

**Verfahren zur
Erfassung, Analyse
und generischen
Auswertung melde-
pflichtiger Ereignisse
aus nuklearen Anlagen
hinsichtlich ergonmi-
scher, menschlicher
und organisatorischer
Faktoren**

Verfahren zur Erfassung,
Analyse und generischen
Auswertung meldepflichtiger
Ereignisse aus nuklearen
Anlagen hinsichtlich
ergonomischer, menschlicher
und organisatorischer
Faktoren

Dr. W. Faßmann
W. Preischl
Dr. A. Wielenberg

März 2012

Auftrags-Nr.: 820405

Anmerkung:

Das diesem Bericht zu Grunde liegende FE-Vorhaben 3609R01320 wurde im Auftrag des Bundesministeriums 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 wieder und muss nicht mit der Meinung des Auftraggebers übereinstimmen.

Kurzfassung

Der Bericht stellt das Verfahren vor, das die GRS entwickelt hat, um Betriebserfahrung aus kerntechnischen Anlagen hinsichtlich ergonomischer, menschlicher und organisatorischer Faktoren vertieft zu untersuchen und die Untersuchungsergebnisse im Rahmen einer jährlichen generischen Auswertung zusammenzuführen und zu werten. Die Quelle dieser Betriebserfahrungen bilden die Ereignisse, über die nach den Kriterien des nationalen Meldesystems zu berichten ist.

Die Anwendung des Verfahrens führt zu einer systematischen Beschreibung jedes Ereignisses hinsichtlich

- der Fehlhandlungen und Aktionen des Menschen zur Behebung von Fehlern,
- der zeitlichen und kausalen Beziehungen zwischen diesen Handlungen,
- der Arbeitssysteme (Aufgabe, Prozeduren, Benutzungsoberflächen, Umgebung), in denen die betrachteten Handlungen stattgefunden haben,
- der Randbedingungen und Gründe für das Auftreten der Fehlhandlungen,
- des Beitrags fehlerhafter und Fehler korrigierender Aktionen zu Verursachung, Ablauf und Bewältigung des Ereignisses sowie
- der Wirksamkeit von Vorkehrungen gegen Fehler.

Es wurde ferner eine Datenbank entwickelt, um die Ergebnisse der Analyse zu speichern. Die Datenbank hat die Aufgabe, eine systematische Nutzung der gespeicherten Betriebserfahrung aus meldepflichtigen Ereignissen für generische Auswertungen, (Trendanalysen, probabilistische Sicherheitsanalysen, die Beurteilung von Mensch-Maschine-Systemen oder die Beurteilung organisatorischer Gegebenheiten) zu unterstützen.

Abstract

This report presents the method GRS developed for the in-depth analysis of operating experience from nuclear facilities with respect to ergonomic, human and organisational factors. It describes also the approach to combine the results to a generic picture of the contribution of human and organisational factors. Major sources of the operating experience to be analysed with the method are the events reported by the facilities according to the criteria of the German notification system.

Application of the method provides a description of the events with respect to

- human erroneous and corrective actions,
- chronological and causal relations between these actions,
- the setting (task, systems, interfaces, environment ...) in which these actions were carried out,
- boundary conditions of and reasons for human errors,
- the contribution of human failures and corrective actions to causation, development, and recovery of the event,
- effective measures for error prevention.

A databank for storing analysis results was also developed. It supports a systematic use of the experience in the context of generic analyses (trend analyses, evaluation of man-machine-systems, and impact of organisational aspects).

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	1
2	Das Ursachenanalyseverfahren HUF (Human Factors)	3
2.1	Anforderungen an das Ursachenanalyseverfahren HUF	5
2.1.1	Enge Verflechtung mit der Analyse technischer Faktoren	6
2.1.2	Keine Schuldzuweisungen.....	7
2.1.3	Fachliche Fundierung und Wissensbasis für weitere Untersuchungen.....	8
2.1.4	Erfassung von Ereignissen mit fest vorgegebenen Kategorien und mit frei formuliertem Text.....	8
2.1.5	Berücksichtigung von Informationen unterschiedlicher Qualität und Quantität.....	8
2.1.6	Dokumentation und Speicherung der Analyseergebnisse	9
2.1.7	Anwenderfreundlichkeit der Methode.....	10
2.2	Nutzung vorhandener Methoden bei der Entwicklung des Ursachenanalyseverfahrens HUF	10
2.3	Beschreibung des Verfahrens.....	12
2.3.1	Überblick über das meldepflichtige Ereignis.....	13
2.3.2	Ereignisablaufanalyse.....	14
2.3.3	Analyse und Modellierung von Arbeitssystemen.....	16
2.3.4	Ermittlung leistungsbeeinflussender Faktoren.....	26
2.3.5	Aussagen zu ausgewählten, übergeordneten Aspekten.....	31
2.3.6	Datenbank und Formblätter	33
3	Organisation der generischen Auswertung.....	36
4	Vorgehensweise zur generischen Auswertung meldepflichtiger Ereignisse hinsichtlich ergonomischer, menschlicher und organisatorischer Faktoren.....	39
5	Zusammenfassende Diskussion	41

6	Literatur.....	43
7	Abbildungsverzeichnis.....	46

Anhang A „Dokumentation des Verfahrens“

1 Aufgabenstellung

Der Mensch ist Teil aller Betriebsabläufe in einer kerntechnischen Anlage. Von ihm werden unverzichtbare Beiträge zur Gewährleistung einer hohen Verfügbarkeit und eines hohen Sicherheitsniveaus erwartet. Für Personalhandlungen, die zum sicheren Betrieb oder zur Beherrschung von Störungen, Störfällen und Unfällen beitragen, fordert das deutsche Regelwerk [/BMU 09/](#):

„Alle absehbaren Tätigkeiten und Maßnahmen mit sicherheitstechnischer Bedeutung in der Anlage auf den Sicherheitsebenen 1 bis 4 sind unter Berücksichtigung ergonomischer Gesichtspunkte so zu gestalten, dass die Voraussetzungen für das sicherheitstechnisch erforderliche Verhalten der in der Anlage tätigen Personen gegeben sind.“

Dieser Grundsatz ist auf die Gestaltung aller Arbeitsplätze, an denen Tätigkeiten ausgeführt werden, aller Arbeitsmittel, deren Einsatz für diese Tätigkeiten vorgesehen ist, und die Gestaltung der Arbeitsabläufe, der Aufgabenverteilung zwischen Mensch und Technik sowie der Arbeitsteilung zwischen den ausführenden Personen anzuwenden. Einzubeziehen sind auch die vorgesehenen Wege, auf denen das Personal mit den erforderlichen Dingen an den Einsatzort gelangt und alle Umgebungseinflüsse, denen die Ausführenden ausgesetzt sein können.

Dieser Grundsatz soll zunächst sicherstellen, dass die Randbedingungen für zuverlässiges Handeln bereitgestellt werden. Darüber hinaus ist im Rahmen eines wirksamen Sicherheitsmanagementsystems ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess durchzuführen. Die verfügbare Betriebserfahrung ist hierzu ständig zu bewerten und auf Verbesserungsmöglichkeiten zu überprüfen. In [/BMU 04/](#) wird u. a. empfohlen:

„aufgetretene Fehler auszuwerten, um gegebenenfalls Trends zu erkennen. Negative Tendenzen sind für Verbesserungen (Erfahrungsrückfluss) und als Eingabe bei der Managementbewertung zu berücksichtigen.“

Zur verfügbaren Betriebserfahrung gehören die von den Anlagenbetreibern entsprechend der Meldeverordnung gemeldeten Ereignisse. Ein erheblicher Teil dieser Ereignisse, in den zurückliegenden Jahren nach Erfahrungen der GRS im Mittel etwa 40 –

45 %, wird in ihrer Entstehung oder in ihrem Ablauf durch Personalhandlungen beeinflusst.

Eine Analyse der Beiträge von Personalhandlungen zur Entstehung und zum Verlauf von meldepflichtigen Ereignissen wird, bezogen auf den Einzelfall, schon seit Jahren im Zuge der aufsichtsrechtlichen Behandlung eines Ereignisses durchgeführt. Diese Untersuchungen haben zu einer Vielzahl von Verbesserungen im Einzelfall und, im Rahmen der Arbeiten der GRS im Vorhaben 3609R01320 „Betriebs- und Störfallauswertung“ bei erkannter Übertragbarkeit der Zusammenhänge in einem Einzelergebnis auf andere Anlagen, auch in nicht direkt betroffenen Anlagen geführt (Weiterleitungsnachrichten).

Diese Arbeiten der GRS zur anlagenübergreifenden Auswertung meldepflichtiger Ereignisse werden nun entsprechend folgender Grundsätze weiter entwickelt.

- Alle gemeldeten Ereignisse sind kontinuierlich sowie mit gleichbleibendem Tiefgang und Qualität auf Beiträge von Personalhandlungen und Ursachen für diese Handlungen zu untersuchen. Grundlage hierfür wird ein von der GRS entwickeltes Beschreibungs- und Ursachenanalyseverfahren sein, das auf arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen, Vorgehensweisen und Definitionen beruht.
- Die Ergebnisse der Untersuchungen werden in einer spezifischen Datenbank gespeichert, um sie so einer ereignisübergreifenden Bewertung zuführen zu können.
- Die Informationen werden entsprechend einem vorgegebenen Konzept jährlich ausgewertet. Ziel ist es die Erfahrungen in den Bereichen ergonomische Gestaltung, Mensch, Organisation und Sicherheitskultur zu bilanzieren und ggf. ungünstige, ereignisübergreifende Entwicklungen zu erkennen. Die Ergebnisse der jährlichen Auswertungen werden in einem Bericht dokumentiert.

Der vorliegende Bericht wurde im Rahmen des Vorhabens 3609R01320 „Betriebs- und Störfallauswertung“ erstellt und dokumentiert in Kapitel 2 die Grundzüge des Verfahrens HUF (Human Factors), das für die Untersuchung des Beitrags von Personalhandlungen und der Organisation in einem Einzelereignis angewendet wird. In Kapitel 3 wird auf die zur Durchführung dieser Arbeiten erforderlichen Ressourcen (u.a. Zugang zu Informationen) eingegangen. Das ereignisübergreifende Auswertekonzept, d. h. die Merkmale, auf deren Überwachung die jährliche generische Bewertung beruht, wird in Kapitel 4 vorgestellt. Eine vollständige Darstellung des Verfahrens HUF findet sich im Anhang zu diesem Bericht.

2 Das Ursachenanalyseverfahren HUF (Human Factors)

Die vertiefte Auswertung meldepflichtiger Ereignisse soll umfassend die sicherheitstechnische Bedeutung jedes Ereignisses und die Relevanz der Ereignisse für die betroffenen Anlage und andere Anlagen klären. Die Relevanz eines Ereignisses für die betroffene Anlage und andere Anlagen ist umso größer, je mehr sich die Ursachen des Ereignisses auf vergleichbare Systeme, Komponenten oder Situationen übertragen lassen. Daher können vorbeugende Maßnahmen nach Ereignissen mit einer aktuell geringen sicherheitstechnischen Bedeutung auch in nicht direkt betroffenen Anlagen, Systemen oder Komponenten notwendig und sinnvoll sein. Grundlage für die Identifizierung solcher Maßnahmen ist die Ermittlung der Ursachen eines Ereignisses. Erst mit Kenntnis der Ursachen lassen sich angemessene Abhilfemaßnahmen bestimmen.

Die Untersuchungen der GRS gehen von einem umfassenden Ansatz aus, der die Untersuchung ergonomischer, menschlicher, organisatorischer und technischer Faktoren einschließt, um das Ziel einer sorgfältigen und systematischen Analyse zu verwirklichen, die möglichst alle relevanten Faktoren und ihre Wechselwirkungen berücksichtigt.

Die Analyse muss Ursache(n), Ablauf und Beendigung meldepflichtiger Ereignisse klären, um Schwachstellen aufdecken und wirksame Abhilfen entwickeln zu können. Dazu muss man

- klar definieren, was unter einem Fehler zu verstehen ist,
- Zeitpunkt, Art, Ursachen und Folgen von Fehlern bestimmen sowie
- Art und Wirksamkeit von Maßnahmen zur Behebung aufgetretener Fehler ermitteln.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass eine kerntechnische Anlage ein System von Organisation, Personal und Technik bildet, dessen zuverlässige Funktion von jedem dieser drei Teilsysteme und deren Zusammenwirken abhängt. In jedem Teilsystem können Fehler auftreten und sich auf das gleiche bzw. ein anderes Teilsystem auswirken. Jedes Teilsystem enthält aber auch Vorkehrungen, um Fehler zu verhindern oder negative Folgen möglicher Fehler für die Sicherheit von Mensch, Umwelt bzw. Anlage zu un-

terbinden oder wenigstens abzumindern. Zu diesen Vorkehrungen zählen in erster Linie die Maßnahmen, die das gestaffelte Sicherheitskonzept vorsieht. Ein Analyseverfahren sollte daher keines der Teilsysteme „Organisation“, „Personal“ und „Technik“ ausklammern, weil sich andernfalls Ereignisabläufe in unter Umständen wesentlichen Teilen nicht klären lassen. Die mögliche Folge wäre, dass Untersuchungsergebnisse und Schlussfolgerungen am Kern aufgetretener Probleme vorbeigehen könnten.

Zu einem ganzheitlichen Vorgehen gehört auch, dass die Untersuchungen von einem interdisziplinären Team durchgeführt werden sollten, in dem Vertreter aller Fachdisziplinen zusammenarbeiten, deren Wissen zur Klärung des Ereignisses erforderlich ist.

Die GRS verfolgt einen umfassenden, ganzheitlichen und interdisziplinären Ansatz, der alle drei Teilsysteme „Organisation“, „Personal“ und „Technik“ mit ihren Schnittstellen und Wechselwirkungen berücksichtigt. Daraus ergeben sich spezifische Anforderungen an das Analyseverfahren und Konsequenzen für die Nutzung vorhandener Verfahren, auf die wir in den folgenden Kapiteln eingehen werden (vgl. Kapitel 2.1).

Die Untersuchung meldepflichtiger Ereignisse basiert wesentlich auf Expertenwissen, das sich in jahrelanger Praxis entwickelt hat. Ein genau ausformuliertes Verfahren trägt dazu bei, Systematik und Konsistenz der Analyse über den bereits erreichten Stand hinaus zu erhöhen, weil der Anwender durch die Themenbereiche geführt wird, die er berücksichtigen soll, und auf vorgegebene Kategorien zurückgreifen kann, um den Ereignisablauf in seinen wesentlichen Aspekten zu erfassen. Zudem lassen sich die Analyseergebnisse in weitgehend standardisierter Form dokumentieren und in einer Datenbank speichern. Dies erleichtert die Nutzung der Resultate bei weiteren Arbeiten, insbesondere der jährlichen generischen Bewertung.

Es ist nicht sinnvoll, alle Kategorien im Detail fest vorzugeben, mit denen der Anwender Ereignisse erfassen und beschreiben soll. Genaue Vorgabe bedeutet, die möglichen Anwendungsfälle zu antizipieren und feste, detaillierte Kategorien für die Aspekte bereitzustellen, die in der Untersuchung berücksichtigt werden sollen. Das kann einerseits zu einem sehr umfangreichen und damit auch unhandlichen Erfassungssystem führen. Andererseits können meldepflichtige Ereignisse Aspekte enthalten, für die ein Verfahren keine zutreffende Kategorie enthält, weil der Verfahrensentwickler diese Möglichkeiten nicht berücksichtigt hat. Bietet ein Verfahren hingegen die Option, Teile des Ereignisses mit frei formuliertem Text zu beschreiben, so kann im Prinzip jede ver-

fügbare Information erfasst und die Zahl der fest vorgegebenen Erfassungskategorien kleiner gehalten werden als bei einem voll standardisierten Ansatz.

In den folgenden Unterkapiteln

- nennen wir die Anforderungen, die wir an ein Verfahren für die Analyse meldepflichtiger Ereignisse stellen,
- diskutieren hinsichtlich dieser Anforderungen, inwieweit sich vorhandene Ansätze für die Entwicklung unserer Methode nutzen lassen,
- beschreiben das von uns entwickelte Verfahren in seinen wesentlichen fachlichen Inhalten,
- gehen kurz auf die Datenbank zur Speicherung der Untersuchungsergebnisse ein und
- schließen mit einer Diskussion des erreichten Standes bei der Analyse meldepflichtiger Ereignisse.

Der vorliegende Bericht enthält ferner einen Anhang, der das Verfahren im Detail (Struktur, Aufbau der Datenbank und Festlegung verwendeter Merkmale) dokumentiert.

2.1 Anforderungen an das Ursachenanalyseverfahren HUF

Wir haben Anforderungen formuliert, die ein Verfahren erfüllen soll, mit dem die GRS meldepflichtige Ereignisse hinsichtlich ergonomischer, menschlicher und organisatorischer Faktoren analysiert und auf der Grundlage dieser Informationen eine jährliche generische Bewertung durchführt. Diese Anforderungen ergeben sich aus den Zielen,

- das Verfahren mit dem Vorgehen bei der Klärung technischer Faktoren zu einem ganzheitlichen Ansatz zu verbinden,
- Schuldzuweisungen zu vermeiden, die sich allzu schnell ergeben, wenn von menschlichen Fehlern oder menschlichem Versagen die Rede ist,
- ein fachlich fundiertes Verfahren bereitzustellen, das auch als Wissensbasis für weitere Untersuchungen nutzbar ist,

- Analyse und Dokumentation meldepflichtiger Ereignisse, soweit möglich, auf fest vorgegebene Kategorien zu stützen und darüber hinaus die Möglichkeit zu bieten, Aspekte mit frei formuliertem Text zu beschreiben, welche die detaillierten Kategorien nicht erfassen,
- Informationen zu verarbeiten, die nach Art, Umfang und Detaillierungsgrad bei verschiedenen meldepflichtigen Ereignissen recht unterschiedlich sein können,
- Analyseergebnisse in einer Form zu dokumentieren und zu speichern, die ihre Auswertung bei der Bearbeitung weiterer Fragestellungen auf dem Gebiet ergonomischer, menschlicher oder organisatorischer Einflussfaktoren in kerntechnischen Anlagen wirksam unterstützt, und schließlich
- ein möglichst anwenderfreundliches Verfahren bereitzustellen.

Die folgenden Kapitel stellen diese Anforderungen im Detail vor.

2.1.1 Enge Verflechtung mit der Analyse technischer Faktoren

Die Analysen ergonomischer, menschlicher, organisatorischer und technischer Aspekte sollen von gleichen übergeordneten Konzepten ausgehen, um gewonnene Ergebnisse zu einer Gesamtdarstellung und Gesamtbewertung des Ereignisses zusammenführen zu können. Zu diesen Konzepten gehören die Definition des Begriffs „Fehler“ und der Ansatz, die Chronologie und die Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zu ermitteln, die für den jeweils betrachteten Ereignisablauf bestimmend sind.

Unsere Definition des Fehlers (genaue Formulierung vgl. Kapitel 2.3.2) geht von folgender Überlegung aus: Ein Fehler liegt vor, falls Mensch, Organisation oder Technik in einer kerntechnischen Anlage zugewiesene Aufgaben nicht so erfüllen, wie es die bestimmungsgemäße Funktion von Anlage, Anlagenteilen, Systemen oder Komponenten erfordert. Damit sind Fehler als Ursachen einer nicht akzeptablen Diskrepanz zwischen Ist- und Sollzustand bzw. Ist- und Sollverhalten des technischen Systems bestimmt.

Ein menschlicher Fehler besteht darin, eine erforderliche Handlung zu unterlassen oder sie nicht den Anforderungen entsprechend zu vollziehen oder eine Aktion auszuführen, die nicht gefordert ist und negative Folgen für die Funktion des technischen

Systems hat. Damit werden menschliche Fehler auf das im Sinne der Anforderungen falsche Verhalten der handelnden Person zurückgeführt.

Das Verfahren für die Untersuchung ergonomischer, menschlicher und organisatorischer Faktoren und ihres Beitrags zu fehlerhaftem Verhalten soll den allgemeinen Vorgaben zur Analyse von Ereignisablauf und Kausalzusammenhängen genügen, die auch bei der technischen Klärung meldepflichtiger Ereignisse zur Anwendung kommen. Dazu sind Zeitpunkt, Art, Randbedingungen und Folge(n) von Fehlern sowie, Art und Wirksamkeit von Vorkehrungen gegen Fehler herauszuarbeiten. Bei den Randbedingungen sind Faktoren aus den Bereichen „Ergonomie“, „Mensch“, „Organisation“ und „Technik“ zu berücksichtigen, welche die Leistung handelnder Personen beeinflussen bzw. beeinflussen können. Das Verfahren soll für diese Analysen Hilfsmittel bereitstellen. Sie sollen es ermöglichen,

- das Ereignis in eine Abfolge von Teilereignissen zu zerlegen, die durch das Auftreten eines Fehlers oder durch eine Maßnahme zur Fehlerbeherrschung im Zuge des Ereignisablaufs definiert sind,
- die Fehler, die Maßnahmen zur Fehlerbeherrschung und die Handlungskontexte (bzw. „Arbeitssysteme“) zu untersuchen, in denen Fehler aufgetreten sind,
- die Randbedingungen herauszuarbeiten, auf die Fehler ursächlich zurückgehen.

Kapitel 2.3 stellt die zugehörigen Vorgehensweisen zur Analyse von Ereignisablauf (Kapitel 2.3.1), Arbeitssystem (Kapitel 2.3.2) und von Faktoren vor, die menschliche Leistung bestimmen. (Kapitel 2.3.3).

2.1.2 Keine Schuldzuweisungen

Die Ereignisanalyse soll nicht dazu dienen, Schuldfragen zu klären. Es geht vielmehr darum, Fehlhandlungen auf Randbedingungen der Handlungsausführung zurückzuführen, die einer sachgerechten Bearbeitung von Aufgaben entgegen stehen, um Vorkehrungen zu entwickeln, die eine Wiederholung dieses oder ähnlicher Vorkommnisse verhindern können. Eine Schuldzuweisung trägt dazu nicht nur nichts bei, sie kann sogar kontraproduktiv wirken, weil sie einer offenen und vertrauensvollen Kommunikation mit den Personen entgegensteht, die am Ereignis beteiligt sind.

2.1.3 Fachliche Fundierung und Wissensbasis für weitere Untersuchungen

Das Verfahren soll auf anerkannten, arbeitswissenschaftlichen und arbeitspsychologischen Begriffsdefinitionen und Modellen des menschlichen Verhaltens sowie auf gesicherten Erkenntnissen über Faktoren beruhen, die menschliches Handeln beeinflussen können.

Das Verfahren soll ferner Erkenntnisse bereitstellen, die als Wissensbasis für weitere fachliche Arbeiten der GRS genutzt werden können. Dabei ist z. B. an generischen Analysen, Trendanalysen, die Bewertung von Mensch-Maschine-Schnittstellen oder die Beurteilung organisatorischer Gegebenheiten einschließlich des Sicherheitsmanagements zu denken. Die Methode soll daher die Erfassung relevanter Informationen unterstützen.

2.1.4 Erfassung von Ereignissen mit fest vorgegebenen Kategorien und mit frei formuliertem Text

Das Verfahren soll erstens fest vorgegebene Begriffe und Modelle enthalten, die der Anwender nicht verändern kann. Wir halten sie für notwendig, um eine systematische und möglichst konsistente Anwendung des Verfahrens zu unterstützen. Es soll zweitens aber auch möglich sein, mit frei formuliertem Text alle Aspekte zu dokumentieren, welche über die vorgegebenen Begriffe und Modelle hinausgehen. Diese Ergänzungen sollen in regelmäßigen Abständen ausgewertet werden, um das Verfahren bei Bedarf durch Änderung oder Ergänzung vorgegebener Begriffe und Modelle weiter zu entwickeln.

2.1.5 Berücksichtigung von Informationen unterschiedlicher Qualität und Quantität

Inhalt, Menge und Detaillierungsgrad vorhandener Informationen können sich bei den einzelnen Vorkommnissen mehr oder weniger stark unterscheiden. Für die Ereignisanalyse stehen Informationen aus der Ereignismeldung selbst und aus den Quellen zur Verfügung, die bei der Recherche genutzt werden. Dazu zählen vor allem:

- das Betriebshandbuch und andere Teile der Anlagendokumentation,
- Auskünfte der Aufsichtsbehörden und ihrer Gutachter,

- Auskünfte des Betreibers oder auch
- Erkenntnisse aus Anlagenbegehungen.

Die Analyse ist prinzipiell soweit voranzutreiben, bis der Beitrag menschlicher Handlungen zum Ereignisablauf geklärt ist. Sie kann dabei an Grenzen stoßen, welche durch die vorhandenen Informationen gezogen werden. Bestimmte Informationen können z. B. nicht mehr verfügbar sein, weil Ereignisanalysen stets im Nachhinein erfolgen und Auskunft gebende Personen bestimmte Einzelheiten zwischenzeitlich vergessen haben.

Wir fordern daher:

- Das Verfahren soll ausreichend detailliert sein, um menschliches Handeln und die Wechselwirkungen mit den Randbedingungen der Handlungsausführung nach dem Stand gesicherter, wissenschaftlicher Erkenntnis soweit zu erfassen und zu beschreiben, dass der Beitrag menschlichen Verhaltens zu Verursachung, Ablauf und Bewältigung des Ereignisses verstanden und nachvollzogen werden kann.
- Vorgegebene Kategorien sollen hierarchisch geordnet sein, um Informationen unterschiedlichen Abstraktionsgrades wie z. B. „Mitglied der Schichtmannschaft auf der Warte“ oder „Schichtleiter“ erfassen zu können.
- Es soll vorgesehen sein, dass der Bearbeiter bei der Beschreibung eines Ereignisses mit fest vorgegebenen Kategorien die Option „keine Angabe“ (o. ä.) für den Fall hat, dass er bestimmte Informationen nicht ermitteln kann. Das erlaubt die Kontrolle, ob bei der Erfassung Information ausgelassen wurde oder tatsächlich keine Information vorlag.
- Ergänzungen mit frei formuliertem Text sind zu ermöglichen.

2.1.6 Dokumentation und Speicherung der Analyseergebnisse

Die Ergebnisse der Ereignisanalysen sind so zu dokumentieren und zu speichern, dass

- sie problemlos abrufbar sind,
- die Ereignisse hinsichtlich der Teilereignisse, Arbeitssysteme, Handlungen und Randbedingungen einschließlich aller zeitlichen, logischen und kausalen Zusammenhänge dargestellt sind und

- der Benutzer gezielt nach bestimmten Aspekten oder Aspektkombinationen suchen kann.

Diese Form der Dokumentation erleichtert die Nutzung gespeicherter Ergebnisse bei späteren generischen Untersuchungen.

2.1.7 Anwenderfreundlichkeit der Methode

Anwenderfreundlichkeit fördert die Zuverlässigkeit der Analysen, ihrer Ergebnisse und ihrer Dokumentation. Wir fordern deshalb

- eine klar strukturierte, allgemein verständliche Terminologie mit genau voneinander abgegrenzten Begriffen,
- präzise Modelle als Grundlage der Analysen und
- eine übersichtliche Gestaltung der Formulare zur Erfassung von Informationen, welche ein praxisperechtes Verfahren für die Ereignisanalyse bereitstellen soll.

Berücksichtigt man diese Kriterien nicht, ist damit zu rechnen, dass sich Fehler und Ungenauigkeiten einschleichen.

2.2 Nutzung vorhandener Methoden bei der Entwicklung des Ursachenanalyseverfahrens HUF

Wir haben neben arbeits- und organisationswissenschaftlicher Fachliteratur eine Reihe in- und ausländischer Ansätze für die Analyse von Ereignissen und Betriebserfahrungen aus kerntechnischen Anlagen gesichtet und sie soweit als möglich bei der Entwicklung unseres eigenen Verfahrens genutzt. Die genauen Referenzen können dem Literaturverzeichnis entnommen werden ([BAU 99/](#), [EIS 97/](#), [HAR 91/](#), [IAE 89/](#), [IAE 92/](#), [MIL 99/](#), [OEC 98/](#), [MET 05/](#), [MEI 85/](#), [SCH 76/](#), [SCH 81/](#), [IAE 02a/](#), [HSE 01/](#)). Es war aber nicht möglich, einen dieser Ansätze direkt zu übernehmen, weil sie von anderen Zielen und Informationsbasen ausgehen als das Verfahren, das der vorliegende Bericht vorstellt.

Ziel(e) und Informationsbasis bestimmen wesentlich Form und Inhalt von Erfassungssystemen:

- Die Ziele legen fest, auf welche Aspekte sich das Erfassungssystem konzentriert, welche Informationen der Anwender sammelt, wie er sie verarbeitet und welche Ergebnisse er bereitstellen kann. Ziele können sehr speziell oder umfassend sein bzw. sich aus eher praktischen Belangen oder aus einem Bedürfnis nach theoretisch-wissenschaftlicher Erkenntnis ableiten.

So kann sich ein Verfahren z. B. auf die Mensch-Maschine-Interaktion beschränken, um die zugehörigen Schnittstellen weiter zu optimieren, und den organisatorischen Bereich weitestgehend ausklammern. Erfassungssysteme dieser Art könnten Kraft ihrer Beschränkung allenfalls einen Teil der Analysen unterstützen, den ein ganzheitlicher Ansatz erfordert.

Analysesysteme können aber auch darauf abzielen, eine möglichst erschöpfende Beschreibung des Ereignis- und Handlungsablaufs zu erstellen, die neben Fehlern und Fehlerkorrekturen auch die Personalhandlungen und technischen Maßnahmen enthält, deren Ausführung richtig war. Dieser Aufwand ist nicht erforderlich, wenn man sich bei der Dokumentation auf die Aspekte beschränkt, die als Fehler, Schwachstellen und Maßnahmen zur Beherrschung von Fehlern zentrale Bedeutung für eine sicherheitstechnische Beurteilung von Ereignissen haben. Beschränken sich darüber hinaus die Informationen zu einem Ereignis auf Fehler, Fehlerursache, Fehlerfolge, Fehlerbeherrschung und Vorkehrung gegen ein Wiederauftreten der Fehler, wie dies bei den Berichten über meldepflichtige Ereignisse aus deutschen Kernkraftwerken der Fall ist, bleibt aus diesem Grund der genaue Ablauf in seiner Gesamtheit unklar. Es könnten z. B. weitere nicht meldepflichtige Fehler aufgetreten sein oder es könnten von den meldepflichtigen Fehlern abgesehen, nur richtige Aktionen durchgeführt worden sein. Die Klärung des gesamten Ablaufs würde somit in jedem Einzelfall umfangreiche Recherchen erfordern. Der Mehraufwand wäre nicht vertretbar, wenn das vordringliche Interesse der Analyse Art, Ursache(n), Folge(n), Entdeckung, Beherrschung und Vorkehrung gegen eine Wiederholung von Fehlern ist.

Konzentriert sich die Untersuchung auf die Gesichtspunkte des Ereignisablaufs, die für die Sicherheit kritisch sind, muss ihr eine klare Definition der Begriffe „Fehler“ und „Maßnahme zur Beherrschung eines Fehlers“ vorangehen, die den Beitrag menschlicher Handlungen bzw. organisatorischer und technischer Gegebenheiten zur bestimmungsgemäßen Funktion einer kerntechnischen Anlage herausstellt. Präzise Begriffsbestimmungen dieser Art gehören aber noch nicht zum Allgemeingut der betrachteten Fachliteratur.

- Der Entwickler eines Erfassungssystems sieht mehr oder weniger fest definierte Kategorien vor, um Ereignisse bzw. Betriebserfahrungen zu untersuchen und zu beschreiben. Die Anwendung des Verfahrens setzt voraus, dass der Nutzer bei der Ereignisanalyse prinzipiell auf die Informationen zugreifen kann, die er dem Verfahren entsprechend ermitteln muss. Der freie Zugriff kann aber begrenzt sein. Das Verfahren eines Betreibers kann z. B. die Abfrage von Daten vorsehen, die nicht an Externe weitergegeben werden dürfen, was die Nutzung dieses Verfahrens durch Außenstehende von vornherein auf Ausschnitte eines Ereignisses beschränkt. Die GRS konnte deshalb vorhandene Verfahren allenfalls in den Teilen nutzen, für die sie in ihren Recherchen prinzipiell die erforderlichen Informationen beschaffen kann.

Aus diesem Sachstand ergab sich die Notwendigkeit einer eigenen Entwicklung unter weitestgehender Nutzung vorhandenen Wissens. Die folgenden Kapitel stellen das Ergebnis vor.

2.3 Beschreibung des Verfahrens

Das Verfahren sieht folgendes Vorgehen zur Auswertung und Aufbereitung der Informationen zu einem Ereignis vor

1. In einem frei formulierten Text wird ein Überblick über das Ereignis gegeben. Er sollte alle relevanten Informationen über das Ereignis zusammenfassend darstellen und den zeitlichen Verlauf sowie die kausalen Zusammenhänge von Ursachen und Wirkungen beschreiben. (s. Kap. 2.3.1)
2. In einer Ereignisablaufanalyse (s. Kap. 2.3.2) wird ein Ereignis in Teilereignisse zerlegt. Wie zuvor erwähnt, behandelt das Verfahren nur Fehlhandlungen bzw. Maßnahmen zur Beherrschung eines Fehlers. In einem Teilsystem wird daher jeweils eine Fehlhandlung bzw. eine Abhilfemaßnahme sowie deren Rahmenbedingungen erfasst.
3. Für jedes Teilereignis werden Angaben zu den Rahmenbedingungen abgefragt. Ein vorgegebener Katalog an Deskriptoren unterstützt bei der Auswertung von Teilereignissen und der Modellierung von Arbeitssystemen (s. Kap. 2.3.3). Die Deskriptoren ermöglichen es, neben der Berufs- und Funktionsbezeichnung der handelnden Person(en) auch wesentliche Merkmale der Aufgabe, der Arbeitsmittel,

des Arbeitsortes sowie des Zeitpunktes zu kodieren. Auch jedes Teilereignis soll in einem frei formulierten Text zusammengefasst werden. Eine kurze Beschreibung der Fehlhandlung bzw. der Abhilfemaßnahme kann um Information erweitert werden, die sich nicht kategorisieren lassen oder die die Zuordnung zu Deskriptoren erläutern.

4. Im letzten Schritt werden Einflussfaktoren (Performance Shaping Factors, PSF) identifiziert, auf die sich eine Fehlhandlung ursächlich zurückführen lässt. (Details siehe Kap. 2.3.4)

Das Verfahren bezieht sich auf ergonomische, menschliche und organisatorische Faktoren mit ihren Beiträgen zum Ereignisablauf. Es

- ist einzusetzen, sobald sich herausstellt, dass Personalhandlungen bei Verursachung, Ablauf oder Bewältigung des Vorkommnisses eine Rolle spielten,
- dient als Leitfaden bei der Analyse und
- unterstützt die Dokumentation der Untersuchungsergebnisse, soweit sie sich auf menschliche Handlungen und die Randbedingungen ihrer Ausführung beziehen.

2.3.1 Überblick über das meldepflichtige Ereignis

Dieser Teil des Verfahrens dient dazu, das Ereignis mittels frei formuliertem Text kurz zu beschreiben, um

- einen zusammenfassenden Überblick über das Ereignis zu geben, und
- Aspekte zu dokumentieren, die über den Rahmen der fest vorgegebenen Begriffe und Modelle hinausgehen, welche das Verfahren bereitstellt, um Ereignisse zu analysieren und zu beschreiben (s. u.).

Diese frei formulierten Texte sind regelmäßig zu sichten, um zu prüfen, ob das Verfahren durch weitere, fest vorgegebene Begriffe und Modellierungsmöglichkeiten zu ergänzen ist.

2.3.2 Ereignisablaufanalyse

Jedes Ereignis setzt sich aus einer oder mehreren Handlungen zusammen, die ordnungsgemäß, fehlerhaft oder zur Beherrschung einer Fehlhandlung bzw. eines technischen Ausfalls ausgeführt wurden. In einer Ereignisablaufanalyse wird ein Ereignis in Teilereignisse zerlegt, so dass jede Fehlhandlung oder Abhilfemaßnahme in einem eigenen Teilereignis beschrieben wird. Korrekte Handlungen bleiben unberücksichtigt, sofern sie nicht Aktionen zur Bewältigung von Fehlern bzw. zur Beherrschung oder Abmilderung ihrer Folgen sind.

Die Begriffe ‚Fehler‘ bzw. ‚Fehlerbehebung‘ nehmen eine zentrale Stellung ein. Unser Ansatz stützt sich auf die folgende Definition des Begriffs ‚Fehler‘ (Begriff ‚Arbeitssystem‘ vgl. Kapitel 2.3.3):

Jeder Teil eines Arbeitssystems stellt bestimmte Anforderungen an den Menschen, der in diesem Arbeitssystem handelt. Eine Handlung oder die Unterlassung einer Handlung ist als Fehler zu werten, falls durch dieses Verhalten bzw. seine Ergebnisse die gestellte(n) Anforderung(en) nicht oder nur unzureichend erfüllt werden.

Fehler gehen somit auf eine nicht akzeptable Diskrepanz zwischen Soll- und Ist-Verhalten zurück. Dieser Ansatz ist mit der Definition eines technischen Fehlers verträglich und umgekehrt. Ein technischer Fehler liegt dann vor, wenn eine technische Einrichtung gestellte Anforderungen im Rahmen vorgegebener Toleranzen nicht erfüllt. Eine Maßnahme zur Beherrschung eines Fehlers besteht darin, inakzeptable Diskrepanzen zu beheben und negative Folgen für die Sicherheit der Anlage zu verhindern. Die Ursachen der Diskrepanz sind bei der Modellierung der Arbeitssysteme und der Untersuchung leistungsbeeinflussender Faktoren zu klären. Darauf gehen wir in den folgenden Kapiteln ein.

Das Vorgehen zur Ereignisanalyse lässt sich in zwei Schritte gliedern

1. Anhand der verfügbaren Informationen werden alle Fehlhandlungen und Maßnahmen zur Beherrschung von Fehlern, die zum Ereignis beigetragen haben, identifiziert.
2. Die zeitliche Abfolge als auch die kausallogischen Abhängigkeiten zwischen Fehlern bzw. Fehlern und Maßnahmen zur Beherrschung von Fehlern werden geklärt.

Der kausale Zusammenhang der einzelnen Teilereignisse lässt sich über Abhängigkeitsbeziehungen darstellen. Ein Fehler in einem Teilereignis TE 1 kann Auswirkungen auf die Durchführung nachfolgender Arbeiten haben und sich fehlerfördernd auswirken. Wird beispielsweise eine Unterlage (Arbeitsauftrag o. ä.) fehlerhaft erstellt (TE_1), der Fehler bei der folgenden Überprüfung durch z. B. die Fachabteilung nicht entdeckt (TE_2) und folglich die Bearbeitung des Arbeitsauftrags zu einer Fehlhandlung führt (TE_3), ergeben sich folgende Abhängigkeiten. TE_2 und TE_3 lassen sich ursächlich auf TE_1 zurückführen und sind daher von diesem abhängig. Eine Abhängigkeit von TE_3 zu TE_2 wird nicht angenommen, da die misslungene Fehlerentdeckung nicht zur Fehlhandlung in TE_3 führte. Die Fehlhandlung in TE_1 führte zur Schwächung eines Einflussfaktors (Information) in TE_3. Für Abhängigkeitsbeziehungen sieht das Verfahren Folge-, Wiederholungsfehler und Fehler gemeinsamer Ursache vor. Andere Abhängigkeitsbeziehungen sind im Text zu beschreiben.

Um die zeitliche Abfolge und die Kausalität der einzelnen Teilereignisse übersichtlich zu erfassen, werden sie in einem Diagramm zeitlich versetzt in so genannten Wirkungslinien angeordnet. In einer Wirkungslinie werden Teilereignisse (Fehler- und Korrektursysteme) zusammengefasst, die in einem kausalen Zusammenhang stehen bzw. zwischen denen sich Abhängigkeitsbeziehungen ergeben. Ein Teilereignis eines unabhängigen Fehlers eröffnet eine neue Wirkungslinie. Bei Abhängigkeiten eines Teilereignisses zu mehreren zeitlich vorhergehenden (eventuell voneinander unabhängigen) Teilereignissen in verschiedenen Wirkungslinien wird es der Wirkungslinie des Teilereignisses zugeordnet, dem es zeitlich am dichtesten folgt. Die Anordnung der Teilereignisse innerhalb einer Wirkungslinie erfolgt entsprechend ihrer zeitlichen Abfolge.

Abb. 2-1 veranschaulicht diese Form der Beschreibung. Dabei steht TE für „Teilereignis“, „Kor“ für Korrekturen von Fehlern vor Beendigung des Ereignisses und „Endkor“ für die Maßnahme, die den Ereignisablauf beendet hat. Die schematische Darstellung eines Ereignisses wird im Folgenden auch als Fallmodell bezeichnet.

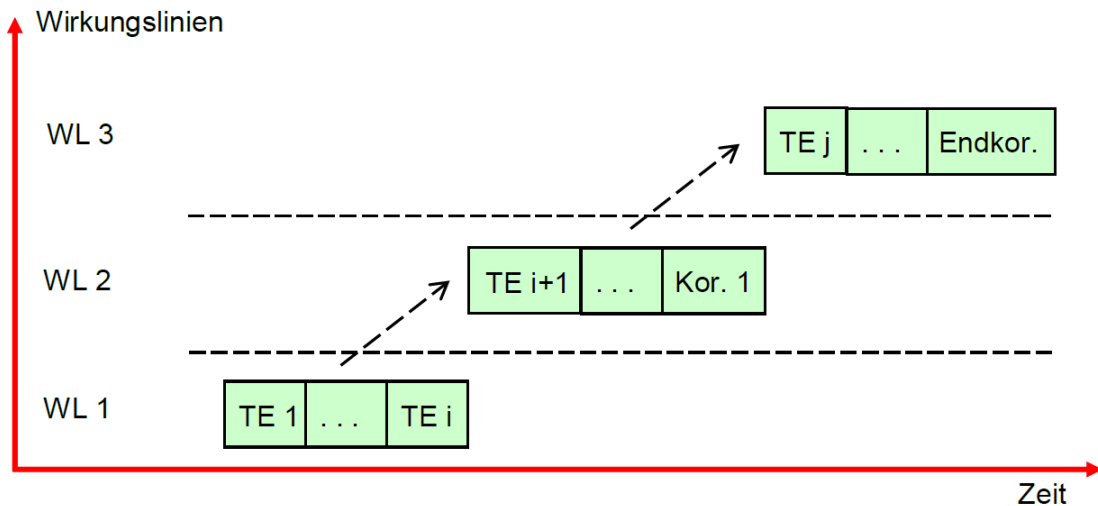


Abb. 2-1 Schematische Darstellung eines Ereignisablaufs

2.3.3 Analyse und Modellierung von Arbeitssystemen

Ein Arbeitssystem ist durch die Aufgabe, die handelnde(n) Person(en), die Arbeitsmittel, den Arbeitsort einschließlich ihrer zeitlichen Aspekte wie Beginn, Dauer und Zeitpunkt der zugehörigen einzelnen Handlungen und die Umgebungsfaktoren am Arbeitsort definiert (vergleiche z. B. Hoyos /[HOY 74](#)/). Zu den Arbeitsmitteln zählen neben Werkzeugen und Maschinen, Informations- und Bedieneinrichtungen auch Unterlagen wie z. B. das Betriebshandbuch oder Schaltpläne. Arbeitssysteme stecken somit den personellen, technischen, räumlicher, zeitlichen und organisatorischen Rahmen ab, in dem eine Fehlhandlung bzw. eine Aktion zur Behebung eines Fehlers aufgetreten ist.

Unser Verfahren sieht vor, Arbeitssysteme mit Angaben zu den folgenden Aspekten zu beschreiben, die zum Teil über die Punkte der oben stehenden Definition hinausgehen und den Zweck haben, Fehler und deren Umstände genau zu dokumentieren: In der folgenden Liste zählen wir die einzelnen Merkmale auf, die Unterkapitel 2.3.3.1 bis 2.3.3.12 erläutern sie ausführlicher.

Zu dokumentieren sind

- die Art des Fehlers bzw. der Aktion zur Fehlerkorrektur,
- der Anlagenzustand, bei dem diese Handlung aufgetreten ist,
- das Arbeitsmittel, an oder mit dem die Person mit dem Ergebnis eines Fehlers oder einer Fehlerbehebung gearbeitet hat,

- Ort und
- Zeitpunkt der betrachteten Handlung,
- die Aufgabenstellung bzw. der Auftrag, den der Handelnde erhalten oder selbst formuliert hat,
- die Person, welche den in Rede stehenden Fehler begangen bzw. behoben hat,
- schriftliche Unterlagen, auf die sich der Handelnde gestützt hat,
- Kommunikationsvorgänge mit anderen Personen,
- die Art der Handlung sowie
- Bezüge zu anderen Ereignissen oder Teilereignissen.

Das Arbeitssystem lässt sich modellhaft mit den folgenden Merkmalen beschreiben:

- Im Mittelpunkt steht ein Mensch und ein Interaktionsobjekt, an oder mit dem der Mensch handelt. Der Mensch ist durch Wissen, Können, Leistungsmöglichkeiten, Leistungsgrenzen, Leistungsbereitschaften usw. gekennzeichnet.
- Die Kategorie des Interaktionsobjekts ist bewusst sehr allgemein gehalten. Es kann sich um Informations- und Bedieneinrichtungen, Komponenten vor Ort, Werkzeuge, Ersatzteile, Unterlagen usw. handeln. Interaktionsobjekt kann auch ein anderer Mensch sein, wenn dieser z. B. durch Informationen oder Anweisungen zu bestimmten Handlungen im Zuge der Aufgabenerfüllung veranlasst werden soll. Ein Interaktionsobjekt steht mit dem Prozessverhalten in direktem oder indirektem Zusammenhang. Z. B. kann ein Fehler in einer Prozedur zu einer falschen Schalthandlung Anlass geben oder ein unsachgemäßer Umgang mit einem Ersatzteil nach dessen Einbau dazu beitragen, dass eine Komponente nicht verfügbar ist.
- Das Interaktionsobjekt stellt an den Handelnden Anforderungen. Er muss es sachgemäß behandeln bzw. auf Anzeigen und Meldungen korrekt reagieren oder andere Personen mit Informationen versorgen. Somit verbindet sich mit dem Objekt eine Aufgabenstellung für denjenigen, der damit umgeht. Wichtig sind auch Rückmeldungen, die das Objekt über seinen Zustand gibt, nachdem eine Handlung an oder mit dem Objekt erfolgt ist.
- Aufgaben ergeben sich nicht nur aus Anforderungen des Interaktionsobjekts an das Handeln, sondern auch aus der Beauftragung durch andere Personen und aus

den Betriebsvorschriften. Da Aufträge und handlungsrelevante Anforderungen der Interaktionsobjekte von außen an die Person herangetragen werden, heißen sie im Modell „externe Aufgabenstellung“. Unter „interner Aufgabenstellung“ sind dagegen die Aufträge zu verstehen, die sich die Person selbst gibt. „Interne“ oder „innere“ Aufgabenstellungen liegen vor, wenn der Handelnde in einer gegebenen Situation ohne explizite schriftlichen oder mündlichen Auftrag oder Anforderung von Seiten eines Interaktionsobjekts ein Vorgehen erinnert, dass ihm in dieser Situation richtig und notwendig erscheint, und er sich zu diesem Vorgehen sozusagen selbst den Auftrag erteilt. Die Erinnerung kann richtig sein aber auch trügen und in letzterem Fall zu fehlerhaften Handlungen führen.

- Der Handelnde ist Mitglied einer arbeitsteiligen Organisation, woraus sich Aufgaben der Kommunikation und der Dokumentation ableiten. Dazu zählen z. B. die Rückmeldung erledigter Aufgaben oder Eintragungen ins Schichtbuch.
- Verschiedene leistungsbeeinflussende Faktoren (PSF: Performance Shaping Factors) wirken auf die Interaktion zwischen Mensch und Objekt bzw. zwischen verschiedenen Personen ein. Dazu zählen auch Umgebungsfaktoren wie z. B. Lärm oder Beleuchtung.

Abb. 2-2 veranschaulicht Inhalt und Aufbau eines Arbeitssystems in seinen wesentlichen Bestandteilen.

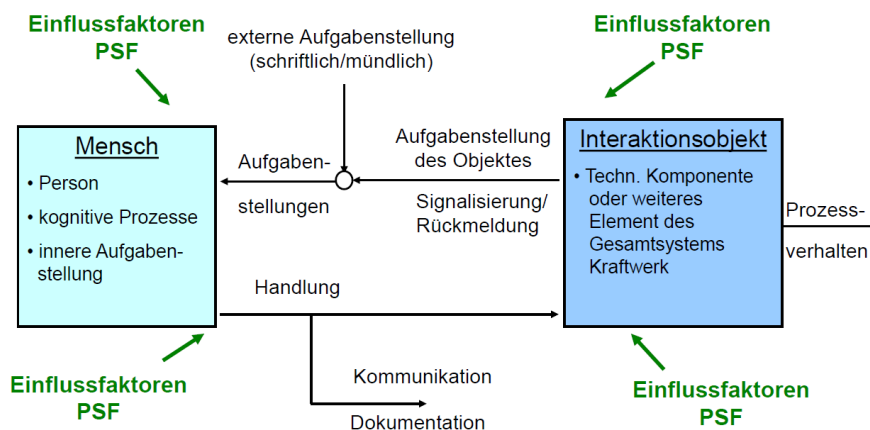


Abb. 2-2 Aufbau eines Arbeitssystems unter Berücksichtigung von Faktoren, welche die Leistung beeinflussen

Die verfügbare Information zu diesen Punkten ist weitestgehend mit fest vorgegebenen Kategorien zu kodieren (vergleiche Anhang A). Die Kategorien schließen die Möglich-

keiten ‚Sonstige‘ und ‚unbekannt‘ ein, um Aspekte zu erfassen, die nicht in die übrigen Kategorien einzuordnen sind bzw. für die Angaben fehlen.

Soweit es möglich ist, weisen die Kategorien eine hierarchische Struktur auf, so dass der Anwender sowohl umfassende als auch spezifische Begriffe zur Verfügung hat, um die vorhandene Information zu kodieren. So kann bei einem Ereignis nur bekannt sein, dass der ausführende Mitarbeiter der Anlage oder Mitglied der Schichtmannschaft in der Warte war, während bei einem anderen Ereignis bekannt sein kann, dass ein stellvertretender Schichtleiter gehandelt hat. Hierarchisch geordnete Kategorien wie z. B. „Anlagenpersonal“, „Mitglied der Schichtmannschaft“ und „stellvertretender Schichtleiter“ ermöglichen es, bei der Analyse und Beschreibung Informationen unterschiedlicher Detaillierung zu erfassen.

Ein Ereignis kann sich in mehrere Teilereignisse untergliedern. Sofern die Teilereignisse Fehler enthalten, muss jedes Teilereignis durch ein Arbeitssystem näher beschrieben werden, das von den anderen eindeutig zu unterscheiden ist. Daher enthält die Dokumentation der Analyseergebnisse Deskriptoren zur Identifikation der verschiedenen Arbeitssysteme.

2.3.3.1 Art des Fehlers

Teilereignisse gehen entweder auf Fehlhandlungen oder Aktionen zur Behebung eines Fehlers zurück. Der Anwender des Verfahrens hat den Fehler zum einen mittels frei formulierten Texts zu beschreiben, zum anderen muss er bestimmte Merkmale der fehlerhaften Handlung mit vorgegebenen Kategorien erfassen. Eine Freitextbeschreibung ist sinnvoll, da sich die Vielfalt aller möglichen Fehler im Detail nicht vorhersehen und vollständig in fest vorgegebenen Kategorien fassen lässt. Die frei formulierte Beschreibung muss die Definition eines Fehlers (vgl. 2.3.2) berücksichtigen und klar herausstellen,

- welchen Teil des Arbeitssystems die Fehlhandlung betroffen hat.
- welche Handlung korrekt gewesen wäre. Es ist der Fall einzuschließen, dass die Person richtigerweise nichts hätte tun sollen.
- was der Ausführende fälschlicherweise getan bzw. unterlassen hat.

Mit den fest vorgegebenen Kategorien arbeitet der Anwender insbesondere heraus,

- um welche Art von Fehler es sich handelt.
- ob und gegebenenfalls welche Abhängigkeiten zu anderen Fehlern bestehen.

Das Verfahren unterscheidet

- aktive und latente Fehler,
- Unterlassungs- und Ausführungsfehler
- bewusstes Fehlverhalten sowie
- kognitive Fehler, die auf Störungen im Prozess der menschlichen Informationsverarbeitung zurückzuführen sind.

Aktive und latente Fehler unterscheiden sich dadurch, dass ein aktiver Fehler seine Wirkung sofort entfaltet, wohingegen ein latenter Fehler zu Folgen führt, die sich erst bei einer späteren Handlung oder Nutzung des betroffenen Objektes manifestieren. Bei Unterlassungsfehlern unterbleibt die erforderliche Handlung völlig. Zu den Ausführungsfehlern zählen wir

- Verwechslungsfehler, wenn z. B. eine Komponente an Stelle einer anderen fälschlich beobachtet oder bedient wurde,
- die Durchführung von Aktionen in unzulässiger Reihenfolge,
- Handlungen, deren quantitatives Ergebnis nicht so ausgefallen ist, wie es erforderlich gewesen wäre. Z. B. kann der Operateur ein Ventil zu weit oder nicht weit genug öffnen,
- falsche Zeitpunkte, zu denen eine Aktion begonnen oder beendet worden ist, sofern es sich dabei nicht um Fehler durch unzulässige Reihenfolgen von Aktionen handelt.

Bei den kognitiven Fehlern stützen wir uns auf die Einteilung von Swain (/SWA 83/). Er differenziert nach Fehlern bei der

- Wahrnehmung, wenn der Ausführende eine Veränderung wie z. B. ein kleines, unauffälliges Leck bei einem Rundgang vor Ort nicht bemerkt,
- Unterscheidung, wenn verschiedene Informationen wie z. B. Anzeigen der Füllstände redundanter Systeme nicht korrekt voneinander unterschieden werden,

- Interpretation, wenn einer Information eine falsche Bedeutung zugeordnet wird. Eine Diskrepanz zwischen redundanten Anzeigen etwa kann der Operateur in dem Sinne beurteilen, dass sie noch im Rahmen der Toleranz liegt,
- Diagnose, wenn der Ausführende die Information nicht auf die richtige Ursache zurückführt. Ein Beispiel bilden Störmeldungen, die fälschlich durch einen Fehler des Instruments, nicht aber des überwachten Systems erklärt werden,
- Entscheidung, wenn unter mehreren, möglichen Diagnosen oder, bei korrekter Ursachenermittlung, unter mehreren möglichen Maßnahmen die falsche gewählt wird. Der Grund können ungenaue Kriterien sein, die unzulässige Entscheidungsspielräume offen lassen,
- Planung einer erforderlichen Maßnahme, wenn z. B. Zeit- oder Personalaufwand für die Ausführung falsch eingeschätzt werden.

Der Fehlerbeschreibung folgen Analyseschritte, die sich auf die Erkennung der Fehlhandlung und die Folgen des Fehlers für die Sicherheit der Anlage beziehen. Das Verfahren zählt eine Reihe von Erkennungsmöglichkeiten auf. Dazu gehören z. B. Wiederkehrende Prüfungen, Kontrollen durch Schichtrundgänger oder Anzeigen auf der Benutzungsoberfläche. Der Anwender kodiert, welche Erkennungsmöglichkeiten versagt haben (versagende Detektion). Deren Versagen lässt sich eventuell auf eine weitere Fehlhandlung zurückführen und wäre dann zusätzlich in einem eigenen Teilereignis zu modellieren. Unser Ansatz sieht weiter vor, den Ausfall technischer Kompensationsmöglichkeiten zu kodieren. Infolge von Fehlhandlungen können Sicherheits-einrichtungen auf verschiedenen Ebenen des gestaffelten Sicherheitskonzepts zur Beherrschung angefordert werden. Ist die Maßnahme nicht ausreichend wirksam oder unwirksam, wird kodiert auf welcher Ebene die technische Abhilfemaßnahme versagte. Lässt sich der Ausfall auf eine Fehlhandlung zurückführen, wäre dies in einem eigenen Teilereignis zusätzlich zu modellieren.

2.3.3.2 Fehlerbeherrschung

Eine Maßnahme zur Fehlerbeherrschung wird mit frei formuliertem Text beschrieben. Es ist wenig sinnvoll, sie mit fest vorgegebenen Kategorien zu kodieren, weil sich die Vielfalt möglicher Korrekturhandlungen nicht in vollem Umfange vorhersehen lässt. Ferner gibt der Anwender der Methode an, welcher Fehler behoben wurde und welche

Vorkehrungen dazu beigetragen haben, ihn zu erkennen (erfolgreiche Detektion). Das Verfahren stellt eine Liste von Fehlererkennungsmöglichkeiten bereit (vgl. Unterkapitel 2.3.3.1).

2.3.3.3 Zustand der Anlage

Das Verfahren bietet zur Kodierung eine Liste an, welche die verschiedenen Anlagenbetriebs- und Störungszustände enthält. Der Anwender wählt den zutreffenden Zustand aus.

2.3.3.4 Interaktionsobjekt

Es ist zu ermitteln, an bzw. mit welchem Objekt die betrachtete Handlung vollzogen wurde. Zu den Objekten zählen in erster Linie Systeme und Komponenten der Anlage. Ihre Erfassung erfolgt mit

- den Kodierungen, wie sie auf den Formularen für die Ereignismeldungen vorgesehen sind, oder
- mit frei formuliertem Text, falls ein anderes Objekt wie z. B. ein Werkzeug zu berücksichtigen ist.

Handlungen zwischen Personen erfassen wir zusätzlich unter ‚Kommunikation‘ (vgl. 2.2.3.10).

2.3.3.5 Ort der Handlung

Das Verfahren erlaubt es, zu unterscheiden, ob der Fehler innerhalb oder außerhalb der Anlage (z. B. beim Hersteller) begangen bzw. behoben worden ist. Bei Handlungen in der Anlage ist zu ermitteln, ob der Ausführende an einem Leitstand oder an sonstigen Einrichtungen gearbeitet hat. Die Lage des Arbeitsortes ist genauer einzugrenzen, wofür Kategorien wie z. B. Warte, Maschinenhaus oder Freigelände zur Verfügung stehen.

2.3.3.6 Zeitpunkt der Handlung

Das Verfahren sieht vor, neben Datum, Wochentag und Uhrzeit des Ereignisses auch Beginn und Dauer der Tätigkeit zu vermerken, in deren Verlauf die betrachtete Handlung aufgetreten ist. Der Beginn ist relativ zu dem Zeitpunkt anzugeben, zu dem der Ausführende seinen Dienst angetreten hat. Solche Angaben sind wichtig, weil sich daraus Hinweise auf Beanspruchungen ableiten lassen, mit denen die betrachtete Aufgabe verbunden war. Dazu zählt z. B. die Ermüdung oder eine Daueranspannung der Aufmerksamkeit.

2.3.3.7 Aufgabenstellung

Eine Aufgabenstellung lässt sich allgemein durch Angaben zu Inhalt, Quelle und Übermittlungsweg beschreiben. Der Inhalt ist mit frei formuliertem Text in der Fehlerbeschreibung zu erfassen. Bei der Vielfalt möglicher Aufgabenstellungen lassen sich kaum detaillierte, fest vorgegebene Kategorien definieren.

Als Quellen kommen in Frage:

- das Interaktionsobjekt selbst,

Damit ist der Gegenstand (Interaktionsobjekt) gemeint, an bzw. mit dem die Person die betrachtete Handlung ausgeführt hat. Es kann sich z. B. um eine Maschine, ein Werkzeug oder Fahrzeug, Informations- und Bedieneinrichtungen oder Unterlagen handeln (siehe auch Kapitel 2.3.3).

Wir gehen davon aus, dass jeder Teil des organisatorisch-technischen Systems einer kerntechnischen Anlage eine bestimmte Funktion hat und zur Erfüllung dieser Funktion in spezifischer Weise beschaffen sein, bzw. einen bestimmten Zustand aufweisen muss. Daraus leitet sich die Aufgabe ab, für jeden Teil der Anlage die Beschaffenheit bzw. den Zustand sicherzustellen, der für die korrekte Funktion des betreffenden Teils erforderlich ist. Dazu zählt auch, nichts zu unternehmen, was die bestimmungsgemäße Funktion des betreffenden Teils der Anlage beeinträchtigen könnte. Rohrleitungen z. B. dienen dazu, bestimmte Medien zu transportieren. Sie müssen daher dicht sein. Daraus ergibt sich die Aufgabe, sie korrekt auszulegen, ihren Zustand zu kontrollieren, alle Unregelmäßigkeiten wie etwa Leckstellen zu melden und ihre Behebung zu veranlassen. Ferner ist jede Handlung zu unterlassen, die ein Leck herbeiführen oder zur Entstehung beitragen kann (vergleiche

auch die Ausführungen zu Definition und Art des Fehlers in Kapitel 2.3.2 und Kapitel 2.3.3).

- eine externe Beauftragung,

Die externe Beauftragung umfasst Anweisungen sowohl seitens berechtigter Personen als auch durch die geltenden Vorschriften z. B. des Betriebs-, Organisations- oder Prüfhandbuchs.

- der Ausführende (innere Aufgabenstellung),

Er kann auf Grund seines Wissens, seiner Erfahrung oder sonstiger Beweggründe selbst den Auftrag zu einer bestimmten Aktion formuliert haben.

Die Übermittlungswege unterscheiden wir anhand der genutzten Sinneskanäle (visuell, auditorisch, Wahrnehmung über Geruch, Temperatur usw.). Externe Aufträge können z. B. schriftlich formuliert sein, sie werden dementsprechend optisch dargeboten und übermittelt.

2.3.3.8 Die handelnde Person

In unserem Ansatz sind Unternehmenszugehörigkeit und Funktion der Person zu kodieren, die fehlerhaft gehandelt hat. Die Methode unterscheidet zwischen Anlagen- und Fremdpersonal. Bei Mitarbeitern der kerntechnischen Anlage ist zu ermitteln, ob und in welcher Funktion der Handelnde der Schichtmannschaft oder einem anderen Dienst bzw. Bereich der Anlagenorganisation angehört. Die Art der Schicht wie z. B. Früh-, Ausbildungs- oder Revisionsschicht ist zu vermerken. Es kann ferner angegeben werden, ob die betreffende Person eine Fachkundeprüfung abgelegt hat.

In der Kategorie des Fremdpersonals unterscheiden wir nach der Art der Einrichtung, welcher der Handelnde angehört. Beispiele sind Hersteller oder Gutachter.

2.3.3.9 Schriftliche Unterlagen

Unser Ansatz stellt eine Liste bereit, welche die verschiedenen Arten schriftlicher Unterlagen nennt, die der Handelnde bei der Bearbeitung der Aufgabe nutzen kann. Dazu zählen u. a. das Betriebshandbuch oder auch handschriftliche Notizen. In dieser Liste

sind die Dokumente zu markieren, die der Ausführende der betrachteten Handlung tatsächlich verwendet hat.

2.3.3.10 Kommunikationsvorgänge

Mit unserem Verfahren kodieren wir Inhalt und Art der Informationsvermittlung. Inhalte sind mit frei formuliertem Text und nicht mit fest definierten Kategorien zu beschreiben, weil die Vielfalt der Inhalte kaum zu überblicken ist.

Der Anwender erfasst ferner, über welches Sinnesorgan die Mitteilung läuft und um welche Form von Information es sich handelt:

- Bei visueller Kommunikation unterscheidet der Ansatz die Darbietung der Information durch schriftliche Unterlagen oder andere optische Darbietungsmittel wie z. B. Meldelampen. Die Art der Unterlagen ist wie in 2.3.3 dargestellt zu kodieren.
- Mitteilungen können ferner auf akustischem Wege erfolgen. Unser Ansatz differenziert zwischen Informationen, die sprachlich oder nicht sprachlich (z. B. über Alarmsirenen) sowie direkt oder indirekt (z. B. fernmündlich) vermittelt werden.

Eine Restkategorie ist für alle anderen Formen der Kommunikation vorgesehen.

2.3.3.11 Die Art der Handlung

Es werden detaillierte Angaben zur Handlung abgefragt. In einer Liste werden zahlreiche in kerntechnischen Anlagen übliche Tätigkeiten wie Wartung, Reparatur, Inspektion, wiederkehrende Prüfung, Arbeitsvorbereitung usw. zusammengefasst und zur Auswahl gestellt. Forschung und Anwendung haben verschiedene Schemata entwickelt, um Handlungen z. B. für die Zwecke probabilistischer Sicherheitsanalysen zu klassifizieren. Unser Verfahren ermöglicht

- Angaben zur Art der Aufgabe wie z. B. wiederkehrende Prüfung oder Wartung,
- die Angabe der dominierenden Verhaltensebene nach Rasmussen (/RAS 86/), der fertigungs-, regel- und wissensbasierten Handlungen unterscheidet,
- eine Einteilung in Anlehnung an den Leitfaden für probabilistische Sicherheitsanalysen /[MET 05](#)/. Anzugeben ist, ob die Handlung

- vor oder nach Eintritt eines auslösenden Ereignisses ausgeführt wurde oder zu diesem beigetragen hat,
- die Unterscheidung von Handlungen mit geringerer bzw. höherer, kognitiver Beanspruchung nach Swain, der dafür die Begriffe „statische“ (step-by-step) und „dynamische“ Aktion verwendet [/SWA 83/](#),
- eine nähere Bestimmung der Häufigkeit der Ausführung, aus der sich Rückschlüsse auf die Routine ergeben können, mit der die betrachtete Handlung vollzogen wird,
- (falls zutreffend) die Angabe, für welche automatische Maßnahme die betrachtete Handlungen, eine Redundanz darstellt.

2.3.3.12 Bezüge zu anderen Ereignissen

Meldepflichtige Ereignisse können sich wiederholen oder einander hinsichtlich bestimmter Aspekte ähneln. Unser Verfahren bietet die Möglichkeit, solche Bezüge zu kodieren. Sie sind von zentraler Bedeutung, um Häufungen von Ereignissen mit gemeinsamen oder ähnlichen Ursachen in der gleichen oder verschiedenen Anlagen herausarbeiten zu können. Wiederholungen oder Ähnlichkeiten erfordern nachträgliche Eintragungen in den früheren Ereignissen.

2.3.4 Ermittlung leistungsbeeinflussender Faktoren

Ziel ist es, Randbedingungen zu ermitteln und zu kodieren, auf die sich das Auftreten einer Fehlhandlung in einem Arbeitssystem zurückführen lässt. Dieser Schritt der Untersuchung bezieht sich nur auf Fehler, nicht auf Aktionen zu ihrer Behebung. Die Einschränkung ergibt sich aus dem Ziel der Ereignisanalyse, Fehler und deren Ursachen zu klären, sowie die Vorkehrungen zu ermitteln, die bei der Entdeckung und Behebung von Fehlern wirksam waren.

Die vorliegende Methode umfasst fünf Gruppen leistungsbestimmender Faktoren (auch PSF, Performance Shaping Factor), die einem oder mehreren Bestandteilen des Arbeitssystems zugeordnet sind. Diese Gruppen enthalten die Faktoren, die nach heutigem Kenntnisstand für die zuverlässige Ausführung von Handlungen wichtig sind und

sich bei einer ungünstigen Gestaltung fehlerfördernd auswirken. Sie finden sich auch in anderen Verfahren, auch wenn diese zum Teil andere Einteilungen verwenden.

Im Einzelnen berücksichtigen wir

- Umgebung,
- Organisation und
- Information sowie
- auf die Handlung und
- auf die Person bezogene Einflussfaktoren.

Diese Kategorien umfassen teils umfangreiche Listen von Faktoren (vgl. Anhang A). Die Listen weisen eine hierarchische Struktur auf. Das erlaubt die Kodierung der Einflussfaktoren auf unterschiedlichen Abstraktionsniveaus, je nachdem, wie detailliert die Information ist, die der Anwender bei dem betreffenden Ereignis recherchieren konnte.

Wir stellen die einzelnen Kategorien in den folgenden Kapiteln vor. Ausgewählte Beispiele illustrieren ihren Inhalt.

2.3.4.1 Umgebung

Das Verfahren sieht vor, Faktoren wie z. B. Beleuchtung, Lärm oder Temperatur zu erfassen und zu beurteilen, ob sie die Leistung des Ausführenden negativ beeinflusst und zu einem Fehler geführt haben. Umgebungseinflüsse können die bestimmungsgemäße Funktion jedes Bestandteils eines Arbeitssystems beeinträchtigen bzw. den Handelnden unangemessen beanspruchen. Beispielsweise können

- Hitze, Kälte oder Strahlung den Ausführenden beeinträchtigen und sich negativ auf seine Leistung auswirken oder
- hohe Lärmpegel die mündliche Kommunikation überdecken und dazu führen, dass Anweisungen überhört oder missverstanden werden.

2.3.4.2 Organisation

Der Begriff „Organisation“ weist in der Fachliteratur verschiedene Bedeutungsvarianten auf. Organisation ist unter anderem auch als rationaler Prozess der Planung zu verstehen, dessen Ziel es ist, ein arbeitsteiliges System von Menschen, und Sachmitteln zu schaffen, das bestimmte Aufgaben möglichst optimal erfüllt. (vgl. z. B. [/NOR 55/](#), S. 23ff.) Dazu sind ein System von formalen Regeln zu schaffen und Aufgaben auf Organisationseinheiten (Stellen, Abteilungen usw.) zu verteilen. In diesem Sinne ist der Begriff „Organisation“ im vorliegenden Bericht zu verstehen.

Arbeitssysteme können mehr oder weniger detailliert und korrekt geplant sein. In der Ereignisanalyse sind Arbeitssysteme einer kerntechnischen Anlage hinsichtlich der Vorkehrungen zu untersuchen, die gewährleisten sollen, dass möglichst keine Fehler auftreten bzw. aufgetretene Fehler keine negativen Folgen für die Sicherheit von Mensch, Umwelt und Anlage haben.

Das im Rahmen der Ursachenanalyse von Ereignissen entwickelte Grundkonzept für die Untersuchung organisatorischer Einflüsse basiert auf der Überlegung, dass sich Personalhandlungen in organisatorisch vorgelagerten Arbeitssystemen durch die Qualität ihrer Arbeitsergebnisse auf organisatorisch nachgeordnete von diesen Arbeitsergebnissen abhängige Arbeitssysteme konkret auswirken. Fehlerhafte oder fehlende Planung kann alle Bestandteile eines Arbeitssystems betreffen. So können für eine Aufgabe z. B. zu knappe Zeitbudgets eingeplant oder keine schriftliche Unterlage vorgesehen sein, in der die ausführende Person bei Bedarf Schritt für Schritt nachschlagen kann, was im Einzelnen zu tun ist. Ein Beitrag wird insbesondere bei Arbeitssystemen erwartet, deren Arbeitsergebnisse auf mehrere organisatorisch nachgeordnete Arbeitssysteme wirken können. „Vorgelagert“ bzw. nachgelagert“ beziehen sich auf Arbeitssysteme, wobei erstere Ergebnisse erzeugen, von denen die Ausgestaltung oder die Funktion der letzteren abhängt.

Ziel ist es deshalb, die relevanten Beziehungen zwischen den direkt am Ereignisablauf beteiligten Arbeitssystemen und den organisatorisch vorgelagerten Arbeitssystemen zu identifizieren.

Es wird folgende grundlegende Vorgehensweise verfolgt:

- Aufgliederung der Aufgabe in eine zeitliche Abfolge von Handlungen, die jeweils durch ein Arbeitssystem repräsentiert werden,
- Identifizierung der leistungsbeeinflussenden Faktoren,
- Identifizierung der Arbeitssysteme, die entsprechend vorgegebener organisatorischer Regeln für die Gestaltung der leistungsbeeinflussenden Faktoren verantwortlich sind oder dazu beitragen,
- Beschreibung des Beitrags, den das betrachtete Arbeitssystem zur Ausprägung leistungsbeeinflussender Faktoren hat,
- Wertung der Ausprägung als optimal oder suboptimal,
- Iterative Fortsetzung dieser Vorgehensweise für die neu identifizierten Arbeitssysteme.

Dies führt zu einem sich verzweigenden Modell des Einflusses der Organisation auf Handlungen.

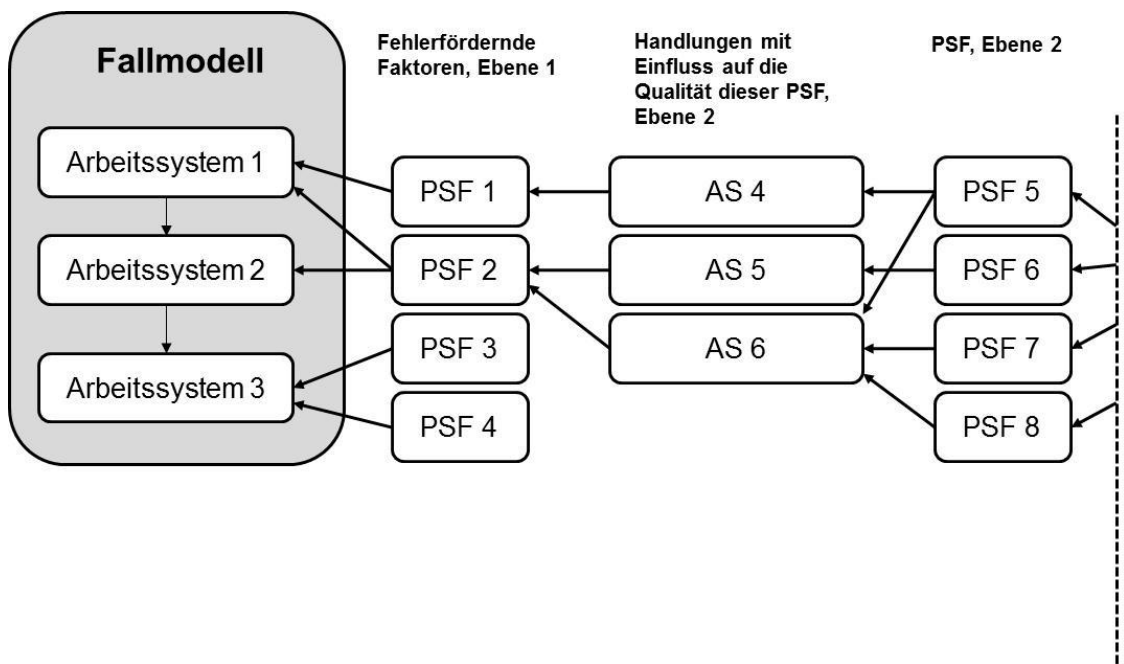


Abb. 2-3 Prinzip der Modellierung der organisatorischen Beziehungen

In Abb. 2-3 ist die Analyse nur einer organisatorisch vorgelagerten Ebene (im Bild Ebene 2) von Arbeitssystemen dargestellt, die durch Handlungsfehler ungünstig wirkende PSFs in Ebene 1 verursachen kann. Das Fallmodell, Ebene 1, repräsentiert die Wechselwirkungen zwischen Menschen und technischen Einrichtungen. Der Prozess

ist iterativ auch für die weiteren der Ebene 2 vorgelagerten Ebenen (in Abb. 2-3 gestü-
ckelt dargestellt) fortzuführen bis keine Erkenntnisse mehr gefunden werden können,
die zur Klärung des Ereignisses beitragen.

2.3.4.3 Information

Information spielt im Arbeitssystem sowohl bei der Aufgabenstellung als auch bei der
Kommunikation eine gewichtige Rolle. Das Verfahren leitet den Benutzer dabei an, In-
formationen systematisch hinsichtlich ihrer Qualität, ihrer Menge und bestimmter, zeitli-
cher Aspekte zu untersuchen und zu beurteilen.

- Die Qualität bezieht sich auf den Inhalt und die Darstellungsform. Beim Inhalt sind
z. B. Vollständigkeit und Richtigkeit der Information zu berücksichtigen. Bei der
Darstellungsform geht es darum, ob und gegebenenfalls welche Faktoren die
Wahrnehmbarkeit der Informationen beeinträchtigen können. Unser Ansatz schlüs-
selt diese Faktoren weiter auf. Die unterste Detaillierungsebene sieht als Möglich-
keiten u. a. vor, dass die Farbkodierung von Anzeigen oder die Wortwahl in einer
Anweisung zu einer Fehlhandlung geführt oder beigetragen haben.
- Fehler können auch darauf zurück gehen, dass dem Handelnden zu wenige oder
zu viele Informationen zur Verfügung gestanden haben. Man denke z. B. an feh-
lende Informationen wegen ausgefallener Instrumente oder einen Meldeschwall.
- Zeitliche Faktoren können ebenfalls die Handlungszuverlässigkeit beeinflussen.
Dabei ist z. B. an lange Zugriffs- oder kurze Darbietungszeiten zu denken, deren
Ausprägung den Handelnden unangemessen beansprucht.

2.3.4.4 Handlungsbezogene Einflussfaktoren

Diese Kategorie umfasst Faktoren der Gestaltung von Arbeitsablauf und Arbeitsmitteln.

- Arbeitsabläufe können den Ausführenden dadurch über- oder unterfordern, dass
sie z. B. zu viele Arbeitsschritte, lange Wartezeiten oder eine Arbeitsteilung vorse-
hen, die einer zuverlässigen Ausführung der Aufgabe entgegensteht.
- Arbeitsmittel sind hinsichtlich ihrer Bedienbarkeit, Nutzbarkeit und prinzipiellen Eig-
nung zu untersuchen und zu beurteilen. Berücksichtigt werden u. a. Aspekte wie
die Zugänglichkeit oder die ergonomische Gestaltung von Arbeitsmitteln.

2.3.4.5 Personenbezogene Einflussfaktoren

Das Verfahren bietet dem Anwender Listen leistungsbeeinflussender Faktoren an, die sich den beiden Kategorien ‚Wissen‘ und ‚Leistungsfähigkeit‘ zuordnen. Beide Kategorien werden weiter aufgegliedert:

- Beim Wissen ermittelt der Anwender, ob eine Fehlhandlung auf unzureichende Qualifikation, unzulänglichen Wissenserhalt oder Vergessen zurückführbar ist. Zur detaillierten Ursachenanalyse sieht die Methode im Bereich des Wissenserhalts z. B. vor, Vollständigkeit, Häufigkeit, Dauer und Erfolg von Trainingsprogrammen zu untersuchen.
- Zahlreiche Faktoren können die individuelle Leistungsfähigkeit beeinflussen. Unser Verfahren berücksichtigt u. a. Motivation, Stress und Ermüdung, die zum Teil weiter aufgeschlüsselt werden, um eine genauere Eingrenzung der Fehlerursachen zu unterstützen.

2.3.5 Aussagen zu ausgewählten, übergeordneten Aspekten

Einzelne meldepflichtige Ereignisse der Vergangenheit haben Fehlhandlungen enthalten, von deren Folgen mehrerer Redundanzen, Systeme oder sogar Sicherheitsebenen betroffen waren. Solche Vorkommnisse können Hinweise darauf geben, dass übergreifende, organisatorisch-technische Merkmale der betreffenden kerntechnischen Anlage Mängel aufweisen. Unser Ansatz sieht zwei Kategorien vor, um solche Aspekte zu erfassen.

2.3.5.1 Vorkehrungen zur Erkennung und Kompensation von Fehlern

Das Verfahren zählt eine Reihe von Möglichkeiten auf, Fehler zu erkennen und zu kompensieren. Beispiele für die Erkennungsmöglichkeiten sind periodische Tests oder das „Vier-Augen-Prinzip“, demzufolge Ausführungen und Ergebnis einer Aufgabe durch eine Person zu überprüfen sind, die nicht mit dem oder den Ausführenden identisch ist. Zu den Kompensationsmöglichkeiten zählen u.a. Verriegelungen oder die Redundanz von Systemen.

2.3.5.2 Sicherheitskultur

Die International Atomic Energy Agency hat den Begriff der Sicherheitskultur umfassend in [/IAE 91/](#) definiert. Danach wird unter dem Begriff „Sicherheitskultur“ die Gesamtheit aller Eigenschaften und Einstellungen von Organisationen und Einzelpersonen verstanden, die festlegen, dass die Sicherheitsbelange einer kerntechnischen Anlage vorrangig die ihrer Bedeutung entsprechende Aufmerksamkeit erhalten.

Die GRS berücksichtigt folgende Merkmale, die im Zusammenhang mit meldepflichtigen Ereignissen erfasst werden können und Hinweise auf den Stand der Sicherheitskultur geben.

- Unzureichender Erfahrungsrückfluss:
Durch einen unzureichenden Erfahrungsrückfluss werden Mängel nicht frühzeitig erkannt oder behoben. Er ist dadurch gekennzeichnet, dass wiederholt Ereignisse auftreten, die sich derselben Ursache oder demselben Mangel zuordnen lassen. Verschiedene Gründe für einen unzureichenden Erfahrungsrückfluss sind zu unterscheiden. [/IAE 99, IAE 02/](#)
- Ereignisse werden nicht in der erforderlichen Tiefe analysiert und nicht alle Ereignisursachen werden identifiziert,
- Abhilfemaßnahmen als Vorkehrung gegen Wiederholung werden nicht zeitnah umgesetzt,
- Unausgewogene Berücksichtigung von technischen, organisatorischen und menschlichen Fragestellungen. Konzentrieren sich Abhilfemaßnahmen unverhältnismäßig auf die Behebung und Vermeidung von technischen Fehlern, könnte dies ein Hinweis sein, dass menschliche Schwächen unterschätzt werden.
- Verstoß gegen Regeln und Richtlinien:
Wiederholte Verstöße gegen Vorgaben können ein Hinweis auf Einbußen in der Sicherheitskultur sein. [/IAE 02/](#)
- Vorschlagswesen unzureichend:
Ein gutes Vorschlagswesen sollte neben Verbesserungen der betrieblichen Abläufe auch zu einem erhöhten Sicherheitsniveau beitragen. Mögliche Probleme im Vorschlagswesen können sein, dass Verbesserungsvorschläge oder Sicherheits-

bedenken von Mitarbeitern ignoriert oder nicht zeitnah umgesetzt werden. Solche Effekte sind vermutlich nur bedingt anhand von Ereignissen zu erkennen. [/IAE 02/](#)

- Qualitätssicherung unzureichend (vgl. [/IAE 02/](#))
- Hohe Anzahl abhängiger oder unabhängiger Fehler
- Inakzeptable Schwächung von Barrieren
- Inakzeptable Häufung ungünstiger Einflussfaktoren

2.3.6 Datenbank und Formblätter

Es wurde ein Satz von Formblättern erstellt, die den Anwender des Verfahrens systematisch bei der Untersuchung meldepflichtiger Ereignisse mit dem Verfahren des vorliegenden Berichts und der Dokumentation der Untersuchungsergebnisse unterstützen. Diese Formblätter dienen als Masken für rechnerbasierte Eingabe und Abruf der Ergebnisse in bzw. aus einer Datenbank. Damit stehen die Untersuchungsergebnisse für weitere Recherchen und Auswertungen (vgl. auch Kapitel 4) in einer leicht zugänglichen Form zur Verfügung.

Details zur Struktur der Datenbank sind im Anhang A enthalten. Die folgenden Abbildungen zeigen beispielhaft ein in der Datenbank gespeichertes Ereignismodell und eine der Eingabemasken.

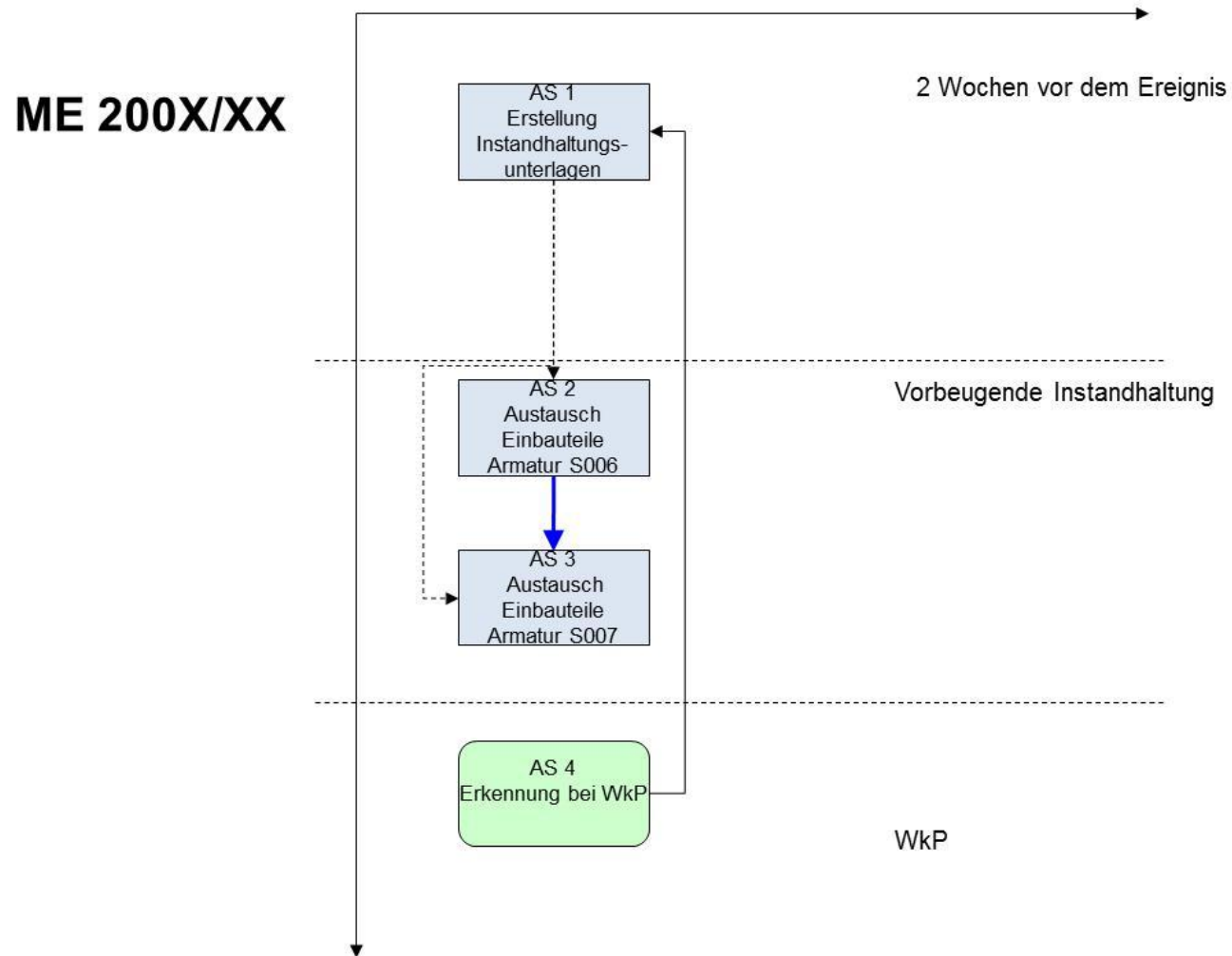


Abb. 2-4 Abspeicherung eines Ereignismodells in der HUF Datenbank

Human Factors v2.3.4

GRS HUF Human Factors

Beenden Reports

Extras Info

Änderung 15.9.2005 BUM Arbeitssysteme Nummer 2004/048_05

System	Schnellabschaltssystem	Kode	Betriebszustand	Abfahrbetrieb
Interaktionsobjekt	Absperrventil in Spülleitung und SÖV	Kode	Störungszustand	Störungsfreier Betrieb
Datum / Uhrzeit	24.4.2004 13:00:	Wochentag	Arbeitsbeginn	Dauer vorgesehen h Dauer tatsächlich h
Referenzfall		Art der Referenz		Bezugsdatum

Aspekte	Externe Aufgabenstellung	PSF Information
<ul style="list-style-type: none"> Externe Aufgabenstellung Personal Handlung/Aktion Handlungsorte Kommunikation/Dokumentation Aufgabenstellung Interaktionsobjekt Sicherheitskultur 	<ul style="list-style-type: none"> Organisationshandbuch (OHB) Prozessrechnerausdruck Wartungsbuch Schaltplan System- / Komponentenbeschreibung, Betriebsanleitung Checkliste Situativ erstellte Dokumentation Handschriftliche Dokumentation Sonstige schriftliche Unterlage AE optisch Instrumente AE optisch Sonstiges 	<ul style="list-style-type: none"> Informationsqualität Informationsmenge <ul style="list-style-type: none"> Keine Information vorhanden Zuviel Information Zeitdauer

PSF Umgebung PSF Information

F Fehler	Fehlhandlung	Beschreibung
<ul style="list-style-type: none"> Fehlhandlung Fehlererkennung Fehlerkompensation Wirkung auf das MM-System 	<ul style="list-style-type: none"> Fehlhandlung probabilistisch bewertbar Abhängigkeit zu anderen Fehlern <ul style="list-style-type: none"> Folgefehler Wiederholungsfehler Common Cause Fehler MM-Systemnummer Fehlerart <ul style="list-style-type: none"> Bewusstes Fehlverhalten Unterlassungsfehler Ausführungsfehler Kognitiver Fehler erkennbar Fehlerdetektion 	<p>Freischaltung entsprechend der Freischaltliste. Das Absperrventil wird nicht geschlossen</p> <p>Die Entlüftungsleitung über Dach wird zu den Schnellabschalttanks durchgeschaltet und die Druckentlastung begonnen. Aufgrund fehlender Vorgaben wurden die betriebliche Spülleitungen nicht verschlossen und die SÖV's nicht in ZU-Stellung blockiert.</p>

Ereignisliste Ereignisdaten **Arbeitssysteme** Abfrage Ergebnisliste

Abb. 2-5 Beispiel für eine Eingabemaske der HUF-Datenbank

3 Organisation der generischen Auswertung

Die Auswertung der meldepflichtigen Ereignisse erfolgt zeitlich parallel und in enger Abstimmung mit dem ingenieurtechnischen Screening und der technischen Bewertung im Rahmen der Ereignisanalyse in der GRS.

Der Prozess für die Durchführung von Human Factors Bewertungen und die Erstellung des jährlichen generischen Berichts ist in Abb. 3-1 beschrieben.

Die endgültig gemeldeten Ereignisse werden in einem ersten Schritt dahingehend gescreent, ob sich aus dem Meldetext Hinweise auf einen Beitrag von menschlichen Fehlhandlungen oder organisatorischen Schwächen finden lassen. Diese Bewertung wird von einem Team durchgeführt. Ereignisse, für die keine Beteiligung von Human Factors erkannt werden kann, werden zunächst nicht weiter verfolgt. Alle anderen Ereignisse werden parallel zum ingenieurtechnischen Screening weiter bearbeitet.

Ereignisse mit Human Factors Beitrag werden nach der HUF-Methode der GRS analysiert (vgl. Kapitel 2.3 und Anhang A). Die dazu notwendigen Informationen, soweit sie nicht aus dem Meldetext oder anderen vorliegenden Dokumenten wie TÜV-Stellungnahmen hervorgehen, werden recherchiert. Dies erfolgt jeweils in Abstimmung mit dem ingenieurtechnischen Screening und der technischen Bewertung der Ereignisse im Rahmen der sonstigen Ereignisauswertung.

Die recherchierten Ereignisse werden dann in die HUF-Datenbank der GRS eingegeben und somit für eine generische Auswertung nach übergreifenden Kriterien zugänglich gemacht. Darüber hinaus werden die Recherche-Ergebnisse auch in die Vorkommnisbesprechung eingebracht und können so auch in die Erstellung einer Weiterleitungsnachricht (WLN) einfließen.

In der Vorkommnisbesprechung oder im Rahmen der technischen Bewertung kann deutlich werden, dass es relevante Human Factors-Beiträge bei Ereignissen gegeben hat, obwohl dies im Screening-Verfahren nicht erkannt werden konnte. Dieser Ereignisse werden ebenfalls wie oben beschrieben nach der HUF-Methode der GRS analysiert.

Auf Basis der in der HUF-Datenbank enthaltenen Daten wird dann die generische Auswertung der jeweils zu betrachtenden meldepflichtigen Ereignisse durchgeführt. Das entsprechende Konzept ist Kapitel 4 beschrieben. Die Ergebnisse dieser generischen Auswertungen werden dann in einem jährlichen Bericht dokumentiert.

Für die generische Auswertung der meldepflichtigen Ereignisse eines Jahres im Hinblick auf menschliche Fehlhandlungen und organisatorische Schwächen (Human Factors) ist eine Reihe von praktischen Randbedingungen zu beachten, die die konkrete Auswertung beeinflussen.

Meldepflichtige Ereignisse werden häufig zunächst vorläufig gemeldet. Die Ereignisanalyse durch den Betreiber und die Bewertung durch die Landesgutachter können zum Teil mehr als ein Jahr in Anspruch nehmen, bis dann eine endgültige Meldung erfolgt. Die Beiträge von menschlichen Fehlern oder organisatorischen Schwächen (Human Factors) werden häufig erst in diesem Prozess erkannt und somit häufig erst in einer endgültigen Meldung für die GRS sichtbar. Daher kann eine zeitnahe und konsistente Auswertung der meldepflichtigen Ereignisse eines Kalenderjahres nicht erfolgen. Der Zeitraum zwischen vorläufiger und endgültiger Meldung kann nach Erfahrungen der GRS mehr als 3 Jahre betragen. Eine belastbare (Trend-) Auswertung nach Kalenderjahren ist daher erst mit großer Verzögerung möglich. Dies betrifft Ereignisse mit Human Factors Beitrag besonders, weil gerade in diesen Fällen große Verzögerungen bis zur endgültigen Meldung beobachtet wurden.

Stattdessen ist es notwendig, die generische Auswertung und Trendverfolgung in einem Jahresbericht für eine nach anderen Kriterien definierte Grundgesamtheit vorzunehmen. Als Auswahlkriterium für die jährliche generische Auswertung wird daher die endgültige Meldung eines Ereignisses in einem Kalenderjahr genutzt. Für diese Ereignisse können bis zum Zeitpunkt der Berichtserstellung voraussichtlich alle relevanten Informationen in der erforderlichen Qualität erhoben werden.

Die Ereignisanalyse auf Human Factors Beiträge wird dadurch limitiert, dass im Rahmen der in der GRS durchgeführten Arbeiten in der Regel ein Zugang zu den handelnden Kraftwerksmitarbeitern bzw. eine Besichtigung der Handlungsorte, Komponenten und Schnittstellen nicht möglich ist. Daher ist der Zugang zu den Ergebnissen von betreibereigenen vertieften Ereignisanalysen und deren Bewertung durch die Landesgutachter hilfreich für eine belastbare Bewertung des Ereignisses durch die GRS.

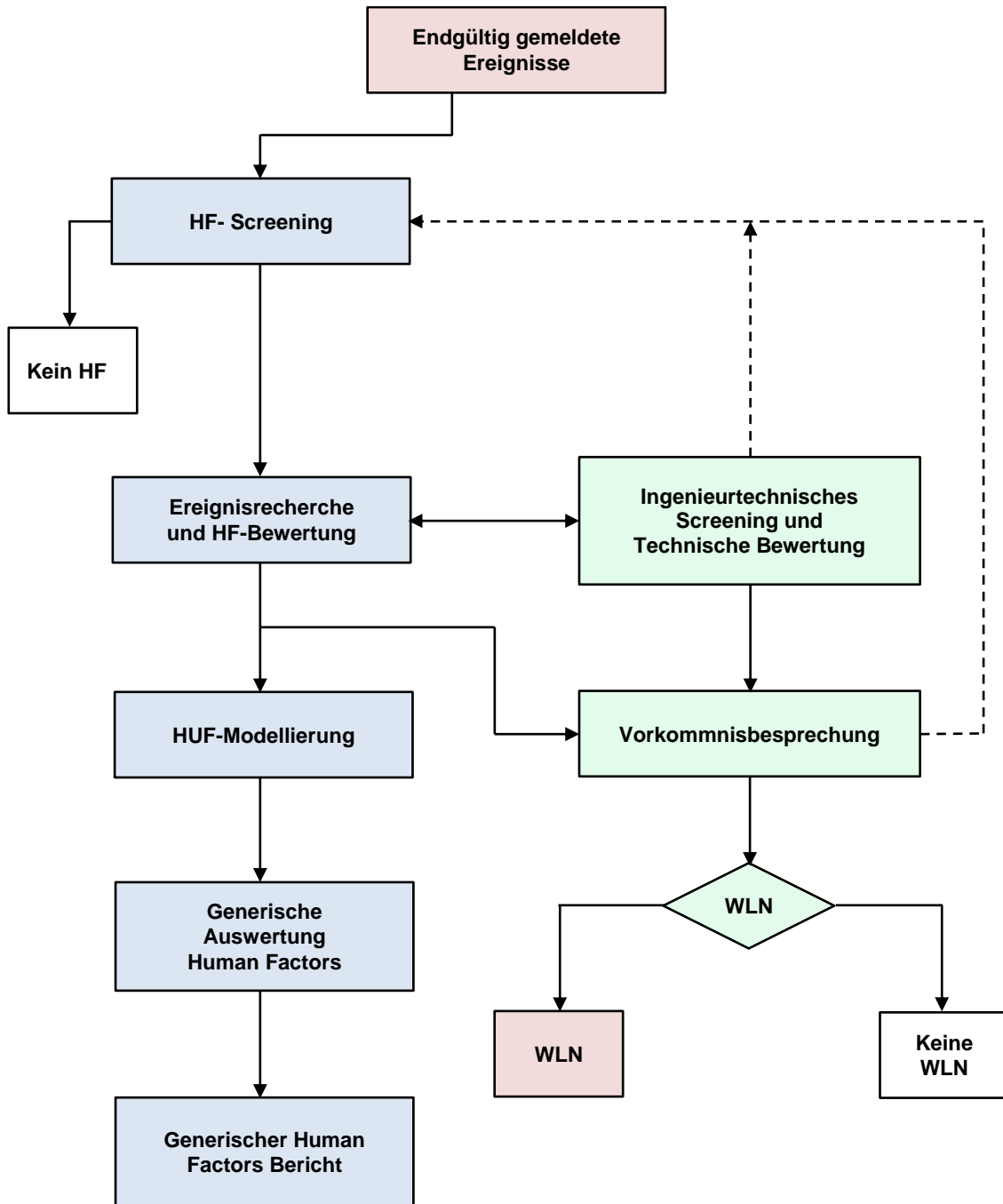


Abb. 3-1 Prozessschema generische Human Factors Auswertung

4 Vorgehensweise zur generischen Auswertung meldepflichtiger Ereignisse hinsichtlich ergonomischer, menschlicher und organisatorischer Faktoren

Eine Analyse der Beiträge von Personalhandlungen zur Ursache und zum Verlauf von meldepflichtigen Ereignissen aus kerntechnischen Anlagen in Deutschland wird, bezogen auf das Einzelereignis, schon seit Jahren im Zuge der aufsichtlichen Behandlung eines Ereignisses durchgeführt. Diese Untersuchungen haben zu einer Vielzahl von Verbesserungen im Einzelfall und, im Rahmen der Arbeiten der GRS, zuletzt im Vorhaben 3609R01320, bei erkannter Übertragbarkeit der Zusammenhänge in einem Einzelergebnis auf andere Anlagen, auch in nicht betroffenen Anlagen geführt.

Die Arbeiten der GRS zur anlagenübergreifenden Auswertung meldepflichtiger Ereignisse werden nun durch einen jährlich zu erstellenden Bericht ergänzt, der die Erfahrungen zu ergonomischen, menschlichen und organisatorischen Faktoren bilanziert, um ggf. ereignisübergreifende Entwicklungen zu erkennen. Hierzu werden die mit dem Verfahren HUF ermittelten Informationen genutzt. Die Bilanzierung erfolgt zunächst entsprechend dem Bezugszeitraum ein Jahr und umfasst alle Ereignisse, für die in diesem Jahr die endgültige Meldung vorliegt. Darüber hinaus wird aber auch eine kumulative Bilanzierung über dem gesamten Zeitraum der Anwendung dieses Verfahrens vorgenommen, um so längerfristige Entwicklungen zu erkennen.

Das Auswertekonzept sieht vor, zwei übergreifende Gesichtspunkte in Betracht zu ziehen.

- In sicherheitsrelevanten Ereignissen aufgetretene Handlungsfehler und fehlerfördernde Faktoren werden für jeden Einzelfall beschrieben. Als sicherheitsrelevant werden entsprechend dieser Auswertung Ereignisse eingeschätzt, die entsprechend der Einstufung in Deutschland (Meldeverordnung) den Kategorien S oder E zugeordnet werden oder entsprechend der INES Skala (INES: International Nuclear Event Scale) mindestens in der Stufe 1 eingeordnet wurden.
- Generische, fachbezogene Betrachtung aller Handlungen, die zur Entstehung oder zum Ablauf von meldepflichtigen Ereignissen beitragen.

Die generische, fachbezogene Betrachtung aller Handlungen erfolgt kumulativ für ein zu beobachtendes Merkmal und in Relation zur Gesamtzahl der gemeldeten Ereignisse mit Einfluss von Personalhandlungen (z. B. in 7 von 25 Ereignissen lagen Defizite im ergonomischen Design der Arbeitsmittel vor). Die fachbezogenen Merkmale ergeben sich aus den nachfolgend beschriebenen Leitfragen. Diese Auswertung wird sowohl für als sicherheitsrelevant eingeschätzte Ereignisse, als auch für die Gesamtheit aller Ereignisse durchgeführt. Die Auswertemerkmale basieren auf einer Auswahl der im Verfahren HUF beschriebenen Analysegesichtspunkte.

- In welchen Anlagenzuständen traten Handlungsfehler auf (einschließlich Nachbetrieb und Rückbau)?
- Bei welcher Art von Tätigkeit traten Fehler auf (z. B. betriebliche Anforderung, Instandhaltung, Arbeitsvorbereitung)?
- An welchen Handlungsorten traten Fehler auf (z. B. Freigelände, Warte, Schaltanlagengebäude)?
- Welche Personen machten Fehler (nur Funktion und Unternehmenszugehörigkeit, z. B. Fremdpersonal, Führungspersonal, schaltberechtigtes Schichtmitglied, E-Meister)?
- Welche Faktoren begünstigten das Auftreten von Fehler?
 - Personenbezogene Faktoren (Wissen, individuelle Leistungsfähigkeit),
 - Ergonomische Gestaltung von Arbeitsmitteln (Leitstände, Werkzeuge, usw.),
 - Ergonomische Gestaltung von Informationen (u.a. schriftliche Unterlagen, Meldeanlage),
 - Ergonomische Gestaltung der Arbeitsumgebung,
 - Ergonomische Aspekte der Handlung (verfügbare Zeit, Reihenfolge, Aufgabenverteilung usw.).
- Traten Defizite oder Fehler innerhalb organisatorisch vorgelagerten Arbeitssystemen auf (vgl. auch Kapitel 2.3, u.a. Arbeitsvorbereitung, Beschaffung, Qualitätssicherung, Management)?
- War die Wirksamkeit von Fehlerentdeckungsvorkehrungen eingeschränkt bzw. nicht gegeben (Störmeldungen, Prüfungen)?

- War die Wirksamkeit von Barrieren des gestaffelten Sicherheitskonzepts eingeschränkt bzw. nicht gegeben (u.a. Redundanz, Diversität, Sicherheitsebenen)?
- Welche Entwicklungen waren hinsichtlich der aufgetretenen Fehlerarten zu beobachten (u.a. Auslassungs-, Ausführungsfehler, sich wiederholende Fehler, Verstoß gegen Regeln und Richtlinien)?
- Gab es Hinweise auf eine zurückgehende Sicherheitskultur?
- Gibt es Hinweise auf Schwächen bestimmter Technologien und Vorgehensweisen?

Die Ergebnisse der generischen Auswertung werden sowohl mit Bezug auf die Erkenntnisse eines Jahres als auch mit Bezug auf längerfristige Entwicklungen zusammenfassend kommentiert.

5 Zusammenfassende Diskussion

Der vorliegende Bericht zeigt, mit welcher Methode die GRS meldepflichtige Ereignisse aus kerntechnischen Anlagen untersucht, um

- Fehlhandlungen und fälschlich unterlassene Aktionen,
- deren Ursachen,
- Abhängigkeiten zwischen Fehlern,
- Aktionen des Menschen zur Korrektur von Fehlern,
- Randbedingungen der Handlungsausführung,
- den Beitrag der betrachteten Aktionen zu Auslösung, Ablauf und Bewältigung eines Vorkommnisses sowie
- Vorkehrungen gegen gleiche oder vergleichbare Ereignisse

zu ermitteln, zu werten und zu dokumentieren. Detailliert Verfahrensbeschreibung und elektronische Speicherung der Ergebnisse sind als wesentliche Fortschritte gegenüber der bisherigen Praxis zu betrachten:

- Zum einen werden die fachlichen Grundlagen präzise beschrieben, auf denen die Ereignisanalyse beruht. Das vorgestellte Verfahren dient als Leitfaden für die Un-

tersuchungen und bildet eine wichtige Voraussetzung dafür, konsistente und nachvollziehbare Ergebnisse zu erarbeiten. Es dient ferner als Struktur einer Datenbank für die Speicherung und weitere Auswertung der Analyseergebnisse.

- Zum anderen ermöglicht es die Datenbank, schnell und systematisch auf die Untersuchungsergebnisse in allen Details zuzugreifen, die mit dem Verfahren herausgearbeitet werden konnten. Der Benutzer dieser Datenbank kann gezielt Informationen abfragen, die er z. B. für die Bewertung von Mensch-Maschine-Systemen oder die Beurteilung organisatorischer Gegebenheiten in kerntechnischen Anlagen benötigt.

Das Verfahren HUF (Human Factors) stützt sich auf anerkannte Begriffe und Modelle aus Arbeitspsychologie und Arbeitswissenschaft. Sie geht von einer präzisen Definition des Begriffs „Fehler“ aus (vgl. Kapitel 2.3.2). Ziel der Analyse ist es, Ursachen und Randbedingungen dieser Fehler wie z. B. unangemessene Beanspruchungen durch Zeitdruck zu ermitteln, wobei Fragen eines möglichen, persönlichen Verschuldens ausdrücklich ausgeklammert werden. Die verwendete Definition des Fehlers entspricht dem Gebrauch dieses Begriffs in der Technik.

Mit diesen Grundlagen ist es möglich, die Untersuchung ergonomischer, menschlicher, organisatorischer und technischer Faktoren auf das Engste zu verbinden. Das ist eine Grundvoraussetzung dafür, Entstehung, Ablauf und Bewältigung meldepflichtiger Ereignisse klären, Schwachstellen erkennen und wirksame Abhilfen entwickeln zu können.

Die mit diesen Verfahren ermittelten Kenntnisse im Einzelfall werden einer generischen fachspezifischen Auswertung zugeführt. Ziel ist es, ereignisübergreifende Entwicklungen ergonomischer, menschlicher und organisatorischer Faktoren sowohl innerhalb eines Zeitraumes von einem Jahr als auch über die jeweiligen Vorjahre hinweg zu erkennen und im Rahmen eines jährlichen Berichts zu dokumentieren. Die Auswertemerkmale wurden aus dem Merkmalkatalog des Verfahrens HUF ausgewählt und dienen als „Indikatoren“ für ergonomische, menschliche und organisatorische Einflüsse auf die Entstehung und den Verlauf meldepflichtiger Ereignisse. Für die Untermenge der als „sicherheitsrelevant“ eingeschätzten Ereignisse (Kategorie E, S oder INES ≥ 1) wird eine parallele Auswertung der einzelnen Ereignisse durchgeführt.

6 Literatur

- /BAU 99/ Baumont, G.,
Modèle et méthode RECUPERARE, Fontenay aux Roses,
Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire, 1999 (Rapport DES 371)
- /BMU 04/ Bundesministerium für Umwelt-, Naturschutz und Reaktorsicherheit,
Grundlagen für Sicherheitsmanagementsysteme in Kernkraftwerken,
29. Juni 2004 (BAnz Nr. 138)
- /BMU 09/ Bundesministerium für Umwelt-, Naturschutz und Reaktorsicherheit,
Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke,
11. März 2009 (BAnz 2009)
- /EIS 97/ Eisgruber, H.,
Umgang mit menschlichen Faktoren beim Betrieb deutscher Kernkraftwerke,
VGB Kraftwerkstechnik, Band 77, 1997, S. 388-392
- /HAR 91/ Harbour, J. L. et al.,
HSYS. A Methodology For Analyzing Human Performance in Operational
Settings. Idaho National Engineering Laboratory
- /HOY 74/ Hoyos, C.,
Arbeitspsychologie, Stuttgart: Kohlhammer, 1974
- /HSE 01/ Health & Safety Executive,
Root Causes Analysis: Literature Review
HSE/UK Contract Research Report 325/2001, 2001
- /IAE 89/ International Atomic Energy Agency,
Models and Data Requirements for Human Reliability Analysis, Wien:
IAEA, 1989 (IAEA-TECDOC-499)

- /IAE 91/ International Atomic Energy Agency,
Safety culture, Wien: IAEA, 1991 (IAEA Safety Series No. 75 INSAG 4)
- /IAE 92/ International Atomic Energy Agency,
Procedures For Conducting Probabilistic Safety Assessments of Nuclear
Power Plants (Level 1), Wien: IAEA, 1992 (IAEA Safety Series Nr. 50 4 P,
S. 51ff.)
- /IAE 99/ International Atomic Energy Agency: Management of operational Safety in
Nuclear Power Plants, Wien: IAEA, 1999 (IAEA INSAG 13)
- /IAE 02/ International Atomic Energy Agency,
Safety culture in nuclear installation, Wien: IAEA 2002 (IAEA Tecdoc 1329)
- /IAE 02a/ International Atomic Energy Agency,
Review of Methodologies for Safety Incidents at NNPs
IAEA Tecdoc-1278, March 2002
- /MEI 85/ Meister, D.
Behavioral Analysis and Measurement Methods,
Wiley & Sons, New York, 1985
- /MET 05/ Facharbeitskreis "Probabilistische Sicherheitsanalyse für Kernkraftwerke",
Methoden zur probabilistischen Sicherheitsanalyse für Kernkraftwerke,
Bundesamt für Strahlenschutz, BfS-SCH-37/05, August 2005
- /MIL 99/ Miller, R. et al.,
Sicherheit durch organisatorisches Lernen (SOL) – Konzeption und Über-
prüfung eines Verfahrens zur Ereignisanalyse, in: Engel, K, Kociok, B.
(Hrsg.): Viertes Expertengespräch „Mensch-Maschine-Wechselwirkung“ in
Kernkraftwerken, Salzgitter: Bundesamt für Strahlenschutz, 1999 (BfS-KT-
22/99)
- /NOR 55/ Nordsieck, F.,
Rationalisierung der Betriebsorganisation, 2. Auflage, Stuttgart.
Poeschel, 1955

- /OEC 98/ OECD Nuclear Energy Agency,
Improving Reporting and Coding of Human and Organizational Factors in
Event Reports
NEA/CSNI/R(97)15, April 1998
- /RAS 86/ Rasmussen, J.,
Information Processing and Human-Machine-Interaction, New York: North-
Holland, 1986
- /SCH 76/ Schmidtke, H.
Ergonomische Bewertung von Arbeitsergebnissen,
Carl Hanser Verlag 1976
- /SCH 81/ Schmidtke, H.
Lehrbuch der Ergonomie
Carl Hanser Verlag 1981
- /SWA 83/ Swain, A. D., Gutmann, H. E.,
Handbook of Human Reliability Analysis With Emphasis on Nuclear Power
Plant Application,
Washington (D.C.): Nuclear Regulatory Commission, 1983 (NUREG/CR-
1278)

7 Abbildungsverzeichnis

Abb. 2-1	Schematische Darstellung eines Ereignisablaufs.....	16
Abb. 2-2	Aufbau eines Arbeitssystems unter Berücksichtigung von Faktoren, welche die Leistung beeinflussen	18
Abb. 2-3	Prinzip der Modellierung der organisatorischen Beziehungen.....	29
Abb. 2-4	Abspeicherung eines Ereignismodells in der HUF Datenbank	34
Abb. 2-5	Beispiel für eine Eingabemaske der HUF-Datenbank	35
Abb. 3-1	Prozessschema generische Human Factors Auswertung	38

Anhang A

Dokumentation des Verfahrens

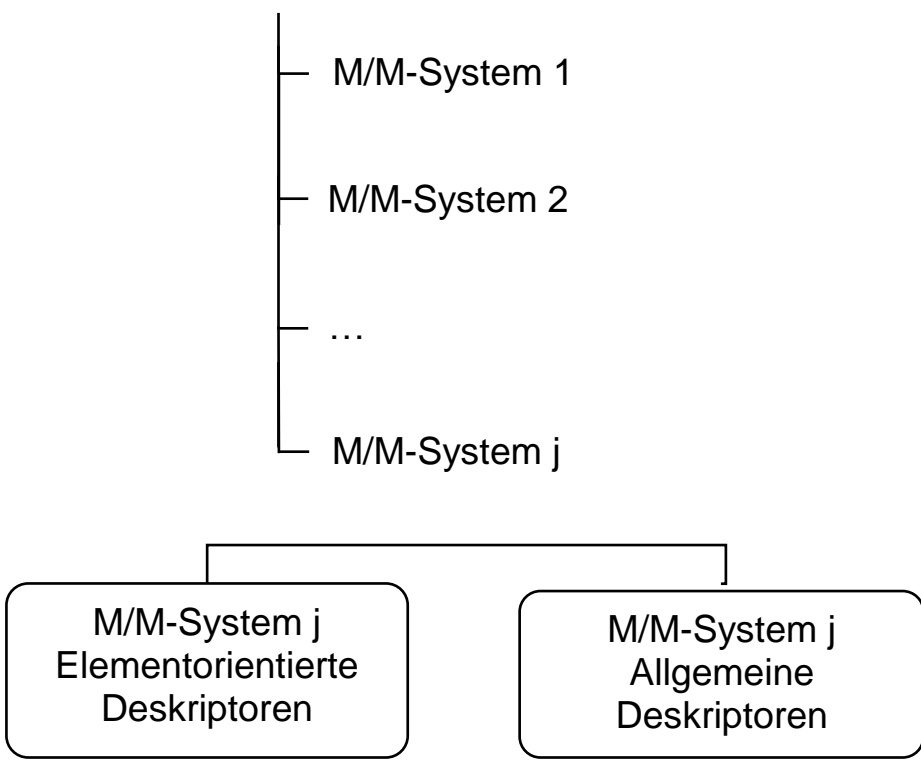
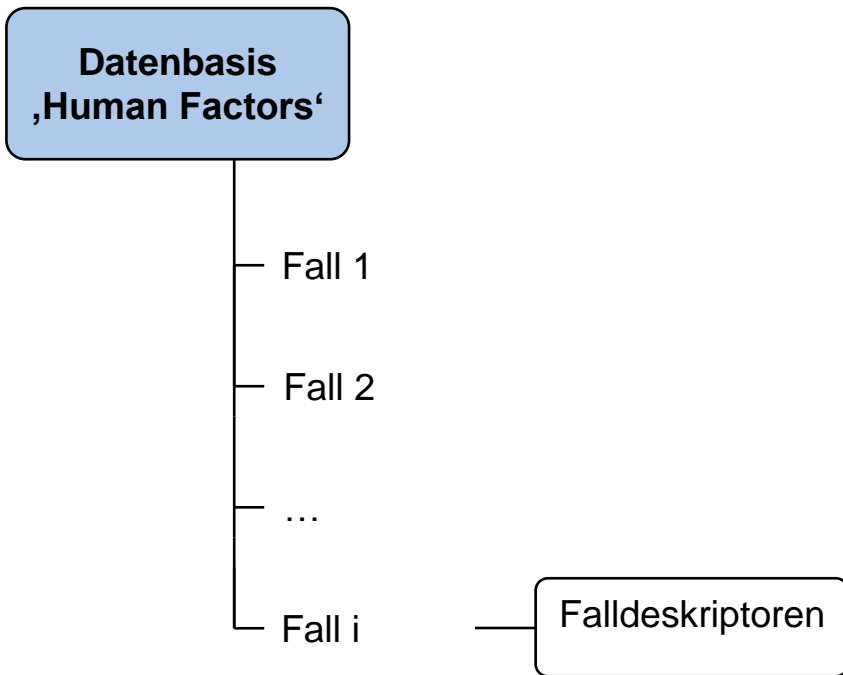
A1 Einführung

Die folgenden Übersichten enthalten die Merkmale, mit denen der Anwender des Verfahrens ein meldepflichtiges Ereignis analysiert und beschreibt. Die Darstellungen zeigen auch, wie der Merkmalsatz logisch strukturiert ist.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist die Dokumentation auf mehrere Seiten aufgeteilt. Zwischenüberschriften und Fortsetzungshinweise zeigen, wie die einzelnen Teile zusammenhängen.

A2 Die Struktur der Datenbank

Die Datenbasis „Human Factors“ dient der Speicherung von Fallbeschreibungen, wobei jeder „Fall“ die Teilereignisse dokumentiert, die der Anwender des Verfahrens bei der Analyse eines meldepflichtigen Ereignisses herausgearbeitet hat. Ein Fall ist eindeutig durch „Falldeskriptoren“ bestimmt. Jedes Ereignis bzw. jeder Fall enthält mindestens ein Arbeitssystem, das durch allgemeine Deskriptoren eindeutig zu identifizieren und hinsichtlich seiner Komponente oder „Elemente“ (vgl. Abb. 2-2 im Hauptteil des Berichts) zu beschreiben ist. Weiß unterlegte Kästchen verweisen darauf, dass die entsprechende Kategorie durch weitere Merkmale zu beschreiben ist. Die Anzahl der Merkmale, durch die ein Element weiter detailliert ist, wird in der Klammer neben dem Element genannt.



Falldeskriptoren

Fall Code

Falltitel

Anlagenname

Fallbeschreibung (Freitext)

INES Klassifikation

Meldekategorie

Zahl der M/M-Systeme

Anlagenzustand (19)

A3 Struktur der Beschreibung von Arbeitssystemen

Die Dokumentation gliedert sich, wie schon gesagt, in allgemeine Deskriptoren zur eindeutigen Identifikation des Arbeitssystems (auch Mensch/Maschine (M/M)-System) und in die Beschreibung seiner Elemente (vgl. Abb. 2-2 im Hauptteil des Berichts). Inhaltlich zusammengehörige Deskriptoren sind zu „Modulen“ zusammengefasst um Überblick und Übersicht zu verbessern.

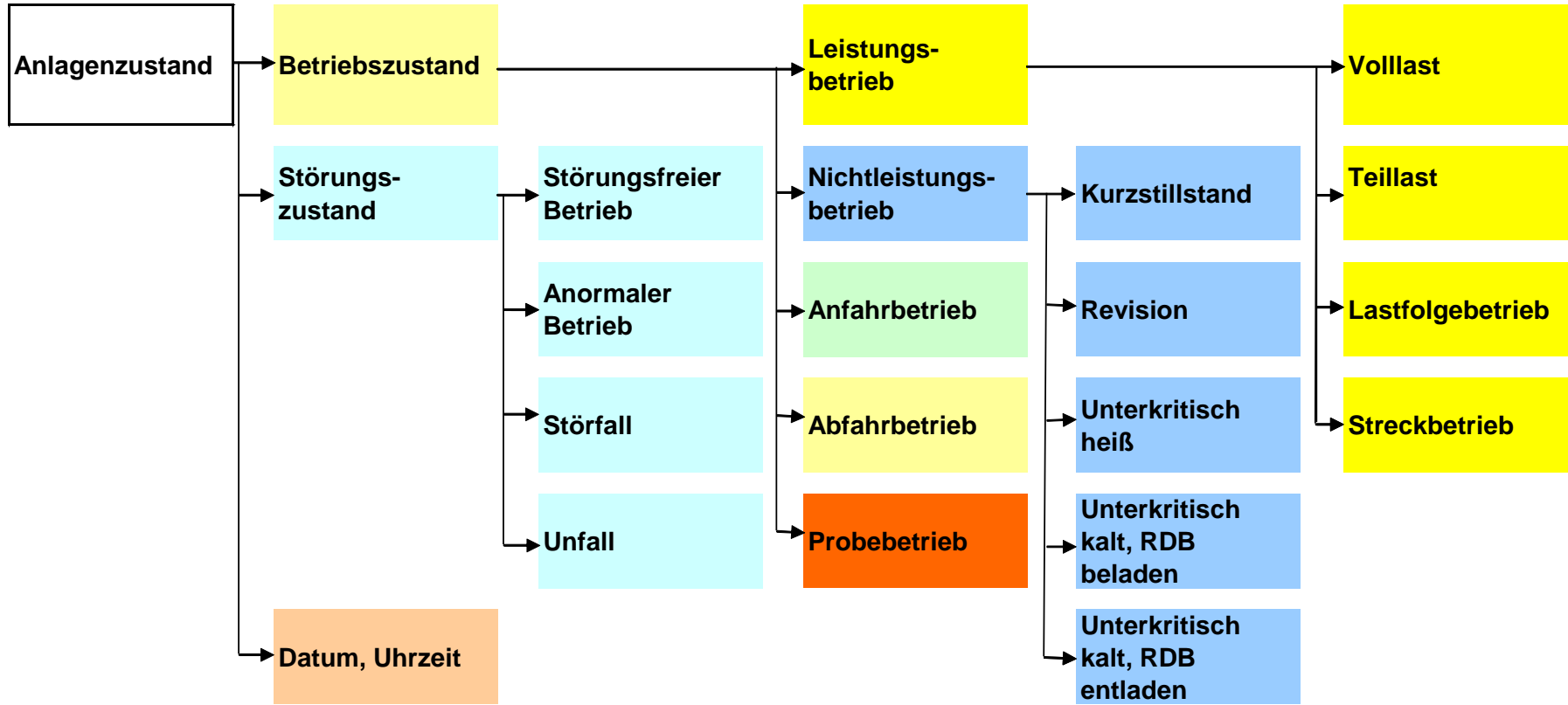
Verschiedene Faktoren beeinflussen die bestimmungsgemäße Funktion eines Arbeitssystems. Wir verwenden dafür die Abkürzung PSF entsprechend der englischen Bezeichnung, die oft auch in das deutsche Schrifttum Eingang gefunden hat. Die Darstellung auf den folgenden Seiten enthält zu jedem Element des Arbeitssystems Hinweise auf die Kategorien von Faktoren, die sie in ihrer Funktion beeinflussen können. Abschnitt A 4 enthält die genauen Inhalte der Kategorien.

**M/M-System
Allgemeine Deskriptoren**

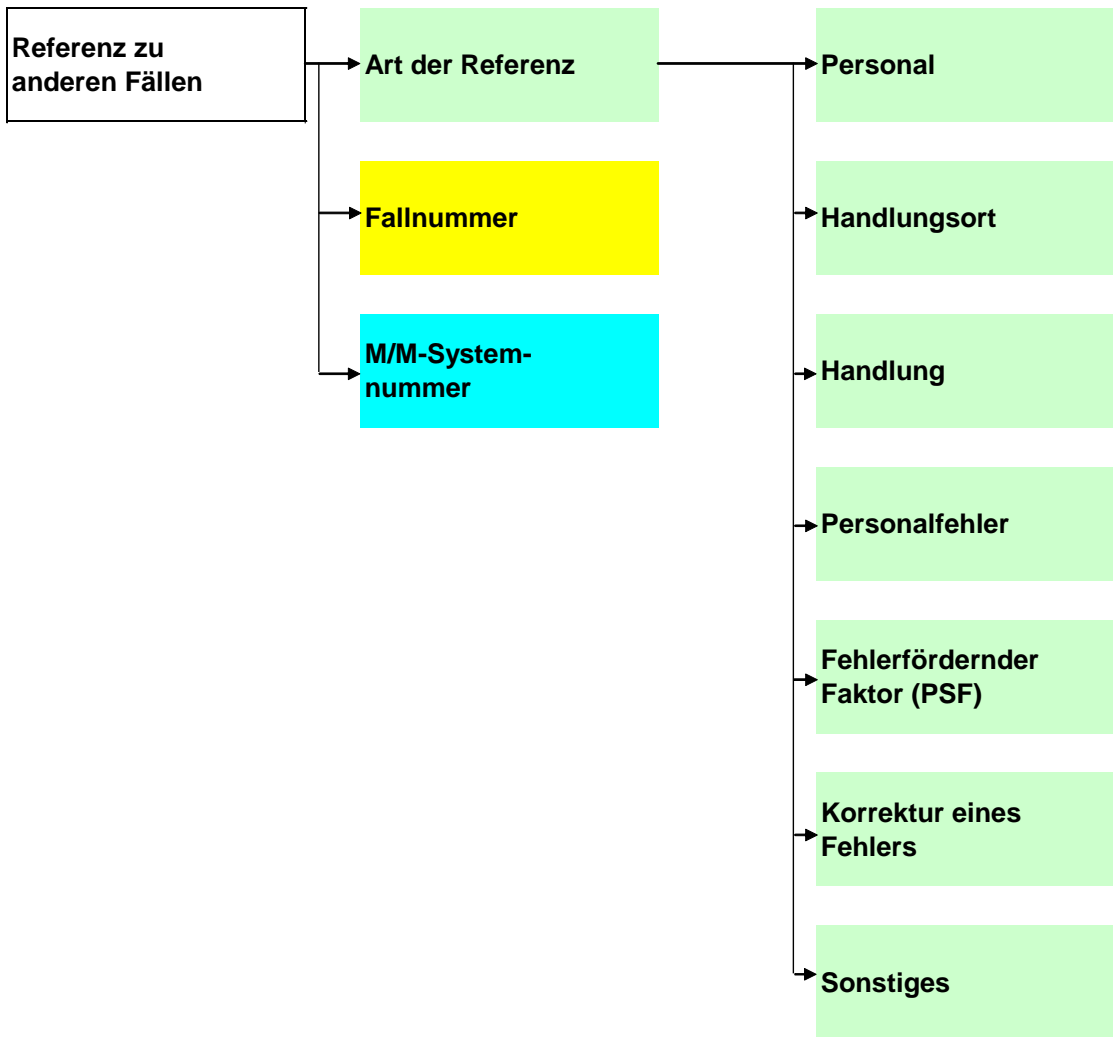
- M/M-Systemnummer
- Beeinflusste Komponente/System (Text/Code)
- Anlagenzustand (19)
- Referenz zu anderen Fällen (9)
- Fehlerkorrektur
Modul
 - Freitext
 - Korrigierte Fehler
 - Erfolgreiche Detektion (18)
- Fehler
Modul
 - Freitext
 - Fehlerdeskriptoren (21)
 - Versagende Detektion (18)
 - Versagende Kompensation (8)
 - Auswirkung auf M/M-System (2)

PSF Organisation

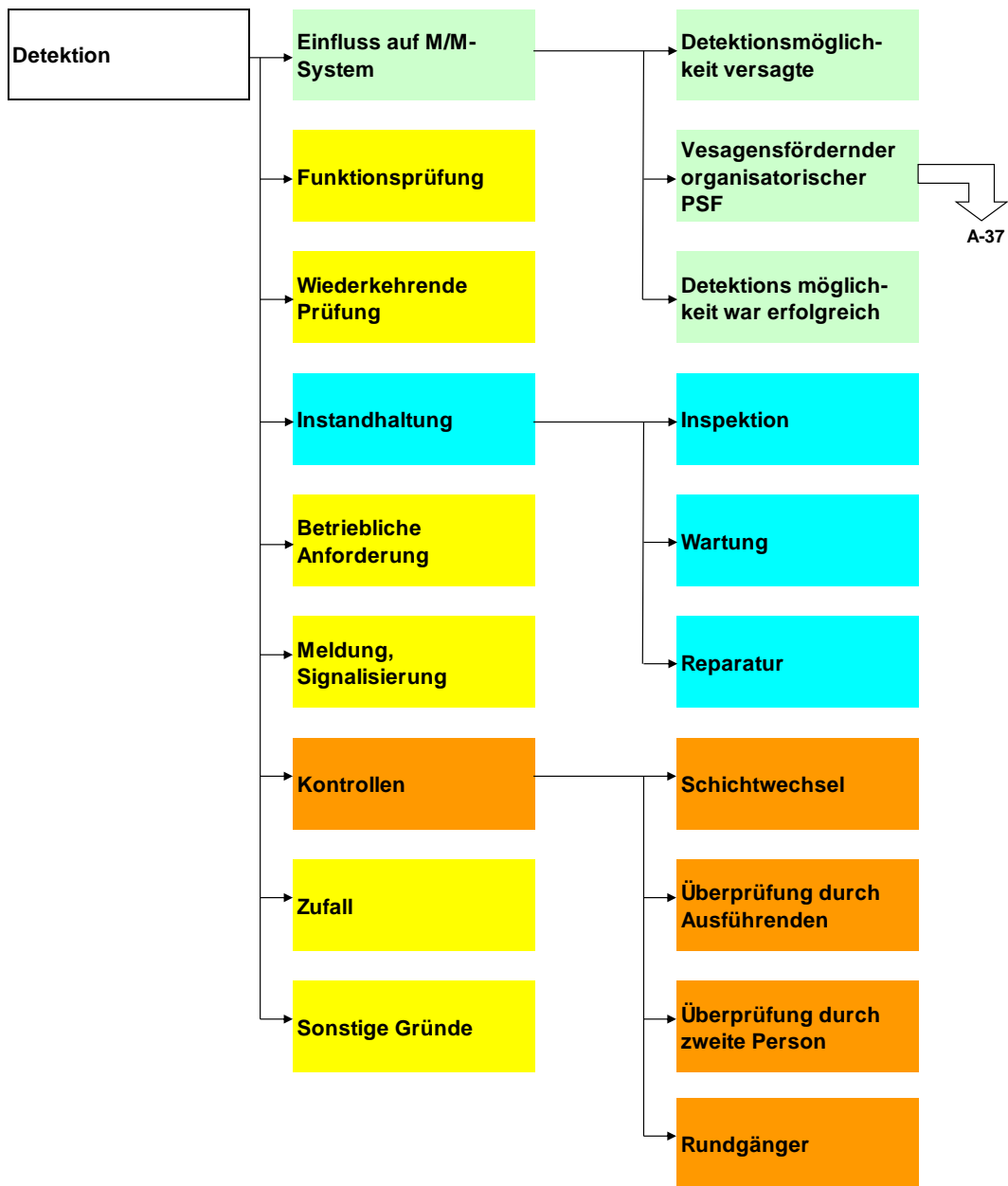
PSF Organisation



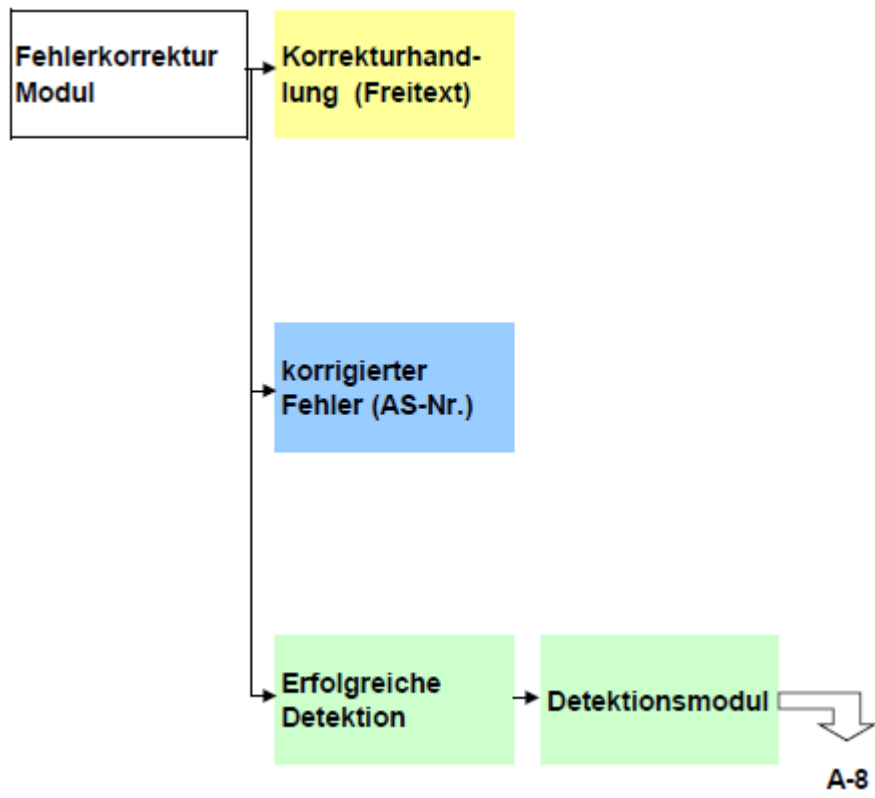
Anlagenzustand



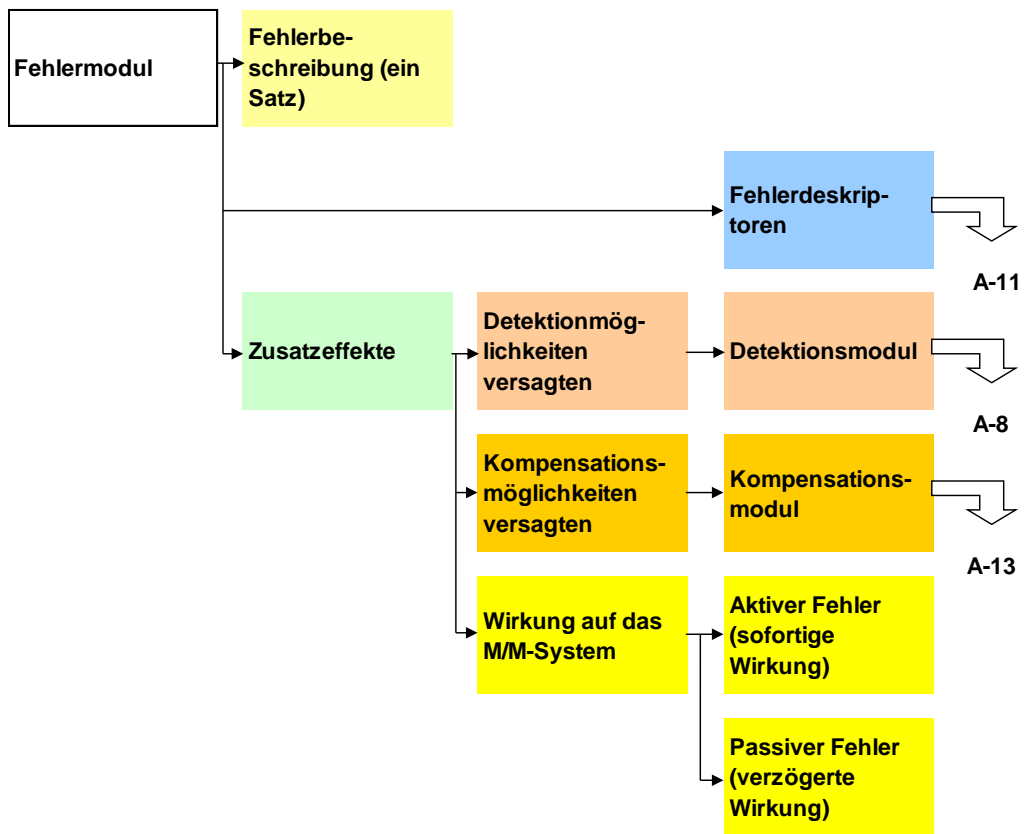
Referenzfall



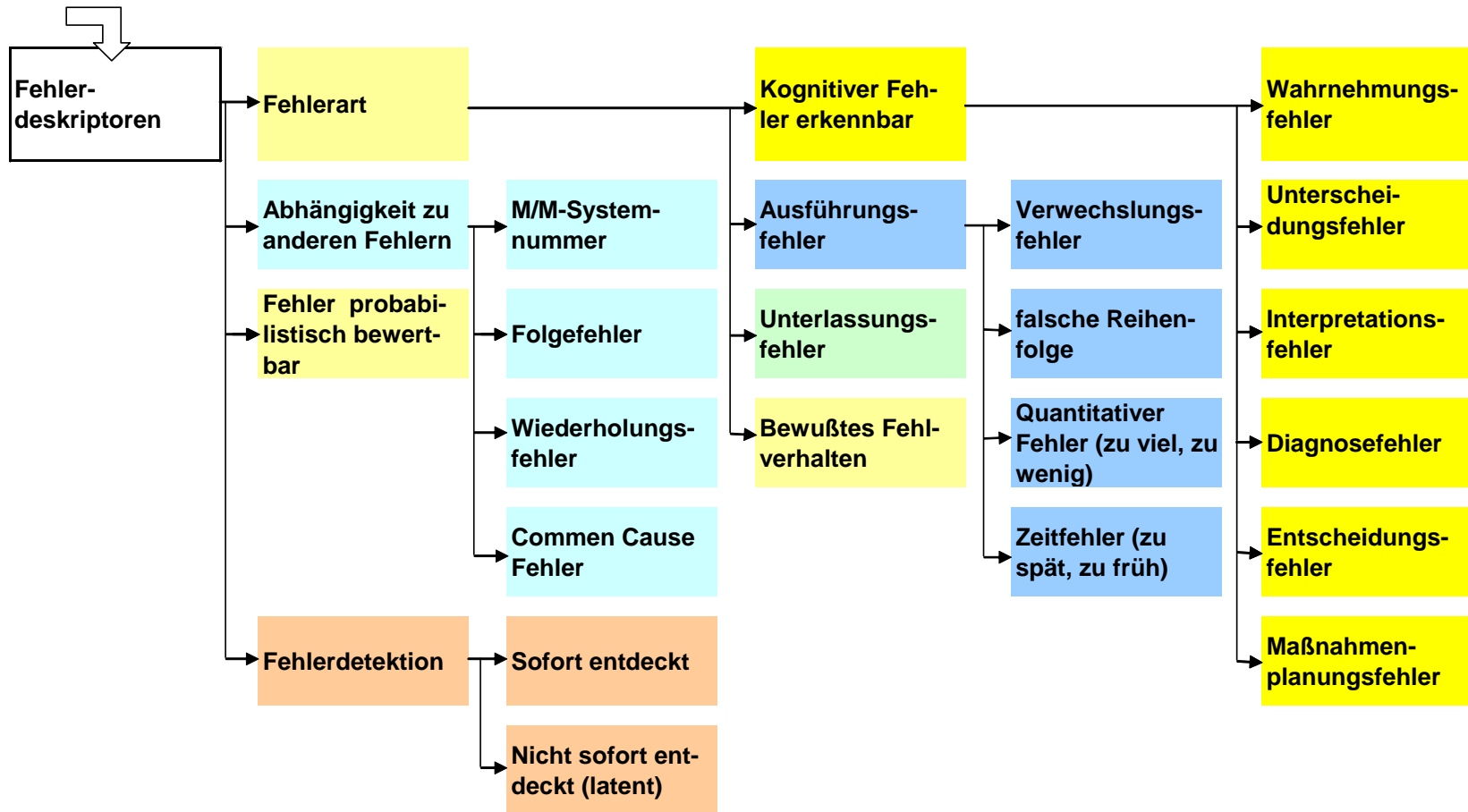
Detektion



Fehlerkorrektur

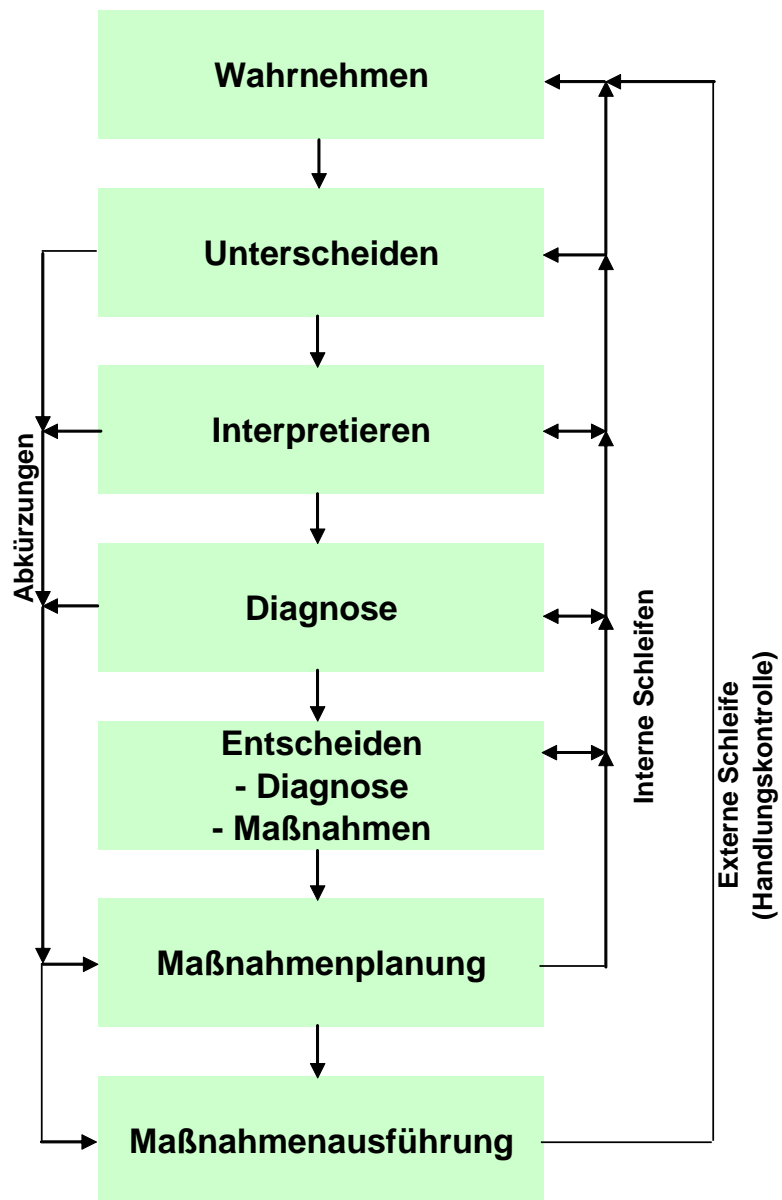


Fehlermodul

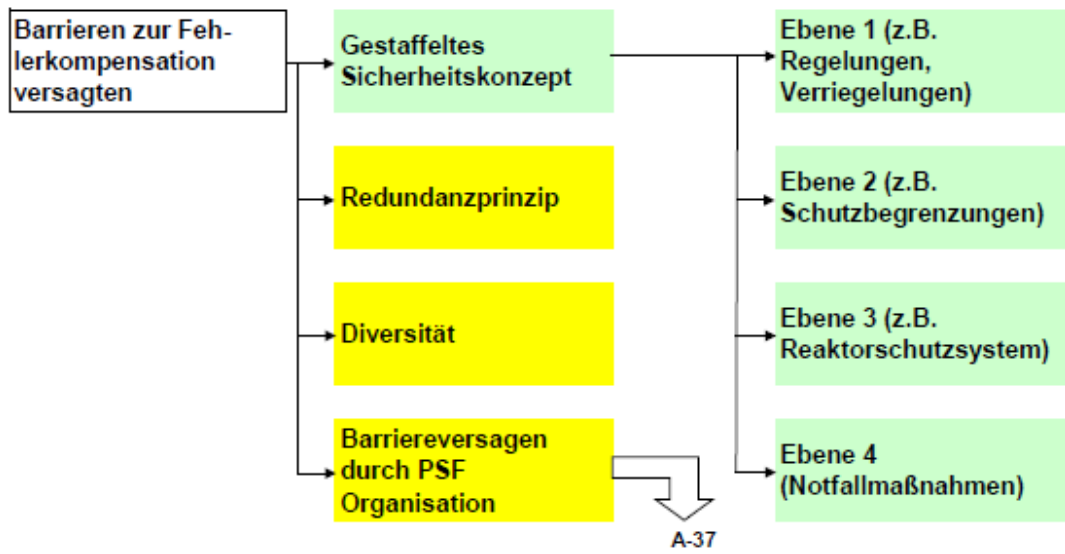


A-11

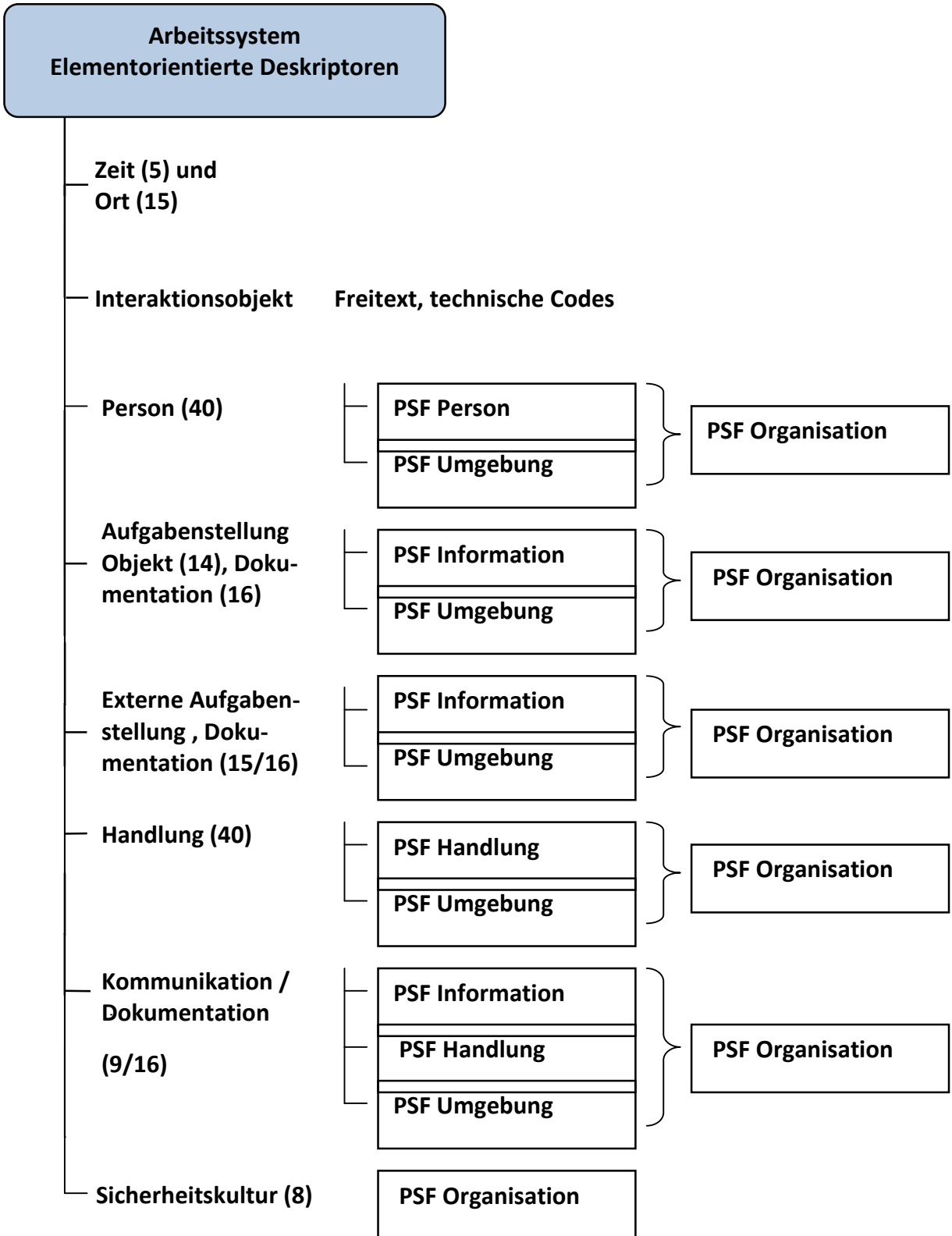
Fehlerdeskriptoren

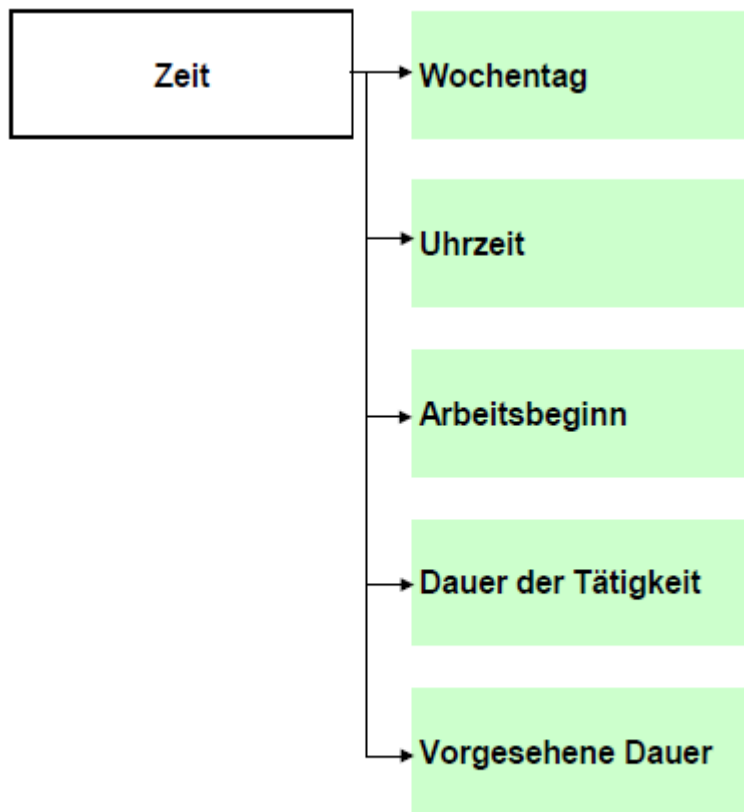


Kognitives Modell

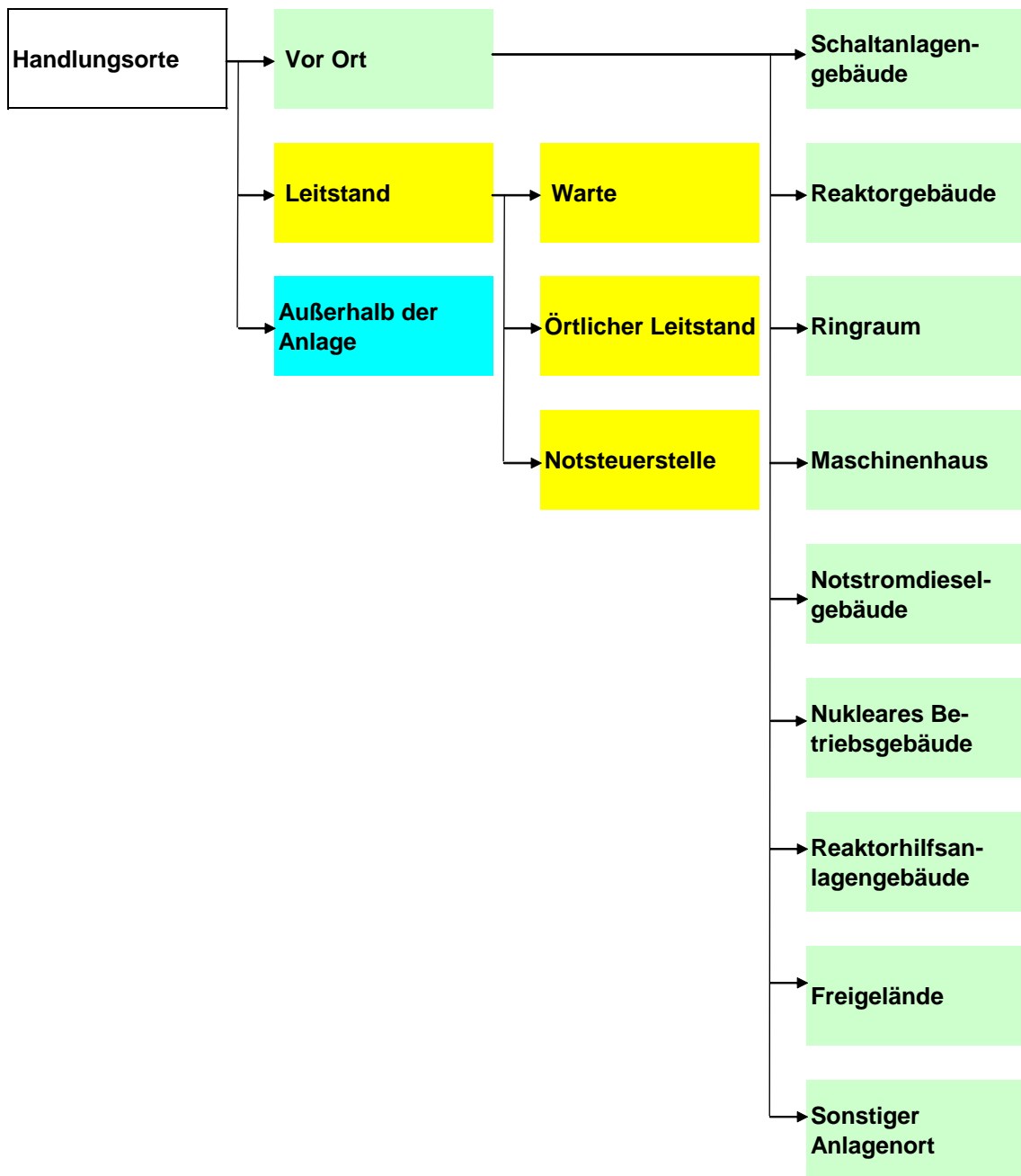


Kompensationsbarrieren

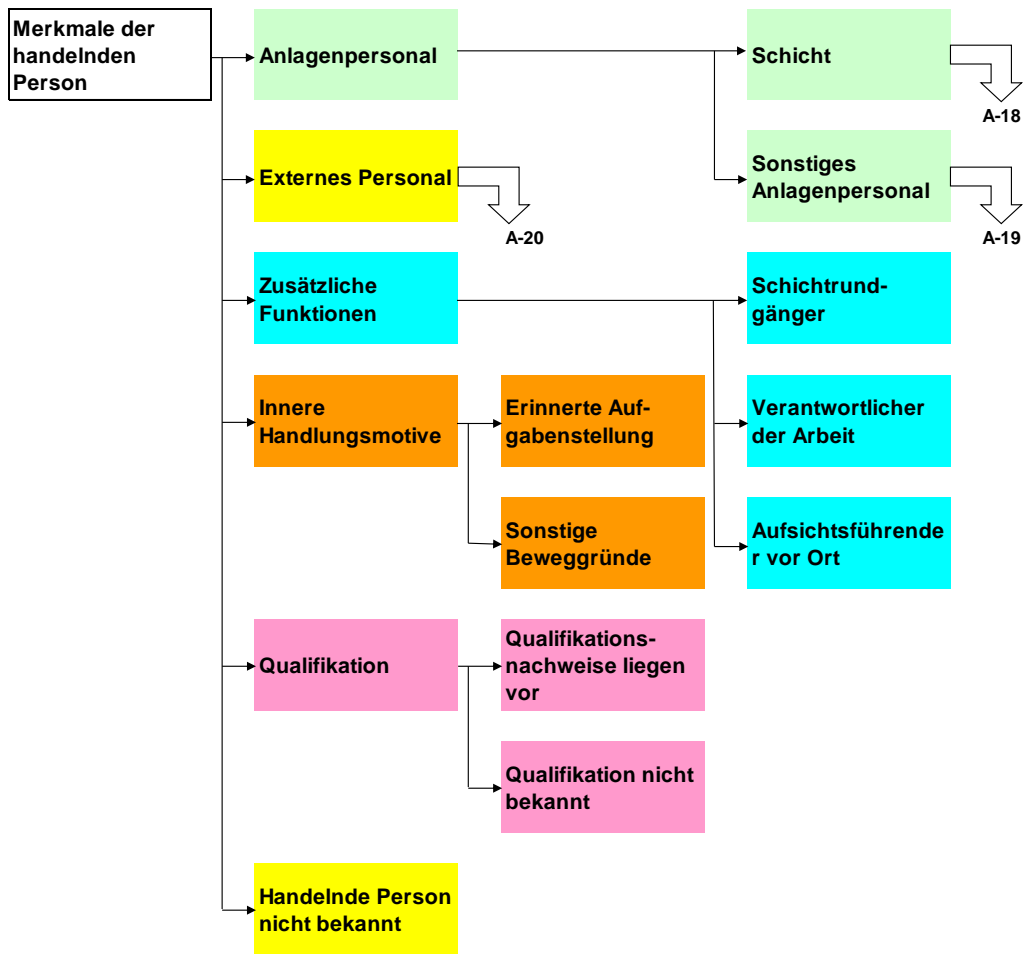




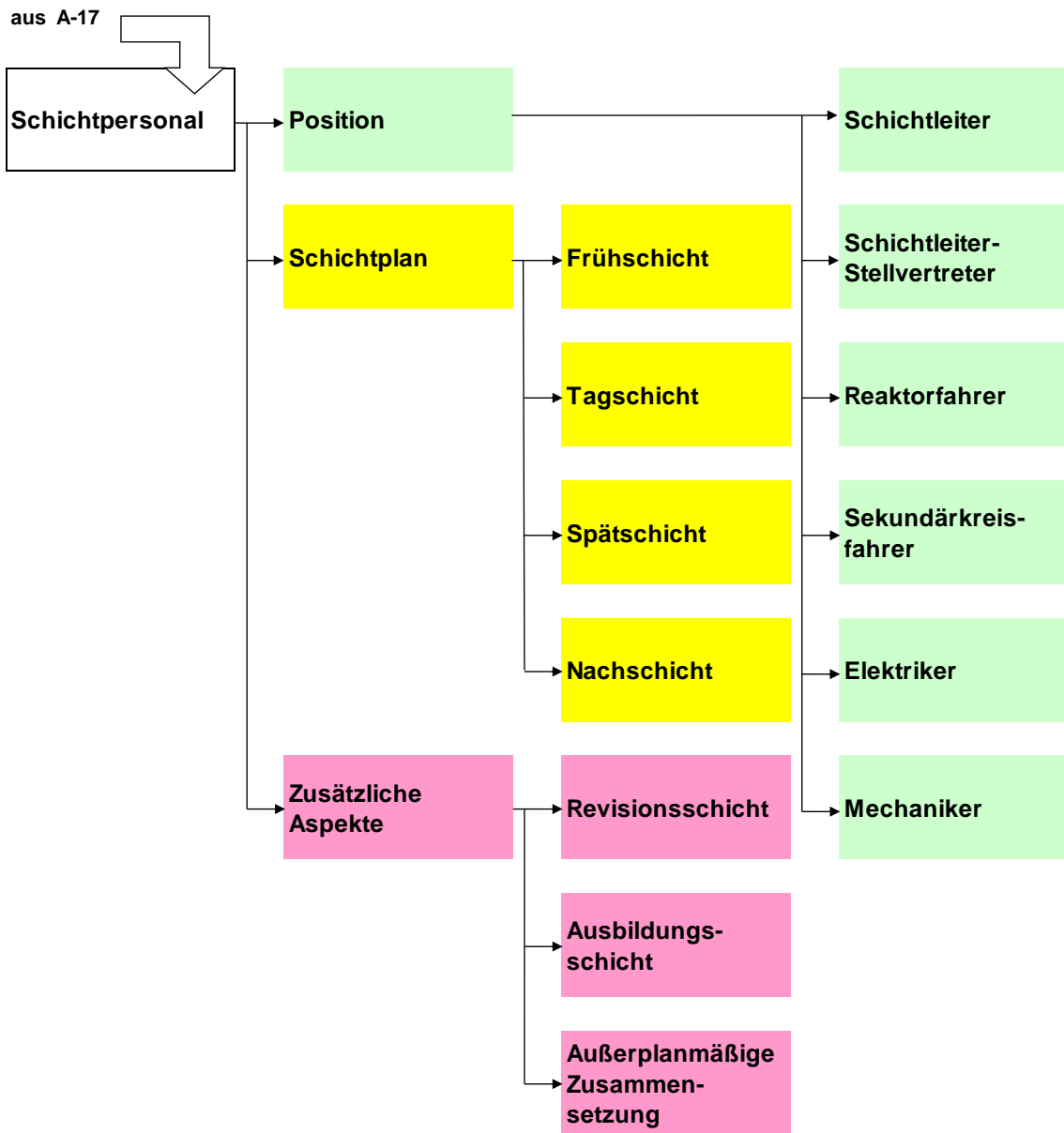
Zeit



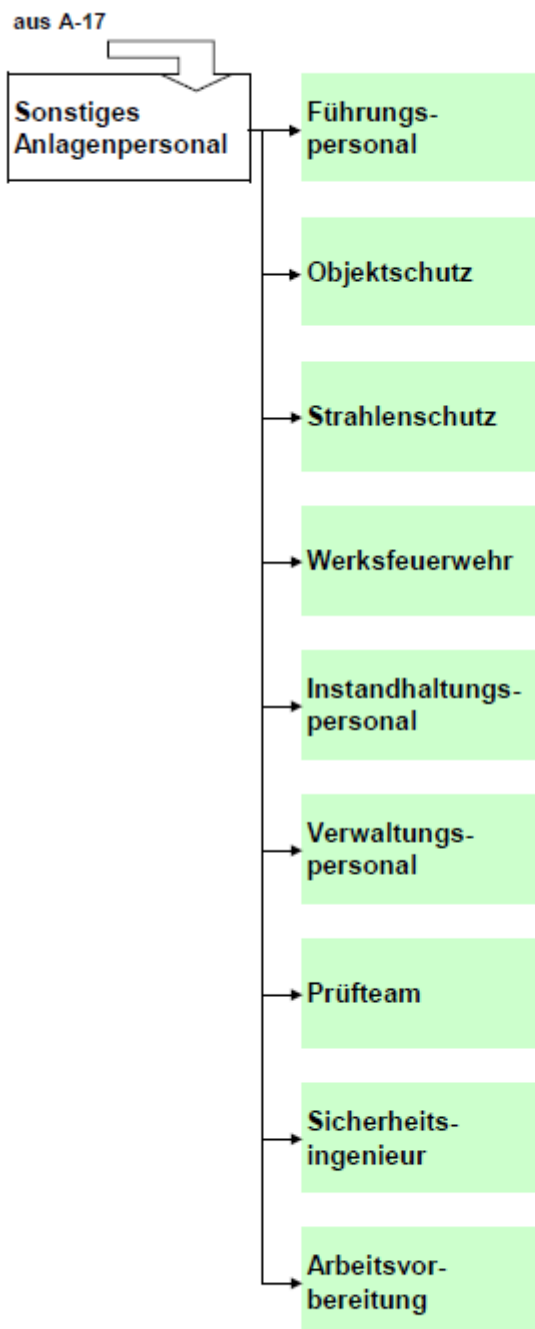
Handlungsorte



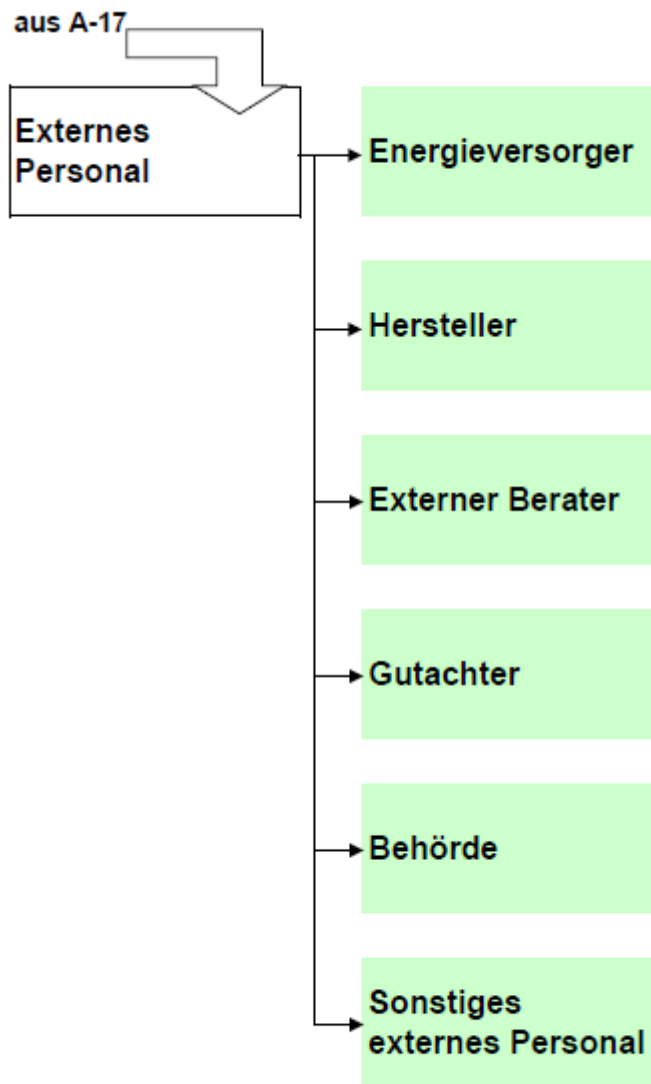
Merkmale der handelnden Person



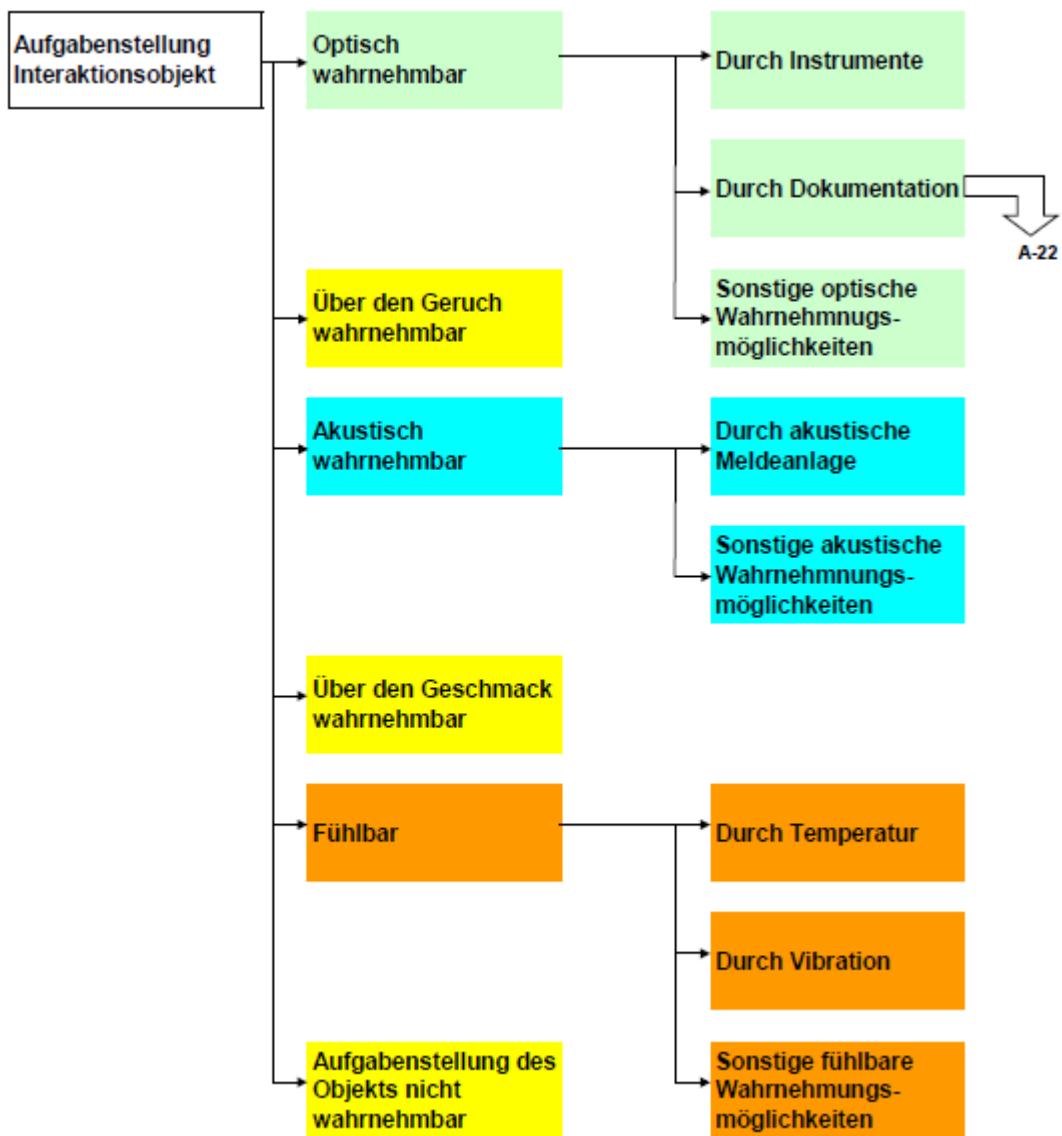
Schichtpersonal



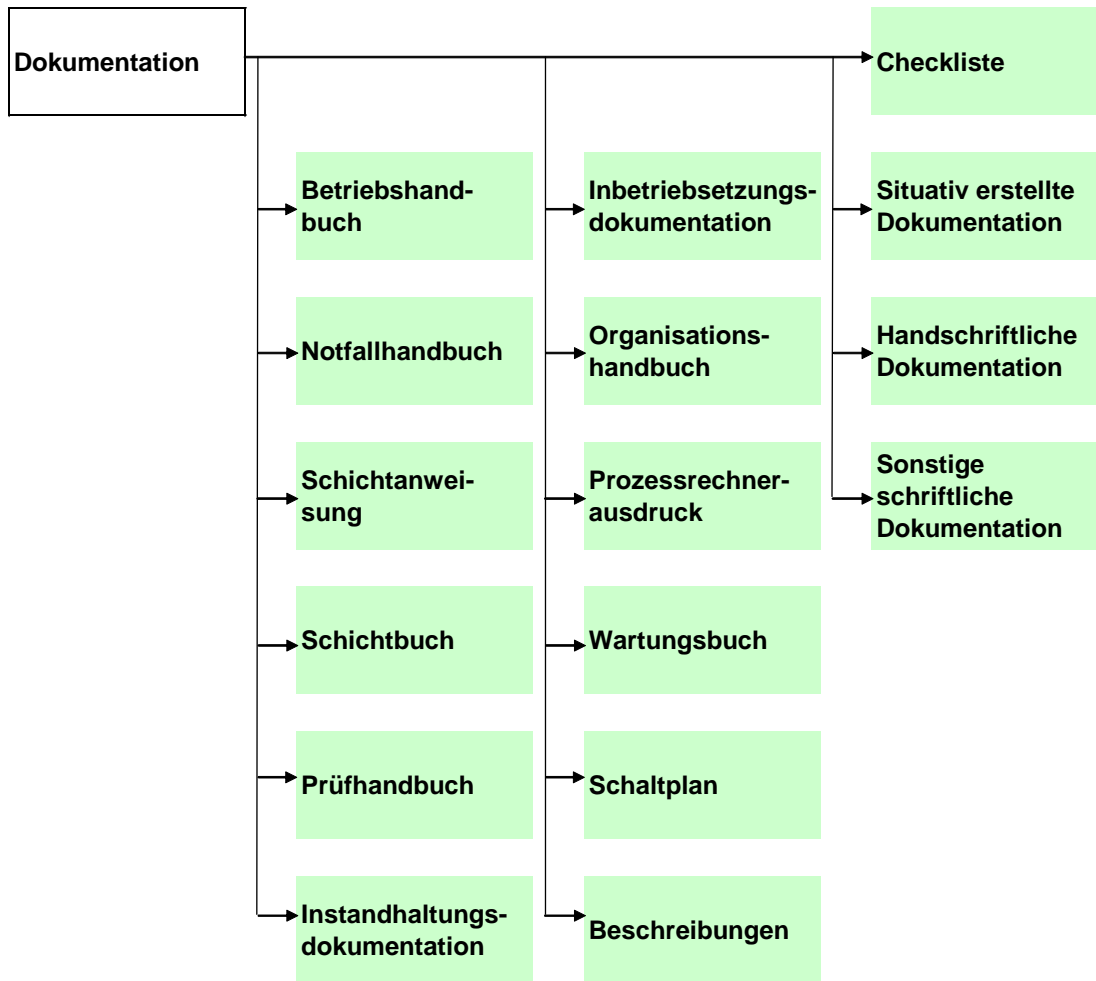
Sonstiges Anlagenpersonal



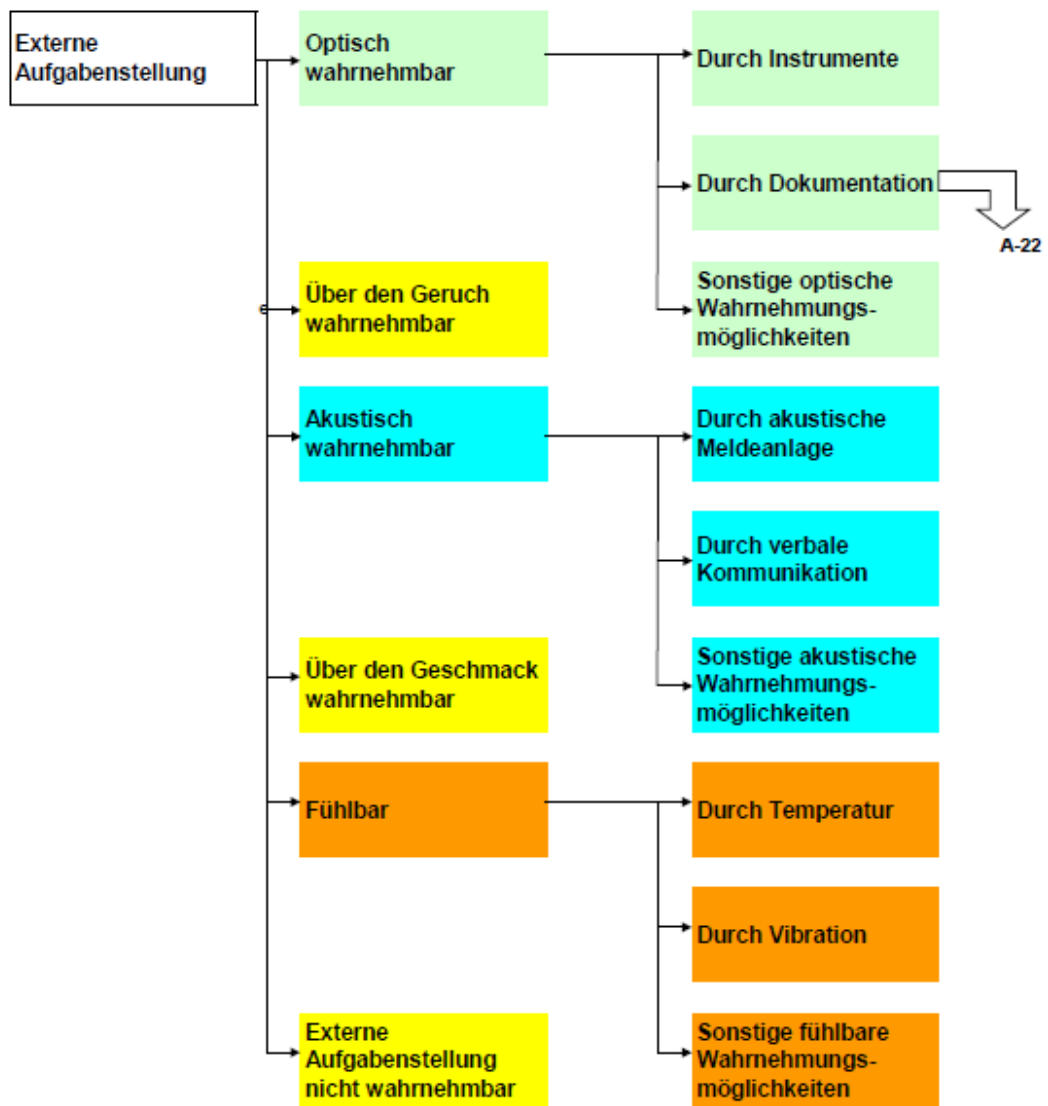
Externes Personal



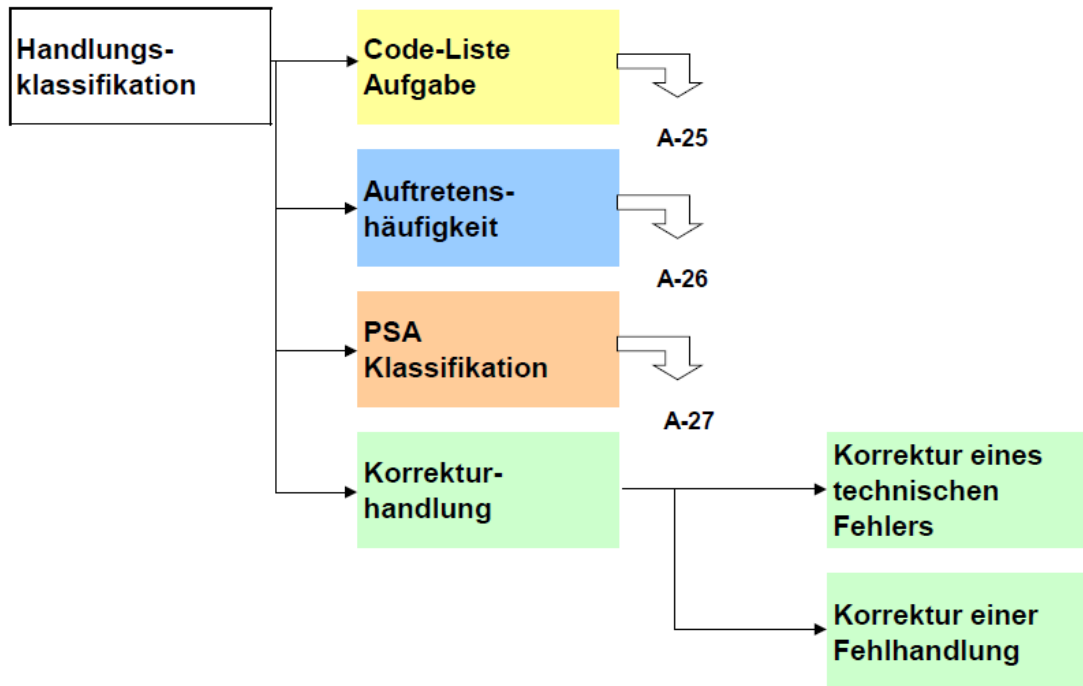
Aufgabenstellung Interaktionsobjekt



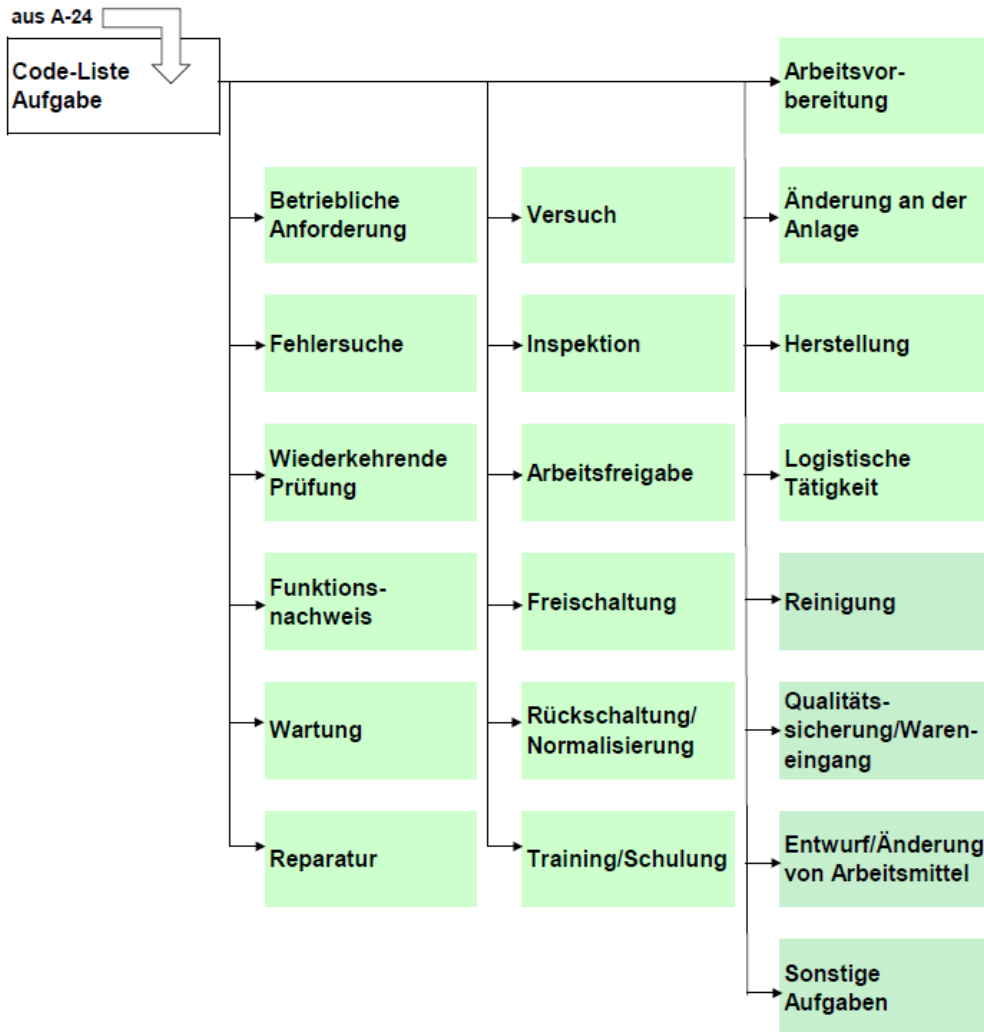
Dokumentation



Externe Aufgabenstellung



Handlungsklassifikation



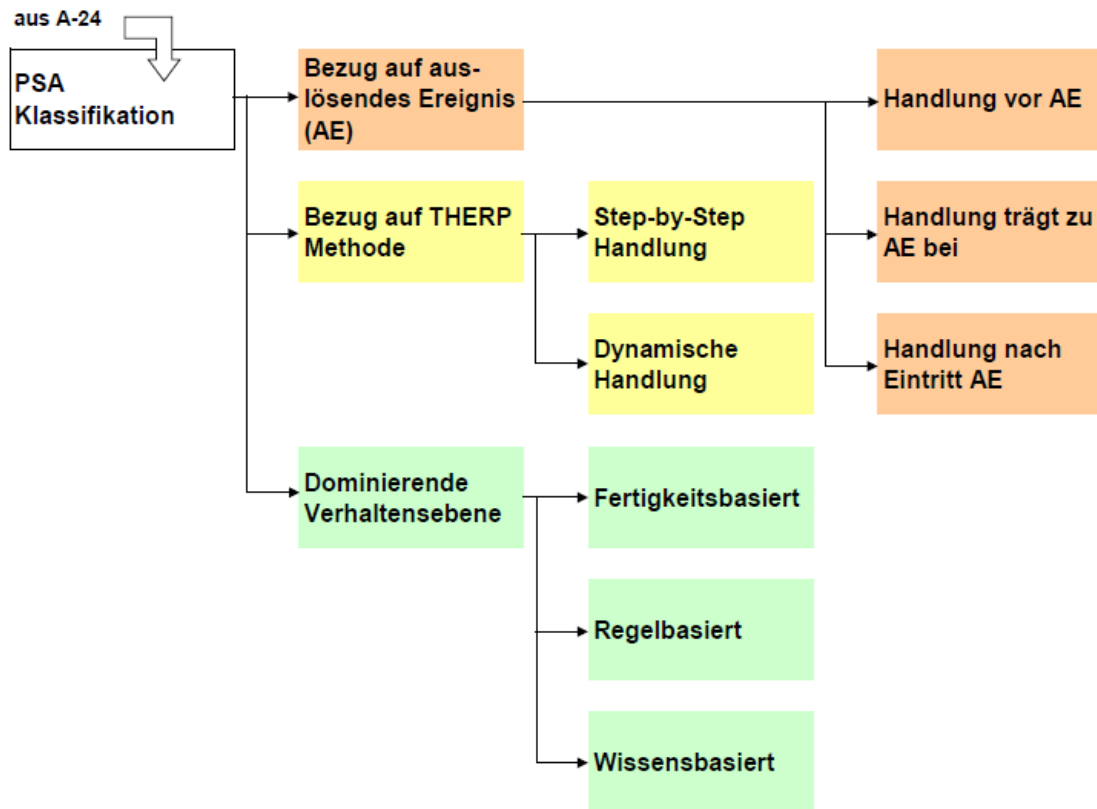
Code-Liste Aufgabe

aus A-24

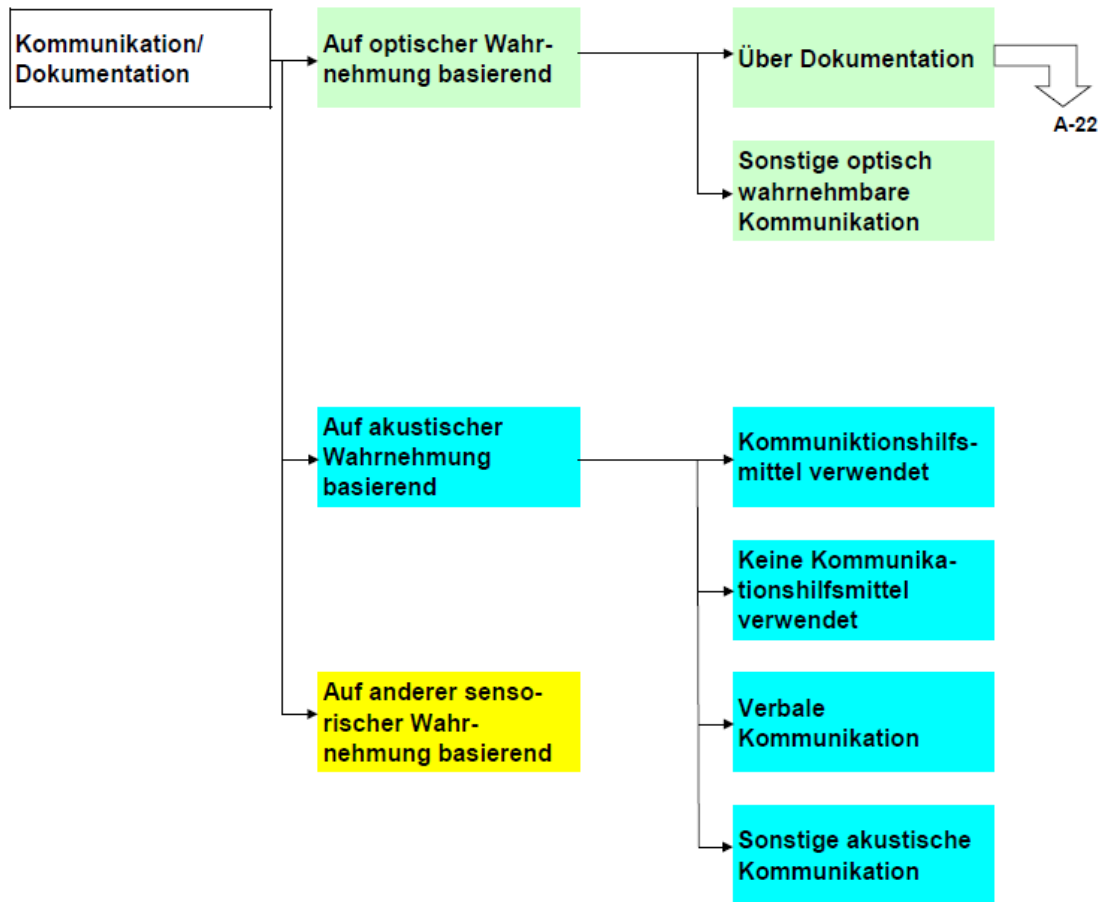
Auftretenshäufigkeit



Auftretenshäufigkeit



PSA-Klassifikation

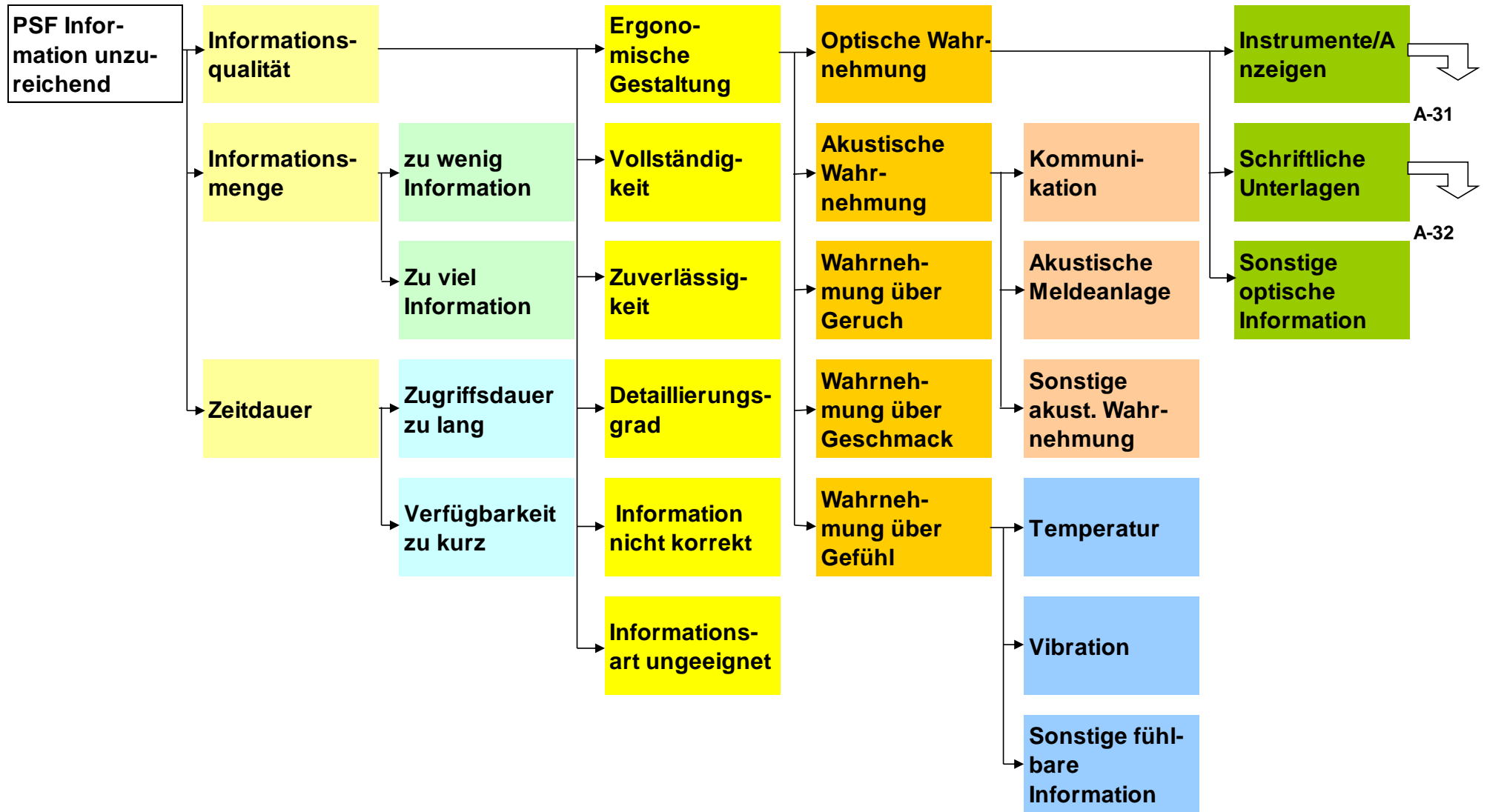


Kommunikation/Dokumentation

A4 Einflussfaktoren

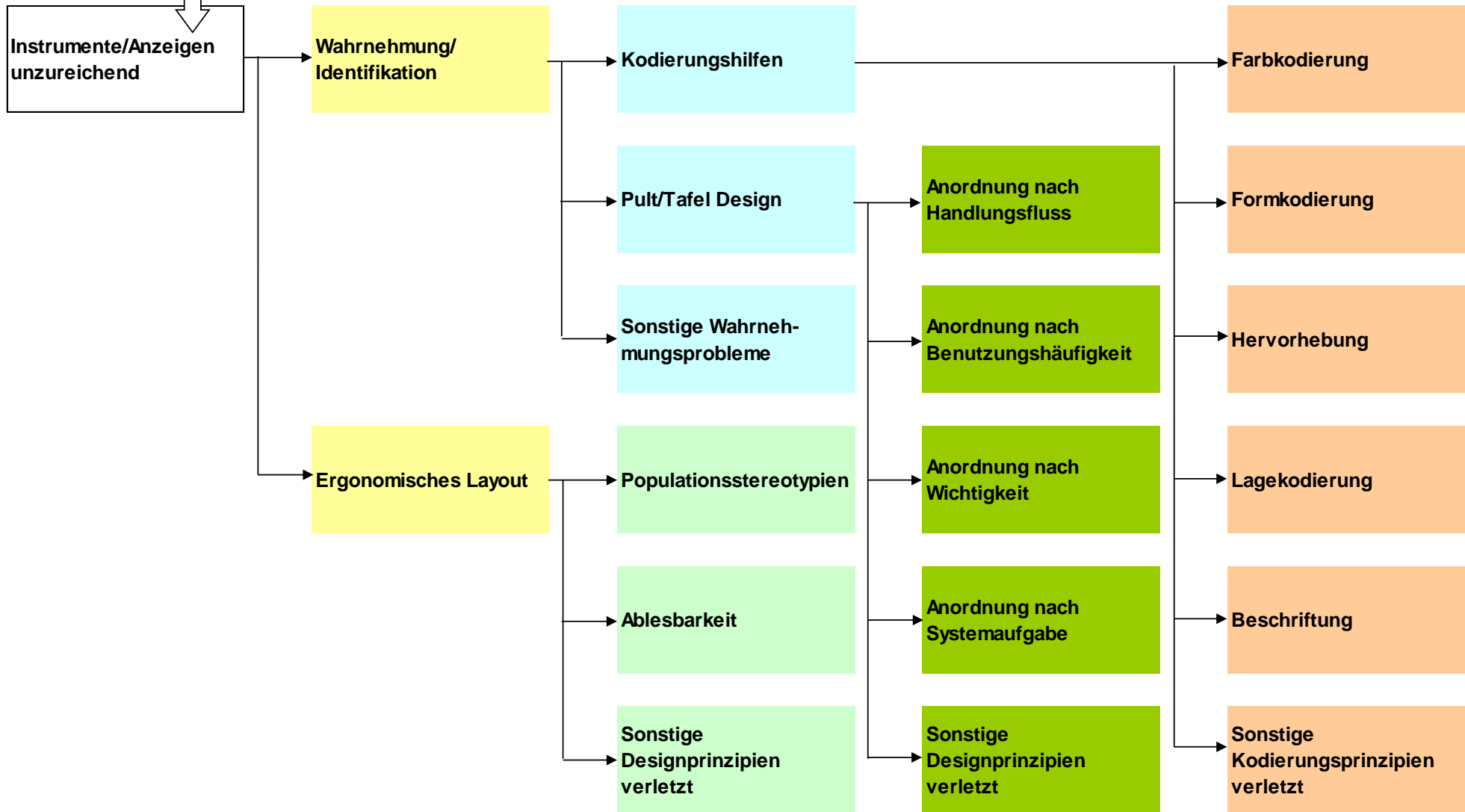
Die folgenden Seiten enthalten die vollständige Zusammenstellung der Faktoren (auch PSF: Performance Shaping Factors), die der Anwender des Verfahrens berücksichtigen soll. Verschiedene Kategorien von Faktoren weisen eine hierarchische Struktur auf, um Informationen unterschiedlichen Abstraktionsgrades erfassen zu können. Aus Gründen der Übersicht umfassen die Darstellungen einiger Kategorien mehrere Seiten, ein Fortsetzungshinweis zeigt, welche Teile des Diagramms zusammengehören.

A-30



PSF Information umzureichend

aus A-30



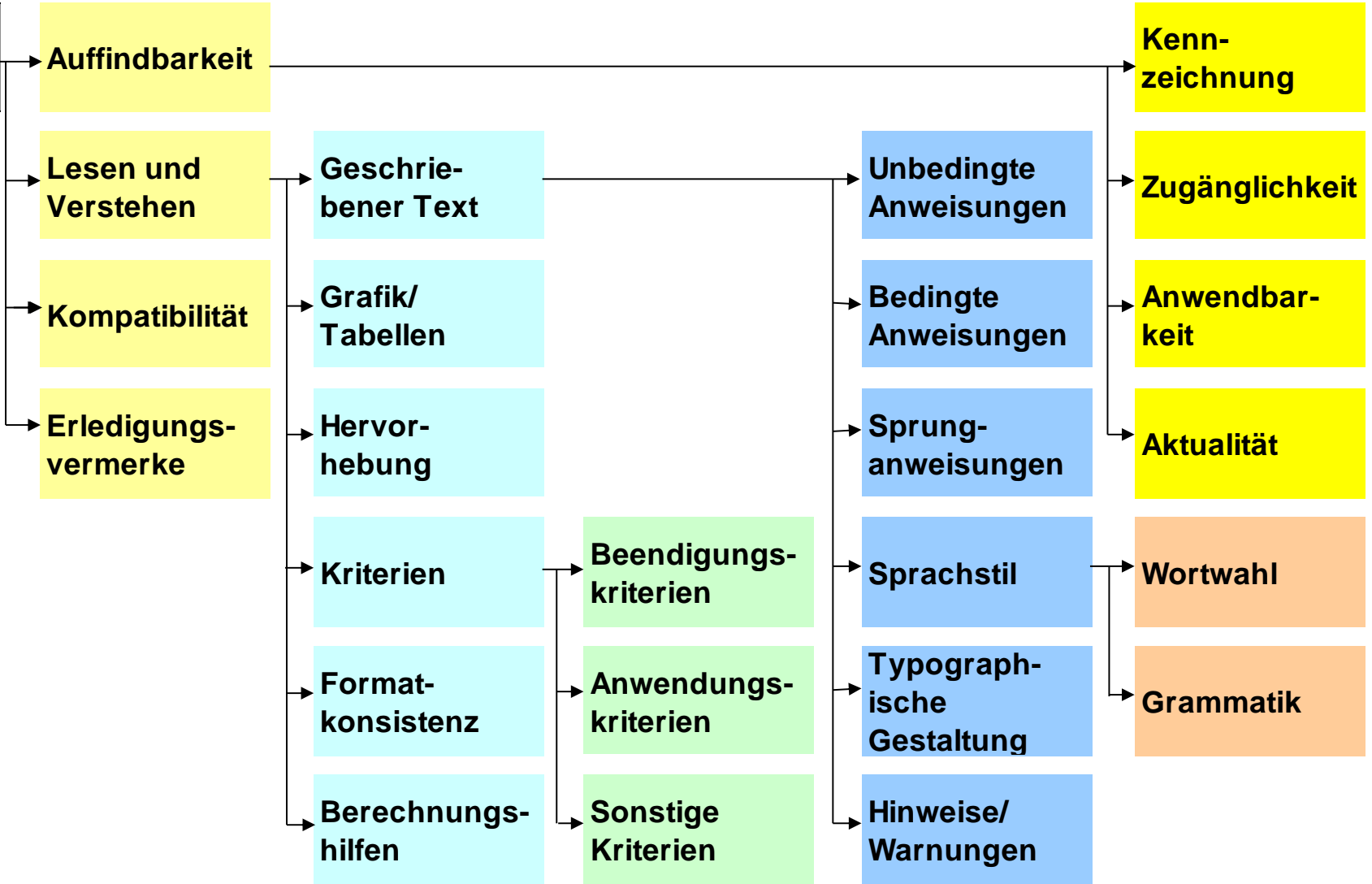
A-31

Instrumente/Anzeigen unzureichend

aus A-30



**Schriftliche
Unterlagen
unzureichend**



A-32

Schriftliche Unterlagen unzureichend

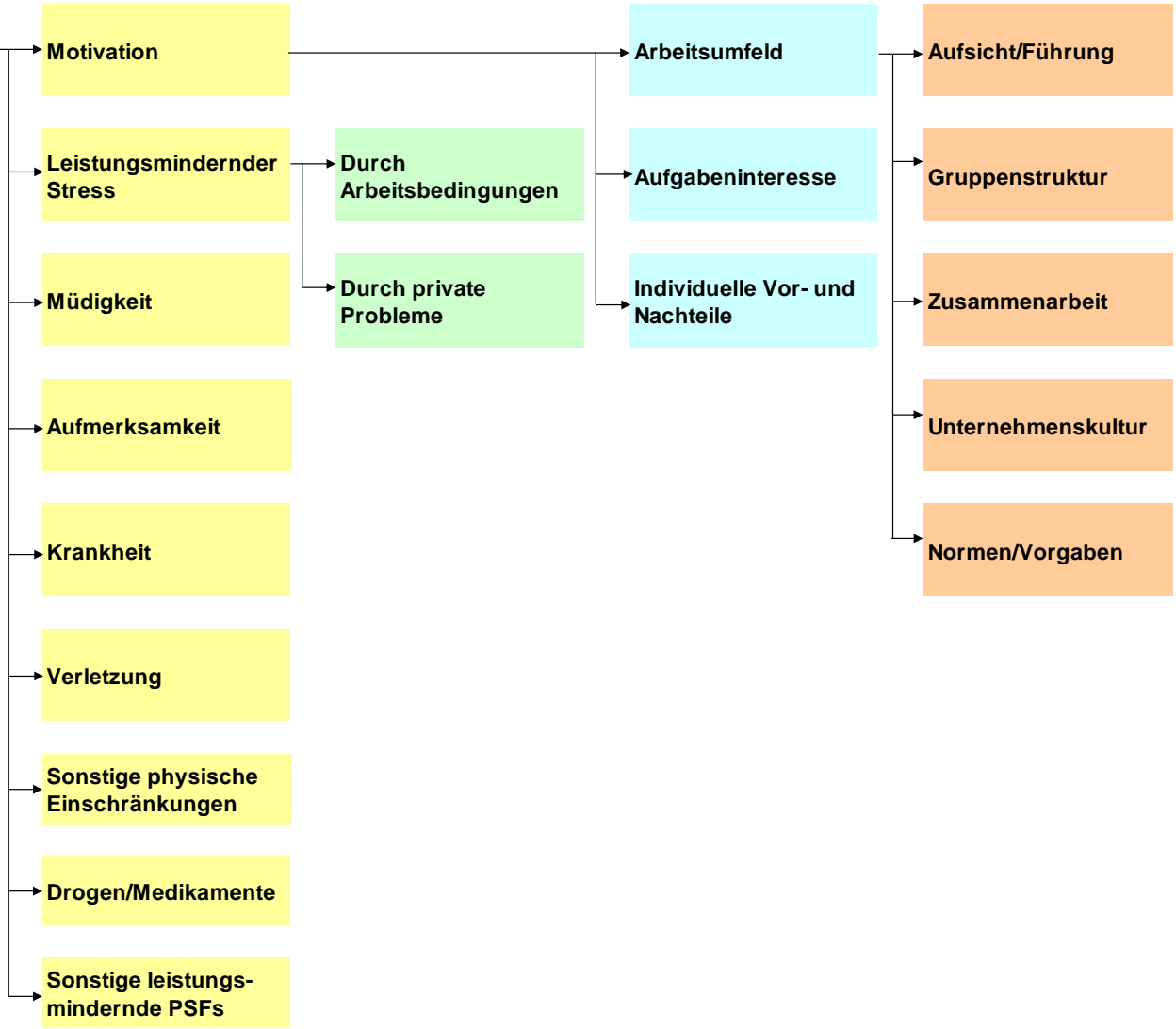


A-33

Personenbezogene PSFs unzureichend

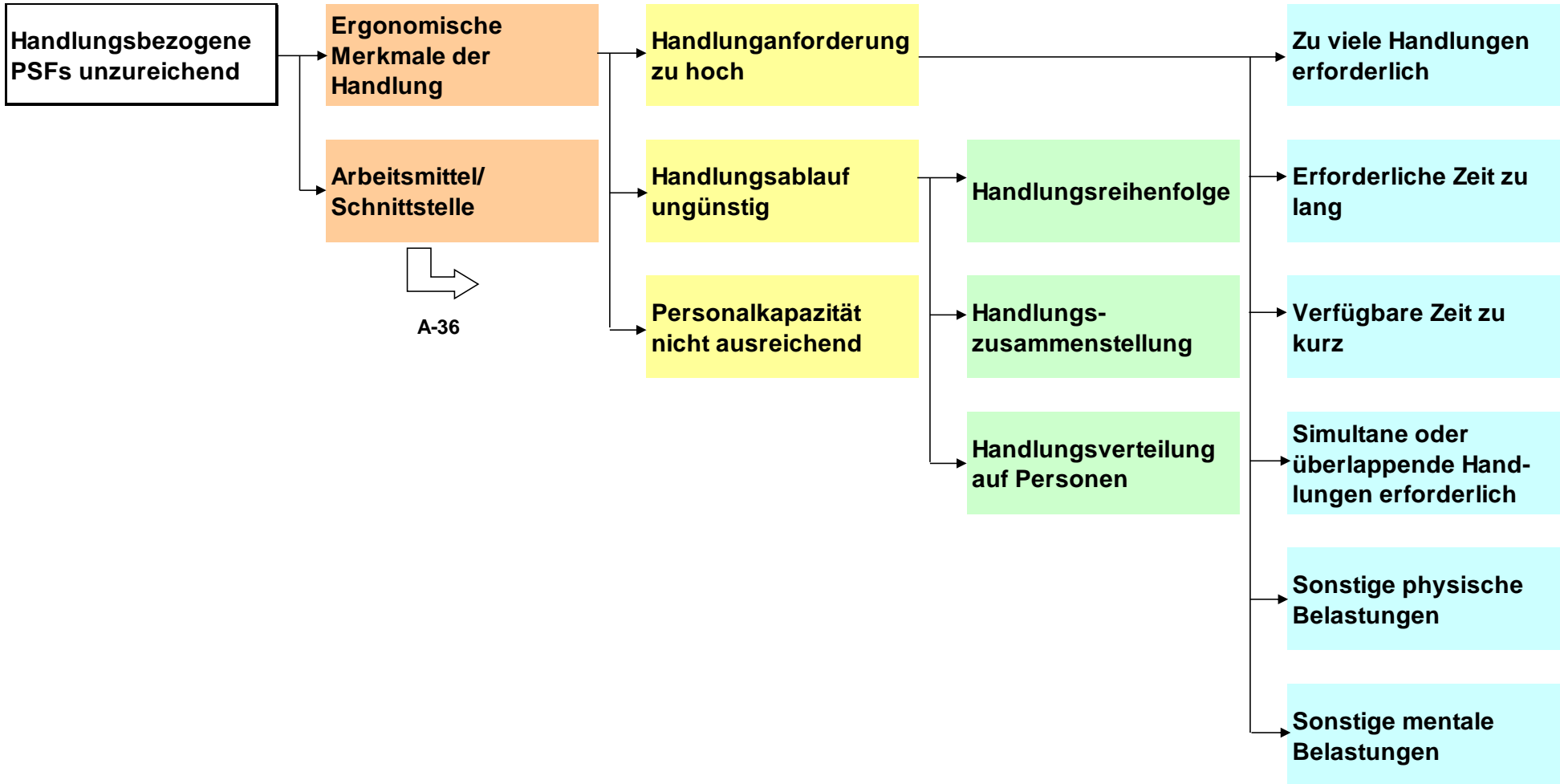
aus A-33

Individuelle
Leistungsfähigkeit
unzureichend



Individuelle Leistungsfähigkeit unzureichend

A-34



A-36

A-35

Handlungsbezogene PSFs unzureichend

aus A-35

**Arbeitsmittel/Schnittstelle (AM)
unzureichend**

Bedienbarkeit

**Nutzung von
Arbeitsmitteln**

**Eignung von
Arbeitsmitteln**

**Ungeeignete AM
ausgewählt**

**Funktion nicht
ausreichend**

**Vorhandene AM nicht
verwendet**

**AM nicht am
Arbeitsplatz**

AM nicht bereitgestellt

**AM nicht
transportabel**

AM nicht auffindbar

**Qualität nicht
ausreichend**

**Populationsstereo-
typen nicht beachtet**

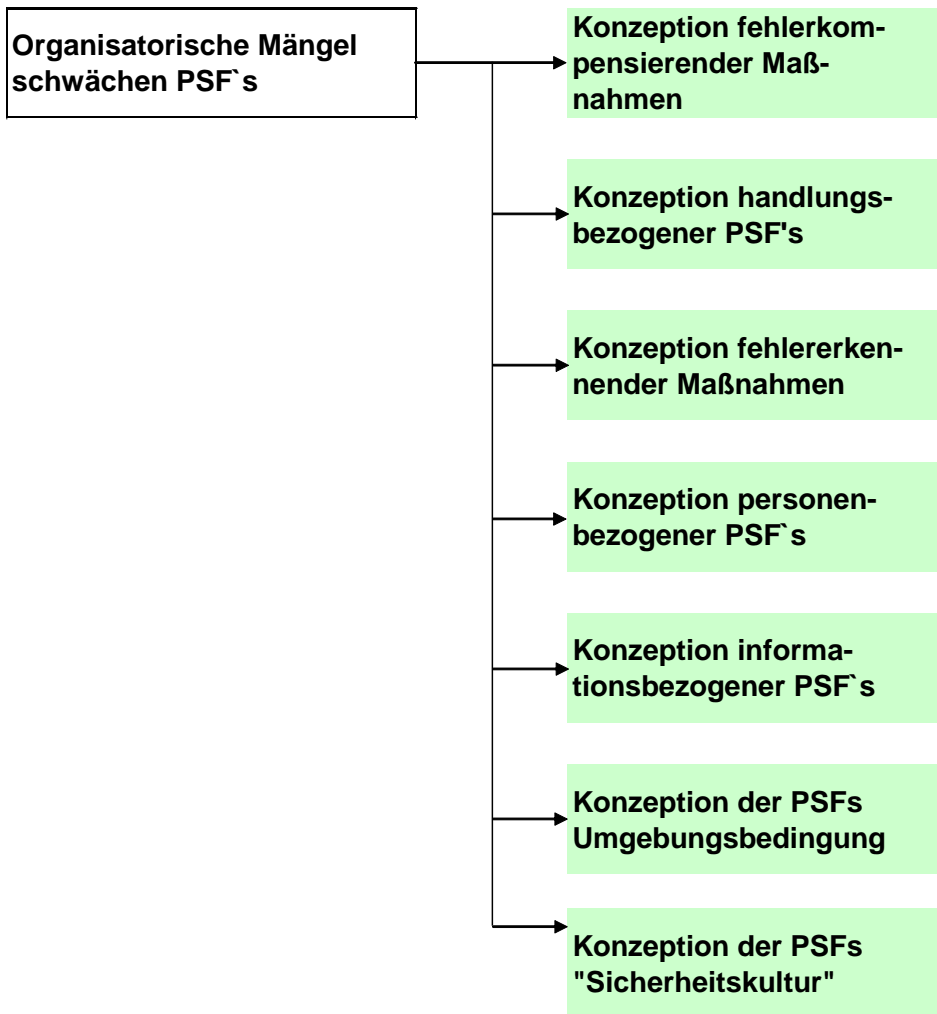
**Kennzeichnung/
Kodierung**

Zugänglichkeit

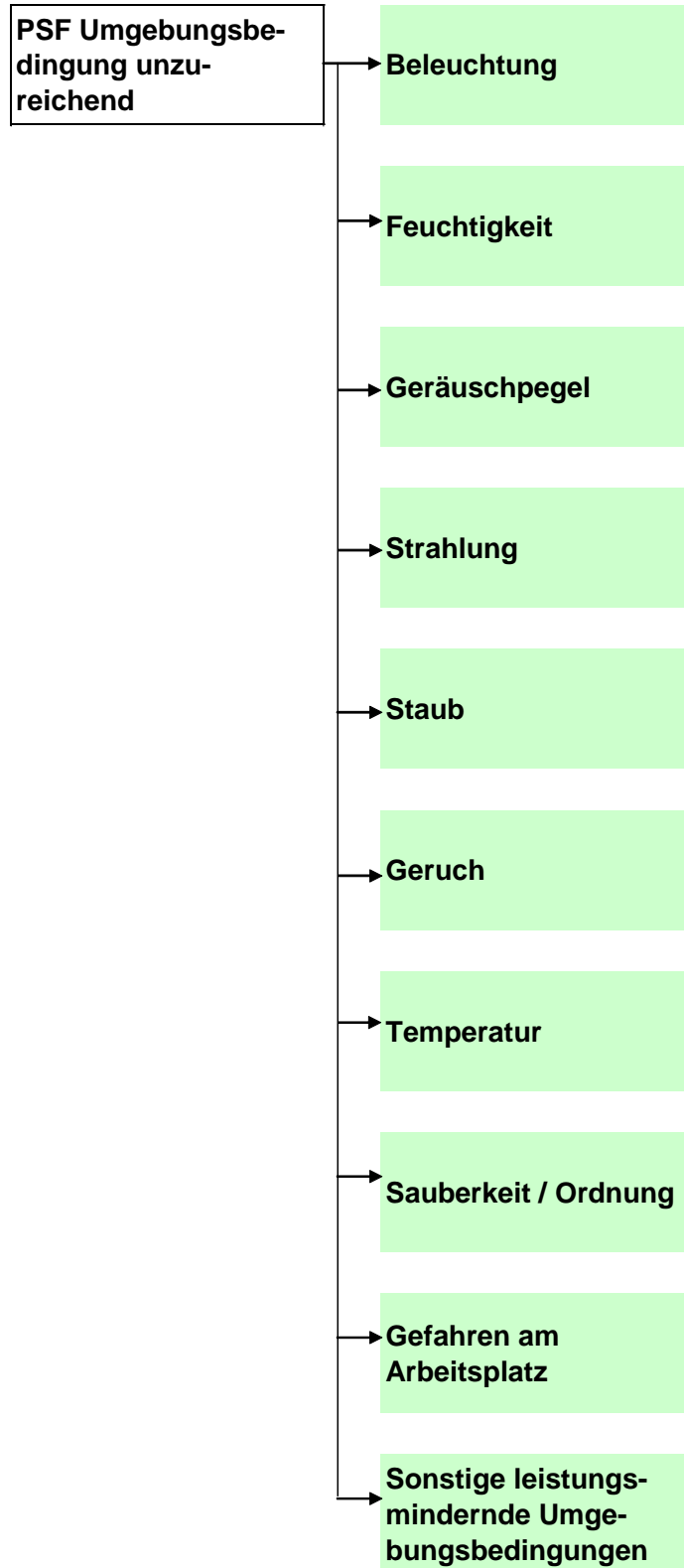
**Sonstige ungünstige
Merkmale**

A-36

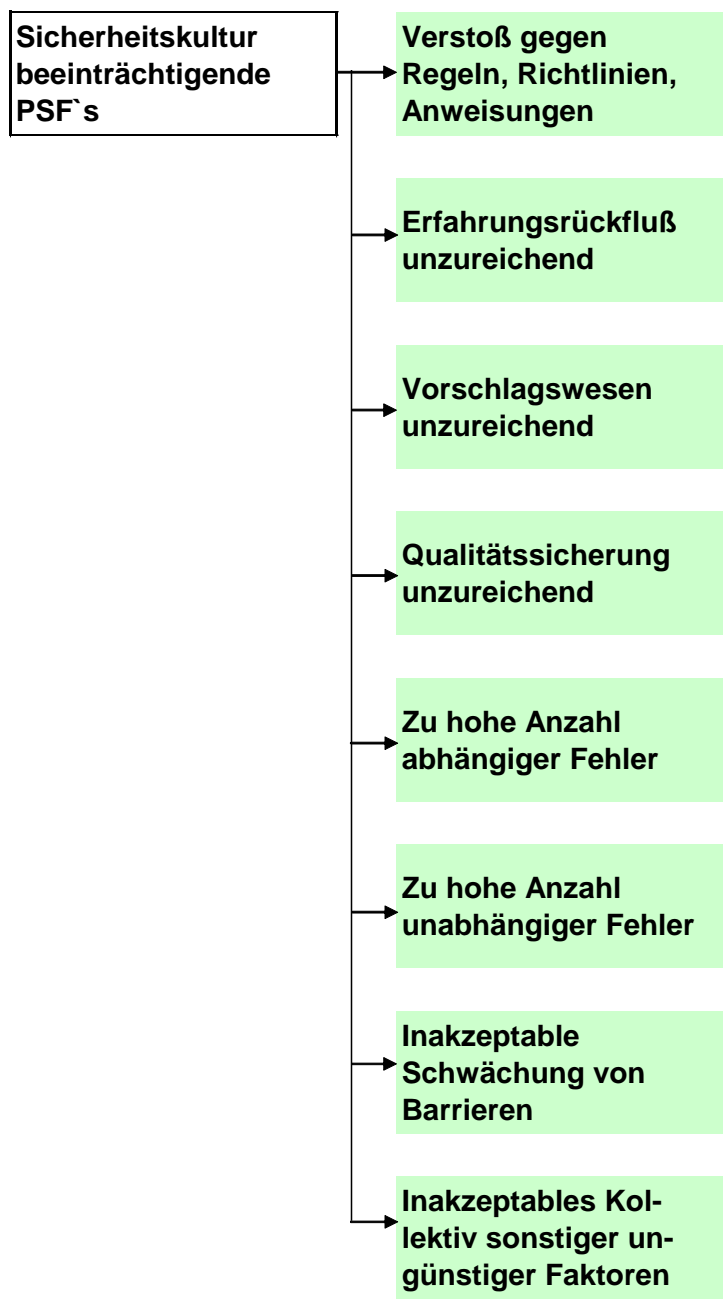
Arbeitsmittel/Schnittstelle (AM) unzureichend



Organisatorische Mängel schwächen PSFs



PSF Umgebungsbedingung unzureichend



Sicherheitskultur beeinträchtigende PSFs

Verteiler

Druckexemplare:

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Referat RS I 3 2 x

Bundesamt für Strahlenschutz

Fachbereich SK (Herr B. Fischer) 1 x

GRS

Bibliothek (hog) 1 x

Autoren (fas, prw, wib) jeweils 2 x

Projektleiter (maq) 1 x

Gesamt 11

PDF-Version:

GRS

Geschäftsführer (wfp, stj)

Bereichsleiter (erv, paa, prg, rot, stc, ver, zir)

Projektcontrolling (hab, pan)

Abteilung 6120 (bec, bro, har, poi)

TECDO (rop)

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

Schwertnergasse 1
50667 Köln
Telefon +49 221 2068-0
Telefax +49 221 2068-888

Forschungszentrum
85748 Garching b. München
Telefon +49 89 32004-0
Telefax +49 89 32004-300

Kurfürstendamm 200
10719 Berlin
Telefon +49 30 88589-0
Telefax +49 30 88589-111

Theodor-Heuss-Straße 4
38122 Braunschweig
Telefon +49 531 8012-0
Telefax +49 531 8012-200

www.grs.de