich
- mögliche Verschiebung von Entscheidungskriterien in Richtung einer unkritischen Betrachtung
- schrittweise prüfende Denkweise kann „Hazard“-Strategien weichen
- ungeordnete Erzeugung gedanklicher Verbindungen
- starres Haften an Einzelheiten
- gestörte Bewegungskontrolle bei manuellen Tätigkeiten

Die Beispiele bei /RIC 98/ machen deutlich, dass die psychische Ermüden einen dramatischen Einfluss auf die Handlungsgenerierung haben kann. Deshalb ist dieser Aspekt unbedingt bei der terminlichen Planung von sicherheitsrelevanten Tätigkeiten zu berücksichtigen.

Im Rahmen des Audits ist zu beurteilen, ob die Dauer der Tätigkeit zu einer Überbeanspruchung und damit zur Ermüdung des Personals führen kann.

S.4.2 Zeitpunkt der Tätigkeit

Der Zeitpunkt einer Tätigkeit kann durch unterschiedliche Wirkmechanismen die Zuverlässigkeit einer Handlung determinieren.

Als erstes kann sich die Lage des Zeitpunktes der Tätigkeit relativ zum Circadianen Rhythmus auf die Zuverlässigkeit auswirken. Aufgrund des Circadianen Rhythmus durchläuft der Körper im Laufe eines Tages Phasen von Leistungsmaxima und -minima. Der Zeitpunkt dieser Leistungsmaxima und -minima scheint tätigkeitsspezifisch zu variieren /TEP 87/. Wann, welche Tätigkeit besonders gut oder schlecht ausgeführt werden kann ist unklar. Generelle Regeln lassen sich daraus nicht ableiten.

/SWA 83/ kommt zum Schluss, dass Nacharbeit und wechselnde Schichten einen beeinträchtigenden Effekt auf den Menschen haben. Er führt dafür einige experimentelle Studien als Beleg an. Es lässt sich daraus ableiten, dass sicherheitsrelevante Tätigkei-

ten nicht in der Nachtschicht und nicht von Personal mit häufigen Schichtwechseln durchgeführt werden sollte.

Laut /SWA 83/ passieren überproportional viele Ereignisse in der ersten und der letzten Stunde einer Schicht. Über den Wirkmechanismus diesbezüglich macht er keine Aussage. Aus der Tatsache dieser Ereigniskumulierung lässt sich allerdings ableiten, dass die Zuverlässigkeit von Personenhandlungen in diesen Zeiträumen aus unbekanntem Gründen erniedrigt ist und somit bei der Planung von sicherheitsrelevanten Tätigkeiten gemieden werden sollten. In wieweit diese Behauptung weiter empirisch belegt werden kann ist unbekannt.

Im Rahmen des Audits ist zu überprüfen, ob sicherheitsrelevante Tätigkeiten in Zeiträumen stattfinden, die hinsichtlich der menschlichen Leistungsfähigkeit als ungünstig einzustufen sind.

S.4.3 Plötzlichkeit des Auftretens

Tritt ein Ereignis plötzlich auf und ist der Mensch in die damit korrespondierende Aufgabe nicht involviert, so benötigt er eine gewisse Zeit, um sich der Situation und ihrer Randbedingungen gewahr zu werden. Die Dauer dieses Prozesses richtet sich nach Komplexität der Situation und der zu verarbeitenden Informationsmenge. Steht nicht ausreichend Zeit für diesen Prozess zur Verfügung, so kann dies zu einer Einschränkung der Zuverlässigkeit der daraus resultierenden Personenhandlungen führen (vgl. Abschnitt "Zeit für die Ausführung der Tätigkeit").

Im Rahmen des Audits ist zu überprüfen, ob plötzliche Ereignisse, die eine unmittelbare Handlung erfordern, auftreten können. Wenn ja, ist durch das Auditteam zu beurteilen, wie die Randbedingungen (Eigenschaften der Person, Regeln, Interaktionsobjekt, Situation) auf die Leistung des Mitarbeiters auswirken können.

S.4.4 Zeit für die Ausführung der Tätigkeit

Wird durch die Situation ein gewisser zeitlicher Rahmen vorgegeben, so kann sich ein zu kleiner Zeitrahmen in einer Erniedrigung der Zuverlässigkeit der damit verbundenen Personenhandlungen niederschlagen. Die Stärke der Abnahme der Zuverlässigkeit mit der Zeit hängt anscheinend von der Art der Handlung ab. So kann für eine fertigungs-

basierte Handlung das Verhältnis von benötigter Zeit zu zur Verfügung stehender Zeit größer sein als bei einer wissensbasierten Handlung. Nähern sich benötigte Zeit und zur Verfügung stehende Zeit einander an, so strebt, für alle Arten von Handlungen die Zuverlässigkeit gegen null (vgl. hierzu auch /VDI 99/). Die Hauptschwierigkeit bei dieser zeitabhängigen Modellierung der Zuverlässigkeit besteht darin, dass die benötigte Zeit ermittelt oder abgeschätzt werden muss. Dies erweist sich bei wissensbasierten Handlungen durch ihre innewohnende Heterogenität und Vielfalt von Einflüssen als besonders schwierig.

Für das Audit muss sich darauf beschränkt werden, dass die Auditorengruppe einschätzt, ob die Zeit für die Durchführung der Tätigkeit in Abhängigkeit von der Situation ausreichend bemessen ist.

Im Rahmen des Audits ist durch das Auditteam zu beurteilen, ob angemessen Zeit für die Durchführung der Handlung zur Verfügung steht.

S.5 Stress

Als Stressor kann "jede externe oder interne Gegebenheit, die körperliche und mentale Anspannung verursacht" (analog zu /SWA 83/) definiert werden. Diese Anspannung kann positiv wirken in Form einer Leistungssteigerung, aber auch negativ durch eine Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit und damit auch der Zuverlässigkeit. Evolutorischer Zweck der Stressreaktion ist, den Organismus in Arbeitsbereitschaft zu bringen /MÜL 93b/.

Obwohl Stress aus einer Vielzahl von bereits diskutierten Faktoren herrühren kann, wird er hier als eigener Punkt aufgeführt, da ihm in vielen Verfahren zur Bewertung der menschlichen Zuverlässigkeit, insbesondere bei /SWA 83/ eine hohe Bedeutung zugemessen wird.

Als Faktoren, aus denen Stress resultieren kann, sind beispielhaft zu nennen (u.a. /SWA 83/):

- Zeitdruck
- Gefahren und Bedrohungen
- Zielkonflikte

- soziale Zwänge
- schlechte ergonomische Gestaltung
- Rollenkonflikte
- Probleme mit dem Vorgesetzten
- Unsicherheit über die Art der Störung (Informationsmangel, Widersprüchliche Information)
- Unsicherheit, was zu tun ist (Informationsmangel, widersprüchliche Information)
- Maß wie zuverlässig Sicherheitssysteme arbeiten

Negative Folgen von zu hohem Stress können z.B. sein (/SWA 83/, /MÜL 93b/):

- Verschieben von Antworten, auf einen späteren Zeitpunkt bei Überlastung mit der Absicht sie später zu bearbeiten
- Ignorieren von Informationen und Handlungen, die als unwichtig angesehen werden
- grobe Antworten - es werden nur grobe Fakten berücksichtigt und Details vernachlässigt
- Fehler durch falsche Informationsverarbeitung
- Flucht aus der Aufgabe - physisches und psychisches Aufgeben
- Denkblockaden
- Aggressionen
- schlechtere Abrufbarkeit aus dem Langzeitgedächtnis
- Willkürhandlungen erschwert
- Fehlhandlungen, Falschempfinden, Fehleinschätzungen, Wortfindungsstörungen
- Verschlechterung des Bewegungsablaufes und der Bewegungsschnelligkeit

Im Rahmen des Audits muss die Frage gestellt werden, welche Aspekte des Arbeitssystems hohen Stress verursachen können. Als Anhaltspunkt können die identifizierten

Faktoren aus den Eigenschaften des Menschen, des Interaktionsobjektes, der Situation und der zugeordneten Regeln dienen.

S.6 Weitere Aspekte der Situation

S.6.1 Tragen von Schutzkleidung

In einigen Fällen ist es notwendig, dass der Arbeiter Schutzkleidung zur Durchführung seiner Aufgabe tragen muss. Durch die Schutzkleidung treten in der Regel körperliche Einschränkungen auf.

Diese sind z.B.:

- Einschränkung der Beweglichkeit
- Einschränkung von Sicht, Gehör, Tastsinn, Geruch
- Einschränkung der Wärmeregulation

Sind die dabei auftretenden Tätigkeitsinhalte nicht auf diese Einschränkungen abgestimmt, so kann es zu einer unzulässig hohen Belastung des Mitarbeiters kommen, mit möglichen Folgen für die Zuverlässigkeit der durchzuführenden Handlungen.

Beispiele für ungeeignete Tätigkeiten unter Schutzkleidung sind:

- Durchführung von feinen Manipulationen
- schwere körperliche Arbeit

Für das Audit muss das Auditteam für den jeweiligen Fall beurteilen, ob die Tätigkeit unter Anwendung der Schutzkleidung zu einer unzulässig hohen Belastung führt.

S.6.2 Ressourcen

Die menschlichen und technischen Ressourcen sind eine Grundvoraussetzung für die Durchführung von Tätigkeiten. Deren Menge, Qualität und Verfügbarkeit können dabei entscheidende Faktoren für die Qualität und damit für die Zuverlässigkeit der Personenhaltung sein.

Die Folgen von unzureichenden Ressourcen können z.B. Undurchführbarkeit der Tätigkeit, Durchführung der Tätigkeit mit unzureichender Qualität, unzulässige körperliche oder geistige Beanspruchung des Mitarbeiters bei der Tätigkeit sein.

Konkrete Beispiele sind:

- passendes Werkzeug nicht verfügbar, mögliche Folge: Verwendung der (evtl. ungeeigneten) Mittel die vor Ort verfügbar sind
- Werkzeug ist abgenutzt, mögliche Folge: Beeinträchtigung der Ergebnisqualität, unzulässige Beanspruchung des Mitarbeiters
- unzureichende Anzahl von Arbeitern für die Tätigkeit, mögliche Folgen: Zeitdruck (s.a. Abschnitt „Zeit für die Ausführung der Tätigkeit“), unzulässig hohe körperliche Belastung, Tätigkeit nicht durchführbar
- Mitarbeiter sind nicht ausreichend qualifiziert, mögliche Folge: unzulässig hohe Beanspruchung des Einzelnen
- Kommunikationsmittel steht nicht zur Verfügung oder ist schlecht erreichbar, mögliche Folge: unzureichender Informationsfluss, Koordinationsprobleme, Fällen von Urteilen auf Basis unvollständiger Information
- Steighilfe nicht verfügbar, mögliche Folgen: Tätigkeitsdurchführung unzureichend oder unmöglich, unzulässige körperliche Beanspruchung des Mitarbeiters

Für das Audit ist die Frage zu stellen, welche Ressourcen werden benötigt und welche Ressourcen stehen dem Mitarbeiter unter welchen Randbedingungen zur Verfügung. Fallweise muss dann durch die Auditorengruppe beurteilt werden, ob die zur Verfügung stehenden Ressourcen ausreichend sind.

S.6.3 Kritikalität der Aufgabe/Tätigkeit

Als Kritikalität der Tätigkeit wird hier verstanden, dass der Tätigkeit subjektiv eine hohe Bedeutung zugemessen wird. Dies kann z.B. darin begründet liegen, dass sie in einem kleinen Zeitfenster durchgeführt werden muss, schwierig durchzuführen ist oder die Konsequenzen bei Nichterfolg erheblich sind.

/SWA 83/ erwähnt die Kritikalität von Tätigkeiten als einen Faktor der die Zuverlässigkeit von Personenhandlungen beeinflussen kann. Je kritischer die Tätigkeit durch den Mitarbeiter eingeschätzt wird, umso mehr Aufmerksamkeit wird ihr gewidmet. Dies kann unter Umständen dazu führen, dass andere Informationen vom Mitarbeiter nicht mehr aufgenommen werden können, was dann durch eine mögliche Fehleinschätzung der Situation zu Fehlhandlungen führen kann.

/SWA 83/ zitiert /KEM 79/ und führt hierfür als Beispiel den schweren Unfall in Three Mile Island an. Hierbei wurde zu viel Aufmerksamkeit auf das vollständige Auffüllen des Reaktordruckbehälters gelenkt, so dass die Erkennung von anderen Indikatoren für den Zustand der Anlage behindert war.

Für das Audit muss das Auditteam beurteilen, ob kritische Tätigkeiten durchzuführen sind und wenn ja, welche anderen Tätigkeiten durch eine Verringerung der Aufmerksamkeit auf diese in Mitleidenschaft gezogen werden könnten.

S.6.4 Störung und Ablenkung des Mitarbeiters, intermittierende Aufgaben

Störungen, Ablenkungen oder intermittierende Aufgaben können dazu führen, dass der Mitarbeiter in seinem Handlungsfluss unterbrochen wird. Mögliche Folgen können sein:

- Vergessen der aktuellen Position im Handlungsablauf
- Auslassen von Handlungsschritten
- Doppeltes Ausführen von Handlungsschritten
- Neubeginn der Handlung
- Fehlerhaftes Ausführen der Handlung (z.B. Rückgriff auf ungeeignete automatisierte Handlungsmuster unter Ablenkung, vgl. /REA 90/)
- Stress

Die aufgeführten Folgen können direkt oder indirekt die Zuverlässigkeit der Personenhandlung beeinflussen.

Für das Audit muss durch das Auditteam fallweise beurteilt werden, ob Möglichkeiten für die Störung, Ablenkung oder intermittierende Aufgaben bei der zu betrachtenden

Handlung vorliegen. Da dies prinzipiell immer der Fall sein kann, so muss mit berücksichtigt werden, wie hoch die Wahrscheinlichkeit für eine Störung, Ablenkung oder intermittierende Aufgabe ist.

S.6.5 Zustand der Anlage

Der Zustand oder der vermeintliche Zustand der Anlage kann ggf. die Zuverlässigkeit von Personenhandlungen durch unterschiedliche Wirkmechanismen beeinflussen.

Je nach Tätigkeit und Anlagenzustand kann Druck auf den Mitarbeiter ausgeübt werden. Dies manifestiert sich v.a. in Zeitdruck für die Durchführung der Tätigkeit. Es kann auch ein sozialer Druck auftreten, wenn von der eigenen Tätigkeit die Durchführung weitere Tätigkeiten durch andere Personen abhängt.

Neben der Beanspruchung durch den Zeitdruck und den daraus resultierenden Folgen, kann der soziale Druck dazu führen, dass z.B. Handlungen nicht vorschriftenkonform durchgeführt werden oder auch Beurteilungskriterien für die Qualität des Handlungsergebnisses angepasst werden (siehe auch Abschnitt "Stress")

Beides kann auf die Zuverlässigkeit der Handlung Einfluss nehmen.

Im Rahmen des Audits ist durch das Auditteam zu beurteilen, inwieweit der Anlagenzustand sich auf die zu betrachtende Handlung auswirken kann.

3.7.2.4 PSFs durch Regeln, Faktorengruppe „R“

Alle bisher dargestellten Faktoren bezogen sich auf faktisch auftretende Eigenschaften der Person, des Interaktionsobjektes und der Situation

All diesen Eigenschaften und darüber hinaus sind Regeln hinterlegt, aus denen sich die Abläufe im Arbeitssystem sowie die Eigenschaften und Beziehungen der Elemente der Arbeitssysteme untereinander ableiten lassen.

Für diese Regeln und ihre Auswirkungen ist die Mindestforderung aufzustellen, dass sie den Menschen nicht unzulässig beanspruchen. Als Idealforderung formuliert sollten

die Regeln und ihre Auswirkungen den Menschen unter Berücksichtigung seiner Eigenschaften und Fähigkeiten bestmöglich bei seiner Tätigkeit unterstützen.

Es ist hierbei zwischen offiziellen und informellen Regeln zu unterscheiden. Offizielle Regeln sind meist schriftlich niedergelegt.

Offizielle Regeln können z.B. sein:

- Inhalte von Arbeitsanweisungen, Prüfanweisungen, Tätigkeitsbeschreibungen
- Unternehmensziele
- interne und externe Vorschriften
- Richtlinien
- Regelwerk der Aufsicht
- Gesetze
- Festlegung der Personalstruktur und Anzahl
- Festlegung der Hierarchie und der Weisungsbefugnisse
- Festlegung von Arbeitsmitteln
- Forderungen an die Qualifikation des Personals
- Inhalte des Betriebshandbuch

Die Regeln können aber auch informeller Natur sein, z.B. ungeschriebene Regeln im Umgang miteinander, bei der Bedienung eines Systems oder hinsichtlich der Beachtung von offiziellen Regeln wie auch inoffizielle Ziele des Unternehmens.

Sind Regeln ungünstig gestaltet oder stehen im Widerspruch, so können sie durch unterschiedlichste Wirkmechanismen zu einer hohen bis unzulässig hohen Beanspruchung des Mitarbeiters führen.

Folgend einige Beispiele:

- Die Festlegung von Personalstruktur, Arbeitsplanung, Ressourcenplanung und weiterer Regeln bestimmt z.B. wie viele und welche Personen an einer Tätigkeit gleichzeitig arbeiten. Arbeiten zu wenige Personen an der Tätigkeit oder sind diese

für die Tätigkeit zu wenig qualifiziert, so kann es zu einer Überforderung des Einzelnen kommen, mit möglichen Folgen für die Zuverlässigkeit der Tätigkeit. Aber auch zu viele Personen in einem Arbeitssystem können durch mögliche Überforderung bei der Kommunikation und der Koordination der Einzeltätigkeiten zu einer Erniedrigung der Zuverlässigkeit führen.

- Durch Regelungen und Vorschriften wird festgelegt, welche Formulare bei bestimmten Tätigkeiten auszufüllen sind. Das Ausfüllen der Formulare, insbesondere, wenn es hoch-repetitiv ist, wenig direkte Auswirkungen zeigt und der Mitarbeiter hoch qualifiziert ist, kann vom Einzelnen als eine zu hohe Beanspruchung empfunden werden. Die hohe Beanspruchung ergibt sich hierbei aber nicht aus einer Überforderung des Einzelnen, sondern durch eine Unterforderung im Hinblick auf seine Eigenschaften und Fähigkeiten. Mögliche Auswirkungen in diesem Fall sind z.B. Motivationsverlust, Umgehen oder Missachten der Vorschriften zur Dokumentation (z.B. Ausfüllen einer Checkliste erst nach Abschluss der Tätigkeit), was sich auf die Zuverlässigkeit der Handlungen auswirken kann.
- offizielle wie auch informelle Regeln können miteinander und untereinander in Konflikt stehen. Tritt dieser Fall auf, so ist meist eine unzulässige Beanspruchung des Mitarbeiters die Folge. Dies kann z.B. auftreten, wenn die informelle Unternehmenspolitik mit offiziellen Vorschriften konkurriert (z.B. Wirtschaftlichkeit gegenüber Sicherheit) oder soziale Regeln mit Vorschriften konkurrieren (z.B. Kollegialität gegenüber Sicherheit). Hierbei kann der Mitarbeiter in die Lage gebracht werden, dass jede Handlungsalternative negative Konsequenzen unterschiedlicher Art für ihn nach sich zieht. Wie die Entscheidung für eine Handlungsalternative ausfällt, kann unmittelbare Auswirkungen auf die Zuverlässigkeit der Handlung haben.

Eine subjektiv zu hohe oder subjektiv als unnötig empfundene Beanspruchung kann beim Einzelnen wie auch in einer Gruppe zum Aufstellen von informellen Regeln (z.B. Auslassen oder Zusammenfassen von Arbeitsschritten, Umgehen von Vorschriften) führen, um die Beanspruchung zu senken.

Auch das Fehlen von offiziellen Regeln oder zu große Interpretationsspielräume in offiziellen Regeln können zu einer unzulässigen Beanspruchung des Einzelnen führen. Fehlen offizielle Regeln oder beinhalten sie zu große Interpretationsspielräume, wer-

den sich im Allgemeinen (unkontrolliert) informelle Regeln ausbilden, die an Individuen oder Gruppen von Individuen gebunden sind.

Als direkte Motivatoren und beitragende Faktoren für die Verhaltensänderung hinsichtlich der Umgehung von Vorschriften nennt /MAS 97/:

- Direkte Motivatoren
 - sich das Leben einfacher machen
 - finanzieller Vorteil
 - Zeit sparen
 - unpraktische Sicherheitsvorschriften
 - unrealistische Bedienanweisungen oder Wartungszeitpläne
 - sein Können beweisen oder sein Selbstwertgefühl steigern
 - realer oder wahrgenommener Druck durch den/die Vorgesetzten "Abkürzungen" zu nehmen
 - realer oder wahrgenommener Druck durch die Belegschaft Regeln zu brechen bzw. nicht sicherheitsgerichtet zu arbeiten

- Faktoren für Verhaltensänderung:
 - geringe Risikowahrnehmung
 - starke Wahrnehmung von Vorteilen durch das Brechen von Regeln
 - verzerrte Wahrnehmung der Wahrscheinlichkeit von resultierenden Verletzungen oder Anlagenbeschädigungen
 - nicht sicherheitsgerichtetes Gebaren von Management und Aufsicht
 - nicht geregelte Verantwortung und Rechenschaftspflicht
 - Selbstgefälligkeit durch bisherige Unfallfreiheit trotz Regelverletzung
 - ineffektive disziplinarische Maßnahmen
 - unangemessene Belohnung für die Durchführung einer nicht sicherheitsgerichteten Arbeitsweise

Allerdings können selbst bei ungünstiger Gestaltung von Regeln oder dem Fehlen von Regeln durch herausragende Leistungen des einzelnen Mitarbeiters die daraus resultierenden Auswirkungen gemildert oder völlig kompensiert werden. Dies ist allerdings als günstiges Zusammentreffen von Umständen zu werten, von dem nicht generell ausgegangen werden kann. Zudem ist bei ständig hoher Belastung des Mitarbeiters durch ungünstig gestaltete Regeln eine Abnahme in der Leistung zu erwarten. Auch

ein Personalwechsel kann die ungünstige Konstellation unmittelbar wirksam werden lassen, mit entsprechenden Folgen für die Zuverlässigkeit.

Im Rahmen des Audits muss deshalb überprüft werden, welche Regeln den Abläufen und Elementen des Arbeitssystems hinterlegt sind und wie sie sich in ihrem Zusammenspiel auf das Individuum auswirken. Darüber hinaus muss das Zusammenspiel der Regeln auch ohne Bezug auf ein bestimmtes, ggf. Mängel in den Regeln kompensierendes Individuum überprüft werden.

Die folgenden Fragen sind deshalb als Kernfragen innerhalb des Audit zu stellen:

- Können offizielle oder informelle Regeln sowie deren Zusammenspiel direkt oder indirekt zu einer Überforderung oder einer Unterforderung des Mitarbeiters führen?
- Kann das Fehlen von offiziellen Regeln oder Interpretationsspielräume in Regeln direkt oder indirekt zu einer Überforderung oder einer Unterforderung des Mitarbeiters führen?
- Kann die Ausgestaltung der offiziellen Regeln zu einer Umgehung von Vorschriften motivieren (siehe oben).

3.8 Betrachtung der Methoden zur Datenerhebung

3.8.1 Allgemeines

Die im nachfolgenden vorgestellten Erhebungsmethoden dienen zur Ermittlung von objektiven und subjektiven Daten. Bei der Erhebung ist es unvermeidbar, dass die Tatsache der Erhebung einen Einfluss auf den Untersuchungsgegenstand haben wird. Solche Effekte sind z.B.:

- gezielte Aufbereitung von Dokumenten durch den Auditkandidaten
- befangenes Antwortverhalten bei Befragungen
- Änderung des Verhaltens bei Beobachtungen

Während der Erhebung muss stets berücksichtigt werden, dass durch die Erhebung eine besondere Situation geschaffen wird, die nicht dem alltäglichen Zustand ent-

spricht. Entsprechend müssen die erhobenen Daten mit hoher Aufmerksamkeit bezüglich ihrer Validität und Konsistenz geprüft werden.

Auch müssen weitere Effekte berücksichtigt werden, die durch den Befrager induziert werden können. Dies gilt vor allem bei mündlichen Befragungen und Interviews. Aber auch bei Erhebungen über Fragebögen sind ähnliche Effekte beobachtbar. Neben der Beschreibung der einzelnen Erhebungsmethoden wird in den folgenden Kapiteln im Detail auf die Einzelheiten der Beeinflussung der Erhebungsdaten durch die Erhebungsmethode eingegangen.

3.8.2 Gütekriterien für Erhebungen

3.8.2.1 Objektivität

Objektivität im Rahmen von Erhebungen ist definiert als „die vom Beobachter unabhängige Beschreibung eines Sachverhaltes“. Im Falle einer Erhebung kann dies nur als ein idealisiertes, vom Auditor anzustrebendes Ziel verstanden werden, um welches er sich stets zu bemühen hat. Durch den Einsatz einer heterogenen Gruppe von Auditoren kann sich diesem Ziel angenähert werden.

3.8.2.2 Reliabilität

Die Reliabilität bezeichnet die formale Genauigkeit von Erhebungen. Reliable Erhebungen unterliegen keinen Zufallsfehlern, d.h. die Wiederholung einer Erhebung unter gleichen Rahmenbedingungen würde das gleiche Ergebnis erzielen. Reliabilität ist somit ein Maß für die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse unter gleichen Randbedingungen.

Auch die Reliabilität kann bei Erhebungen, bei denen Menschen involviert sind, nur ein angestrebtes Ziel sein. Dies begründet sich schon alleine daraus, dass der Mensch ein plastisches, sich mit der Zeit veränderndes System darstellt, bei dem es unwahrscheinlich ist, dass es den gleichen Zustand erneut einnimmt. Sieht man von trivialen Erhebungen (z.B. männlich, weiblich) ab und befasst sich mit komplexeren Fragestellungen (z.B. Arbeitsmotivation), ist bei Befragungen eine vollständige Wiederholbarkeit sehr

unwahrscheinlich, da bereits die Grundvoraussetzung, die Gleichheit der Randbedingungen, nicht erfüllt werden kann.

Zur Messung der Reliabilität sind verschiedene Reliabilitätskoeffizienten entwickelt worden, auf die aber hier nicht näher eingegangen wird.

3.8.2.3 Validität

Die Validität beschreibt, ob mit einer Erhebung auch das erfasst wird, was erfasst werden soll.

Die Validität ist bei komplexen Sachverhalten (z.B. Arbeitszufriedenheit) sehr schwer zu überprüfen. Meist behilft man sich damit, dass man eine Erhebung zum gleichen Sachverhalt auf unterschiedliche Weisen durchführt. Sind die Ergebnisse aus den unterschiedlichen Erhebungen in sich konsistent, geht man davon aus, dass die Erhebungen valide sind. Letztendlich lässt sich die Validität, außer bei trivialen Sachverhalten (z.B. männlich, weiblich) nicht abschließend belegen.

3.8.3 Dokumentenanalyse

3.8.3.1 Beschreibung der Methode

Bei der Dokumentenanalyse werden schriftliche Unterlagen als Informationsquelle herangezogen. Alle Arten von schriftlichen Dokumenten können dazu verwendet werden:

Berichte, Arbeitsanweisungen, Tätigkeitsbeschreibungen, Protokolle, Organigramme, Memos, E-Mails, Projektdokumentationen, Handbücher, technische Dokumentationen, Konstruktionszeichnungen, Regelwerke, Personalakten, Unterlagen aus früheren Analysen, meldepflichtige Ereignisse usw.

Als besonders vorteilhaft bei der Dokumentenanalyse ist gegenüber den Erhebungsmethoden Befragung und Beobachtung hervorzuheben, dass die Untersuchung selbst keinen Einfluss auf die Daten ausübt. Die Problematik der Reaktivität ist somit bei dieser Erhebungsmethode ausgeschlossen. Auch bleibt der Betriebsablauf durch diese Erhebungsmethode weitgehend ungestört. Die Daten sind meist nicht aufgrund von

subjektiven Wahrnehmungsprozessen, sondern auf Basis von Daten und Fakten entstanden und weisen deshalb ein hohes Maß an Objektivität auf.

Nachteilig ist, dass evtl. nicht über alle Sachverhalte Dokumente bestehen. Diese Daten müssen mit anderen Erhebungsmethoden ergänzt werden.

Weiter muss in diesem Zusammenhang die Problematik des Datenschutzes angesprochen werden, aufgrund dessen der Zugang zu Teilen des Datenmaterials verschlossen bleibt. Durch eine Anonymisierung der Daten kann dieser Hürde für die Dokumentenanalyse zum Teil abgeschwächt werden.

3.8.3.2 Ergebnisverzerrende Effekte

Die schwerwiegendste Beeinflussung dieser Erhebungsmethode ist, dass die Dokumente durch den Audit-Kandidaten für das Audit "vorbereitet" werden. Es ist somit nicht auszuschließen, dass die Dokumentation nicht den tatsächlichen Vorgängen entspricht. In den meisten Fällen wird aber eine solche Vorgehensweise einer vertieften Prüfung nicht Stand halten. Eine mögliche Gegenmaßnahme für diese Art der Beeinflussung wäre die Durchführung unangemeldeter Audits. Dies könnte aber - bei unterstellter Absicht der Unterwanderung des Audits - zu einer "sauberen" Dokumentation unabhängig von den tatsächlichen Vorgängen führen. Damit wäre auch die Methode des unangemeldeten Audits wirkungslos und würde sogar betriebsinterne Kontrollmechanismen schwächen.

Ein weiterer Einflussfaktor bei dieser Erhebungsmethode ist die Überprüfung der Dokumente durch den Auditor. Bei der Interpretation der Dokumente ist generell ein gewisses Maß an Subjektivität zu unterstellen, die aus der Ausbildung und der Erfahrung des Auditors resultieren. Dies kann durch die Durchsicht der Unterlagen durch eine heterogene Gruppe von Auditoren mit anschließender Diskussion teilweise ausgeglichen werden.

3.8.4 Beobachtung

3.8.4.1 Beschreibung der Methode

Es gibt eine Vielzahl von Formen der Beobachtung (vgl. hierzu /HPD 06/). Hier wird nur näher auf die offene, systematische und unsystematische Beobachtung eingegangen, da sie für die angestrebte Anwendung im Rahmen des Auditverfahrens als am sinnvollsten und zweckmäßigsten erscheint. Offen bedeutet hierbei, dass der Beobachtete sich der Beobachtung bewusst ist.

Bei der Beobachtung nimmt der Beobachter das Verhalten des Beobachteten bei der Entstehung im Alltagsleben auf. Ziel ist die Generierung von Erkenntnissen und nicht die Festigung von Theorien oder vorgefertigten Meinungen. Es muss immer im Bewusstsein des Beobachters bleiben, dass die Beobachtung einen zeitlich und räumlich begrenzten Ausschnitt der Realität darstellt, was eine Verallgemeinerung von Aussagen erschwert.

3.8.4.2 Ergebnisverzerrende Effekte

Bei der Anwendung der Methode der Beobachtung sind verschiedene Effekte, die die Objektivität der Daten beeinflussen, zu beachten.

Eine Beobachtung kann einem hohen Maß an Subjektivität unterworfen sein, die aus der Ausbildung, der Erfahrung und der Einstellung des Auditors resultiert.

Einen weiteren starken Einflussfaktor stellt bei einer offenen Beobachtung dar, dass der/den Person(en) bewusst ist, dass sie beobachtet werden. Dies kann ggf. zu massiven Änderungen im Verhalten der beobachtenden Person(en) führen (sogenannte "Reaktivität"). Untersuchungen haben allerdings gezeigt, dass sich dieser Effekt mit zunehmender Länge der Beobachtungen abschwächt, insbesondere, wenn es sich bei dem zu beobachteten Verhalten um häufig durchgeführte Tätigkeiten handelt /BOD 06/.

Mit zunehmender Länge der Beobachtung erhöht sich aber die Gefahr eines Distanzverlustes zwischen Beobachter und Beobachtetem und damit die Gefahr des Verlustes der Objektivität des Beobachters. Dem kann nur sehr schwierig entgegengewirkt wer-

den, vornehmlich durch eine Bewusstseinsbildung für diese Problematik beim Beobachter. Der Distanzverlust kann allerdings auch einen positiven Effekt beinhalten, da mit zunehmendem Verlust der Distanz oftmals eine Steigerung des Einfühlungsvermögens für das Geschehene einhergeht und somit eine einfachere Identifikation und Interpretation des Gesehenen durchgeführt werden kann.

Weiterhin wurden Effekte auf die Beurteilung von Beobachtungen durch die soziale Disposition des Beobachters berichtet. Hier kann es zu einer erhöhten Milde oder Großzügigkeit durch den Beobachter gegenüber dem Beobachteten kommen. Weitere Effekte sind "Verzerrungen, um dem Empfänger zu gefallen" oder "Anpassung an die eigene Einstellung". /CRA 75/

Auch die Reihenfolge der Eindrücke scheint einen Einfluss auf die Beurteilung des Beobachteten zu haben. Insbesondere wird hier der "erste Eindruck" erwähnt, der die nachfolgenden Urteile stark beeinflussen kann. Über den Wirkmechanismus bestehen unterschiedliche Meinungen. /CRA 75/

Weiterhin wird der sogenannte "Halo-Effekt" beschrieben. Er bewirkt, dass eine hervorstechende Eigenschaft der beobachteten Person die Beurteilung der Beobachtung in eine bestimmte Richtung tendieren lässt. Dies kann sich über alle zu beobachteten Items und sogar über verschiedene Beobachter hinweg erstrecken. /CRA 75/, /BOD 06/.

Ein weiteres Problem ist, dass Beobachter zum Teil bereits intern (subjektive, meist logische) Schlussfolgerungen aus den Beobachtungen ziehen und diese anstatt des Beobachteten dokumentieren. /CRA 75/

Insbesondere ist hierbei die Verzerrung durch unterschiedliche Attribution von Ursachen und Effekten zu erwähnen. In Untersuchungen (/JON 71/ zitiert in /HAL 87/) konnte gezeigt werden, dass die Verantwortlichkeit für Fehler durch Außenstehende bevorzugt den Handlungen des Einzelnen zugeschrieben werden, während der Handelnde selbst seine Vorgehensweise und damit die Fehlerentstehung äußeren Randbedingungen zuschreibt. Dieser Effekt kann im Falle der Beobachtung dazu führen, dass die Ursache für einen Fehler vorschnell der Person selbst zugeschrieben wird und eine weitere Untersuchung der äußeren Umstände nicht mehr erfolgt.

Weiter kann die Beobachtung beeinflusst werden durch /BOD 06/:

- Stimmung des Beobachters
- Konzentrationsfähigkeit des Beobachters
- Überforderung des Beobachters bei gleichzeitig gehäuft auftretenden Merkmalen
- Erwartungseffekte
- Kontrasteffekte
- Ähnlichkeitseffekte
- Primacy-Recency-Effekte (zuerst oder zuletzt erfolgte Wahrnehmungen werden stärker erinnert)

3.8.5 Befragung

3.8.5.1 Beschreibung der Methode

Die persönliche Befragung kann sowohl mit als auch ohne direkte Beteiligung des Auditors durchgeführt werden. Im ersten Fall wird die Methode des Interviews gewählt, im zweiten die des Fragebogens.

Beim Interview werden dem Befragten Fragen gestellt, die dieser beantworten soll. Beim Fragebogen werden dem Befragten Fragen in schriftlicher Form präsentiert, welche er eigenständig zu bearbeiten hat.

Die Fragen können geschlossen, d.h. mit vordefinierten Antworten, teil-offen, d.h. vordefinierte Antworten mit Möglichkeit zur Angabe eigener Antworten und offen, d.h. es gibt keine Vordefinierten antworten zur Auswahl, der Befragte formuliert die Antwort selbst.

Es existieren viele Variationen der Grundform des Interviews. Auf diese wird hier nicht weiter eingegangen und auf die entsprechende Fachliteratur verwiesen /HDP 06/.

3.8.5.2 Ergebnisverzerrende Effekte

Generell muss bei Befragungen, wie auch bei der Beobachtung, die Reaktivität in Betracht gezogen werden, d.h. allein die Tatsache der Befragung, deren Inhalt, Kontext und Zielsetzung kann die Befragungsergebnisse beeinflussen. Sowohl für Interviews als auch für Befragungen über Fragebögen sind in der Literatur ergebnisverzerrende Faktoren dokumentiert. Einige Beispiele hierfür sind /STR 97/, /HDP 06/, /POR 98/:

- Reihenfolge der Fragen: Zeitlich vorangegangene Fragen können das Antwortverhalten auf die nachfolgenden Fragen beeinflussen.
- Formulierung der Fragen: Formulierung und Inhalt der Frage können einen starken Einfluss auf die Antwort haben. (Beispiel: "Fühlen sie sich zur Zeit bedroht?" oder "Fühlen Sie sich in diesen Zeiten des zunehmenden Terrorismus und der steigenden Kriminalität bedroht?"; vgl. auch /BLI 00/). Durch die Formulierung kann auch beeinflusst werden, ob eine Frage richtig oder überhaupt verstanden wird. Insbesondere Begriffe, die nicht eindeutig definiert sind oder in verschiedenen Kontexten verwendet werden, können zu ergebnisverzerrenden Effekten führen.
- Ein-/Mehrdimensionalität der Frage: Je komplexer der Sachverhalt desto schwieriger fällt es dem Befragten den Gesamtkomplex zu beurteilen (Beispiel: mehrdimensional, viele Aspekte: Wie zufrieden sind sie mit ihrer Tätigkeit beim Unternehmen? Eindimensional, ein Aspekt: Wie zufrieden sind sie mit der Höhe Ihres Gehalts?)
- Verwendung offener oder geschlossener Fragen: Hier können starke Unterschiede im Antwortverhalten auf die gleiche Frage auftreten. Geschlossene Fragen engen den Ergebnisraum ein, können ihn aber gleichzeitig erweitern, dadurch, dass Antworten aufgelistet werden, an die der Befragte bei einer offenen Fragestellung nicht gedacht hätte.
- soziale Erwünschtheit der Antwort: Der Mensch richtet sein Antwortverhalten zum Teil an ungeschriebenen Regeln und Ansichten aus, die sich aus dem Zusammenleben in der Gesellschaft gebildet haben. Sind z.B. bestimmte Themen oder Antworten in der Gesellschaft oder der Gruppe, der sich der Befragte zugehörig fühlt, unerwünscht, so steigt die Wahrscheinlichkeit, dass sich das Antwortverhalten des Befragten am Konsens in der Gesellschaft oder der Gruppe ausrichtet.

- Verhalten und Persönlichkeit des Befragers: Der Befrager kann durch sein Auftreten und sein Verhalten gegenüber dem Befragten eine Beeinflussung des Antwortverhaltens bewirken. Schließt man eine absichtliche Verfälschung aus, so geschieht dies meist durch unbewusste Signale, die der Befrager dem Befragten übermittelt.
- Durchführung als Interview oder als schriftliche Befragung: Das Interview ist im Gegensatz zur schriftlichen Befragung stark durch eine Mensch-Mensch-Interaktion geprägt. Diese sehr komplexe Interaktion kann vielfältige Einflüsse auf das Antwortverhalten ausüben. Eine erschöpfende Behandlung kann hier nicht durchgeführt werden. Hier aber zwei Beispiele: 1. Die Problematik der sozialen Erwünschtheit tritt in dem Kontext des Interviews noch stärker in den Vordergrund als bei der schriftlichen Befragung. 2. Das Verhalten und die Persönlichkeit des Befragers haben beim Interview einen wesentlich stärkeren Einfluss als bei der schriftlichen Befragung.
- unzureichender Bezug des Befragten zur Fragestellung: Hat der Befragte zum zur gestellten Frage keine Meinung oder fehlen ihm entsprechende Hintergrundinformationen, so steigt die Gefahr, dass er Zufallsantwort gibt.
- Bei der Benutzung von Skalen zur Bewertung konnten weitere besondere Effekte festgestellt werden:
 - Tendenz zur Mitte: Personen scheuen die Abgabe von Extremwertungen
 - Abgabe von Mittenwertungen bei unklaren Fragestellungen und/oder Überforderung des Befragten
 - individuelle Skalenbildung des Befragten(was bedeutet viel - wenig, hoch - niedrig, usw.)
 - Einfluss der Formulierung der Merkmalsausprägungen auf das Antwortverhalten (z.B.: Skala von -5 bis 5 erzeugt ein anderes Antwortverhalten als eine Skala von 0 bis 10)

Abschließend ist das Auftreten der umgangssprachlich als "Buschtrommeln" bezeichneten Effekts zu erwähnen. Bei nicht gleichzeitiger Befragung ist davon auszugehen, dass nachfolgende Kandidaten teilweise oder vollständig über den Fragenkatalog Bescheid wissen und sich bereits im Voraus adäquate, mit den Interessen des Unternehmens und der Kollegen "konforme" Antworten zu überlegen.

Die hier gemachten Ausführungen zeigen wichtige ergebnisverzerrende Effekte auf, sind aber nicht erschöpfend. Für weitere Ausführungen wird auf die entsprechende Fachliteratur verwiesen: z.B. /HDP 06/, /STR 97/, /POR 98/

Betrachtet man die Einschränkungen, die hinsichtlich der Ergebnisse von Befragungen gemacht werden müssen, stellt sich die Frage, ob es überhaupt sinnvoll ist, eine Befragung zur Erhebung von Daten durchzuführen.

Hier ist genau zu überlegen für welche Kontexte die Befragung eingesetzt wird. Besonders bei sehr starker, wie auch bei sehr schwacher Involvierung mit dem Befragungsthema sind Verzerrungen des Antwortverhaltens zu erwarten. Auch ist anzunehmen, dass mit zunehmender Komplexität der Fragestellungen die Gütekriterien Objektivität, Reliabilität und Validität und somit auch die Gesamtqualität der Aussage abnehmen werden.

3.8.6 Empfehlungen für die Anwendung im Audit

3.8.6.1 Dokumentenanalyse

Bei der Dokumentenanalyse werden Erkenntnisse aus den Aufzeichnungen des Audit-Kandidaten abgeleitet. Hierzu sollte eine einheitliche Vorgehensweise und einheitliche Kriterien zur Bewertung definiert werden.

Die Erhebung von Daten aus der Analyse von Aufzeichnungen des Audit-Kandidaten wird als die objektivste der betrachteten Erhebungsmethoden eingeschätzt und ist deshalb allen anderen Erhebungsmethoden im Rahmen des Audits vorzuziehen.

3.8.6.2 Beobachtung und Befragung

Die Erhebungen in der Anlage werden sich aus Beobachtungen und Befragungen zusammensetzen. Dabei werden sich neben der reinen Befragung und der reinen Beobachtungen auch Mischformen ausbilden, bei denen eine vertiefende Befragung im Anschluss an die Beobachtung erfolgt oder auch Verhalten durch Nachfragen angestoßen wird ("stimuliertes Verhalten" /HPD 06/), das anschließend beobachtet werden kann.

Hauptziel von Befragungen und Beobachtungen im Rahmen des Audits ist es, Daten zu erheben, die durch die Dokumentenanalyse nicht ermittelt werden konnten. Generell ist eine Systematik bei der Planung der Beobachtung und der Befragung, der Aufzeichnung der Ergebnisse und der Analyse vorzusehen. Diese Systematik resultiert zum Teil aus den unbeantworteten Fragen der Dokumentenanalyse.

Neben dieser systematischen Vorgehensweise, sollte der Auditor aber immer offen dafür sein auch weitere ungeplante Beobachtungen zu machen, um neue Erkenntnisse für das Audit zu gewinnen.

3.8.6.2.1 Beobachtung

Für das angekündigte Audit ist eine offene Durchführung von Beobachtungen indiziert. Eine verdeckte Durchführung könnte während einer Routineuntersuchung mit anderer Themenstellung (z.B. technischer) angewendet werden, um Anhaltspunkte für die Notwendigkeit eines Audits zu gewinnen.

Wie schon bei der Dokumentenanalyse wird zur Gewährleistung von Objektivität und Vollständigkeit der Beobachtung der Einsatz einer heterogenen Gruppe von Auditoren empfohlen.

Auf folgende Punkte sollte bei der Durchführung der Beobachtung besonders geachtet werden:

- unvoreingenommene Grundhaltung des Auditors, ständige Überprüfung durch Selbstreflexion
- Bemühen des Auditors um eine neutrale Haltung gegenüber den Beobachteten (Sympathie/Antipathie)
- Schaffen einer vertrauensvollen Atmosphäre bei gleichzeitiger Wahrung der Distanz
- keine wertenden Aussagen durch den Auditor (auch in Gestik und Mimik)
- Durchführung einer Vielzahl von Beobachtungen /HDP 06/
- Urteilsbildung erst nach der Beobachtung /HDP 06/
- keine Verallgemeinerungen aus der Einzelbeobachtung /HDP 06/

Auch bei stärkstem Bemühen lassen sich die oben geforderten Punkte nicht alle immer erfüllen, da manche dieser Prozesse unbewusst ablaufen und durch den Beobachter nur schwierig zu beeinflussen sind.

3.8.6.2.2 Befragung

Im betrachteten Auditverfahren ergeben sich die Fragestellungen vorwiegend aus den Ergebnissen bzw. den fehlenden Ergebnissen der Dokumentenanalyse. Zudem werden Daten zu Fragestellungen erhoben, von denen nicht zu erwarten ist, dass sie dokumentiert bzw. zur Dokumentation erfasst wurden.

Generell ist zu empfehlen, soweit wie möglich von Befragungen abzusehen und die Daten über Dokumentenanalyse und Beobachtung zu erheben. Sollte zu bestimmten Themenstellungen eine Befragung notwendig sein, so sollten daraus keine quantitativen Ergebnisse abgeleitet werden, sondern eine Beschränkung auf qualitative Aussagen erfolgen.

Als Befragungsform wird das nicht standardisierte Interview empfohlen. Eine schriftliche Befragung sowie die Befragung mit standardisierten Fragen erscheint aufgrund der möglichen Heterogenität der Audits in unterschiedlichen Anlagen und dem damit verbundenen hohen Aufwand für die wiederholte Erstellung und Validierung des Befragungskataloges als nicht zweckmäßig. Dennoch werden in dem Leitfaden zum Auditierungsverfahrens Leitfragen vorgegeben, an denen der Auditor seine Befragung ausrichten kann. Die konkrete Durchführung der Befragung liegt in der Eigenverantwortung des Auditors.

Auf folgende Punkte sollte bei der Durchführung der Befragung besonders geachtet werden:

- die Formulierung der Fragen ist eindeutig und leicht verständlich (möglichst eindimensional, Überprüfung der Begrifflichkeiten, Vermeidung von Verneinungen und doppelten Verneinungen in den Fragen)
- Schaffen einer vertrauensvollen Atmosphäre
- Identifizierung von Fragen mit hohem Einfluss der sozialen Erwünschtheit im Voraus, besonders aufmerksame Behandlung im Interview.

- unvoreingenommene Grundhaltung des Auditors, ständige Überprüfung durch Selbstreflexion
- Ergründung des tatsächlichen Sachverhaltes durch vertieftes Nachfragen (höchste Vorsicht: Gefahr der Beeinflussung des Befragten)
- keine wertenden Aussagen durch den Befrager (auch in Gestik und Mimik)
- Berücksichtigung des Hintergrundes des Befragten
- dem Befragten die Möglichkeit der Nachfrage bzw. des Nicht-Beantwortens einräumen

3.9 Bewertung der Faktoren, die die Zuverlässigkeit von Personenhandlungen beeinflussen

Eine Bewertung der erhobenen Einflussfaktoren hinsichtlich Ihrer Wirksamkeit auf die Zuverlässigkeit von Personenhandlungen wird nicht durchgeführt, da die wissenschaftlichen Grundlagen dafür unzureichend sind. Bei der Bewertung der Einflussfaktoren auf die menschliche Zuverlässigkeit besteht noch intensiver Forschungsbedarf.

Die erhobenen Faktoren, die die Zuverlässigkeit von Personenhandlungen beeinflussen, sind in ihrer Art und Ausprägung so inhomogen und untereinander abhängig, dass sie sich bereits formell einer einheitlichen Bewertung weitestgehend entziehen. Zudem ist es nach aktuellem Forschungsstand nicht möglich, den beeinflussenden Faktoren eindeutige Gewichtungen auf Basis objektiver Maße zuzuordnen.

Einige Methoden zur Ermittlung der menschlichen Zuverlässigkeit verwenden zwar Gewichtungsfaktoren, um die Stärke eines Einflussfaktors auf die menschliche Zuverlässigkeit darzustellen (vgl. z.B. HEART /WIL 86/). Sowohl diese Gewichtung der Faktoren als auch die Stärke der Ausprägung der Faktoren wird hierbei allerdings durch Expertenschätzungen ermittelt. /STR 97/

Vor diesem Hintergrund sollte deshalb unabhängig von jeglicher Gewichtung angestrebt werden, gefundene Mängel zu beheben.

3.10 Herangehensweise für die Dokumentation

Die Herangehensweise für die Dokumentation wird im Leitfaden zum Audit im Abschnitt „Dokumentation des Audits“ beschrieben. Sie wurde aus den in Abschnitt „Sichtung von im In- und Ausland praktizierten Vorgehensweisen“ betrachteten Auditierungsverfahren und der in Abschnitt „Review von HRA-Methoden hinsichtlich die menschliche Zuverlässigkeit beeinflussenden Faktoren“ erwähnten Verfahren zur Beurteilung der menschlichen Zuverlässigkeit abgeleitet und durch eigene Überlegungen ergänzt. Die Dokumentation soll darauf ausgerichtet sein, dem Audit-Prozess unter Darstellung aller Fakten eine höchstmögliche Transparenz und Nachvollziehbarkeit zu verleihen.

4 Ableitung von Anforderungen an Audits

In den Texten vom Modul 8 und 10 des neuen Regelwerkes wird eine regelmäßige Überprüfung der Wirksamkeit des Sicherheitsmanagements und der Gewährleistung einer ergonomischen Auslegung der Arbeitsumgebung gefordert. Eine Möglichkeit der Erfüllung dieser Forderung ist die Durchführung von Audits.

Um zu gewährleisten, dass die durchgeführten Audits gewissen Mindestanforderungen genügen, werden diese im Folgenden formuliert.

4.1 Initiierung eines Audits

Es sind Regeln festzulegen, wann ein Audit statt zu finden hat.

Anmerkung: Dies kann z.B. die Durchführung eines Audits nach einem festen Zeitintervall oder infolge der Erfüllung von bestimmten Kriterien (z.B. Auftreten eines Ereignisses, Beobachtung von Unregelmäßigkeiten, externe Anforderung) sein. Zeitintervalle oder Kriterien sind ggf. durch die Aufsicht zu spezifizieren.

4.2 Anforderungen an die Organisation des Audits

Das Audit ist vor seiner Durchführung zu planen.

Umfang und Ziel des Audits sind an den Forderungen des Regelwerkes auszurichten.

Es sind Verantwortliche für die Durchführung des Audits zu benennen.

Die Verantwortlichen sind mit ausreichend Befugnissen für die Durchführung des Audits auszustatten.

Es ist unter Berücksichtigung des Auditierungsgegenstandes ein Auditteam aufzustellen und zu schulen.

In die Planung sind die am Audit Beteiligten einzubeziehen.

Das Verfahren zur Auditierung ist vor Beginn des Audits festzulegen.

Es sind ausreichende Ressourcen für die Durchführung des Audits vorzusehen.

Es sind Qualitätskriterien für die Auditierung vor Beginn des Audits festzulegen. Die Einhaltung der Qualitätskriterien ist stetig während der Durchführung des Audits zu prüfen. Werden Abweichung festgestellt, so sind entsprechende Korrekturmaßnahmen zu treffen und Verbesserungsmaßnahmen für zukünftige Audits abzuleiten.

Das Audit ist zu dokumentieren.

Anmerkung: Die Organisation eines Audits ist z.B. in DIN EN ISO 19011:2002 „Leitfaden für Audits von Qualitätsmanagement- und/oder Umweltmanagementsystemen“ dargestellt.

4.3 Anforderungen an Qualifikation und Schulung des Auditorenteams

Die Zusammensetzung, Qualifikation und Größe des Auditorenteams sind dem Auditierungsgegenstand angemessen auszuwählen.

Die persönliche Eignung der Auditoren für die Aufgabe ist zu überprüfen.

Anmerkung: DIN 19011 gibt Hinweise auf die persönliche Eignung von Auditoren. Sie sollten demnach in der Lage sein: [Zitat DIN 19011]

- Auditprinzipien, -verfahren und -techniken anzuwenden,
- die Arbeit wirksam zu planen und zu organisieren,
- das Audit im vereinbarten Zeitrahmen durchzuführen,
- Prioritäten festzulegen und sich auf das Wesentliche zu konzentrieren,
- Informationen durch wirksames Befragen, Zuhören, Beobachten und Auswertung von Dokumenten, Aufzeichnungen und Daten zu erfassen,
- die Angemessenheit und die Folgen des Gebrauchs von Stichprobennahmetechniken beim Audit zu verstehen,
- die Genauigkeit von gesammelten Informationen zu verifizieren,

- die Angemessenheit und Eignung der Auditrachweise zur Unterstützung von Audit feststellungen und –schlussfolgerungen zu bestätigen,
- die Faktoren, die sich auf die Zuverlässigkeit der Auditfeststellungen und -schlussfolgerungen auswirken können, zu bewerten,
- Arbeitsdokumente zum Aufzeichnen von Audittätigkeiten einzusetzen,
- Auditberichte zu erstellen,
- die Vertraulichkeit und Sicherheit von Informationen zu wahren und wirksam zu kommunizieren, entweder mittels persönlicher sprachlicher Fähigkeiten oder mittels eines Dolmetschers. [Zitat Ende]

Für die Durchführung des Audits personenbezogener Einflussfaktoren sollen die Auditoren über folgende Kenntnisse verfügen:

- Grundlagen der menschlichen Zuverlässigkeit
- Grundlagen der Arbeitsplatzgestaltung und –bewertung
- Grundlagen der Gestaltung und Bewertung der Mensch-Maschine-Schnittstelle
- Grundlagen der Gestaltung von Arbeitsabläufen und deren Bewertung
- Grundlagen der Umweltergonomie und deren Bewertung
- Grundlagen der Psychologie
- Gute Kenntnisse im Bereich der Systemtechnik von KKWs
- Sehr gute Kenntnisse der Abläufe in einem Kernkraftwerk
- Gute Kenntnisse in den Methoden der Datenerhebung
- Erfahrung in der Analyse und Bewertung von Arbeitssystemen

Mindestanforderung ist, dass zumindest die kleinste Auditorengruppe, die eine Auditierung vor Ort durchführt, gemeinschaftlich über die oben aufgeführten Kenntnisse verfügt.

Es ist die Unabhängigkeit der Auditoren von der zu auditierenden Institution zu gewährleisten.

Das Auditorenteam ist mindestens in den folgenden Punkten zu schulen:

- Organisatorischer Ablauf des Audits
- erwartetes Verhalten des Auditors, „Ethik des Auditors“ (vgl. hierzu DIN EN ISO 19011, Abschnitt „Auditprinzipien“)
- Methodischer Ansatz und fachliche Inhalte des Audits
- Eigenschaften von Erhebungsmethoden und ergebnisverzerrende Effekte
- Durchführung der Erhebung
- Vorgehen bei der Bewertung der erhobenen Daten, Bewertungsmaßstäbe, fachliche Quellen
- Dokumentation der Erhebung und der Ergebnisse

4.4 Anforderungen an die Erhebungsmethodik

4.4.1 Generische Anforderungen

Der methodische Ansatz zur Auditierung ist nach Stand von Wissenschaft und Technik auszuwählen. Die Auditierungsmethode muss durch die Aufsichtsbehörde anerkannt werden, sofern die Auditierungsergebnisse im Rahmen der Kernkraftwerksaufsicht verwendet werden sollen.

Der methodische Ansatz muss gewährleisten, dass der Auditierungsgegenstand, vollständig erfasst, untersucht und bewertet wird.

Anmerkung: Dies trifft meist zu, wenn der Methode ein fachlich anerkanntes Modell des Auditierungsgegenstandes (z.B. das Mensch-Maschine-System bei der Bewertung der menschlichen Zuverlässigkeit) zugrunde liegt. Dies trifft meist nicht zu, wenn zu auditierende Inhalte auf Basis einer empirischen Stoffsammlung ermittelt wurden.

Die Erhebungsmethoden sind so auszuwählen, dass die Objektivität und Nachprüfbarkeit so gut wie möglich gewährleistet ist.

4.4.2 Spezifische Anforderungen

Es sei darauf hingewiesen, dass die nachfolgenden Auflistungen keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben. Sie sollen nicht als Liste direkt in die Auditierung einfließen, sondern als Validierungshilfe dienen, um zu überprüfen, ob das gewählte Modell den Auditierungsgegenstand vollständig beschreibt.

Weitere Detaillierung der Inhalte zu den im vorangegangenen aufgelisteten Themenkomplexen sind den entsprechenden Abschnitten des Leitfadens und des Berichtes zum Auditierungsverfahren zu entnehmen.

Die Auditierung von Faktoren, die die menschliche Leistungsfähigkeit beeinflussen, im Rahmen einer Überprüfung der Wirksamkeit des Sicherheitsmanagements sollte mindestens folgende Punkte beinhalten. Werden einzelne Punkte vom Audit ausgeschlossen, so ist dies zu begründen.

- Eigenschaften und Fähigkeiten der Mitarbeiter
 - Wissen, Erfahrung, kognitive Fähigkeiten
 - Motivation und Arbeitszufriedenheit
 - geistige und körperliche Leistungsfähigkeit
 - Bewusstsein für kognitive Mechanismen
- Eigenschaften der Mensch-Maschine-Schnittstelle und des zu regelnden Systems
 - Gestaltung hinsichtlich kognitiver Eigenschaften
 - Gestaltung hinsichtlich körperlicher Eigenschaften
- Eigenschaften der Arbeitssituation
 - Umgebungsbedingungen
 - soziale Aspekte der Arbeitssituation
 - zeitliche Aspekte der Arbeitssituation
 - weitere Aspekte der Arbeitssituation
- Eigenschaften von Regeln

4.5 Anforderungen an die Bewertung

Die Verlässlichkeit der erhobenen Informationen ist einzuschätzen und zu begründen.

Anmerkung: Die Erhebungsmethoden Beobachtung und Befragung können erheblichen ergebnisverzerrenden Effekten unterliegen, deren Ursache sowohl beim Auditor wie auch bei den Beobachteten bzw. Befragten liegen können.

Die Bewertung der erhobenen Daten ist nach dem etablierten Stand von Wissenschaft und Technik durchzuführen und zu begründen.

Von quantitativen Vergleichen von Auditierungsergebnissen ist abzusehen.

Anmerkung: Ein Vergleich von mehreren Auditierungsergebnissen und die dafür notwendige Quantifizierung der Leistung kann auch bei bestmöglicher Gleichhaltung der Audit-Randbedingungen zu Fehlinterpretationen führen.

4.6 Ableitung von Maßnahmen

Bereiche, in denen das Audit Verbesserungspotential zu Tage fördert, sind zu benennen und Verbesserungsmaßnahmen sind abzuleiten. Ist dies nicht möglich, so sind die Gründe eingehend darzulegen.

Für die Umsetzung der Verbesserungsmaßnahmen ist ein angemessener Zeitrahmen festzulegen.

Der Fortschritt der Verbesserungsmaßnahmen ist in angemessenen Zeitintervallen zu überprüfen.

4.7 Anforderungen an die Dokumentation

Alle für die Nachvollziehbarkeit des Audits notwendigen Informationen sind zu dokumentieren.

Dies gilt insbesondere für:

- Organisation des Audits

- Zusammensetzung und Qualifikation des Auditteams
- Schulungsinhalte des Auditteams
- Vorgehensweise bei der Durchführung des Audits
- Zeit, Ort, Art und Weise der Datenerhebung, sowie Durchführender der Erhebung
- erhobene Daten
- begründete Einschätzung der Verlässlichkeit der erhobenen Daten
- Bewertung der erhobenen Daten und Darlegung der jeweiligen Bewertungsmaßstäbe
- Identifizierte Verbesserungspotentiale
- Art, Inhalt und Wirkungsweise von Verbesserungsmaßnahmen bzw. Darlegung der Gründe für Negation von Verbesserungsmaßnahmen
- Zeitplan für die Umsetzung von Verbesserungsmaßnahmen
- Protokoll und Bewertung der Umsetzung der Verbesserungsmaßnahmen

Weiter sind die Ergebnisse der Qualitätsüberwachung und die damit verbundenen Vorbeuge-, Korrektur und Verbesserungsmaßnahmen zu dokumentieren.

5 Literatur

- /BAI 05/ T.S. Baines, R. Asch, L. Hadfield, J.P. Mason, S. Fletcher and J.M. Kay, Towards a theoretical framework for human performance modelling within manufacturing systems design, Simulation Modelling Practice and Theory, Volume 13, Issue 6, September 2005, Pages 486-504.
<<http://hdl.handle.net/1826/931>>
- /BLI 00/ Blinkert, B.: Skript zu „Methoden“. Institut für Soziologie der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, 2000.
- /BOD 06/ Bodenmann G.: Beobachtungsmethoden. In: Petermann F. (Hrsg.), Eid M. (Hrsg.): Handbuch der psychologischen Diagnostik. In: Bengel J. et al. (Hrsg.): Handbuch der Psychologie. Hogrefe, Göttingen, 2006
- /BRO 99/ Brodbeck, F. C. und Frey, D.: Gruppenprozesse. In C. G. Hoyos & D. Frey (Hrsg.), Arbeits- und Organisationspsychologie. Weinheim: Psychologie Verlags Union, 1999.
- /BUB 92/ Bubb H. (Hrsg.): Menschliche Zuverlässigkeit. Definitionen. Zusammenhänge. Bewertung. Hüthig Jehle Rehm, 1992, ISBN-10: 3609690003
- /BUB 93a/ Bubb, H.: Kapitel 5.2: Systemergonomie - Informationswandel durch das System. In Schmidtke, H. (Hrsg.): Ergonomie 3. Auflage, Hanser, 1993
- /BUB 93b/ Bubb, H.: Kapitel 5.3: Systemergonomie - Systemergonomische Gestaltung. In Schmidtke, H. (Hrsg.): Ergonomie 3. Auflage, Hanser, 1993
- /CAR 78/ Carrell M. R. and Dittrich, J. E.: Equity Theory: The Recent Literature, Methodological Considerations, and New Directions. In: The Academy of Management Review, Vol. 3, No. 2 (Apr., 1978), pp. 202-210
- /COL 05/ Colenco Info. Ausgabe Juli 2005. Broschüre der Firma Colenco Power Engineering hinsichtlich Dienstleitungen für das WANO Peer Review, <http://www.colenco.ch/pdf/colencoinfo/ColencoInfo2005-07.pdf>

- /CRA 75/ von Cranach M., Frenz, H-G. : Systematische Beobachtung. In: Graumann C.F.(Hrsg.): Sozialpsychologie. In: Gottschaldt K. et al. (Hrsg.): Handbuch der Psychologie. Verlag für Psychologie, Göttingen.
- /CRI 87/ Crist, W.H.: Chapter 6.3 Illumination. In: Salvendy (Editor): Handbook of Human Factors. John Wiley & Sons, 1987
- /DÖR 87/ Dörner, D.: On the difficulties People have in Dealing with Complexity. In: New Technology and Human Error. Edited by J. Rasmussen, K. Duncan and J. Leplat, John Wiley & Sons Ltd, 1987
- /DÖR 92/ Dörner, D.: Die Logik des Misslingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen. Rowohlt, 1992
- /FIR 05/ Firebaugh, G.: "Relative Income and Happiness: Are Americans on a Hedonic Treadmill?" at the American Sociological Association Centennial Annual Meeting on August 14, 2005.
- /FIR 06/ Firebaugh, G.: The New Geography of Global Income Inequality. Harvard University Press, 2006
- /FLE 00/ Zeitliche und örtliche Veränderungen der Helligkeitsverteilung in Büroräumen : Tagungsbericht der Licht 2000, Goslar, September 2000 Susanne Fleischer, Helmut Krueger, Christoph Schierz ETH Zürich, Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie, 2000
- /FOL 87/ Foley, P. and Moray, N.: Chapter 2.1 Sensation, Perception and System Design. In: Salvendy (Editor): Handbook of Human Factors. John Wiley & Sons, 1987
- /GER 92/ D. I. Gertman, H. S. Blackman, L. N. Haney, K. S. Seidler, H. A. Hahn, INTENT: A Method for Estimating Human Error Probabilities for Decision-based Errors. Reliability Engineering & System Safety 35 (1992) pp.127-136
- /GÖT 07/ Götz, M.: Dissertation am Lehrstuhl für Ergonomie der TU-München, 2007

- /GRS 03/ GRS: Methode zur Untersuchung und Bewertung schädlicher Eingriffe des Operateurs, GRS - A - 3157, Oktober 2003
- /HAL 87/ A. R. Hale and A. I. Glendon, Individual Behaviour in the Control of Danger, Industrial Safety Series, Volume 2, Elsevier, 1987
- /HAR 93/ Hartmann, E.: Kapitel 4.2: Beleuchtung. In Schmidtke, H. (Hrsg.): Ergonomie 3. Auflage, Hanser, 1993
- /HDP 06/ Bengel J. et al. (Hrsg.): Handbuch der Psychologie. Hogrefe, Göttingen, 2006
- /HER 08/ Herzberg F., Mausner B., Snyderman B. B.: The Motivation to Work. Transaction Edition 1993, Transaction Publishers, New Brunswick and London, Eleventh printing, 2008
- /HEU 93/ Heuer H. und Merz F.: Kapitel 2.2: Intelligenz und Lernen. In Schmidtke, H. (Hrsg.): Ergonomie 3. Auflage, Hanser, 1993
- /HOL 06/ Holy J., Kubicek J.: A Couple of Points to The Discussion About Factors Influencing Human Reliability. Proceedings of the 8th International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management May 14-18, 2006, New Orleans, Louisiana, USA
- /HOL 98/ Hollnagel, E. (1998) Cognitive Reliability and Error Analysis Method - CREAM. Elsevier, New York, Amsterdam. (ISBN 0-08-042848-7)
- /HSK 06/ Hauptabteilung für Sicherheit der Kernanlagen (HSK): MOSAIK-Fragenkatalog, Schweiz, 2006
- /HSK 07/ Hauptabteilung für Sicherheit der Kernanlagen (HSK): Anleitung MOSAIK-Inspektionsinstrument, Schweiz, 2007
- /IAE 02/ International Atomic Energy Agency: Self-assessment of safety culture in nuclear installations. IAEA-TECDOC-1321, 2002

- /IAE 05/ International Atomic Energy Agency: OSART guidelines, 2005 Edition, Reference report for IAEA Operational Safety Review Teams, Vienna, July, 2005
- /JOH 05/ Johnson-Laird P.N.: Chapter 9 Mental Models and Thought. In: Holyoak K.J., Morrison R.G. (Editors): The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning, Cambridge University Press, 2005
- /JON 71/ E.E. Jones and R.E. Nisbett, The actor and the observer: divergent perceptions of the causes of behaviour, in: E.E. Jones, H.H. Kelly, R.E. Nisbett, S. Valins and B. Weiner, Attribution: perceiving the causes of behaviour, General Learning Press, Morristown N.J., 1971.
- /KEM 79/ Kemeny, J. G. (Chairman): Report of the President's Commission on the Accident at Three Mile Island. U.S. Government Printing Office, Washington DC, 1979
- /KSA 07/ Eidgenössische Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen: Methodik der Aufsicht über Kernanlagen, Teil 2: Beurteilung von Aspekten der Organisation und des menschlichen Verhaltens; Ableiten von Verbesserungsmaßnahmen, KSA-Report No. 07-01, März 2007
- /LUC 87/ Lucas, D. A.: Mental Models and New Technology. In: New Technology and Human Error. Edited by J. Rasmussen, K. Duncan and J. Leplat, John Wiley & Sons Ltd, 1987
- /MAS 81/ Maslow A. H.: Motivation und Persönlichkeit (10. Auflage, 2005). Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek bei Hamburg, 1981
- /MAS 97/ Mason, S.: Procedural violations - causes, costs and cures. In: Redmill, F. and Rajan, J. (Eds.): Human Factors in Safety-critical Systems. ISBN 0 7506 2715 8, 1997
- /MÜL 93a/ Müller-Limmroth, W.: Kapitel 1.3: Sinnesorgane. In Schmidtke, H. (Hrsg.): Ergonomie 3. Auflage, Hanser, 1993

- /MÜL 93b/ Müller-Limmroth, W.: Kapitel 3.6: Streß, Streßreaktion, Stressoren, Distreß. In Schmidtke, H. (Hrsg.): Ergonomie 3. Auflage, Hanser, 1993
- /NOR 02/ Norman D.A.: The Design of Everyday Things. B&T; Auflage: Reprint (29. August 2002), ISBN-10: 0465067107
- /NOR 83/ Norman, D. A.: Some observations on mental models. In: Gentner, D. and Stevens, A. (Eds.): Mental Models. Erlbaum, Hillsdale, NJ, 1983
- /NRC 00/ U.S. National Regulatory Commission (USNRC): Inspection Procedure 71841, Washington, 2000
- /NRC 00b/ U.S. National Regulatory Commission (USNRC): NUREG-1624, Rev. 1.: Technical Basis and Implementation Guidelines for A Technique for Human Event Analysis (ATHEANA), Washington, 2000.
- /NRC 05/ U.S. National Regulatory Commission (USNRC): NUREG/CR-6883 The SPAR-H Human Reliability Analysis Method, Washington, 2005.
- /NRC 06/ U.S. National Regulatory Commission (USNRC): NUREG/CR-6903, Vol. 1 Human Event Repository and Analysis (HERA) System, Overview
- /NRC 07/ U.S. National Regulatory Commission (USNRC): SR 1880 ATHEANA User's Guide, Washington, 2007
- /POR 98/ Porst, R.: Im Vorfeld der Befragung: Planung, Fragebogenentwicklung, Pretesting. ZUMA-Arbeitsbericht 98/02, Zentrum für Umfragen, Methoden und Analysen, 1998
- /REA 90/ Reason J.: Human Error. Cambridge University Press, Cambridge (GB), 1990
- /RIC 98/ Richter, P. und Hacker, W.: Belastung und Beanspruchung. Roland Ansanger Verlag, Heidelberg, 1998, ISBN 3-89334-324-5
- /ROH 87/ Rohles, F.H. and Konz, S. A.: Chapter 6.4 Climate. In: Salvendy (Editor): Handbook of Human Factors. John Wiley & Sons, 1987

- /SCH 07/ Scientific Committee on Health and Environmental Risks, Health and Consumer Protection European Commission: Opinion on risk assessment on indoor air quality, May 2007
- /SEM 96/ Semmer N. und Regenass A.: Der menschliche Faktor in der Arbeitssicherheit Mechanismen, Verhütung und Korrektur von menschlichen Fehlhandlungen. In: Grote, G. und Künzler, S. (Hrsg.): Theorie und Praxis der Sicherheitskultur. Zürich: Verlag der Fachvereine, 1996
- /SEP 06/ Seppänen, O.: Indoor Climate and Productivity. Professor at Helsinki University of Technology, Finland, 2006
- /SHO 02/ Steven T. Shorrocka, Barry Kirwan: Development and application of a human error identification tool for air traffic control, Applied Ergonomics 33 (2002) 319–336
- /STR 97/ Sträter, O.: Beurteilung der menschlichen Zuverlässigkeit auf Basis von Betriebserfahrung. Dissertation am Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München, 1997
- /SWA 83/ Swain A.D., Guttman H.E.: Handbook of human reliability with emphasis on nuclear power plants applications, Sandia National Labs/NUREG CR-1278. Washington, DC, USA: NUREG; 1983.
- /TEP 87/ Tepas, I. T. and Monk, T. H.: Work Schedules. In: Salvendy (Editor): Handbook of Human Factors. John Wiley & Sons, 1987
- /VDI 03/ VDI 4006, Blatt 2: Methoden zur quantitativen Bewertung menschlicher Zuverlässigkeit. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2003
- /VDI 99/ VDI 4006, Blatt 2: Menschliche Zuverlässigkeit - Methoden zur quantitativen Bewertung menschlicher Zuverlässigkeit. Beuth-Verlag. Berlin, 1999
- /WAN 07/ Informationen zum WANO-Peer-Review auf der WANO-Site http://www.wano.org.uk/WANO_Programmes/Peer_Review_Programme.asp, 06.08.2007

- /WES 00/ Weeß H-G, Sauter C, Geisler P, Böhning W, Wilhelm B, Rotte M, Gresele C, Schneider C, Schulz H, Lund R, Steinberg R und Arbeitsgruppe Vigilanz der DGSM: Vigilanz, Einschlafneigung, Daueraufmerksamkeit, Müdigkeit, Schläfrigkeit -Diagnostische Instrumentarien zur Messung müdigkeits- und schläfrigkeitsbezogener Prozesse und deren Gütekriterien. Somnologie 4, 20-38, 2000.
- /WIL 86/ Williams, J. C. (1986) HEART - A proposed method for assessing and reducing human error. In: 9th Advances in Reliability Technology Symposium, University of Bradford.

6 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1	Mensch-Interaktionsobjekt-System (MIS oder auch Arbeitssystem) ..	43
Abbildung 3-2	Zuordnung der beeinflussenden Faktoren zu den Elementen des Mensch-Interaktionsobjekt-Systems	44
Abbildung 3-3	Fiktives Beispiel für eine explorative Kausalanalyse	45

Verteiler für GRS-A-3500 Teile 1 und 2

BMU RS I 3	3 x
BfS AG-F 3	2 x
VGB	1 x
Verband der TÜV e.V. Herrn Staudt	1 x
Umweltministerium Baden-Württemberg Glöckle, Walter	2 x
ENSI Frischknecht, Albert	2 x
EnBW Schwarz, Michael	2 x
Paul-Scherrer-Institut Dang, Vinh	1 x
E.ON Kernkraft GmbH & Co OHG Kernkraftwerk Brokdorf Hanisch, Thomas	2 x
TÜV Süd Industrie Service GmbH Rauh, Hans-Joachim	2 x
VDI-Arbeitskreis Menschliche Zuverlässigkeit Vorsitzender: Sträter, Oliver	2 x
Lehrstuhl für Ergonomie der TU-München Lehrstuhlleiter: Bengler, Klaus	2 x

GRS

Geschäftsführung	(hah, stj)	2 x
Bereichsleiter	(erv, lim, tes, prg, rot)	5 x
TECDO	(nit)	1 x

Bibliothek		2 x
Autoren	(har, prw, fas, bro, wib je 1 x)	5 x

Gesamtauflage:**29 Exemplare**