

**Verbesserung der
Bewertungsbasis für
Aspekte des Sicher-
heitsmanagements und
der Schnittstellen zur
Sicherheitstechnik
sowie für Personal-
handlungen**

AP 2: Vorsorge gegen Fehler bei
sicherheitsrelevanten Prozessen

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

Vorhaben 3606R02562
AP 2: Vorsorge gegen Fehler bei
sicherheitsrelevanten Prozessen

Dr. W. Faßmann
W. Preischl

August 2010

Auftrags-Nr.: 865001

Anmerkung:

Das diesem Bericht zu Grunde liegende FE-Vorhaben 3606R02562 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 vorliegende Bericht stellt ein Verfahren vor, mit dem Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden die Vorkehrungen beurteilen können, mit denen der Betreiber bei Instandhaltungen, Änderungen, Nach- oder Umrüstungen gegen denkbare menschliche Fehler vorsorgt, die Systeme der Sicherheitsebenen 3 beeinträchtigen oder ihr Eingreifen erfordern würden. Die Methode hat zwei Teile. In Teil 1 bestimmt der Anwender, wie bedeutsam eine anstehende Instandhaltung, Änderung, Nach- und Umrüstung für die Sicherheit der Anlage ist. Eine sicherheitsrelevante Aufgabe liegt vor, wenn fehlerhaftes Handeln zur Anforderung oder Beeinträchtigung eines Systems der Sicherheitsebene 3 führt. Beeinträchtigungen können auf Arbeiten an diesen Systemen selbst oder auf unbeabsichtigte Auswirkungen von Arbeiten an anderen Systemen zurückgehen, gegen die das Sicherheitssystem nicht ausreichend abgeschirmt ist. Als Fehlerarten sind Auslassungen, unzulängliche Ausführungen und Nebeneffekte erforderlicher Handlungen an Komponenten sowie Verwechslungen und Zweckentfremdungen von Komponenten zu untersuchen, an denen keine Handlung stattzufinden hat. Teil 2 der Methode dient dazu, bei sicherheitsrelevanten Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen die Vorkehrungen gegen solche Fehler zu beurteilen. Der Anwender hat dazu Art und Abfolge der Handlungen von der Planung bis zur Inbetriebnahme betroffener Systeme, leistungsbestimmende Faktoren der einzelnen Handlungen, Fehlermöglichkeiten und Vorkehrungen gegen die einzelnen Fehler mit den beschriebenen Folgen für Systeme der Sicherheitsebene 3 zu bestimmen. Fehler können Folgefehler nach sich ziehen. Der Anwender unterstellt pessimistisch, dass mögliche Folgefehler stets auftreten und sich solange fortpflanzen, bis eine wirksame Vorkehrung die weitere Fehlerausbreitung unterbindet. Sieht man von diesen Folgefehlern ab, wird für die Untersuchung der Folgen immer nur ein Fehler unterstellt, die Folgen einer Kombination mehrerer unabhängiger Fehler bleiben somit außer Betracht. Zu diesem Teil der Methode gehört ferner eine Liste organisatorischer und ergonomischer Vorkehrungen gegen wesentliche Fehlermöglichkeiten. Anhand der Liste beurteilt der Anwender, durch welche Vorkehrungen er in einem Arbeitsvorhaben sicherheitsrelevanten Fehlern vorbeugen kann.

Der Bericht umfasst ferner Fallstudien zur Erprobung des Verfahrens und zum Aufweis seines Nutzes sowie Vorschläge zur Ergänzung des kerntechnischen Regelwerks.

Die Arbeiten ordnen sich dem Vorhaben „Verbesserung der Bewertungsbasis für Aspekte des Sicherheitsmanagements und der Schnittstellen zur Sicherheitstechnik sowie für Personalhandlungen“ (SR 2562, Arbeitspaket AP2) zu, das die GRS im Auftrag des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) durchgeführt hat.

Abstract

This report presents a method regulatory authorities can use, if they have to evaluate licensees' measures against possible human errors which are likely to occur during maintenance and plant modification tasks and which would either cause automatic actions or damages of systems pertaining to defence in depth-level 3. The method comprises two parts: The first part is used for assessing the safety-relevance of a maintenance or modification task. Such a task is classified as safety-relevant, if a possible human error causes automatic actions or damages of a system pertaining to defence in depth-level 3. Such a system can be damaged, if that system itself has to be maintained or modified, or if it is insufficiently protected against side-effects of any other maintenance or modification activities. Error categories to be investigated are omissions, inadequate execution and side-effects of required human actions as well as commission errors and misuse of components personnel are required not to interact with. With the second part of the method, the user can evaluate licensee's measures for preventing such possible errors. For the entire process from maintenance planning to start-up of systems personnel has to interact with, the user has to identify related actions, performance shaping factors, action sequence, possible errors, and error-prevention measures. Errors can cause subsequent errors. Pessimistically, it is assumed that possible subsequent errors will always occur and that error propagation will continue until this process is stopped by an effective countermeasure. With the exception of such error propagations, analysis of error consequences is restricted to single errors; the method does not require to investigate effects caused by combinations of several independent errors. The method includes a list of suitable organizational and ergonomic measures against possible errors. This list supports the evaluation of the need for precautions against safety-relevant errors.

This report also presents case studies which show the benefit of applying the method and recommendations how to supplement current German rules and regulations.

This work was performed as work-package two of the project entitled "Amelioration of the basis for evaluating safety management aspects, interfaces to computerised information and control systems, and human actions" (SR 2562) which was funded by the Federal Minister of Environment, Nature Protection and Reactor Safety.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Einführung | 3 |
| 2 | Ziel der Arbeiten, Arbeitsprogramm und Aufbau des vorliegenden Berichts | 6 |
| 3 | Einige Begriffsbestimmungen | 10 |
| 3.1 | Instandhaltung | 10 |
| 3.2 | Schnittstelle | 11 |
| 3.3 | Sicherheitsrelevanz von Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen | 12 |
| 3.4 | Organisation und Management..... | 13 |
| 3.5 | Qualitätssicherung und Qualitätsmanagement..... | 17 |
| 3.6 | Fehler | 18 |
| 4 | Überblick über die Methode | 20 |
| 5 | Entwicklung eines Verfahrens, um sicherheitsrelevante Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen zu erfassen und zu klassifizieren | 27 |
| 5.1 | Darstellung des Verfahrens | 27 |
| 5.1.1 | Ziel des Verfahrens..... | 27 |
| 5.1.2 | Anwendungsbereich des Verfahrens | 28 |
| 5.1.3 | Schritte des Verfahrens | 28 |
| 5.2 | Diskussion des Verfahrens | 39 |
| 5.2.1 | Sicherheitsrelevanz anstehender Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen nach dem deutschen kerntechnischen Regelwerk und dem vorgelegten Verfahren | 39 |
| 5.2.2 | Bezug auf andere einschlägige Ansätze | 42 |
| 6 | Verfahren zur Bestimmung denkbarer Fehler, sicherheitstechnischer Folgen denkbarer Fehler und möglicher Vorkehrungen | 43 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 6.1 | Die Darstellung des Verfahrens | 43 |
| 6.1.1 | Anwendungsbereich, Anwendungszeitpunkt und Analysetiefe..... | 43 |
| 6.1.2 | Das Teilverfahren für die Analyse einer Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung..... | 44 |
| 6.1.3 | Bestimmung wirksamer Vorkehrungen | 68 |
| 6.1.4 | Beurteilung der Vorkehrungen eines Betreibers..... | 81 |
| 6.2 | Vergleich der Analyse- und Beurteilungsmethode mit anderen Ansätzen | 81 |
| 7 | Praktische Erprobung der Verfahren | 83 |
| 7.1 | Fall 1 „Fehlverdrahtung im Rahmen einer Umrüstmaßnahme“ | 83 |
| 7.2 | Fall 2 „Fremdkörpereintrag in das System zur Schnellabschaltung des Reaktors bei Prüfarbeiten“ | 84 |
| 7.3 | Fall 3 „Wassereintrag in den Ringraum bei der Vorbereitung von Instandhaltungsarbeiten“ | 85 |
| 7.4 | Fall 4 „Auslösung der Reaktorschnellabschaltung durch Handlungsfehler bei wiederkehrender Prüfung“ | 85 |
| 7.5 | Fall 5 „Fehlauslösung von Reaktorschutzsignalen bei der Prüfung von Entkopplungsdioden“ | 86 |
| 7.6 | Fazit aus den Fallstudien..... | 87 |
| 8 | Vorschläge zur Konkretisierung von Regelwerksanforderungen an die Vorsorge bei sicherheitsrelevanten Instandhaltungen, Nach- und Umrüstungen..... | 88 |
| 9 | Zusammenfassung der Ergebnisse und Ausblick | 90 |
| 10 | Literaturverzeichnis..... | 93 |
| 11 | Abbildungsverzeichnis..... | 95 |

1 Einführung

Die Sicherheit eines Kernkraftwerks hängt wesentlich auch davon ab, die technische Einrichtung der Anlage sowohl instand zu halten, als auch Änderungen, Nach- und Umrüstungen vorzunehmen, die sich durch den technisch-wissenschaftlichen Fortschritt und (oder) geänderte Sicherheitsanforderungen begründen. Sicherheitsrelevante Arbeiten dieser Art sind nach den Anforderungen des bestehenden kerntechnischen Regelwerks qualitätsgesichert zu planen und zu realisieren, um Fehlern mit nachteiligen Folgen für die Sicherheit der Anlagen entgegenzuwirken (/BMU 04/, Abschnitt 3.4.1). Einschlägige Forderungen finden sich darüber hinaus (1) in sehr allgemeiner Form im Modul acht des Projekts SR 2475 zur Neufassung des kerntechnischen Regelwerks und (2) mit speziellem Bezug auf prozessorganisatorische Aspekte im Bericht zum Vorhaben SR 2462 („Managementsysteme in Kernkraftwerken“).

Das vorliegende Projekt hat das Ziel, einen Beitrag zur Konkretisierung einschlägiger Regelwerksanforderungen, der „Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke“ und der SR 2462 zu leisten. Die Arbeiten ordnen sich dem Vorhaben „Verbesserung der Bewertungsbasis für Aspekte des Sicherheitsmanagements und der Schnittstellen zur Sicherheitstechnik sowie für Personalhandlungen“ (SR 2562, Arbeitspaket AP2) zu, das die GRS im Auftrag des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) durchgeführt hat. Um das Ziel der Konkretisierung einschlägiger Anforderungen zu erfüllen, ist laut Aufgabenstellung dieses Projekts ein Vorgehen zu entwickeln und zu erproben, mit dem

- Gefahren im Gefolge denkbarer Fehler bei Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen an sicherheitstechnisch bedeutsamen Teilen der Anlage erkannt und mögliche Abhilfen im Vorfeld der Arbeiten bestimmt werden können.
- Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden prüfen können, inwieweit der Betreiber durch angemessene Vorsorge Fehlern bei sicherheitstechnisch bedeutsamen Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen vorbeugt bzw. negativen Auswirkungen dennoch auftretender Fehler entgegenwirkt.

Diese Arbeiten sind aus folgenden Gründen notwendig:

- Die Betriebserfahrung zeigt, dass bei Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen trotz der Vorkehrungen, die auf den einschlägigen Anforderungen des bestehenden Regelwerks fußen, immer wieder Planungs- und (oder) Durchführungsfehler auftreten, die in manchen Fällen auch redundante Teile des Sicherheitssystems der Anlage betroffen haben. Abhilfen im Gefolge meldepflichtiger Ereignisse konzentrieren sich bislang darauf, einer Wiederholung des gleichen Ereignisses oder vergleichbarer Vorkommnisse vorzubeugen. Vorkehrungen können anlagenspezifisch oder, wenn ein generischer Sachverhalt vorliegt, auch anlagenübergreifend sein. Dieses Vorgehen kommt erst zur Anwendung, nachdem Ereignisse eingetreten sind. Zudem konzentriert sich diese Art der Vorsorge auf die Vermeidung gleicher bzw. ähnlicher Ereignisse. Wirkungsvoller wäre dagegen ein Verfahren, das es vor Beginn der Arbeiten ermöglicht, in systematischer Weise mögliche Auswirkungen auf die Sicherheit zu erkennen und geeignete Vorkehrungen zu treffen, um Beeinträchtigungen der Sicherheit entgegenzuwirken.
- Seit einigen Jahren tragen technische und ökonomische Entwicklungen dazu bei, Arbeitsaufkommen und Sicherheitsanforderungen auf dem Gebiet der Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen zu erhöhen:
 - Zu diesen Entwicklungen gehört der zunehmende Ersatz älterer Komponenten, die zum Teil auch gar nicht mehr produziert werden und (oder) gestiegenen Anforderungen an die Sicherheit und Zuverlässigkeit nicht mehr entsprechen.
 - Ferner begegnen Betreiber dem steigenden Kostendruck auf dem Energiemarkt durch Rationalisierungsschritte zum Beispiel in der Form, (1) bestimmte Arbeiten nicht mehr in Perioden des Anlagenstillstands, sondern in der Leistungsbetriebsphase auszuführen, um die Dauer der Anlagenstillstände zu verkürzen, und (oder) (2) Eigenpersonal abzubauen und auf Leistungen von Fremdpersonal zurückzugreifen, das mit den spezifischen Gegebenheiten der Anlagen möglicherweise weniger gut vertraut ist als Eigenpersonal.

Rationalisierungsschritte dieser wie auch anderer Art können dazu führen, dass anstehende Aufgaben spezielle Vorkehrungen erfordern, damit sich die Aufgabebearbeitung auf möglichst hohem Niveau sicher und zuverlässig gestaltet.

- Der Stand von Wissenschaft und Technik entwickelt sich weiter. Dazu rechnen verschiedene Initiativen ausländischer Aufsichts-, Betreiber und Gutachter, die

Vorsorge bei Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen zu verbessern. Auf diese Initiativen wird im Zuge der Methodenentwicklung des vorliegenden Projektes einzugehen sein.

Die „Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke“ sehen eine grundlegende Anforderung vor, die eine umfassende Vorsorge begründet: Diese vorgesehene Anforderung besagt, dass Einzelfehler technischer oder menschlicher Art auf einer der hierarchisch geordneten Sicherheitsebenen eins bis drei die Wirksamkeit von Maßnahmen und Einrichtungen der nächsten (i. e. darüber liegenden) Ebenen nicht beeinträchtigen (/BMU 09/, Modul 1, 2.1 (6)). Das bedeutet zum Beispiel, dass sich Arbeiten außerhalb des Sicherheitssystems nicht nachteilig auf dessen Systeme und Komponenten auswirken dürfen.

Die Methodenentwicklung des vorliegenden Projekts ist der gleichen Zielvorstellung verpflichtet. Es berücksichtigt den Stand, den die Fortentwicklung des bundesdeutschen kerntechnischen Regelwerks bis zum Ende der Projektlaufzeit am 31.12.2008 erreicht hat.

2 Ziel der Arbeiten, Arbeitsprogramm und Aufbau des vorliegenden Berichts

Ziel der Arbeiten ist es, eine Methode zu entwickeln und zu erproben, mit deren Hilfe

- sich Gefahren im Gefolge denkbarer Fehler bei Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen an sicherheitstechnisch bedeutsamen Teilen der Anlage vorab erkennen und mögliche Abhilfen im Vorfeld der Arbeiten bestimmen lassen.
- Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden prüfen können, inwieweit der Betreiber bei anstehenden Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen durch eine Vorsorge, die der sicherheitstechnischen Bedeutung angemessen ist, menschlichen Fehlern und nachteiligen Auswirkungen aufgetretener menschlicher Fehler entgegenwirkt.

Aus den Arbeitsergebnissen sind Empfehlungen abzuleiten, wie das kerntechnische Regelwerk konkretisiert werden kann.

Das Ziel ist mit den Arbeitsschritten zu erreichen, die das Arbeitspaket AP2 des Projekts SR 2562 vorsieht:

- AP2.1: Entwicklung eines Verfahrens, um sicherheitsrelevante Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen zu erfassen und zu klassifizieren.
- AP2.2: Entwicklung eines Verfahrens, um denkbare Fehler, sicherheitstechnische Folgen denkbarer Fehler und mögliche Vorkehrungen gegen Fehler bzw. Fehlerfolgen bei diesen Arbeiten zu ermitteln.
- AP2.3: Praktische Erprobung der beiden Verfahren.
- AP2.4: Erarbeitung von Vorschlägen, um Regelwerksanforderungen an die Vorsorge bei sicherheitsrelevanten Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen zu konkretisieren.

Die angestrebte Methode umfasst somit zwei Teile, die im vorliegenden Bericht als „Verfahren zur Erfassung sicherheitsrelevanter Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen“ bzw. „Verfahren zur Bestimmung denkbarer Fehler, sicherheitstechnischer Folgen und möglicher Vorkehrungen“ bezeichnet werden.

Im Einzelnen stehen zu den vier Arbeitspaketen folgende Tätigkeiten an:

- **Zu AP2.1: Entwicklung eines Verfahrens, um sicherheitsrelevante Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen zu erfassen und zu klassifizieren.**

Diese Aufgabe begründet sich dadurch, dass die Anwendung des Verfahrens aus Arbeitspunkt AP2.2 aufwendig sein kann. Daher sollen Kriterien bereitstehen, um begründet entscheiden zu können, bei welchen Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen dieses Verfahren anzuwenden ist und wann auf den Einsatz verzichtet werden kann, aber selbstverständlich nicht verzichtet werden muss.

Das Erfassungs- und Klassifizierungsverfahren bezieht den Vorgaben zu Arbeitspaket AP2.1 entsprechend bestehende Konzepte aus In- und Ausland zur sicherheitstechnischen Einordnung von Tätigkeiten und Anlagenteilen ein. Es berücksichtigt Besonderheiten, die sich aus unterschiedlichen Anlagenbetriebszuständen ergeben können. Ferner bezieht es Instandhaltungen, Änderungen, Um- und Nachrüstungen ein, die zwar nicht an sicherheitstechnischen Einrichtungen stattfinden, sich über Schnittstellen aber auf Sicherheitssysteme auswirken können.

- **Zu AP2.2: Entwicklung eines Verfahrens, um denkbare Fehler, sicherheitstechnische Folgen denkbarer Fehler und mögliche Vorkehrungen gegen denkbare Fehler bzw. deren Folgen zu bestimmen.**

Arbeitspunkt AP2.2 hat als Ergebnis ein Analyseverfahren bereitzustellen, das die nachfolgenden Anforderungen an den Gegenstandsbereich und an die hauptsächlichen Schritte des Verfahrens erfüllt:

- Gegenstandsbereich des Analyseverfahrens sind die sicherheitsrelevanten Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen, die mit der Methode aus Arbeitspunkt AP2.1 bestimmt worden sind. Analysegegenstände sind:
 1. Der gesamte Prozess, der bei den Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen zu durchlaufen ist, die in den Anwendungsbereich des Analyseverfahrens fallen. Dieser Prozess gliedert sich in die beiden großen Phasen (a) der Planung des Arbeitsvorhabens und (b) der Ausführung anstehender Arbeiten an technischen und (oder) baulichen Einrichtungen.

2. Sowohl Führungsaufgaben, die mit der Planung und Ausführung der zugehörigen Arbeitsvorhaben einhergehen, als auch Tätigkeiten, die in allen Phasen dieses Arbeitsvorhabens nach Weisung zu vollziehen sind.
 3. Alle Tätigkeiten von Eigen- und Fremdpersonal auf dem Kraftwerksgelände, die zu den betrachteten Arbeitsvorhaben gehören und die Sicherheit der Anlage berühren. Tätigkeiten außerhalb des Kraftwerksgeländes fallen nicht in den Anwendungsbereich des Verfahrens. Es berücksichtigt jedoch anlageninterne Kontrollen, ob benötigte kraftwerksexterne Leistungen die sicherheitstechnisch erforderliche Qualität haben. Als kraftwerksextern gelten auch Teile des Betreiberunternehmens, die organisatorisch nicht zur Anlage gehören, für diese aber sicherheitsrelevante Aufgaben oder Teilaufgaben planen und (oder) ausführen.
- Das Verfahren umfasst folgende Schritte:
1. Der gesamte Prozess wird in Aufgaben und diese wiederum in Handlungen zerlegt. „Aktion“ oder „Aktivität“ dienen als synonyme Bezeichnungen für „Handlungen“.
 2. Für Handlungen auf dem Kraftwerksgelände findet eine Analyse statt, (a) welche Fehler zu unterstellen sind, (b) worauf sie zurückgehen, (c) wie sie sich auf die Sicherheit der Anlage auswirken und (d) welche Möglichkeiten der Fehlererkennung und Fehlerkorrektur bestehen. Die Analyse berücksichtigt auch Folgen fehlerhafter Arbeiten, die sich über Schnittstellen in sicherheitsrelevante Einrichtungen fortpflanzen können, deren Zustand durch die betrachteten Instandhaltungen, Änderungen, Nach- oder Umrüstungen nicht zu verändern ist.
 3. Das Verfahren sieht ferner vor, die Wirksamkeit möglicher Vorkehrungen zur Verhinderung unterstellter Fehler, zur Verminderung ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit und zur Begrenzung ihrer Auswirkungen zu beurteilen.

Die Entwicklungsarbeiten greifen nutzbare Erkenntnisse aus einschlägigen Aktivitäten anderer Länder auf.

- **Zu AP2.3: Praktische Erprobung der Verfahren.**

Die Verfahren aus AP2.1 und AP2.2 werden einer praktischen Erprobung an Beispielen aus der Betriebserfahrung deutscher Kernkraftwerke unterzogen.

- Zu zeigen ist, inwieweit die Anwendung der Verfahren die Erkennung der Fehler und der Vorbeuge gegen ihr Auftreten erlaubt hätte.
- Ergeben sich aus den beispielhaften Anwendungen Erkenntnisse, wie sich die Praktikabilität der Verfahren weiter erhöhen lässt, sind diese Einsichten in die Verfahren einzuarbeiten.

- **Zu AP2.4: Erarbeitung von Vorschlägen, um Regelwerksanforderungen an die Vorsorge bei sicherheitsrelevanten Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen zu konkretisieren.**

Die Ergebnisse der Arbeitspunkte AP2.1 bis AP2.3 dienen dazu, Vorschläge zu formulieren, wie die bestehenden Anforderungen des kerntechnischen Regelwerkes an Vorkehrungen gegen Fehler und deren sicherheitsrelevanten Folgen bei sicherheitsrelevanten Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen konkretisiert werden können.

Der vorliegende Bericht gliedert sich im Weiteren wie folgt:

- Kapitel 3 enthält nähere Bestimmungen derjenigen Begriffe, die für die weiteren Arbeiten wichtig sind.
- Kapitel 4 gibt einen Überblick über das gesamte Verfahren.
- Kapitel 5 und 6 dokumentieren das Verfahren zur Erfassung und Klassifikation von Arbeitsvorhaben sowie das Verfahren zur Detailuntersuchung sicherheitsrelevanter Arbeitsvorhaben.
- Die Ergebnisse einer praktischen Erprobung an Hand von Ereignissen aus der deutschen Betriebserfahrung werden in Kapitel 7 vorgestellt.
- Kapitel 8 und 9 unterbreiten Vorschläge zur Konkretisierung einschlägiger Regelwerksanforderungen und fassen die Ergebnisse dieses Vorhabens zusammen.

3 Einige Begriffsbestimmungen

Das vorliegende Kapitel führt Begriffe ein, die für die weiteren Arbeiten benötigt werden. Zu erläutern sind:

- Instandhaltung,
- Schnittstelle,
- Sicherheitsrelevanz,
- Organisation und Management,
- Qualitätssicherung und Qualitätsmanagement sowie
- Fehler.

Diese Zusammenstellung geht wesentlich darauf zurück, dass der Begriff der Instandhaltung sowie die angestrebten Verfahren laut Arbeitspunkt AP2.1 und AP 2.2 die Kenntnis anderer Begriffe voraussetzen, die folglich ebenfalls explizit einzuführen sind. Die Reihenfolge der Darstellung ergibt sich aus den Zusammenhängen zwischen den einzelnen Begriffen. Erläuterungen zu den Begriffsbestimmungen stellen konkrete Bezüge zum Arbeitsprogramm des vorliegenden Projekts bzw. zu anderen Begriffen her.

3.1 Instandhaltung

Begriffsbestimmungen

Nach DIN 31051 umfasst die Instandhaltung alle Schritte auf dem Gebiet der Technik, der Administration und des Managements, die dem Ziel dienen, den funktionsfähigen Zustand einer „Betrachtungseinheit“ während ihres gesamten Lebenszyklus' zu erhalten oder, im Fall von Beeinträchtigungen, den funktionsfähigen Zustand wiederherzustellen. Betrachtungseinheiten im Sinne der DIN 31051 sind alle Geräte, Betriebsmittel, Systeme, Teilsysteme, Funktionseinheiten, Bauelemente und Teile, die für sich betrachtet werden können. Zur Instandhaltung gehören die

- **Inspektion**, um (1) den Ist-Zustand einer Betrachtungseinheit festzustellen und (2) zu beurteilen, (3) Ursachen möglicher unerwünschter Zustandsänderungen zu bestimmen sowie (4) notwendige Konsequenzen für die zukünftige Nutzung abzuleiten.

- Wartung, um Beeinträchtigungen des funktionsfähigen Zustands hinauszuzögern.
- Verbesserung, um die Funktionssicherheit zu erhöhen, ohne die geforderte Funktion der Betrachtungseinheit zu ändern.
- Instandsetzung, um einen funktionsfähigen Zustand der Betrachtungseinheit wiederherzustellen, ohne diese zu verbessern.

Kommentare

„Administration“ steht für „Organisation“, wie man aus dem weiteren Text der Norm DIN 31051 ersieht.

Nach der obigen Begriffsbestimmung lassen Verbesserungen die geforderte Funktion einer Betrachtungseinheit unverändert. Diese Festlegung grenzt somit technische und (oder) bauliche Änderungen aus, die

- bislang nicht realisierte Funktionen implementieren.
- mit Eingriffen in bauliche und (oder) technische Einrichtungen einhergehen, ohne einer der obigen Kategorien von Instandhaltungsarbeiten anzugehören oder zum Betrieb der Anlage zu zählen. Ein Beispiel für solche Änderungsarbeiten bildet die Verlegung technischer Einrichtungen an einen neuen Ort in der Anlage ohne die Einrichtung selbst zu verändern.

Der vorliegende Bericht nutzt die Bezeichnungen „Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen“, um auch diese Fälle ausdrücklich in den Anwendungsbereich der Methoden einzubeziehen, deren Entwicklung die Arbeitspunkte AP2.1 und AP2.2 vorsieht.

3.2 Schnittstelle

Laut Arbeitsprogramm (AP2.1) berücksichtigt das vorliegende Projekt auch Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen, die sich über „Schnittstellen“ nachteilig auf sicherheitstechnische Einrichtungen und damit auf die Sicherheit auswirken können.

Begriffsbestimmung

An einer betrachteten Einrichtung ist jeder Bestandteil eine Schnittstelle, der es ermöglicht, dieser Einrichtung aus ihrer Umgebung oder aus anderen Einrichtungen Dinge, Substanzen und (oder) Energien zuzuführen, die den Zustand der in Rede stehenden Einrichtung in erwünschter oder unerwünschter Weise verändern können.

Kommentar

Substanzen können fester, flüssiger oder gasförmiger Art sein, bei den Energien kann es sich um mechanische, thermische, magnetische oder elektrische Energie handeln.

Die Weite des Begriffs der Schnittstelle sei an den Lüftungsschlitzen eines Gerätes illustriert, über die das Gerät nicht nur wie geplant Wärme abgeben kann, sondern über die auch Dinge und (oder) Substanzen eindringen und die Funktion des Gerätes beeinträchtigen können, wenn in der Nachbarschaft zum Beispiel Bau- oder Reinigungsarbeiten stattfinden und das Gerät gegen den Eintrag schädigender Substanzen wie etwa Staub, Mörtel, Farbe, Späne und so weiter nicht ausreichend abgeschirmt ist.

Die Übermittlung von Information bedarf der Übertragung von Energie und ist deshalb in der obigen Definition enthalten.

3.3 Sicherheitsrelevanz von Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen

Über Schnittstellen können sich Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen außerhalb sicherheitstechnischer Einrichtungen auf letztere auswirken. Die Begriffsbestimmung trägt dieser Möglichkeit Rechnung.

Begriffsbestimmung

Sicherheitsrelevant sind alle Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen, die

- entweder sicherheitstechnisch bedeutsame Funktionen technischer Einrichtungen zum Gegenstand haben
- oder betriebliche Funktionen betreffen, sofern sich Arbeiten an den zugehörigen technischen Einrichtungen über Schnittstellen auch auf sicherheitstechnisch wich-

tige Einrichtungen auswirken können (siehe Kapitel 2, Aufgabenstellung zu AP 2.1).

Kommentar

Kapitel 4 stellt die Konkretisierung dieser beiden Aspekte im Rahmen dieses Verfahrens vor.

3.4 Organisation und Management

Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen schließen nach DIN 31051 auch Schritte auf den Gebieten der Organisation und des Managements ein. Der Begriff der Organisation bedarf der Klärung, weil er bereits im fachsprachlichen Bereich verschiedene Bedeutungen besitzt (/SCH 04/, Spalte 966 ff.). Diesen Begriffen ist gemeinsam, dass sie die „geregelte Erfüllung anstehender Aufgaben in der Unternehmung“ als ein wesentliches Merkmal der Organisation betrachten. Der sogenannte „instrumentelle“ Organisationsbegriff führt die organisatorischen Sachverhalte systematisch nur auf dieses eine Merkmal zurück. Das vorliegende Projekt geht von diesem Ansatz aus, weil seine einfache begriffliche Grundlage und seine einheitlichen, übersichtlichen und umfassenden Darstellung der organisatorischen Sachverhalte den Vorteil bieten, den Beitrag der Organisation zu Sicherheit und Zuverlässigkeit der Aufgabenerfüllung in einfacher Weise darzustellen. Als Grundlage dienen die beiden Begriffe der Aufgabe und der Regel, die daher als erste einzuführen sind. Dieser Rahmen dient auch dazu, den Begriff des Managements zu klären, der ebenfalls für verschiedene Inhalte stehen kann (/WÖH /, S. 106ff).

Begriffsbestimmungen

Eine **Aufgabe** ist als Auftrag, Vorgabe oder Zielsetzung zu verstehen, einen Ist-Zustand in einen Sollzustand zu überführen bzw. den Ist-Zustand zu erhalten, wenn er dem Sollzustand entspricht.

Eine **Regel** besteht aus einer Festlegung, welche Eigenschaften eine „Betrachtungseinheit“ aufzuweisen und (oder) welche Aufgabe(n) sie zu erfüllen hat. Die Betrachtungseinheit kann auch ein Mensch sein.

Die **Organisation** ist nach der instrumentellen Sichtweise nicht wie im landläufigen Sprachgebrauch das Unternehmen oder der Betrieb selbst, sondern das System der Regeln, mit der eine Unternehmung unter Beachtung der weiter unten aufgeführten Restriktionen bestimmt,

- welche Aufgaben, die im Unternehmen zur Erfüllung der Unternehmensziele anstehen, zu Aufgabebündeln zusammenzulegen und in die Zuständigkeit jeweils einer Arbeitsstelle (in der Fachliteratur kurz als „Stelle“ bezeichnet) zu überantworten sind. Stellen bilden die kleinsten Einheiten im organisatorischen Aufbau des Unternehmens, die mit jeweils genau einer qualifizierten Person zu besetzen sind.
- welche Stellen sukzessive zu immer größeren Organisationseinheiten unter jeweils einer Leitungsstelle zusammenzufassen sind, bis alle Stellen und Stellenzusammenfassungen im Unternehmen Teile einer einzigen Gesamtstruktur bilden.
- welche hierarchischen und nicht-hierarchischen Beziehungen zwischen Stellen bzw. Organisationseinheiten vorzusehen sind, um die Kommunikation, die Kooperation und damit die arbeitsteilige Erfüllung von Aufgaben zu unterstützen.
- mit welchen Handlungen diese Aufgaben zu erfüllen sind.
- welche Anreize für regelkonformes Verhalten einzusetzen sind.
- welche Sachausstattung an Baulichkeiten, Technik und sonstigen Mitteln einzusetzen ist.
- wie diese Infrastruktur nach ergonomischen Gesichtspunkten zu gestalten ist (/SCH 04, Spalte 46ff. und 966ff.).

Man bezeichnet die Regelungen, welche Stellen bzw. Organisationseinheiten für welche Aufgaben zuständig sind, zusammenfassend auch als **Aufbauorganisation**. Zur **Ablauforganisation** zählen dagegen die Regelungen, mit welchen Arbeitsprozessen und Sachausstattungen die Aufgaben zu erfüllen sind.

Organisatorische Regelungen unterliegen Restriktionen, die ihren Inhalt bestimmen oder zumindest mitbestimmen:

- Die Organisationswissenschaft formuliert die Anforderung, dass organisatorische Regelungen allgemeinmenschliche und berufstypische Leistungsvoraussetzungen vorgesehener Stelleninhaber zu respektieren haben (/KOS 75/, zum Beispiel S. 90, S. 187, /WIE 90/, S. 69). Das hat folgenden Grund: Organisatorische Regelungen

legen fest, wie Aufgaben im Unternehmen mit der vorgesehenen Sachausstattung zu erfüllen sind. Die Regelungen definieren somit Handlungsanforderungen. Besteht ein ausgewogenes Verhältnis zwischen den Leistungsvoraussetzungen auf Seiten des Menschen und den Anforderungen an den Menschen, darf man nach fachwissenschaftlichen Erkenntnissen mit einer günstigen oder sogar optimalen Beanspruchung desjenigen rechnen, der diese Anforderungen zu bewältigen hat. Günstige (ungünstige) Beanspruchungen wirken sich ihrerseits positiv (negativ) auf die Zuverlässigkeit der Aufgabenerfüllung aus. Die Organisationswissenschaft gibt daher als Richtschnur vor, organisatorische Regelungen so festzulegen, dass ein ausgewogenes Verhältnis zwischen den resultierenden Anforderungen und den Leistungsvoraussetzungen auf Seiten der vorgesehenen Stelleninhaber besteht.

- Der sichere (und wirtschaftliche) Betrieb eines Kernkraftwerkes erfordert eine komplexe Technologie. Sie bedingt eine bestimmte Arbeitsteilung zwischen Mensch und Technik, aus der sich Konsequenzen für die Kopfzahl, die Qualifikation und die Zusammenarbeit der Personen auf der Anlage ergeben. Die Organisation muss diesen Anforderungen Rechnung tragen.
- Organisatorische Festlegungen müssen schließlich die gesetzlichen und untergesetzlichen Regelungen umsetzen, die für Kernkraftwerke einschlägig sind.

Für Kernkraftwerke gilt insbesondere die Anforderung, dass das Ziel der Sicherheit Vorrang vor allen anderen Unternehmenszielen genießt (/BMU 04/, 3.2.3). Dies trifft speziell auch auf das Instandhaltungswesen zu, da die zugehörigen Aufgaben dazu dienen, den funktionsfähigen Zustand sicherheitsrelevanter Betrachtungseinheiten während ihrer gesamten Lebenszyklen zu erhalten oder, im Fall von Beeinträchtigungen, den funktionsfähigen Zustand wiederherzustellen.

Zur klaren Abgrenzung nutzt der vorliegende Bericht die Begriffe des **Regelsystems** oder des **Reglements** als Synonym für die Organisation einer Unternehmung und den Begriff des **Regelwerks**, um Anforderungen der Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden und weiterer Vorgaben vergleichbarer Verbindlichkeit zu bezeichnen. Elemente des Regelsystems heißen im Folgenden „Regeln“ oder „Regelungen“, Inhalte des Regelwerks dagegen „Regelwerksanforderungen“.

Der Gegenbegriff zur Organisation ist die Disposition. Das organisatorische Regelsystem eröffnet dem Personal Dispositionsmöglichkeiten, wenn es ihm die Aufgabe zuweist, im Rahmen organisatorischer Regeln nach eigenem Ermessen zu entscheiden,

wie es anstehende Arbeiten unter sich verteilt, wie es sie erfüllt und welche Teile der Sachausstattung es dabei wie nutzt. Die Organisation bestimmt und legitimiert auf diese Weise Ermessens- und Handlungsspielräume des Personals.

Organisation und Disposition hängen eng zusammen: Ein Regelsystem geht immer insoweit mit Entscheidungsspielräumen einher, als sich mehr oder minder viele Arbeiten nicht oder nicht in allen Einzelheiten absehen lassen. Diese Unvorhersehbarkeit verunmöglicht zwar genaue Regelungen, wie solche Situationen im Detail zu bewältigen sind, lässt sich organisatorisch aber dennoch durch einen Rahmen aus Regelungen mit Dispositionsmöglichkeiten berücksichtigen. Der Organisator kann darüber hinaus weitere Dispositionsmöglichkeiten einräumen und dadurch auf Regelungen verzichten, die er für entbehrlich hält. Regelungsverzichte lassen sich zum Beispiel damit begründen, dass die Handelnden auswendig wissen, was sie im Einzelnen zu tun haben.

Management dient als Sammelbezeichnung für die Aufgaben, befugt und verbindlich

- Ziele auf allen Detaillierungs- und Hierarchieebenen zu setzen.
- Wege zur Zielerreichung zu planen.
- Entscheidungen zwischen eventuell vorhandenen, alternativen Zielen und Wegen zu treffen.
- Ergebnisse der Zielfindung, Planung bzw. Entscheidung durch die Schaffung organisatorischer Regeln als Sollvorgaben für das Handeln und die Ausgestaltung der Infrastruktur festzuschreiben.
- Anweisungen zu erteilen, um diese Regeln in die Tat umzusetzen. Dazu gehören Entscheidungen im Rahmen der Spielräume, die ein Regelsystem lässt.
- Prozesse und Aktivitäten im Unternehmen (1) zu überwachen, (2) zu beurteilen, inwieweit sie zum angestrebten Ziel führen, und (3) aktiv zu werden, um erforderliche Korrekturen und Verbesserungen zu bewirken.

Gegenstand des Sicherheitsmanagements ist das Ziel der Sicherheit und die aufgezählten Managementaufgaben, soweit sie der Realisierung dieses Ziels dienen.

Kommentare

Organisationsprozesse können selbst Gegenstand organisatorischer Regelung sein. Ein Beispiel bildet die „Richtlinie für das Verfahren zur Vorbereitung und Durchführung von Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten in Kernkraftwerken“ /BMI 78/. Sie bildet die Grundlage für die Instandhaltungsordnungen deutscher Kernkraftwerke, die regeln, wie anstehende Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen vorzubereiten und auszuführen sind. Eine detaillierte Darstellung kann an dieser Stelle unterbleiben, weil die Richtlinie in Kapitel 6 ausführlich dargestellt wird.

3.5 Qualitätssicherung und Qualitätsmanagement

Qualitätssicherung und Qualitätsmanagement bilden einen wesentlichen Teil der Vorsorge gegen Fehler. Es ist daher zu klären, was unter diesen Begriffen zu verstehen ist.

Begriffsbestimmungen

Unter der **Qualitätssicherung** versteht man im kerntechnischen Regelwerk „die Gesamtheit aller technischen und organisatorischen Maßnahmen zur Sicherung der Qualität“ (Abschnitt zwei, Punkt (21), KTA 1401 „Allgemeine Forderungen an die Qualitätssicherung“, Fassung 1996, inhaltlich überprüft und unverändert weiterhin gültig: 6/01). Als „**Qualität**“ bezeichnet das Regelwerk die Eigenschaft eines materiellen oder immateriellen Betrachtungsgegenstandes, bestimmte Qualitätsforderungen zu erfüllen (a. a. O., Punkt) (17)) und damit in einer bestimmten, vorgegebenen Weise beschaffen zu sein. Betrachtungsgegenstände sind (1) Prozesse und (2) Tätigkeiten, (3) deren Ergebnisse sowie (4) Produkte, die in die Fertigung von Bauteilen und Komponenten eingehen (a. a. O., Punkte (8) und (9)). Im Einzelnen gliedert sich die Qualitätssicherung in die

- Qualitätsplanung als Auswahl der Qualitätsmerkmale und der Vorgehensweisen, die dem Betrachtungsgegenstand diese Qualitätsmerkmale verleihen sollen.
- Qualitätsprüfung als Feststellung, ob der Betrachtungsgegenstand die verlangte Qualitätsmerkmale aufweist (a. a. O., Punkte (19) bis (21)).

Als **Qualitätssicherungssystem** bezeichnet das Regelwerk die aufbau- und ablauforganisatorischen Festlegungen (siehe 3.4) zur Durchführung der Qualitätssicherung

(a. a. O., Punkt (22)). Damit gehören auch die Regelungen und das Verfahrensschema der Instandhaltungsrichtlinie zum Qualitätssicherungssystem der Anlage.

Kommentare

Das angestrebte Verfahren konzentriert sich auf die Qualitätssicherung (siehe Kapitel 2). Es bezieht darüber hinaus Regelungen des Qualitätssicherungssystems ein, wenn sie (1) Teil des Verfahrensschemas in der Instandhaltungsrichtlinie sind und (oder) wenn (2) es sich um Regelungen handelt,

- welche Stellen für die jeweils betrachtete Gesamtaufgabe und die einzelnen Aufgaben zuständig sind.
- wie die Beauftragung dieser Stellen erfolgt.
- wie die Aufgaben laut Beauftragung zu bearbeiten sind.
- wie sich die Kontrollen der Aufgabenbearbeitung und der Ergebnisse zu gestalten haben.

Außer Acht bleibt dagegen, wie das Qualitätssicherungssystem des Betreibers über die betrachtete Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung hinaus in seiner Gesamtheit aufbau- und ablauforganisatorisch gestaltet ist. Diese Beschränkung entspricht dem Ziel des Projekts, einen eventuellen Mehrbedarf an sicherheitsbezogenen Vorkehrungen für die jeweils anstehende Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung zu beurteilen. Sollten übergreifende Schwachstellen in der Organisation des Qualitätssicherungssystems im Allgemeinen oder des Instandhaltungswesens im Besonderen bestehen, ist es Aufgabe des Sicherheitsmanagementsystems, diese zu erkennen und zu beheben. Zur Unterstützung dieser Sicherheitsmanagementaufgabe werden die Verfahren, die in Arbeitspunkt AP2.1 und AP2.2 zu entwickeln sind, Informationen bereitstellen, die sich auf jeweils einzelne Instandhaltungen, Änderungen, Nach- oder Umrüstungen beziehen und die das Sicherheitsmanagement deshalb systematisch sammeln, verdichten und bewerten muss.

3.6 Fehler

Vorsorge, Vorkehrung und Qualitätssicherung verfolgen das gemeinsame Ziel, Fehler zu verhindern oder wenigstens ihre Folgen wenn nicht zu beherrschen, so doch abzu-

mildern. Die Kategorie des Fehlers ist daher genau zu bestimmen, um dann gezielt wirksame Vorkehrungen festlegen zu können.

Begriffsbestimmung

Ein **Fehler** liegt vor, wenn eine menschliche Handlung (oder die Aktion einer Automatik) nicht so erfolgen, wie es die ordnungsgemäße Funktion einer technischen Einrichtung erfordert. Funktionsbeeinträchtigungen können sich als Folge menschlichen Handelns dadurch ergeben,

- die geforderte Handlung zu unterlassen und auch sonst nichts zu tun.
- die geforderte Handlung zu unterlassen und an ihrer Stelle eine andere auszuführen.
- die geforderte Handlung nicht in allen ihren Teilen so durchzuführen, wie sie vollzogen werden müsste.

Eine Beeinträchtigung geht unmittelbar auf die Fehler der Personen zurück, die an der betroffenen technischen Einrichtung arbeiten. Diese Fehler können sich ihrerseits aus Fehlern bei anderen Aufgaben ergeben. Rekursive Anwendung dieser Analyse kann mehr oder minder umfangreiche Ensembles voneinander abhängiger oder unabhängiger Fehler erbringen.

Kommentar

Das vorliegende Projekt strebt keine quantitative Abschätzung der Fehlerwahrscheinlichkeiten an.

4 Überblick über die Methode

Die Methode soll dazu beitragen, dass einzelne, plausible menschliche Fehlhandlungen im Zuge von Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen nicht zu sicherheitsrelevanten Auswirkungen führen (vgl. hierzu auch die Ausführungen in Kapitel 1 und Abschnitt 3.3). Die Betriebserfahrung zeigt, dass trotz vorhandener Vorsorgemaßnahmen, wie zum Beispiel Freischaltungen oder Funktionsnachweise nach Beendigung der Arbeiten, solche Auswirkungen auftraten. Eine wesentliche Ursache liegt darin, dass keine systematische Untersuchungsmethode zur Verfügung stand, mit der solche Fehlermöglichkeiten im Vorfeld erkannt und bei der Ausgestaltung der Vorsorge berücksichtigt werden konnten.

Die Methode soll diese Lücke schließen. Sie führt den Anwender durch alle wesentlichen Aspekte der Beurteilung, wie bedeutsam ein anstehendes Arbeitsvorhaben für die Sicherheit der Anlage ist und wie effizient die Vorkehrungen des Betreibers gegen sicherheitsrelevante Fehler bei diesen Arbeiten sind. Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen können sehr unterschiedlicher Art sein und zum Beispiel vom Nachfüllen eines bestimmten Öles bis zum Ersatz konventioneller durch digitale Leittechnik einschließlich der zugehörigen Leitstände innerhalb und außerhalb der Warte reichen. Die Methodenentwicklung stand daher vor der Entscheidung, entweder einen umfangreichen Katalog sehr detaillierter Merkmale zu erstellen, um die Spezifika möglichst vieler Arbeiten explizit mit vorgegebenen Beschreibungsmerkmalen erfassen zu können, oder die Methode auf eine überschaubare Systematik allgemeinerer Merkpunkte zu beschränken, die den Anwender dabei unterstützen, mit seinem Wissen aufgabenspezifische Gegebenheiten im Detail ohne filigran ausformulierte Anleitung herauszuarbeiten. Die Entwicklungsarbeiten haben den zweiten Weg genommen. Die Anwendung der Methode erfordert aber kein Fachwissen, das über die grundlegenden Erkenntnisse zu Arten und Ursachen menschlicher Fehler hinausgeht.

Die Methode baut auf folgenden Grundsätzen auf:

- Sicherheitsrelevanz
Auswirkungen einer einzelnen Fehlhandlung werden als sicherheitsrelevant bewertet, wenn
 - es zur Anforderung von Komponenten der Sicherheitsebene 3 kommt, oder

- Komponenten der Sicherheitsebene 3 direkt in ihrer Funktion beeinträchtigt werden, oder
 - Komponenten der Sicherheitsebene 3 über Schnittstellen in ihrer Funktion beeinträchtigt werden.
- Einzelfehler und Folgefehler
 Vorkehrungen sollen verhindern, dass ein einzelner menschlicher Fehler eine der drei aufgezählten Folgen hat. Die anzunehmenden Fehlerarten beruhen auf arbeitswissenschaftlichen Klassifizierungsansätzen und Plausibilitätsüberlegungen. Ein einzelner menschlicher Fehler kann zu einer Verschlechterung der Erfolgsaussichten von einer oder mehrerer weiteren Handlungen führen, wenn der Fehler darin besteht, für diese weiteren Handlungen ungünstig gestaltete leistungsbeeinflussenden Faktoren zu schaffen. Ein Beispiel bildet die Vorgabe knapp bemessene Ausführungszeiten für die anstehenden Handlungen mit der Folge erhöhten Stresses durch Zeitdruck. Solche Fehler können über Vorsorgemaßnahmen, wie zum Beispiel Kontrollen, rechtzeitig entdeckt und korrigiert werden. Werden diese Vorsorgemaßnahmen als wirksam eingeschätzt, so muss der angenommene Fehler im Rahmen der Methode nicht weiter untersucht werden. Fehlen solche Vorsorgemaßnahmen oder werden sie als unwirksam eingeschätzt, so setzt die Methode pessimistisch an, dass die betreffenden Handlungen fehlerhaft ausgeführt werden (Folge des angenommenen Fehlers). Fehler und Folgefehler werden wie ein Einzelfehler behandelt.
 - Modellierung und Analyse von Aufgaben und Handlungen beruhen auf etablierten Vorgehensweisen der Arbeitswissenschaft.
 - Die Methode soll mit der Instandhaltungsrichtlinie kompatibel sein und diese ergänzen.

Die Methode untergliedert sich in die beiden Verfahren zur Erfassung und Klassifizierung sicherheitsrelevanter Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen bzw. zur Bestimmung denkbarer Fehler, sicherheitstechnischer Folgen und möglicher Vorkehrungen. Die beiden Abbildungen 4-1 und 4-2 stellen den Untersuchungsablauf und die wesentlichen Arbeitsschritte dar. Im Folgenden wird der Untersuchungsverlauf anhand dieser Darstellungen kurz beschrieben. Weitergehende ausführliche Erläuterungen sowie einige Beispiele, die die Anwendungen an Fällen aus der Betriebserfahrung demonstrieren, finden sich in den Kapiteln 5, 6 und 7. Die Abbildungen enthalten

Referenzen auf die Gliederungspunkte des vorliegenden Berichts, wo der Leser die zugehörigen Detailinformationen findet.

Das Verfahren zur Erfassung und Klassifikation (vgl. Abb. 4-1) soll eine erste Einschätzung der Sicherheitsrelevanz des geplanten Arbeitsvorhabens unter Einbeziehung sogenannter „plausibler“ Handlungsfehler ermöglichen.

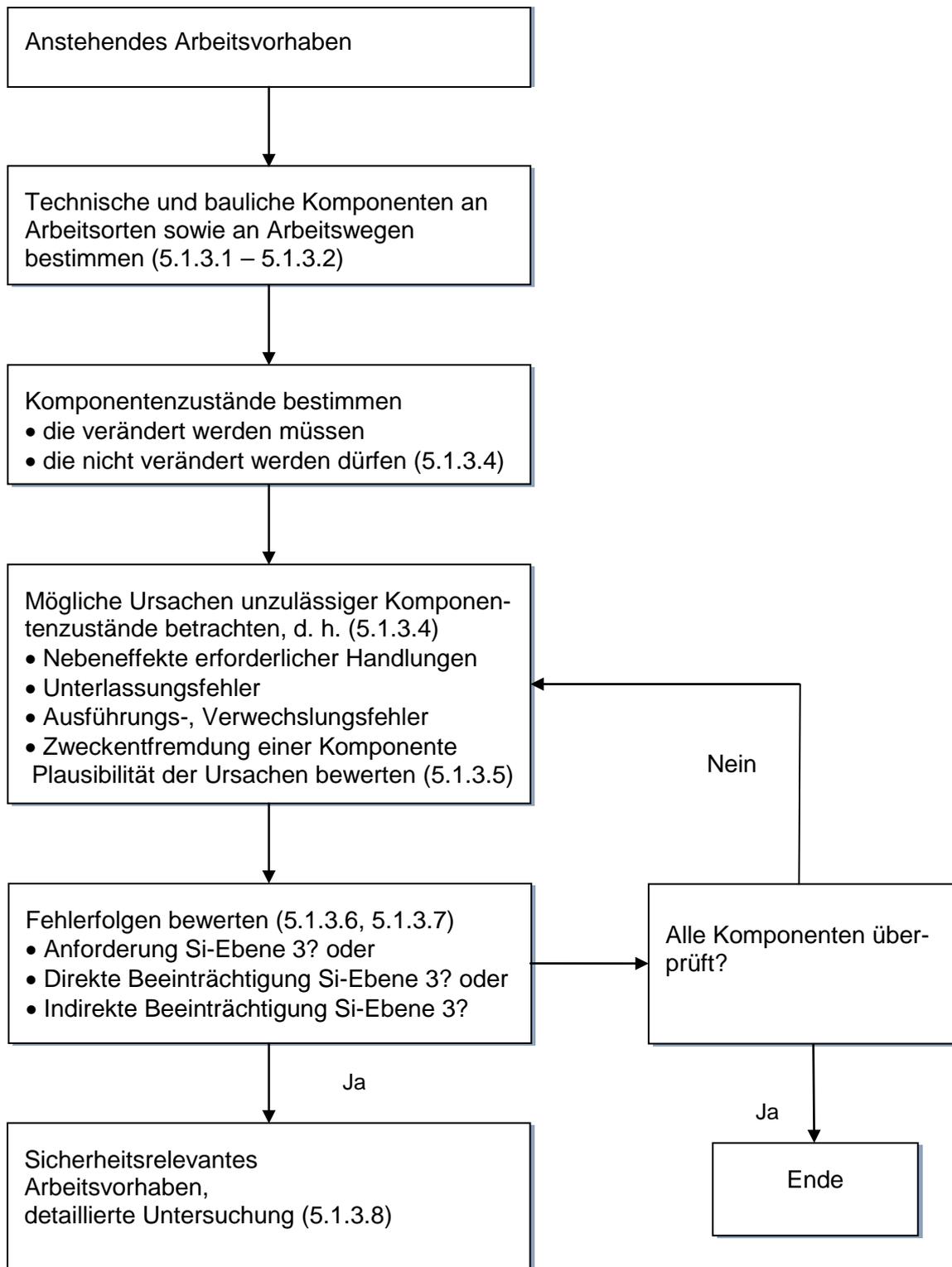


Abb. 4-1 Erfassungs- und Klassifikationsverfahren für Instandhaltungs-, Änderungs-, Nach-rüstungs- und Umrüstungsarbeiten, Übersicht (in Klammern Referenz auf die einschlägigen Gliederungspunkte des vorliegenden Berichts)

Der Verfahrensanwender ermittelt die Anlagenteile, Systeme und Komponenten, die sich an den vorgesehenen Arbeitsorten und den zu benutzenden Arbeitswegen befinden. Für diese sind die Sollzustände zu bestimmen. Daran schließt sich eine Einzelfehlerbetrachtung und eine Bewertung der Fehlerfolgen an. Das Verfahren sieht vor, dass der Anwender systematisch vorgegebene Möglichkeiten untersucht, an den ermittelten Komponenten fehlerhaft zu handeln. Die hierbei durchzuführende Plausibilitätsprüfung soll zu einer Konzentration der Untersuchungen auf wesentliche Fehler und Fehlerfolgen beitragen. Fehler werden als plausibel eingeschätzt, wenn

- entsprechende Fälle aus der Betriebserfahrung vorliegen oder
- Ausführende aufgrund ihrer Erfahrung auf diese Möglichkeiten hinweisen und (oder)
- Sichtprüfungen erkennen lassen, dass mit solchen Fehlern zu rechnen ist.

Auf diese Weise sind alle zuvor bestimmten Anlagenteile, Systeme und Komponenten zu untersuchen. Bereits vorhandene Vorsorgemaßnahmen sind in die Fehlerfolgenbewertung mit einzubeziehen. Führt ein Einzelfehler zu einer der drei Fehlerfolgen „Anforderung“, „direkte Beeinträchtigung“ oder „indirekte Beeinträchtigung“ der Sicherheitsebene 3, so ist das Arbeitsvorhaben im Sinne dieses Verfahrens als sicherheitsrelevant zu klassifizieren und die in Abb. 4-2 dargestellten detaillierten Untersuchungen sind durchzuführen.

Die detaillierte Untersuchung des Arbeitsvorhabens umfasst eine genaue Untersuchung fehlerträchtiger Handlungen (Abb. 4-2).

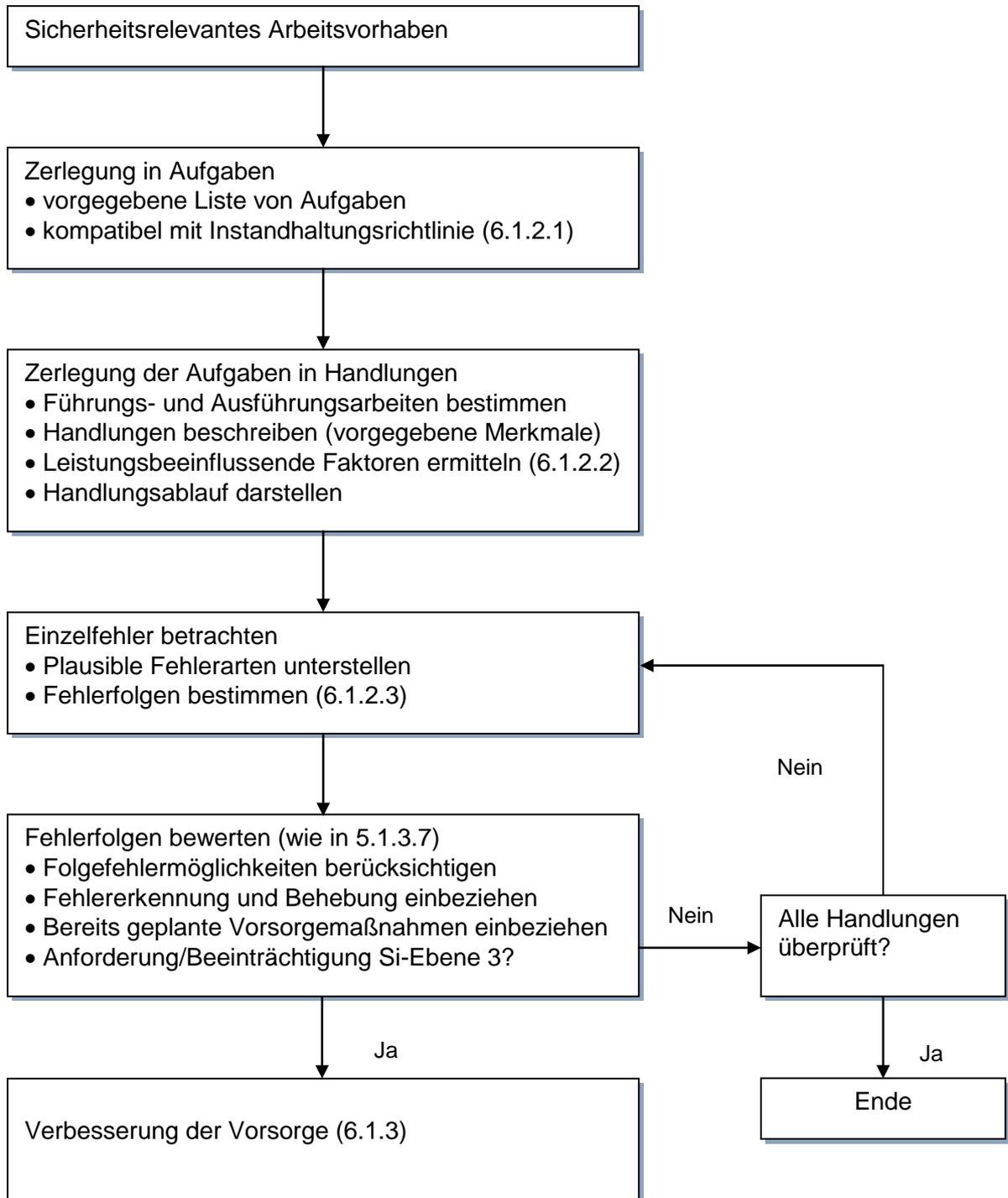


Abb. 4-2 Detailuntersuchung sicherheitsrelevanter Instandhaltungs-, Änderungs- und Umrüstungsarbeiten, Übersicht (in Klammern Referenz auf die einschlägigen Gliederungspunkte des vorliegenden Berichts)

Fehlerträchtige Handlungen werden mit einer Aufgabenanalyse bestimmt, mit der man ein sicherheitsrelevantes Arbeitsvorhaben in seine einzelnen Aufgaben (wie zum Beispiel Planung, Freigabe, Freischaltungen, ...) zerlegt und die Handlungen bestimmt, mit denen die einzelnen Aufgaben zu erfüllen sind. Die Handlungen sind zu beschreiben, zu einem Handlungsablauf zusammenzufügen und einer Einzelfehlerbetrachtung und Fehlerfolgenbewertung zu unterziehen (vgl. hierzu auch Ausführungen zum Klassifikationsverfahren). Bei der Einzelfehlerbetrachtung hat der Anwender zu untersuchen, welche Faktoren sich nach fachwissenschaftlichen Erkenntnissen positiv oder negativ auf die Zuverlässigkeit der Handlungsausführung auswirken. Dieses Vorgehen ist so lange fortzusetzen, bis alle Handlungen überprüft sind.

Führt eine einzelne angenommene Fehlhandlung oder ein dadurch zu unterstellender Folgefehler zu einer Anforderung oder Beeinträchtigung der Sicherheitsebene 3, so sind Maßnahmen zur Verbesserung der Vorsorge zu planen. Kapitel 6 dieses Berichtes beschreibt und diskutiert eine Reihe möglicher Vorkehrungen, die einem fehlerhaften Handeln mit nachteiligen Folgen für die Sicherheit entgegenwirken.

5 Entwicklung eines Verfahrens, um sicherheitsrelevante Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen zu erfassen und zu klassifizieren

Laut Arbeitsprogramm ist im vorliegenden Projekt ein Verfahren zu entwickeln, mit dem sich Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen in Kernkraftwerken bestimmen und klassifizieren lassen, die für die Sicherheit der Anlage wichtig sind und deshalb einer weitergehenden Vorsorge unter Nutzung der Methode zugeführt werden sollen (vgl. Kapitel 6).

Unter der „weitergehenden Vorsorge“ sind Vorkehrungen zu verstehen, die über die Umsetzung der Anforderungen des bestehenden Regelwerks hinausgehen. Dazu gehören an erster Stelle die Anforderungen der „Richtlinie für die Vorbereitung und Durchführung von Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten in Kernkraftwerken“ (/BMI 78/).

Das vorliegende Kapitel präsentiert und diskutiert das Verfahren, das mit diesen Vorgaben entwickelt wurde. Die Ausführungen nutzen „technische Einrichtung“ und „Anlagenteile, Systeme und Komponenten“ als austauschbare Begriffe.

5.1 Darstellung des Verfahrens

Die Darstellung geht auf das Ziel, den Anwendungsbereich, die Analysetiefe und die verschiedenen Schritte des Verfahrens ein. Einzelne Verfahrensaspekte leiten sich direkt aus den Forderungen an das Verfahren her, zur Festlegung der übrigen Aspekte finden sich im Folgenden teils ausführlichere Begründungen.

5.1.1 Ziel des Verfahrens

Ziel des Verfahrens ist es, Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen zu bestimmen, deren fehlerhafte Ausführung die Sicherheit der Anlage beeinträchtigen würde.

5.1.2 Anwendungsbereich des Verfahrens

Der Anwendungsbereich des Verfahrens erstreckt sich auf alle Instandhaltungen, Änderungen, Nach- oder Umrüstungen, die nicht unverzüglich durchgeführt werden müssen, um Gefahren für Menschen, Umwelt und Anlage abzuwenden bzw. Störungen, Störfälle und Notfälle einschließlich ihrer Folgen zu bewältigen. Diese Ausnahmeregelung steht in Einklang mit derjenigen der „Richtlinie für die Vorbereitung und Durchführung von Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten in Kernkraftwerken“ (/BMI 78/). Das Verfahren ist auch dann anzuwenden, wenn Einrichtungen mit betrieblichen Aufgaben Gegenstand der Arbeiten sind.

In den Anwendungsbereich des Verfahrens fallen ausdrücklich auch kleinere Arbeiten des bestimmungsgemäßen Betriebes wie zum Beispiel (1) das Nachziehen von Rohrverschraubungen und Stopfbuchsen mit den dazu bestimmten Werkzeugen, (2) die Beseitigung kleinerer Leckagen sowie (3) routinemäßige Probenahmen und (4) ebensolche Strahlenschutzmessungen (/BMI 78/, Abschnitt 4). Bei diesen Arbeiten darf der Betreiber von den Regelungen der „Richtlinie für das Verfahren zur Vorbereitung und Durchführung von Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten in Kernkraftwerken“ abgehen, wenn sich eine Gefährdung der handelnden Personen und (oder) eine Beeinträchtigung der Anlagensicherheit ausschließen lässt (/BMI 78/, Abschnitt 4). Das vorliegende Verfahren dient dazu, die sicherheitstechnische Bedeutsamkeit anstehender Arbeiten zu beurteilen. Deshalb hat es auch diese Arbeiten zu erfassen, um aufzuzeigen, dass sie mit keiner negativen Auswirkung auf die Sicherheit der Anlage einhergehen.

Diese umfassende Anwendung ist erforderlich, um auch die Arbeiten bestimmen zu können, die sich über Schnittstellen auf sicherheitstechnisch bedeutsame Einrichtungen auswirken können, deren Zustand keine Änderung durch die betrachtete Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung erfahren soll.

5.1.3 Schritte des Verfahrens

Das Verfahren sieht die folgenden Schritte vor, um die Klasse der sicherheitsrelevanten Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen zu ermitteln. Der Anwender bestimmt

- in welchem Zustand sich die Anlage befinden muss, damit die anstehenden Arbeiten sicher durchgeführt werden können.
- die Anlagenteile, Systeme und Komponenten, deren Zustand das Personal im Zuge der anstehenden Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung verändern muss, wobei Fehler eintreten können.
- die Anlagenteile, Systeme und Komponenten, die in der Anlage im Zuge einer Änderung, Nach- oder Umrüstung neu errichtet werden, was ebenfalls mit Fehlern einhergehen kann.
- die Anlagenteile, Systeme und Komponenten, deren Zustand das Personal nicht verändern soll, bei denen aber unterstellt werden kann, dass sie das Personal durch fehlerhaftes Handeln unabsichtlich beschädigt oder betätigt.
- die Plausibilität prinzipiell möglicher Fehler beim Handeln an der technischen Einrichtung.
- die Art der Beeinträchtigungen, die bei den betrachteten technischen Einrichtungen als Folge menschlicher Fehler zu unterstellten ist.
- die Folgen der unterstellten Beeinträchtigungen
 - sowohl bei dem Anlagenbetriebszustand, in dem die betrachtete Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung stattfindet,
 - als auch bei Anlagenbetriebszuständen, in denen die Anlagenteile, Systeme und Komponenten zum Einsatz kommen, die in den obigen Verfahrensschritten bestimmt worden sind.
- die Sicherheitsrelevanz der anstehenden Arbeiten, die sich aus den unterstellten Zustandsänderungen der betrachteten technischen Einrichtungen ergibt: Eine Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung gilt als sicherheitsrelevant, wenn eine unterstellte, fehlerhafte Zustandsänderung
 - ein auslösendes Ereignis darstellt, das Eingriffe durch Systeme der Sicherheitsebene drei erfordert, oder
 - bei Arbeiten an technischen Einrichtungen der Sicherheitsebene drei selbst eintritt und deren Funktion beeinträchtigt oder

- an sonstigen Anlagenteilen, Systemen oder Komponenten stattfindet und über Schnittstellen Einrichtungen der Sicherheitsebene drei in ihrer Funktion beeinträchtigt.

Die nachfolgenden Gliederungspunkte erläutern die Verfahrensschritte in größerer Ausführlichkeit.

5.1.3.1 Bestimmung des Anlagenzustandes, den die Arbeiten erfordern

Die sichere Durchführung der anstehenden Arbeiten erfordert es, dass bestimmte bauliche und (oder) technische Einrichtungen bestimmte Zustände aufweisen. Der Verfahrensanwender hat diese Einrichtungen und Zustände genau zu bestimmen. Letztere dürfen durch denkbare Fehler nicht beeinträchtigt werden.

5.1.3.2 Bestimmung der Anlagenteile, Systeme und Komponenten, deren Zustand im Zuge der betrachteten Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung zu ändern ist, und zugehöriger Fehlermöglichkeiten

Eine Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung kann mehrere technische Einrichtungen betreffen. Dazu gehören nicht nur diejenigen, welche Gegenstand dieser Arbeiten sind, sondern auch Anlagenteile, Systeme und Komponenten, die das Personal

- frei- und rückschalten muss.
- auf sonstige Weise abzuschirmen hat.
- ganz oder in Teilen abbauen und nach Abschluss der Arbeiten wieder auf- oder einbauen muss. Solche Arbeiten fallen an, wenn andere Einrichtungen oder Teile davon den Zugang und (oder) die Arbeiten an den Anlagenteilen, Systemen oder Komponenten hindern, die Gegenstand der Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung sind.
- im Zuge von Prüfungen zum Beispiel durch Setzen von Stiften für Simulationen oder Anschluss an bestimmte Geräte in einen spezifischen Zustand zu bringen hat.

Diese Zusammenstellung bezieht sich auf Einrichtungen, die in der Anlage bereits vorhanden sind. Damit würde das Verfahren Anlagenteile, Systeme und Komponenten

ausklammern, die neu zu errichten sind. Sie werden deshalb in dem Verfahrensschritt bestimmt, den Gliederungspunkt 5.1.3.3 beschreibt.

Fehlerhaftes Handeln kann dazu führen, dass die ermittelten Anlagenteile, Systeme und Komponenten nicht den Zustand aufweisen, der sicherheitstechnisch erforderlich ist. Das Verfahren unterscheidet zwischen Unterlassungs- und Verwechslungsfehlern.

5.1.3.2.1 Unterlassungsfehler

Bei Unterlassungsfehlern unterbleibt eine erforderliche Handlung. Als unterlassen gilt auch eine Aktion, die der Handelnde so spät einleitet, dass sie zu dem Zeitpunkt, zu dem ihr Ergebnis vorzuliegen hat, weder dieses Resultat noch einen Teil davon erzielt ist, wenn der Ausführende die Handlung bis auf die verspätete Einleitung ordnungsgemäß vollzieht.

„Erforderlich“ sind alle Handlungen, die ausgeführt werden müssen, damit die betreffende Einrichtung im Anforderungsfall ihre bestimmungsgemäße Funktion erfüllt. Dazu gehören auch die Reinigung der Einrichtung, sowie die Beseitigung von Abfällen und sonstigen Materialien oder Dingen wie zum Beispiel Werkzeugen und Ausrüstungsgegenständen aus und (oder) an der Einrichtung, die ihren ordnungsgemäßen Betrieb beeinträchtigen würden.

Die Unterlassung einer erforderlichen Handlung kann darauf zurückgehen, dass die Einrichtung, an der diese Aktion stattfinden sollte, mit einer anderen verwechselt wurde. Deren Zustand das Personal nicht verändern soll (zur Erfassung der Verwechslungsfehler siehe unten).

5.1.3.2.2 Ausführungsfehler

Ein Ausführungsfehler liegt zum einen vor, wenn der Handelnde die erforderliche Aktion zwar rechtzeitig einleitet, ihre Ausführung und (oder) ihr Ergebnis aber nicht den Anforderungen entsprechen, die sie zu erfüllen hat. Als Beispiel sei die Herstellung eines Füllstandes genannt, die den geforderten Wert unter- oder überschreiten kann. Darüber hinaus kann auch der Gradient, mit dem der Handelnde den Füllstand anhebt oder absenkt, unzulässig sein. Die Ausführung ist also auch dann fehlerhaft, wenn das er-

forderliche Ergebnis erreicht, der vorgesehene Weg zur Erzeugung des Ergebnisses aber nicht eingehalten wird.

Ausführungsfehler sind zum anderen auch dann gegeben, wenn die Einleitung der erforderlichen Handlung so spät erfolgt, dass bei ordnungsgemäßer Durchführung nur ein Teilergebnis zu einem Zeitpunkt erzielt ist, zu dem das Ergebnis erzielt sein sollte.

Zum Begriff der „erforderlichen Handlung“ vergleiche man die Ausführungen oben.

5.1.3.3 Bestimmung der Anlagenteile, Systeme und Komponenten, die neu zu errichten sind

Die Untersuchung schließt Anlagenteile, Systeme und Komponenten ein, die neu zu errichten sind und nach Abschluss der Arbeiten einen bestimmten Zustand aufweisen müssen. Es bestehen die Möglichkeiten des Unterlassungs- und des Ausführungsfehlers. Ersterer kann mit einem Verwechslungsfehler einhergehen. Man beachte die Präzisierung, was unter einer „erforderlichen Handlung“ genau zu verstehen ist.

5.1.3.4 Bestimmung der Anlagenteile, Systeme und Komponenten, deren Zustand nicht zu verändern ist, sich aber durch Handlungsfehler unbeabsichtigt ändern kann, die plausibler Weise zu unterstellen sind

Die Betriebserfahrung deutscher und ausländischer Kernkraftwerke zeigt, dass Instandhaltungen, Änderungen, Nach- oder Umrüstungen mit unabsichtlichen Beschädigungen oder Betätigungen von Anlagenteilen, Systemen oder Komponenten einhergehen können, an denen das Personal laut Auftrag gar nicht zu handeln hatte.

Das vorliegende Verfahren berücksichtigt diese Fehlerquelle mit ihren möglichen Folgen für die Sicherheit der Anlage. Es unterscheidet verschiedene Kategorien solcher Fehlhandlungen und nennt ergonomische Voraussetzungen, unter denen man plausibler Weise unterstellen sollte, dass die betrachteten Fehler mit einer Wahrscheinlichkeit auftreten, deren Ausprägung über derjenigen liegt, mit der man wegen der zufälligen Schwankungen menschlicher Leistung auch unter optimalen Arbeitsbedingungen stets rechnen muss. Die Untersuchung berücksichtigt nicht nur die Arbeitshandlungen, die der Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung selbst dienen, sondern auch die

Fortbewegung der handelnden Personen und den Transport von Gegenständen auf dem Weg zum Arbeitsort, an diesem selbst und auf dem Rückweg vom Arbeitsort.

Der Anwender des vorliegenden Verfahrens könnte zur Verhinderung solcher Handlungsfehler besondere Abschirmungen, Freischaltungen und (oder) Vorkehrungen vorsehen, bevor er die Anwendung des Verfahrens abgeschlossen hat. In solchen Fällen ist

- zu prüfen, ob die betroffenen Einrichtungen und (oder) weitere Einrichtungen durch die Abschirmung eine Zustandsänderung erfahren. Wenn ja, sind sie im Verfahrensschritt nach Gliederungspunkt 5.1.3.1 zu erfassen.
- zu kontrollieren, ob die Abschirmungen, Freischaltungen und (oder) Vorkehrungen einen wirksamen Schutz gegen alle Fehlermöglichkeiten bieten, die nachfolgend aufgezählt werden.

Im Einzelnen hat der Anwender folgende Fehlermöglichkeiten und fehlerförderliche Bedingungen der Handlungsausführung in Betracht zu ziehen.

5.1.3.4.1 Nebeneffekte erforderlicher Handlungen

Dazu zählt das Verfahren:

- Die Handelnden wirken auf Anlagenteile, Systeme oder Komponenten durch Druck oder Stoß mit Körperteilen und (oder) Objekten ein, weil der Raum für Arbeits- und Transportbewegungen im Vergleich zu Körpermaßen und Abmessungen handzuhabender Objekte einschließlich der eventuell erforderlichen Transportmittel und Schutzausrüstungen knapp ist.

Die Einschätzung muss von der Relation zwischen dem verfügbaren Bewegungsraum und dem erforderlichen Bewegungsraum ausgehen. Letzterer bestimmt sich wesentlich durch die Art anstehender Arbeitsbewegungen eventuell mit Schutzausrüstungen, die Abmessungen der gehandhabten Gegenstände und die räumlichen Nähe zwischen den technischen Einrichtungen, an denen laut Auftrag zu arbeiten ist, und denjenigen Einrichtungen, an denen keine Handlungen stattfinden haben.

Die Betrachtung hat sowohl die Arbeitsorte, an denen die vorgesehenen Handlungen zu vollziehen sind, als auch die Arbeitswege einzuschließen, auf denen sich die Handelnden mit ihren Arbeits-, Schutz- und Transportmitteln an den Arbeitsort begeben und (oder) diesen verlassen. Beim Abtransport sind auch Entsorgungsgüter mit ihren Verpackungen und Transportmittel zu berücksichtigen.

- Das Personal bringt aus Versehen Lasten zum Absturz oder es lässt Gegenstände fallen oder es verschüttet feste oder flüssige Substanzen, die auf bzw. in Anlagenteile, Systeme oder Komponenten geraten können, weil diese auf dem Weg liegen, den die betrachteten Lasten, Gegenstände oder Substanzen bei Absturz oder Fall voraussichtlich nehmen werden (zu gasförmigen Substanzen siehe unten). Als „Opfer“ kommen auch technische Einrichtungen in Frage, die über Öffnungen im Boden wie zum Beispiel Gitterrosten oder über offene Geländer erreichbar sind.

Lasten, Gegenstände einschließlich der Arbeitsmittel und (oder) Substanzen können besonders dann versehentlich auf oder in technische Einrichtungen fallen, wenn mindestens eine der folgenden Bedingungen zutrifft: (1) Die Handelnden müssen bei Transport und (oder) Handhabung zum Beispiel an räumlich engen Stellen Körperhaltungen einnehmen, die einen sicheren Transport und (oder) eine sichere Handhabung erschweren. (2) Es besteht Rutsch- oder Stolpergefahr. (3) Objekte sind nicht (soweit möglich) gegen Herabfallen gesichert. (4) Objektmerkmale wie Größe oder Gewicht erschweren die Handhabung. (5) Es liegen Einschränkungen visueller Kontrolle und (oder) interpersonaler Kommunikation vor, wenn letztere zur Koordination der Handhabung oder des Transportes erforderlich ist.

Mögliche weitere Ursachen speziell für Lastabstürze sind Hebezeuge unzureichender Auslegung eventuell als Folge fehlender oder ungenauer Festlegung im Arbeitsauftrag.

Ferner sollte untersucht werden, ob Verpackungen leicht reißen oder aufgehen und sich ihres Inhalts entleeren können.

- Die Ausführenden setzen unabsichtlich Gase oder Substanzen frei, die in einen gasförmigen Zustand übergehen, und benachbarte Einrichtungen beaufschlagen können. Es sind die gleichen Ursachen zu betrachten wie beim Transport und der Handhabung fester Objekte.

- Aus den Arbeitshandlungen resultieren feste, flüssige und (oder) gasförmige Substanzen und (oder) mechanische, thermische und (oder) elektromagnetische Energien, die erreichbare Anlagenteile, Systeme oder Komponenten beaufschlagen. Beispiele sind Dämpfe, Gase, Flüssigkeiten, Stäube, Trümmer, Späne, mechanische Schwingungen, Erschütterungen, Hitze, Kälte und elektromagnetische Felder.
- Die Betrachtung hat auch alle Substanzen und Dinge, einzubeziehen, die aus technischen Einrichtungen zu entfernen und die im Zuge der Entsorgung am Arbeitsort und auf dem Arbeits- bzw. Transportweg zu handhaben sind. In die Betrachtung haben auch eventuelle Verpackungen und Transportbehälter dieser Dinge bzw. Substanzen sowie die Transportmittel einzugehen.

5.1.3.4.2 Verwechslungen

Das Verfahren unterscheidet Verwechslungen der technischen Einrichtung, an der eine Arbeit stattfinden sollte, und der Dinge, mit denen zu arbeiten ist.

- Die Handelnden führen erforderliche Kontrollen und (oder) Eingriffe nicht an den vorgesehenen, sondern an anderen Anlagenteilen, Systemen oder Komponenten aus, weil sie Räume oder innerhalb eines Raumes oder einem sonstigen Teil des Kraftwerksgeländes technische Einrichtungen verwechseln. Im Folgenden steht der Einfachheit halber „falsche Einrichtung“ für alle Einrichtungen, an denen laut Auftrag keine Handlungen stattzufinden haben.

Verwechslungsmöglichkeiten eröffnen sich zum einen dann, wenn das Personal gleichzeitig Schlüssel für mehrere Räume hat, in denen Arbeiten anstehen oder wenn derselbe Schlüssel es erlaubt, mehrere Räume zu öffnen. Unter solchen Voraussetzungen kann das Personal nach der Verwechslung Räume betreten, in denen es nicht zu arbeiten hat, und Eingriffe an Einrichtungen vornehmen, deren Zustand nicht zu verändern ist. Eingriffe an verwechselten Einrichtungen sind auch dann möglich, wenn die Ausführenden gleichzeitig Schlüssel für mehrere Komponenten in Empfang nehmen dürfen, an denen sie zu arbeiten haben.

Leicht verwechselbar sind ferner vor allem Einrichtungen, die (1) einen gleichen Aufbau aufweisen, (2) direkt benachbart sind und (3) alle denselben, geplanten Eingriff erlauben. Auf Pulten können Verwechslungen dann zu Zustandsänderun-

gen an der falschen Einrichtung führen, wenn Eingriffe in die verwechselten Einrichtungen von der Betätigung derselben Freigabetaste abhängen.

Die Beurteilung sollte davon ausgehen, dass die Bezeichnungen für Räume, Anlagenteile, Systeme und Komponenten keine Garantie gegen Verwechslungen bilden, weil erfahrenes Personal „seine“ Anlage „wie seine Westentasche“ kennt und sich deshalb nicht an Bezeichnungen orientieren muss, um sich zurechtzufinden.

- Das Personal handelt versehentlich mit Werkzeugen, Geräten, Ersatzteilen und (oder) Stoffen, die nicht den (sicherheits-) technischen Anforderungen der Aufgabe entsprechen. Die Analyse beschränkt sich auf verwechselbare Dinge, die an den technischen Einrichtungen, die laut Auftrag Gegenstand der Arbeiten sind, genauso verwendet werden können wie die tatsächlich vorgesehenen Objekte. Beispiele bilden Schmieröle gleichen Aussehens mit unterschiedlichen chemisch-physikalischen Eigenschaften.

Verwechslungen dieser Art können auf verschiedene Ursachen zurückgehen. Dazu zählen in erster Linie: (1) Die Arbeitsvorbereitung unterlässt genaue Angaben und überlässt es den Ausführenden, welche Dinge sie nutzen. Dahinter kann die Überlegung oder die Überzeugung stehen, dem Ausführenden mit seiner Ausbildung und Erfahrung nicht haarklein beschreiben zu müssen, was er für die Arbeit benötigt. (2) Dinge sehen sich ähnlich, ihre Aufbewahrungsorte befinden sich räumlich nahe beieinander und ihren Bezeichnungen fehlt es an Eindeutigkeit, an Auffälligkeit oder an beiden.

5.1.3.4.3 Zweckentfremdungen

Diese Fehlerursache umfasst die absichtliche Zweckentfremdung ohne den Vorsatz, zweckentfremdete Anlagenteile, Systeme oder Komponenten zu schädigen. Sabotagen bleiben somit unberücksichtigt.

Wichtige Beispiele sind (1) die Nutzung als Standplatz und (oder) Griff, um dem Arbeitsort (leichter) zu erreichen oder sicheren Halt zu haben sowie (2) die Verwendung als Ablage oder Halterung für Objekte, an oder mit denen zu arbeiten ist. Mögliche Ursachen dieser Zweckentfremdungen bestehen darin, dass die Arbeitsvorbereitung keine geeigneten Hilfsmittel wie zum Beispiel Leitern vorsieht.

5.1.3.5 Plausibilität dieser Handlungsfehler

Der Anwender des vorliegenden Verfahrens soll sich auf Anlagenteile, Systeme und Komponenten konzentrieren, für die er aus plausiblen Gründen die Unterlassung oder die fehlerhafte Ausführung erforderlicher Zustandsänderungen bzw. Beschädigungen und (oder) Betätigungen durch Nebenwirkungen erforderlicher Handlungen, Verwechslungen oder Zweckentfremdungen unterstellen kann. Eine Beeinträchtigung hat als plausibel zu gelten, wenn

- Entsprechende und (oder) übertragbare Fälle in der Betriebserfahrung vorliegen.
- Ausführende mit ihren Erfahrungen aus gleichen oder vergleichbaren Arbeiten spontan oder bei Befragung auf diese Möglichkeiten hinweisen.
- Sichtprüfungen klar erkennen lassen, dass mit Beschädigungen und (oder) Betätigungen der beschriebenen Art zu rechnen ist.

Es genügt, dass nach einer einzigen der genutzten Quellen mit Beschädigungen und (oder) Betätigungen zu rechnen ist, um die betreffende technische Einrichtung in die weitere Untersuchung mit dem vorliegenden Verfahren einbeziehen zu müssen.

5.1.3.6 Unterstellte Beeinträchtigungen an den betrachteten technischen Einrichtungen

Die bislang vorgestellten Verfahrensschritte dienen dazu, technische Einrichtungen zu bestimmen, die in die Betrachtung einzubeziehen sind. Es ist nun festzulegen, welche Beeinträchtigungen anzunehmen sind. Das Verfahren sieht vor, pessimistisch zu unterstellen, dass die betrachteten Anlagenteile, Systeme und Komponenten,

- an denen das Personal laut Auftrag bestimmte Zustandsänderungen vornehmen sollte, wegen Unterlassungs- oder Ausführungsfehlern, die sich plausibler Weise unterstellen lassen, nicht den sicherheitstechnisch und (oder) betrieblich erforderlichen Zustand aufweisen.
- deren Zustand nicht zu ändern ist, durch Nebeneffekte erforderlicher Handlungen, Verwechslungen und Zweckentfremdungen plausibler Art versehentlich in einen Zustand versetzt werden, der den sicherheitstechnischen und (oder) betrieblichen Anforderungen nicht entspricht.

5.1.3.7 Bestimmung der Folgen, die sich aus den unterstellten, fehlerhaften Zuständen betrachteter Anlagenteile, Systeme und Komponenten ergeben

Der Verfahrensanwender fragt nach den Folgen, die sich aus dem unterstellten, unakzeptablen Zustand der betrachteten Anlagenteile, Systeme und Komponenten ergibt. Er untersucht dafür die Folgen für jede einzelne Einrichtung getrennt von den anderen und lässt sich dabei von folgenden Fragen leiten:

- Welche Folgen haben die unterstellten Zustandsänderungen bei dem Anlagenbetriebszustand, bei dem die betrachtete Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung stattfinden?
- Welche Folgen haben die unterstellten Zustandsänderungen bei den anderen Anlagenbetriebszuständen, in denen die betrachteten Anlagenteile, Systeme oder Komponenten in Eingriff sind oder auf Anforderung zum Einsatz kommen?

Die Untersuchung vernachlässigt die Folgen, die sich ergeben, wenn man unterstellt, dass zwei oder mehr der betrachteten Einrichtungen wegen unabhängiger Fehler gleichzeitig funktionsunfähig sind. Diese Beschränkung steht mit der Anforderung der Sicherheitskriterien in Einklang, dass Vorkehrungen gegen nachteilige Auswirkungen bestehen, die Einzelfehler auf einer der Sicherheitsebenen eins bis drei auf die unmittelbar darüber liegende Sicherheitsebene haben können (/BMU 09/, Modul 1, 2.1 (6)).

Das Verfahren unterscheidet drei Arten der Folgen: Eine unterstellte, fehlerhafte Zustandsänderung

- Ist ein auslösendes Ereignis, das Eingriffe durch Systeme der Sicherheitsebene drei erfordert.
- tritt bei Arbeiten an Einrichtungen der Sicherheitsebene drei selbst ein und beeinträchtigt deren Funktion.
- findet an sonstigen Anlagenteilen, Systemen oder Komponenten statt und beeinträchtigt über Schnittstellen Einrichtungen der Sicherheitsebene drei in ihrer Funktion.

Diese Folgen sind anhand der Unterlagen über die baulichen und technischen Einrichtungen der Anlage zu ermitteln.

5.1.3.8 Bestimmung der Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen, für die eine weitergehende Vorsorge empfehlenswert ist

Eine Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung erfordert eine weitergehende Vorkehrung, wenn es mindestens eine technische Einrichtung gibt, deren Zustand im Zuge der Arbeiten auftragsgemäß zu verändern ist oder deren Zustand bei den Arbeiten versehentlich in unzulässiger Weise verändert werden kann, und die Zustandsänderung mindestens eine der drei Folgen hervorruft, die Gliederungspunkt 5.1.3.7 aufzählt.

Solche Instandhaltungen, Änderungen, Nach- oder Umrüstungen sind als sicherheitsrelevant zu klassifizieren und mit dem Verfahren in Kapitel 6 zu analysieren, um geeignete Vorkehrungen gegen die unterstellten Zustandsänderungen zu bestimmen.

5.2 Diskussion des Verfahrens

Die Diskussion gliedert sich in zwei Teile. Sie erläutern, (1) wie das vorgestellte Verfahren mit seiner methodisch fundierten Bestimmung sicherheitsrelevanter Arbeiten an der Anlage das deutsche kerntechnische Regelwerk ergänzen kann und (2) was das Verfahren im Vergleich zu anderen Ansätzen auszeichnet, die dazu dienen, die Sicherheitsrelevanz anstehender Instandhaltungen, Änderungen, Nach- oder Umrüstungen zu bestimmen.

5.2.1 Sicherheitsrelevanz anstehender Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen nach dem deutschen kerntechnischen Regelwerk und dem vorgelegten Verfahren

Es ist zu zeigen, (1) was das vorgestellte Verfahren gegenüber einschlägigen Anforderungen des deutschen kerntechnischen Regelwerks auszeichnet und (2) wie sich das Verfahren in das Regelwerk einbinden lässt.

Die Diskussion kann sich auf die Anforderungen der „Richtlinie für das Verfahren zur Vorbereitung und Durchführung von Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten in Kernkraftwerken“ (/BMI 78/, kurz: „Instandhaltungsrichtlinie“) beschränken. Sonstige Teile des deutschen kerntechnischen Regelwerks dürfen außer Betracht bleiben, weil deren Anforderungen, soweit sie sich auf Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüs-

tungen beziehen, im Detaillierungsgrad hinter der Instandhaltungsrichtlinie zurückbleiben.

Im Folgenden bezeichnet der Begriff „Verfahren“ stets das Verfahren aus Gliederungspunkt 5.1 oben, während „Verfahrensschema“ ausschließlich für die Vorgehensweise steht, die Abschnitt fünf der Instandhaltungsrichtlinie unter der ausführlichen Bezeichnung „Verfahrensschema für Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten“ vorsieht.

Das oben vorgestellte Verfahren sieht vor, Instandhaltungen, Änderungen, Nach- oder Umrüstungen an allen technischen Einrichtungen Weise zu klassifizieren, egal, ob die Einrichtung betrieblichen oder sicherheitstechnischen Charakter hat. Einzige Ausnahme bilden, wie auch in der Instandhaltungsrichtlinie, Situationen, die schnelles Handeln erfordern, um Gefahren für Mensch, Umwelt und (oder) Anlage abzuwenden oder um Störungen, Störfälle oder Notfällen einschließlich ihren Folgen zu begegnen. Dieser umfassende Anwendungsbereich stellt sicher, keine Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung zu übersehen, die sich direkt oder indirekt auf die Sicherheit der Anlage auswirken könnte.

Dagegen zeichnet sich das Verfahrensschema der Instandhaltungsrichtlinie durch einen Anwendungsbereich aus, dessen Grenzen auf mehreren Kriterien beruhen. Zwei dieser Kriterien nehmen auch auf die Sicherheit der Anlage Bezug:

- Das Verfahrensschema muss zur Anwendung kommen, wenn bei Instandhaltungs- oder Änderungsarbeiten an Systemen oder anderen Anlagenteilen eine Gefährdung von Personen oder eine Beeinträchtigung der Anlagensicherheit zu besorgen ist (/BMI 78/, Abschnitt 4). Ein Umstand ist zu besorgen, wenn „sein Eintreten aufgrund konkreter Tatsachen oder vorliegender Erfahrungssätze nicht ausgeschlossen werden kann.“ (/BMI 78/, Abschnitt 4, Fußnote 14).
- In bestimmten Fällen darf man auf die Anwendung des Verfahrensschemas verzichten. Dazu zählen zum einen kleinere Arbeiten, die zum bestimmungsgemäßen Betrieb der Anlage gehören, soweit eine Gefährdung von Personen oder eine Beeinträchtigung der Anlagensicherheit nicht zu besorgen ist. Solche Arbeiten sind zum Beispiel
 - Nachziehen von Rohrverschraubungen und Stopfbuchsen mit den dazu bestimmten Werkzeugen;
 - Beseitigung kleinerer Leckagen;

- routinemäßige Probenahmen;
- routinemäßige Strahlenschutzmessungen.

Zum anderen gilt: „Müssen Arbeiten zur Beseitigung von Störungen und zur Eingrenzung von Störungen, Störfall- oder Unfallfolgen unverzüglich durchgeführt werden, um Leben, Gesundheit und Sachgüter zu schützen, so kann von dem unter Abschnitt 5 vorgegebenen formalen Verfahren nach Maßgabe der Umstände abgewichen werden“ (/BMI 78/, Abschnitt 4).

Man darf von der Anwendung des Verfahrensschemas also unter anderem absehen, wenn von einer Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung keine nachteilige Wirkung auf die Sicherheit der Anlage zu erwarten sind. Es bleibt aber dem Anwender des Verfahrensschemas überlassen, wie er im Einzelnen beurteilt, dass anstehende Arbeiten eine Gefährdung der Anlagensicherheit befürchten lassen. Damit ist es aufgrund fehlerhafter Beurteilung denkbar, dass sicherheitsrelevante Aufgaben nicht nach dem Verfahrensschema geplant und durchgeführt werden. Diese Möglichkeit besteht insbesondere dann, wenn die Sicherheit der Anlage durch nachteilige Nebeneffekte einer Aufgabe beeinträchtigt werden kann, die auf dem ersten Blick nicht sicherheitsrelevant zu sein scheint. Man denke zum Beispiel an die ungewollte Auslösung leittechnischer Signale durch elektromagnetische Induktion beim Einsatz bestimmter Arbeitsgeräte und Arbeitsverfahren.

Das Verfahren aus Gliederungspunkt 5.1 zeigt, wie man die sicherheitstechnische Bedeutsamkeit einer Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung systematisch bestimmen kann:

- Die Anwendung des Verfahrens auf alle einschlägigen Aufgaben erlaubt es, ein begründetes Urteil zu fällen, dass eine anstehende Arbeit mit keiner nachteiligen Auswirkung auf die Sicherheit der Anlage einhergeht und daher nicht so vorbereitet und durchgeführt werden muss, wie es die Anforderungen des Verfahrensschemas aus der Instandhaltungsrichtlinie verlangen.
- Mit dem Verfahren lassen sich die Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen bestimmen, deren sicherheitstechnische Bedeutsamkeit Vorkehrungen erfordert, die über die Umsetzung dessen hinausgehen, was die Instandhaltungsrichtlinie fordert.

Der Anwender sollte das Verfahren also immer einsetzen, sobald die Entscheidung gefallen ist, dass keine Situation vorliegt, die ein schnelles Handeln erfordert, Gefahren für Mensch, Umwelt und (oder) Anlage abzuwenden oder um Störungen, Störfälle oder Notfällen einschließlich ihren Folgen zu begegnen.

5.2.2 Bezug auf andere einschlägige Ansätze

Man findet in der Fachliteratur bereits Vorgehensweisen beschrieben, die darauf abzielen, sicherheitsrelevante Arbeiten im Instandhaltungsbereich und den Bedarf an einer weiteren Vorsorge gegen sicherheitsrelevante Fehler bei diesen Arbeiten zu bestimmen. Dabei handelt es sich um die Ansätze der „Reliability Centered Maintenance (RCM)“ (/IAE 03/, 15ff.), die eine Beurteilung einschließen, welche Bedeutung Komponenten für die Sicherheit der Anlage haben. Das Objekt der Beurteilung ist mithin die Komponente, nicht das Arbeitsvorhaben, wodurch sich ein RCM-Ansatz von dem Verfahren unterscheidet, das der vorliegende Bericht vorsieht. Zur Beurteilung der sicherheitstechnischen Bedeutung einer Komponente hat der Anwender des RCM-Ansatzes Ursachen und Folgen eines Ausfalls der Komponenten zu untersuchen. Dem RCM-Ansatz fehlt aber eine detaillierte Anleitung, wie er diese Untersuchung ausführen und welche Fehlerquellen er dabei einschließen soll. Das Verfahren des vorliegenden Berichts gibt dem Anwender dagegen konkrete Anhaltspunkte, welche Komponenten, welche Fehlermöglichkeiten und welche Fehlerfolgen er berücksichtigen soll, wenn er die Wichtigkeit anstehender Arbeiten an technischen und (oder) baulichen Einrichtungen der Anlage zu bewerten hat.

Der gleiche Kommentar gilt für Vorgehensweisen, die sich nicht auf die Komponenten, sondern auf technische Funktionen und damit auf die Aufgaben beziehen, die technische und bauliche Einrichtungen in der Anlage erfüllen (/IAE 03/, Annex 3).

6 Verfahren zur Bestimmung denkbarer Fehler, sicherheitstechnischer Folgen denkbarer Fehler und möglicher Vorkehrungen

Es wird ein Verfahren beschrieben, mit dem der Anwender zum einen die Möglichkeiten untersuchen kann, bei sicherheitstechnisch bedeutsamen Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen Fehler mit nachteiligen Folgen für die Sicherheit zu begehen sowie begangene Fehler zu erkennen und zu beheben oder wenigstens abzumildern. Zum anderen dient das Verfahren der Beurteilung, wie wirksam Vorkehrungen gegen diese Fehler bzw. deren Folgen sind. Die folgenden Gliederungspunkte beschreiben und diskutieren das Entwicklungsergebnis.

6.1 Die Darstellung des Verfahrens

Zu betrachten sind der Anwendungsbereich und der Anwendungszeitpunkt des Verfahrens sowie die beiden Verfahrensteile, die der Analyse einer sicherheitstechnisch bedeutsamen Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung bzw. der Bewertung möglicher Vorkehrungen dienen.

6.1.1 Anwendungsbereich, Anwendungszeitpunkt und Analysetiefe

Das Verfahren ist auf den Prozess anzuwenden, den eine Instandhaltung, Änderung, Nach- und Umrüstung durch Eigen- und Fremdpersonal unter Berücksichtigung aller organisatorischen und technischen Teilaufgaben der Anweisung, Planung, Überwachung und Ausführung auf dem Kraftwerksgelände zu durchlaufen hat, wenn das betreffende Arbeitsvorhaben nach der Klassifizierung mit dem Verfahren aus Kapitel 5 Vorkehrungen sicherheitstechnischer Art erfordert, die über die Umsetzung der einschlägigen Anforderungen insbesondere aus der Instandhaltungsrichtlinie hinausgehen. Die Betrachtung schließt die Qualitätssicherung erforderlicher Güter und Dienstleitungen auf der Anlage ein.

6.1.2 Das Teilverfahren für die Analyse einer Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung

Das Analyseverfahren unterstützt die Aufschlüsselung des betrachteten Arbeitsvorhabens in Aufgaben, deren Zerlegung in Handlungen und die Untersuchung, welche Fehler sich für diese Handlungen unterstellen lassen, auf welche Ursachen die unterstellten Fehler zurückgehen, welche Folgen letztere für die Sicherheit der Anlage haben, was ihre Erkennung ermöglicht und wie sie sich beherrschen lassen (siehe Kapitel 2. Diese Schritte werden nachfolgend im Detail vorgestellt.

6.1.2.1 Erster Schritt: Zerlegung des gesamten Prozesses in Aufgaben

Das Verfahren gibt eine Liste von Aufgaben und Teilaufgaben vor, in die der Prozess zu zerlegen ist, den eine betrachtete Instandhaltung, Änderung, Nach- und Umrüstung einschließlich der Qualitätssicherung erforderlicher Dinge und Dienstleistungen auf der Anlage vom Beginn der Planung des Arbeitsvorhabens bis zu dessen Abschluss zu durchlaufen hat.

Die Aufgabenbezeichnungen entstammen der Instandhaltungsrichtlinie. Diese Übernahme ist notwendig, weil die Vorbereitung und Durchführung sicherheitstechnisch bedeutsamer Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen in den Anwendungsbereich der Instandhaltungsrichtlinie fällt, auf der die Instandhaltungsordnungen der einzelnen Kernkraftwerke beruhen. Daher haben sich alle Aufgaben, die das Verfahrensschema der Instandhaltungsrichtlinie vorsieht, in den Prozessen wiederzufinden, den die Ausführung einer Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung auf der Anlage durchläuft. Dieses Verfahrensschema weist ferner keine Lücken auf, was die Art der Aufgaben betrifft. Folglich besteht kein Bedarf nach einer andersartigen Einteilung. Das vorliegende Projekt sieht jedoch vor, einige dieser Aufgaben in Teilaufgaben zu gliedern, wenn sich dadurch eine übersichtliche Gliederung des Aufgabeninhalts zum Beispiel in organisatorische und technische Teile erzielen lässt.

Die folgende Liste präsentiert die Aufgaben und Teilaufgaben, in die eine Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung zu zerlegen ist. Der Aufzählung folgen Erläuterungen zum genauen Inhalt der Aufgaben bzw. Teilaufgaben. Im Einzelnen handelt es sich um

- die Sichtung der Gesamtaufgabe und Beauftragung mit den beiden Teilaufgaben

- Sichtung technischer Aspekte und
- anlageninternen Beauftragung,
- die technische Klärung mit den Teilaufgaben
 - Festlegung des Prozesses, wie sich die Aufgabendurchführung zu gestalten hat,
 - Bestimmung externer Einrichtungen, die zu beteiligen sind,
 - Objektschutz und
 - Benennung der Person(en), die für die Durchführung der Arbeitsvorhabens bzw. ausgewählter Teile wie den Strahlen- oder Arbeitsschutz verantwortlich zeichnen,
- die Arbeitsvorbereitung mit den beiden Teilaufgaben der
 - organisatorischen und der
 - technischen Arbeitsvorbereitung,
- die grundsätzliche Arbeitserlaubnis,
- die Durchführung der Maßnahmen für die Arbeitssicherheit,
- die Arbeitsfreigabe durch den Schichtleiter,
- die Arbeitsfreigabe vor Ort,
- die Durchführung der Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung,
- die Fertigmeldung der Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung,
- die Aufhebung der Maßnahmen zur Arbeitssicherheit,
- den Nachweis der Funktionsfähigkeit und
- die Herstellung der Betriebsbereitschaft.

Zur Liste als Ganzes und zum Inhalt der einzelnen Aufgaben sei angemerkt:

- Die Liste präsentiert die Aufgaben in der Reihenfolge, in der sie laut Verfahrenschema der Instandhaltungsrichtlinie zur Bearbeitung anstehen, wenn man von iterativen Durchläufen absieht. Das erste Listenelement entspricht Schritt (04) des

Verfahrensschemas, der dort die Bezeichnung „Sichtung und Beauftragung“ führt. Für diesen Einstieg gibt es folgende Gründe:

- Die Schritte (01) bis (03) legen fest, wann das Verfahrensschema zum Einsatz kommen muss. Es sei daran erinnert, dass die Instandhaltungsrichtlinie „geplante Arbeiten“ und „Störungen“ als Fälle für die Anwendung unterscheidet. Erstere hängen nicht wie letztere von einem zufälligen, technischen oder menschlichen Fehler, sondern von einer unternehmerischen Entscheidung ab, die ihrerseits auf Anforderungen der Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden zurückgehen kann.
- Das Verfahren soll nur dann nicht zum Einsatz kommen, wenn das Personal schnell handeln muss, um Leben und Gesundheit zu schützen bzw. Gefahren abzuwenden (siehe Gliederungspunkt 5.1.2).
- Die Anwendung dieses Verfahrens geht der Beauftragung in Schritt (04) voraus, damit ein eventueller Mehrbedarf an sicherheitstechnischen Vorkehrungen vom Beginn der Planungen an Berücksichtigung findet.
- Die weiteren Ausführungen widmen sich dem Inhalt der oben aufgezählten Aufgaben. Die Beschreibung enthält
 - Erläuterungen zum Aufgabeninhalt, wie ihn die Instandhaltungsrichtlinie verbindlich festlegt,
 - Kommentare, sofern Aspekte erklärungsbedürftig sind,
 - Bezüge zur Qualitätssicherung und
 - die Beschreibung der Teilaufgaben, in die eine Aufgabe unterteilt sein kann.

Eine Rekapitulation der Aufgabeninhalte laut Instandhaltungsrichtlinie ist notwendig, weil sie die Basisinformationen für die Bestimmung der Handlungen, Fehlermöglichkeiten und Vorkehrungen in den nachfolgenden Schritten der angestrebten Methode bereitstellt.

Die Ausführungen zur Qualitätssicherung handeln nur die Aufgaben ab, die sich in Instandhaltungsrichtlinie zum Thema „Qualitätssicherung“ finden. Vorbereitung und Ausführung eines Arbeitsvorhabens müssen darüber hinaus aber weitere, teils sehr detaillierte Anforderungen des kerntechnischen Regelwerks einhalten, deren Umsetzung die Qualität anstehender Arbeiten und ihrer Ergebnisse sicherstellen

soll. Qualitätssicherung bedeutet, möglichen Fehlern beim Handeln und nachteiligen Folgen dieser Fehler vorzubeugen. Daher kommen die detaillierten Anforderungen an die Qualitätssicherung im vorliegenden Bericht erst dann zur Sprache, wenn der methodische Schritt der Bestimmung geeigneter Vorkehrungen behandelt wird.

An einigen Stellen nimmt der vorliegende Bericht kleinere Veränderungen der Formulierungen in der Instandhaltungsrichtlinie vor. Sie verfolgen den Zweck, die Verständlichkeit zu erhöhen.

6.1.2.1.1 Sichtung der Gesamtaufgabe und Beauftragung

Aufgabenbeschreibung nach Instandhaltungsrichtlinie

Laut Instandhaltungsrichtlinie (Abschnitt 6) obliegen Sichtung und Beauftragung den Personen, die für den Betrieb der Anlage Verantwortung tragen. Weitere Fachbereiche der Anlage sind, soweit erforderlich, zu beteiligen.

Die sichtende Person bestimmt (1) die Dringlichkeit der Arbeiten beim augenblicklichen Anlagenzustand, (2) den Anlagenzustand, den die Ausführung der Arbeiten erfordert, und (3) mögliche Auswirkungen einer Minderung der Anlagensicherheit. (4) Bei Störungen hat der Beauftragende zudem die Art und den Umfang des Schadens zu ermitteln.

Der Auftrag hat mit Datum und Unterschrift des Beauftragenden (1) die Wiederherstellung eines sicheren Anlagenzustandes anzuweisen, (2) über die Federführung für die technische Klärung zu entscheiden und dabei auch die Fachbereiche zu nennen, die zu beteiligen sind, sowie (3) Maßnahmen und Dringlichkeit der Arbeiten festzulegen.

Kommentar

Bestimmt man die sicherheitstechnische Bedeutung der anstehenden Aufgabe mit dem Verfahren aus Kapitel 5 bevor man Schritt (04) des Verfahrensschemas mit der Beauftragung abschließt, hat sich der Verfahrensanwender bereits eingehend mit Arbeitsablauf, Fehlermöglichkeiten und Folgen für die Sicherheit auseinandergesetzt. In diesem Fall liegen zu den sicherheitstechnischen Aspekten dieser Aufgabe (Punkte (2) bis (4), oben) also schon wesentliche Informationen vor.

Das Verfahren des vorliegenden Projekts sieht eine Untergliederung in die beiden Teilaufgaben der

- Sichtung technischer Aspekte und der
- anlageninternen Beauftragung

vor, um die technischen und die organisatorischen Aspekte klarer voneinander zu scheiden.

6.1.2.1.2 Technische Klärung

Aufgabenbeschreibung nach Instandhaltungsrichtlinie

Die technische Klärung umfasst laut Instandhaltungsrichtlinie zum einen die Festlegung der einzelnen Maßnahmen, wobei neben einschlägigen Bestimmungen wie der Strahlenschutzverordnung und betrieblichen Regelungen wie zum Beispiel den Betriebsordnungen folgende Punkte einzubeziehen sind: (1) Anlagenzustand, (2) Anlagensicherheit, (3) Arbeitsverfahren und Prüfungen, (4) Arbeits- und Strahlenschutz, (5) erforderliche behördliche Genehmigungen, (6) erforderliche Fremdfirmen, Gutachter und sonstige externe Stellen, (7) erforderliche, besondere Unterweisung der ausführenden Personen und (8) Anlagensicherung. Bei Störungen kommt (9) die Ursachenerklärung hinzu. Letztere ist „zur Festlegung der zu treffenden Maßnahmen nicht immer erforderlich“ (/BMI 78/, Abschnitt sechs). Dies gilt insbesondere bei einem schutzzielorientierten Vorgehen.

Zur technischen Klärung gehört es zum anderen, den Verantwortlichen für die Durchführung der Arbeiten und eventuell weitere erforderliche Verantwortliche zum Beispiel für die Arbeitssicherheit zu benennen, sofern letztere nicht schon aufgrund innerbetrieblicher Regelungen feststehen (/BMI 78/, Abschnitt 6).

Kommentar

Zu den Punkten (1) bis (4) und (9) liegen nach der Anwendung des Verfahrens aus Kapitel 5 wichtige Informationen vor. Der Anwender hat bereits geklärt, welche Arbeiten am Ort der Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung und, darüber hinaus,

auf den Arbeits- und Transportwegen anstehen. Punkt (8) „Anlagensicherung“ steht für den Objektschutz.

Die technische Klärung lässt sich in die Teilaufgaben

- Festlegung des Prozesses bzw. des Prozessbündels, wie sich die Aufgabendurchführung zu gestalten hat,
- Bestimmung externer Einrichtungen, die zu beteiligen sind,
- Objektschutz (Anlagensicherung) und
- Benennung der Person(en), die für die Durchführung der Arbeitsvorhabens bzw. ausgewählter Teile wie den Strahlen- oder Arbeitsschutz verantwortlich zeichnen,

untergliedern. Die erste Teilaufgabe bedarf einiger Erläuterungen, die übrigen sind selbsterklärend.

Ein „Prozess“ umfasst Arbeitsschritte und Kriterien. Besteht ein Arbeitsvorhaben organisatorisch aus mehreren Prozessen, liegt ein Prozessbündel vor. Die Gesamtheit der Arbeitsschritte eines Prozesses untergliedert sich in solche, die

- eine Ausgangssituation in eine Zielsituation überführen sollen.
- anstehen, wenn der Prozess nicht wie vorgesehen ablaufen sollte.
- den betrachteten Prozess mit anderen Prozessen verknüpfen, um ihn entweder mit Dingen und (oder) Leistungen zu versorgen oder solche von ihm zu beziehen.

Ferner beruht die Festlegung eines Prozesses wesentlich auf Kriterien, die Ausgangs- und Zielsituation, Abfolge der Arbeitsschritte sowie Abbrüche des betrachteten Prozesses und Übergänge zu anderen definieren. Zu den Kriterien zählt auch, dass erforderliche Genehmigungen der Behörden vorliegen.

Bedarf das Personal einer besonderen Schulung, kann diese entweder einen eigenständigen Prozess, der mit den Prozessen zu bündeln ist, die sonst noch zu dem Arbeitsvorhaben gehören, oder sie kann einen Teil des Prozesses bilden, den die Erfüllung des anstehenden Arbeitsvorhabens zu durchlaufen hat. In beiden Fällen muss die Schulung nach klaren Kriterien erfolgreich beendet sein, bevor die schulungsbedürftigen Arbeiten beginnen.

6.1.2.1.3 Arbeitsvorbereitung

Aufgabenbeschreibung nach Instandhaltungsrichtlinie

Laut Instandhaltungsordnung umfasst die Arbeitsvorbereitung zum einen die Festlegung des Arbeitsablaufs mit den Aspekten (1) Personaleinsatz, (2) Termine, (3) benötigte Materialien und Hilfsmittel, (4) erforderliche Freischaltungen, (5) Maßnahmen des Arbeits-, Brand- und Strahlenschutzes sowie der Anlagensicherung (mit Bestätigung durch die jeweils fachlich Verantwortlichen) sowie (6) bestehende Arbeitspläne.

Zum anderen gehört zur Arbeitsvorbereitung die Benennung des oder der Aufsichtführenden vor Ort durch den Verantwortlichen für die Durchführung der Arbeiten. Diese Benennung muss rechtzeitig vor der Arbeitsfreigabe vor Ort stattfinden.

Kommentar

Der Unterschied zwischen technischer Klärung und Arbeitsvorbereitung besteht darin, dass erstere den grundsätzlichen Ablauf regelt, während letztere konkrete Details der Aufgabenerfüllung festlegt. Die Beachtung bestehender Arbeitspläne (Punkt (6)) hat sicherzustellen, dass dieselbe Person oder ein benötigtes Gerät zum vorgesehenen Zeitpunkt zur Verfügung stehen und nicht durch einen anderen Einsatz gebunden sind. Aus der Anwendung des Verfahrens aus Kapitel 5 ergeben sich bereits wichtige Hinweise zu den Punkten (3) und (4), weil der Anwender sowohl den Arbeitsablauf als auch benötigte Materialien und Hilfsmittel bestimmt hat.

Das vorliegende Projekt unterscheidet die „organisatorische“ und die „technische Arbeitsvorbereitung“.

- Zur organisatorischen Arbeitsvorbereitung rechnen die oben aufgezählten Punkte (1) bis (3), (6) und die Benennung der Aufsichtführenden vor Ort. Punkt (3) gehört auch zur technischen Arbeitsvorbereitung, weil eine anstehende Arbeit bestimmte Geräte, Werkzeuge und sonstige Dinge oder Stoffe erfordert. Die Zuordnung zur organisatorischen Arbeitsvorbereitung beruht auf der Überlegung, dass diese Mittel nicht nur zu bestimmen, sondern auch zu einem bestimmten Zeitpunkt bereitzustellen sind.
- Unter die technische Arbeitsvorbereitung fallen die verbleibenden Punkte (4) und (5) der obigen Liste.

6.1.2.1.4 Grundsätzliche Arbeitserlaubnis

Aufgabenbeschreibung nach Instandhaltungsrichtlinie

Der Schichtleiter hat die Arbeitserlaubnis zu erteilen. Sie umfasst die beiden Teile, (1) dem Arbeitsvorhaben grundsätzlich zuzustimmen, und (2) die Maßnahmen zur Arbeitssicherheit durchführen zu lassen. Der Schichtleiter hat bei seiner Entscheidung die Anlagensicherheit, den erforderlichen Anlagenzustand und andere, laufende Arbeiten zu berücksichtigen (Instandhaltungsrichtlinie, Abschnitt sechs).

Kommentar

Die Arbeitserlaubnis darf nicht mit der Arbeitsfreigabe verwechselt werden, die erst im übernächsten Schritt stattfindet. Die grundsätzliche Arbeitserlaubnis spielt eine wichtige Rolle für die Qualitätssicherung. Verweigert der Schichtleiter die Zustimmung, sind laut Instandhaltungsrichtlinie die „Sichtung und Beauftragung“, „Technische Klärung“ und „Arbeitsvorbereitung“ erneut zu durchlaufen, bis ein zustimmungsfähiges Arbeitsvorhaben vorbereitet ist. Die Arbeitserlaubnis geht allen Arbeiten an der Anlage voraus. Dieses Merkmal unterscheidet sie von anderen Aufgaben, die dazu führen können, das laufende Arbeitsvorhaben anzuhalten, und auf die weiter unten näher einzugehen sein wird. Solange der Schichtleiter die Arbeitserlaubnis verweigert, steht das Arbeitsvorhaben nur auf dem Papier.

6.1.2.1.5 Durchführung der Maßnahmen für die Arbeitssicherheit

Aufgabenbeschreibung nach Instandhaltungsrichtlinie

Zur Durchführung dieser Vorkehrungen gehören nach der Instandhaltungsrichtlinie die Maßnahmen der Freischaltung sowie des Arbeits-, Brand- und Strahlenschutzes unter Einhaltung einschlägiger Festlegungen und Regelungen. Die Durchführung ist schriftlich festzuhalten und durch Unterschrift im Regelfall des Ausführenden zu bestätigen. Die Instandhaltungsrichtlinie fordert schriftliche Hinweise auf eventuell erforderliche, besondere Verhaltensweisen, um die Arbeitssicherheit zu gewährleisten. Freigeschaltete Anlagenteile sind in der Warte und vor Ort ausreichend zu kennzeichnen und gegen eine unbeabsichtigte Aufhebung zu sichern.

Kommentar

Mit dieser Aufgabe beginnen die Eingriffe in die technischen und (oder) baulichen Einrichtungen der Anlage.

6.1.2.1.6 Arbeitsfreigabe durch den Schichtleiter

Aufgabenbeschreibung nach Instandhaltungsrichtlinie

Vor der Arbeitsfreigabe hat der Schichtleiter oder eine Person, die er beauftragt, zu kontrollieren, die ob Maßnahmen für die Arbeitssicherheit durchgeführt worden sind. Als Grundlage der Kontrolle dienen die schriftlichen Aufzeichnungen zu durchgeführten Maßnahmen und gegebenenfalls Sichtprüfungen vor Ort. Die Freigabe der Arbeiten obliegt dem Schichtleiter, sie bedarf der Unterschrift (Instandhaltungsrichtlinie, Abschnitt sechs).

Kommentar

Erteilt der Schichtleiter die Arbeitsfreigabe nicht, sind laut Instandhaltungsrichtlinie die Aufgaben in den Schritten „Arbeitserlaubnis“ und „Durchführung der Maßnahmen zur Arbeitssicherheit“ solange erneut zu bearbeiten, bis die Voraussetzungen für die Arbeitsfreigabe erfüllt sind. Es ist nur dann erforderlich, die „Sichtung und Beauftragung“, „Technische Klärung“ und Arbeitsvorbereitung“ erneut durchzuführen, wenn die Arbeitserlaubnis verweigert wird. Als Schritt der Qualitätssicherung bezieht sich die Arbeitsfreigabe somit in erster Linie auf den Bereich des Arbeitsschutzes. Sollte letzterer nachgebessert werden müssen, kann sich bei der erneuten Entscheidung über die Arbeitserlaubnis herausstellen, dass letztere nicht erteilt werden darf. Nur in diesem Fall hat die Planung des Arbeitsvorhabens wieder von vorne zu beginnen.

6.1.2.1.7 Arbeitsfreigabe vor Ort

Aufgabenbeschreibung nach Instandhaltungsrichtlinie

Die Instandhaltungsrichtlinie weist diese Aufgabe dem Aufsichtführenden vor Ort zu. Er hat vor der Freigabe festgelegte Maßnahmen der Arbeitssicherheit zu kontrollieren, soweit ihm diese Überprüfung möglich ist.

Kommentar

Laut Instandhaltungsrichtlinie sind die Aufgaben von der Arbeitsvorbereitung bis zur Arbeitsfreigabe vor Ort erneut zu durchlaufen, wenn letztere verweigert wird. Somit bezieht sich die Qualitätssicherung, die mit der Arbeitsfreigabe vor Ort einhergeht, primär auf die Arbeitsvorbereitung. Fällt nach erneuter Arbeitsvorbereitung die Entscheidung über die Arbeitserlaubnis negativ aus, muss das Arbeitsvorhaben ab dem Schritt der „Sichtung und Beauftragung“ neu vorbereitet werden. Man beachte, dass zum Zeitpunkt der Arbeitsfreigabe vor Ort schon Eingriffe in die technischen und (oder) baulichen Einrichtungen der Anlage stattgefunden haben.

Ist ein Arbeitsvorhaben ab der Sichtung und Beauftragung neu zu durchlaufen, steht die Entscheidung an, ob eventuell bereits vollzogene Zustandsänderungen an Einrichtungen wieder rückgängig zu machen sind oder bestehen bleiben können.

- Soll die Anlage in den Zustand zurückversetzt werden, den sie vor den betrachteten Eingriffen hatte, müssen die Handlungen mit den Vorkehrungen ausgeführt werden, die eine wirksame Vorsorge gegen sicherheitsrelevante Fehler dieser Handlungen erfordert. Dazu muss deren Sicherheitsrelevanz mit dem Verfahren aus Kapitel 5 bestimmt werden und für sicherheitsrelevante Wiederherstellungen des Ausgangszustandes der Anlage nach einem abgebrochenen Arbeitsvorhaben das Verfahren des vorliegenden Kapitels 6 angewendet werden. Zwar gehört die Wiederherstellung der Betriebsbereitschaft auch zu den Schritten, die für das abgebrochene Arbeitsvorhaben zu planen waren. Es kann aber nicht ausgeschlossen werden, dass die Gründe für den Abbruch auch die Bedingungen geändert haben, unter denen Freischaltungen und andere Eingriffe in die Anlage wieder aufzuheben sind. Daher sieht das vorliegende Verfahren vor, bei abgebrochenen Arbeitsvorhaben die Sicherheitsrelevanz anstehender Zustandsänderungen eigens zu ermitteln und mit geeigneten Vorkehrungen gegen Fehler zu sichern.
- Sollen die Änderungen des Anlagenzustands, die das Personal im abgebrochenen Arbeitsvorhaben durch Eingriffe schon bewirkt hat, bestehen bleiben, so sind folgende Schritte notwendig: Es ist erstens zu zeigen, dass die Sicherheit der Anlage durch die Zustandsänderungen keine Einbußen erleidet. Zweitens müssen die Planung und auch die Beurteilung der Sicherheitsrelevanz weiterer Instandhaltungen, Änderungen, Nach- oder Umrüstungen diese Zustandsänderungen berücksichtigen, solange letztere bestehen.

6.1.2.1.8 Durchführung der Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung

Aufgabenbeschreibung nach Instandhaltungsrichtlinie

Das Personal hat die anstehenden Aufgaben so durchzuführen, wie sie in technischer Klärung und Arbeitsvorbereitung festgelegt worden sind. Erfordert es die Situation, von den Festlegungen abzuweichen, sind der Aufsichtführende vor Ort und der Schichtleiter zu informieren. Das weitere Vorgehen ist zu bestimmen (Instandhaltungsordnung, Abschnitt sechs). Muss eine Arbeit unterbrochen werden, hat sich der Aufsichtführende vor Ort vor der Wiederaufnahme zu überzeugen, dass nach wie vor alle Vorkehrungen bestehen, mit denen die Arbeitssicherheit sicherzustellen ist.

Kommentar

Zu dieser Aufgabe gehören prinzipiell auch Qualitätssicherungsschritte, die dazu dienen, die Übereinstimmung zwischen dem vorgesehenen und dem tatsächlichen Vorgehen zu überwachen, mögliche unzulässige Abweichungen zu verhindern und, soweit möglich, zu beheben.

6.1.2.1.9 Fertigmeldung der Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung

Aufgabenbeschreibung nach Instandhaltungsrichtlinie

Die Instandhaltungsrichtlinie weist diese Aufgabe dem Aufsichtführenden vor Ort zu. Er meldet den Abschluss mit Unterschrift an den Verantwortlichen für die Durchführung der Arbeiten und an den Schichtleiter. Der Verantwortliche für die Durchführung der Arbeiten entscheidet, inwieweit vor Ort zusätzliche Kontrollen erforderlich sind, um den ordnungsgemäßen Abschluss der Arbeiten zu überprüfen.

Kommentar

Prinzipiell hat der Fertigmeldung eine Kontrolle vorauszugehen, dass die Arbeiten so durchgeführt worden sind, wie sie geplant waren. Die zuletzt genannten, zusätzlichen Kontrollen ordnen sich ebenfalls der Qualitätssicherung zu.

6.1.2.1.10 Aufhebung der Maßnahmen zur Arbeitssicherheit

Aufgabenbeschreibung nach Instandhaltungsrichtlinie

Die entsprechende Anweisung obliegt dem Schichtleiter, soweit (1) der Anlagenzustand es zulässt, (2) laufende Arbeiten es erlauben und (3) der Nachweis der Funktionsfähigkeit es erfordert. Der (die) Ausführende(n) bestätigt (bestätigen) die Aufhebung mit ihrer Unterschrift (Instandhaltungsrichtlinie, Abschnitt sechs).

6.1.2.1.11 Nachweis der Funktionsfähigkeit

Aufgabenbeschreibung nach Instandhaltungsrichtlinie

Die Funktionsfähigkeit ist auf Anforderung des Schichtleiters nachzuweisen (Instandhaltungsrichtlinie, Abschnitt sechs).

Misslingt der Nachweis, muss laut Instandhaltungsrichtlinie das Arbeitsvorhaben ab dem Schritt der „Sichtung und Beauftragung“ erneut durchlaufen werden.

Kommentar

Der Nachweis der Funktionsfähigkeit ist ein Schritt der Qualitätssicherung nach Abschluss der Arbeiten. Er bezieht sich auf die Funktionsfähigkeit der Einrichtung(en), die Gegenstand der Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung war(en). Je nach Umfang der Prüfung können Fehler im Zuge der Arbeiten unentdeckt bleiben.

6.1.2.1.12 Herstellung der Betriebsbereitschaft

Aufgabenbeschreibung nach Instandhaltungsrichtlinie

Der Schichtleiter (1) übernimmt das betroffene System oder den betroffenen Anlagenteil, (2) überzeugt sich (oder beauftragt jemanden, dies zu tun), dass alle Maßnahmen zur Arbeitssicherheit aufgehoben sind und (3) stellt die Betriebsbereitschaft her (Instandhaltungsrichtlinie, Abschnitt sechs).

Kommentar

Mit dieser Aufgabe endet ein Arbeitsvorhaben aus dem Bereich der Instandhaltung, Änderungen, Nach- oder Umrüstung.

6.1.2.2 Zweiter Schritt: Zerlegung der Aufgaben in Handlungen und Bestimmung des Handlungsablaufs

Die Aufgaben und Teilaufgaben aus Schritt eins sind in einzelne Handlungen aufzuschlüsseln und mit diesen der Handlungsablauf beim betrachteten Arbeitsvorhaben zu beschreiben. Die Bestimmung der Handlungen muss auch die Faktoren einschließen, von denen die Leistung des Menschen bei der Handlungsausführung abhängt, denn es kommt wesentlich auf die Ausprägungen dieser Faktoren an, ob mit der erfolgreichen Ausführung einer Arbeitshandlung oder mit Fehlern zu rechnen ist.

Die Methode muss den Anwender in die Lage versetzen, eine Vielzahl unterschiedlicher Handlungen zu erfassen. Diese Vielfalt geht einerseits auf die Unterschiedlichkeit der Aufgaben und Teilaufgaben zurück, aus denen sich der Prozess der Vorbereitung und Ausführung einer Instandhaltung, Änderung, Nach- und Umrüstung zusammensetzt (siehe oben, 5.1.2.1). Zum anderen hängen die Handlungen, die vorzubereiten und auszuführen sind, davon ab welche Einrichtung betroffen ist und ob es sich bei den Arbeiten um eine Prüfung, Wartung, Reparatur, Instandsetzung, Änderung, Nach- oder Umrüstung handelt.

Um diese Vielfalt bewältigen zu können, stellt die Methode zum einen generische Begriffe zur Verfügung, die eine abstrakte, systematische Beschreibung einer Arbeitshandlung und die Verknüpfung der Arbeitshandlungen zum übergreifenden Prozess der Aufgabenerfüllung ermöglichen. Zum anderen nennt die Methode die wesentlichen Quellen, aus denen der Anwender die konkreten Informationen zu schöpfen hat, wenn er eine anstehende Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung in die einzelnen Handlungen aufschlüsselt und den Ablauf des Arbeitsvorhabens bestimmt.

Der vorliegende Gliederungspunkt stellt das Begriffsinventar und die Quellen für die Erfassung der einzelnen Handlungen vor. Er beschreibt ferner die wesentlichen Kategorien leistungsbestimmender Faktoren. Abschließend geht er auf die Darstellung des Handlungsablaufs ein.

6.1.2.2.1 Generische Beschreibung einer Arbeitshandlung

Arbeitshandlungen lassen sich generisch durch die Merkmale beschreiben, dass (1) ein Akteur (2) mit seinen physischen, mentalen und sonstigen psychischen Leistungsvoraussetzungen sowie (3) einer organisatorisch festgelegten Einbindung und Zuständigkeit in der Anlage und, bei Fremdpersonal, in einer Fremdfirma (4) nach Vorliegen bestimmter Kriterien (5) an einem Ort mit (6) seinen Umgebungsbedingungen (7) ab und (oder) bis zu einem bestimmten Zeitpunkt (8) durch eine Aktion, die sich (9) eventuell unter Einsatz bestimmter Dinge und Mittel (10) auf eine Einrichtung oder eine andere Person bezieht, (11) Ergebnisse mit (12) Folgen erzielt, die beide (13) einer Bewertung unterworfen werden können, ob sie einem (14) vorgegebenen, qualitativen oder quantitativen Soll entsprechen oder nicht.

Die generische Beschreibung ordnet eine Aktion einer Einzelperson zu. Ein Team ist als Subjekt der Aktion nur zulässig, wenn ein und dieselbe Aktion wie zum Beispiel der Transport eines Gegenstandes nicht einer Einzelperson als alleinigem Ausführenden zugeordnet werden kann. Sonstige Teamarbeiten sind soweit zu analysieren, dass jede Aktion genau einen Akteur hat, auch wenn diese Handlungen ineinandergreifen, wie dies zum Beispiel beim Festhalten eines Gegenstandes durch ein Person und das Eindrehen der Befestigungsschrauben dieses Objekts durch eine andere Person der Fall ist. Kriterien in Punkt (4) können unter anderem sein, einen Auftrag mit bestimmten Informationen und Anweisungen erhalten, die Höhe eines Füllstands vor einem Prozedurschritt wie gefordert verifiziert oder die vorhergehende Anweisung in einer Prozedur korrekt bearbeitet zu haben. Zu Punkt (9) gehören zum Beispiel Werkzeuge oder Prozeduren für Aktionen an der technischen Einrichtung und das Telefon für die fernmündliche Kommunikation zwischen Personen. Die Untersuchung trennt Ergebnisse (11) und Folgen (12) einer Arbeitshandlung, um insbesondere die Möglichkeit latenter Fehler erfassen zu können, die sich aus einer Arbeitshandlung ergeben haben, aber erst zutage treten, wenn die betroffene Einrichtung erstmals nach den Arbeiten zum realen Einsatz kommt.

Rekapituliert man die Zerlegung in Aufgaben und Teilaufgaben aus Gliederungspunkt 5.1.2.1, kann man zwei übergeordnete Gruppen mit je zwei Kategorien des Handelns erkennen, die zusammen die Handlungsmöglichkeiten ausschöpfen. Im Einzelnen sind dies

- die Führung bestehend aus
 - Anweisung und
 - Kontrolle sowie
- die Ausführung mit den Teilen
 - Umsetzung der Anweisung und
 - Rückmeldung der Umsetzung.

Diese Handlungsarten lassen sich zu einem Kreisprozess zusammenschließen, der von der Anweisung ausgeht, über die Umsetzung und Rückmeldung zur Kontrolle läuft und von dieser zu weiteren Anweisungen führen kann, wenn die Kontrolle zum Beispiel Fehler aufdeckt, die zu korrigieren sind. Kontrollen können die Ausführung begleiten und (oder) nach Ende der Ausführung einsetzen. Die Ausführung einer Anweisung kann ihrerseits Anweisungen an untergeordnete Stellen enthalten. Mit der vorgestellten Handlungseinteilung kann man folglich lückenlos Befehlsketten von übergeordneten an untergeordnete Instanzen und den zugehörigen Rücklauf an Meldungen zu Stand und Ergebnis angewiesener Arbeiten erfassen.

6.1.2.2.2 Kategorien leistungsbestimmender Faktoren

Leistungsbestimmend sind alle Faktoren, die dazu beitragen, dass ein Akteur Anforderungen an die Ausführung und das Ergebnis seiner Arbeitshandlungen erfüllen kann oder nicht. Zu diesen Faktoren rechnen

- die physischen und psychischen Leistungsvoraussetzungen des Handelnden, besonders seine fachliche Qualifikation für die betrachtete Arbeit,
- die ergonomische Auslegung des Arbeitsortes einschließlich des Arbeits- und Transportweges, der Arbeitsumgebung, der Benutzungsoberflächen, Werkzeuge und sonstigen Arbeitsmittel, zu denen auch die Unterlagen zum Beispiel in Gestalt der Prozeduren eines Prüfhandbuchs gehören, und
- das Ausmaß an Stress, unter dem die Person handelt.

Zur Präzisierung sei angemerkt:

- Unter die Benutzungsoberflächen fallen alle Teile der baulichen und technischen Einrichtungen einer Anlage, an oder mit denen der Mensch handelt oder die an dem Weg liegen, auf dem er mit seiner Ausrüstung den Ort seiner Arbeitshandlung erreicht und (oder) verlässt. Ganz allgemein kann man Benutzungsoberflächen nach den physischen und erkenntnisbezogenen Anforderungen beschreiben und bewerten, die sie an den Menschen stellen, der an bzw. mit ihnen zu arbeiten hat. Unter die physischen Anforderungen fallen die Arbeitshaltungen und Arbeitsbewegungen, die den Zugang an den Arbeitsort und damit Arbeitsplatz, die Handhabung erforderlicher Werkzeuge und sonstiger Dinge sowie das Verlassen des Arbeitsorts und der Abtransport erfordern. Erkenntnisbezogene Anforderungen ergeben sich aus dem Inhalt und der Aufmachung aller Informationen auf der Benutzungsoberfläche. Zu den einschlägigen Bewertungsaspekten gehören die Wahrnehmbarkeit, Verständlichkeit und Umsetzbarkeit dargebotener Informationen in Entscheidungen und Handlungen.
- Erkenntnisbezogene Anforderungen stellen sich auch bei allen Mitteln der Informationsvermittlung und Informationsdarbietung, die nicht an Benutzungsoberflächen gebunden sind. Dazu gehören in erster Linie Unterlagen und die mündliche Kommunikation. Erstere können als elektronische Dokumente zur Benutzungsoberfläche zählen und diesen zugeordnet werden, die Betrachtung beschränkt sich daher auf sonstige, zum Beispiel papierene Dokumente. Dazu gehören in erster Linie die Prozeduren des Betriebs- und des Prüfhandbuchs sowie alle anderen Arten an Arbeitsanleitungen wie zum Beispiel die Arbeitsscheine, aus denen hervorgeht, wie eine Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung auszuführen ist. Mündliche Kommunikation kann sich auf Übertragungsgeräte stützen, muss es aber nicht. Sie kann ferner in Form fester Texte zum Beispiel bei Durchsagen oder in Gestalt fester Abläufe aus Anweisung, Wiederholung durch den Anweisungsempfänger und Bestätigung standardisiert sein.
- Leistungsbestimmende Faktoren der Arbeitsumgebung ordnen sich den Bereichen der Beleuchtung, Belüftung, Beschallung, Strahlung, Temperatur etc. zu. Wechselwirkungen mit leistungsbestimmenden Faktoren der Benutzungsoberflächen und sonstiger Arbeitsmittel wie vor allem der Unterlagen sind zu berücksichtigen, weil zum Beispiel die Wahrnehmbarkeit einer Information nicht nur von Ihrer Gestaltung, sondern auch von den Lichtverhältnissen am Ort der Nutzung abhängt.
- Unter „Stress“ versteht man die Anspannung, Aktivierung oder Beanspruchung beim Handeln. Stress geht auf ein Gleichgewicht bzw. Ungleichgewicht zwischen

den Anforderungen an das Handeln und den Leistungsvoraussetzungen auf Seiten des Handelnden zurück, der die Anforderungen zu bewältigen versucht. Zwischen Gleichgewicht und Ungleichgewicht besteht ein fließender Übergang. Je stärker sich das Verhältnis zwischen Leistungsanforderungen und Leistungsvoraussetzungen von „ausgewogen“ nach „unausgewogen“ verschiebt, desto höher ist die Anspannung bei der Ausführung geforderter Handlungen und desto stärker kann die Zuverlässigkeit des Handelns in Mitleidenschaft gezogen werden. Je ausgewogener das Verhältnis ausfällt, desto optimaler gestalten sich Anspannung bzw. Stressniveau und desto bessere Voraussetzungen bestehen dafür, dass der Handelnde die Anforderungen an sein Handeln erfüllt. Man nennt Faktoren, die, je nach ihrer Ausprägung zu einem mehr oder minder optimalen Stressniveau führen auch Stressoren. Stress mit negativer Wirkung auf die Handlungszuverlässigkeit ergibt sich zum Beispiel aus den Stressoren des Verantwortungs-, Erfolgs- und Zeitdrucks, der Aufgabenvielfalt mit häufigen, unerwünschten Wechseln zwischen Aufgaben und der Verunsicherung durch Situationen, deren Kontrolle dem Handelnden zumindest nach seiner subjektiven Einschätzung entgleitet. Details dieses Prozesses bilden vielfach noch kontrovers diskutierte Themen der Forschung. Als globales Ergebnis lässt sich jedoch festhalten, dass Stress wesentlich bestimmt, wie effektiv der Handelnde Wissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten in der gegebenen Situation nutzen kann. Unter optimalem Stress kann er diese Leistungsvoraussetzungen in vollem Umfang zur Geltung bringen. Je weiter sich die Anspannung vom optimalen Bereich entfernt, desto stärker beeinträchtigt sie den effektiven Einsatz der Kenntnisse und Erfahrungen, die der Handelnde erworben hat.

Die Ausprägungen leistungsbestimmender Faktoren sind nicht nur zu erfassen, sondern auch zu werten. Man muss also beurteilen, welche Faktorenausprägungen dazu beitragen, dass die betrachtete Handlung und ihr Ergebnis nach ergonomischen und psychologischen Fachwissen vorgegebenen Anforderungen entsprechen werden oder nicht. Das vorliegende Verfahren setzt voraus, dass der Anwender aufgrund seines fachlichen Hintergrundes die Faktorenausprägungen mit positiver bzw. negativer Wirkung auf die Handlungszuverlässigkeit kennt (siehe Kapitel 4). Detaillierte Informationen finden sich in Regeln und Richtlinien sowie in der Fachliteratur (z. B. /SAL 06/).

6.1.2.2.3 Informationsquellen für Bestimmung der Handlungen und des Handlungsablaufs

Der Anwender des Verfahrens benötigt möglichst umfassende und detaillierte Informationen zu einem Arbeitsvorhaben, um den anstehenden Arbeitsablauf, der einzelnen Handlungen und die zugehörigen leistungsbestimmenden Faktoren systematisch mit den Kategorien erfassen zu können, die in den vorangehenden Gliederungspunkten vorgestellt worden sind. Informationsquellen sind vor allem

- die Ergebnisse aus der Anwendung des Verfahrens aus Kapitel 5.
- die Instandhaltungsordnung der betreffenden Anlage bzw. des Kraftwerksblocks, in dem das Arbeitsvorhaben ansteht.
- das Betriebshandbuch einschließlich aller Betriebsordnungen und sonstige Unterlagen über die baulichen und technischen Einrichtungen der Anlage, an denen Arbeiten anstehen.
- bei Prüfungen das Prüfhandbuch.
- Normen, Regeln, Richtlinien und Behördenauflagen, die für das Arbeitsvorhaben gelten.
- Genaue, aktuelle Pläne der Gebäude und Anlagenbereiche, in denen Arbeiten anstehen. Sichtprüfungen sollen zusätzliche Informationen über die Abmessungen und die sonstigen ergonomischen Merkmale des Arbeitsortes sowie der Arbeits- und Transportwege ergänzen.
- Genaue, aktuelle Pläne, eventuelle auch Modelle und andere Darstellungen baulicher Einrichtungen, deren Errichtung oder Veränderung ansteht.
- bei Einrichtungen, die neu errichtet werden: genaue, aktuelle Unterlagen zu Aufbau und Funktionsweise der Einrichtung, aus denen sich auch ersehen lässt, wie sie zu transportieren, am Arbeitsort zu manövrieren und zu montieren sind. Aus den Unterlagen muss ferner hervorgehen, welche Merkmale die Benutzungsoberflächen im oben eingeführten, weiten Sinn des Begriffs aufweisen. Dabei geht es um die Benutzungsoberflächen für die Arbeiten, die mit der Änderung, Nach- oder Umrüstung einhergehen. Eine Sichtprüfung sollte die Unterlagen ergänzen. Das Gleiche gilt für alle Teile, die im Zuge einer Änderung, Nach- oder Umrüstung zu bereits bestehenden Einrichtungen hinzukommen oder ausgetauscht werden.

- bei allen anderen Dingen, die in den Arbeitsprozess auf der Anlage als Werkzeug, Gerät, sonstigem Hilfsmittel oder Material Verwendung finden sollen: genaue, aktuelle Unterlagen zu Art, Aufbau, Funktion und Nutzung. Durch Sichtprüfungen lassen sich bei Bedarf weitere Informationen gewinnen.
- genaue, aktuelle Unterlagen zu Art und Eigenschaften der Materialien. Sichtprüfungen haben bei Bedarf weitere Informationen bereitzustellen.
- die Regelungen zur Qualitätssicherung, nach denen die Anlage die Qualität gelieferter Dinge (von technischen Einrichtungen oder Teilen davon bis zu Bau- und sonstigen Materialien wie zum Beispiel Schmiermitteln) kontrolliert. Zu berücksichtigen sind Art und Umfang der Prüfung und die Anforderungen, die für die Prüflinge gelten.
- genaue, aktuelle Unterlagen zu Zahl und Qualifikation des Personals, das zur Führung und Ausführung anstehender Arbeiten benötigt wird.
- genaue, aktuelle Unterlagen, aus denen hervorgeht, wann welche der benötigten Mitarbeiter in welchem Umfang für die Arbeiten zur Verfügung stehen. Daraus hat hervorzugehen, wie stark diese Mitarbeiter im Zeitraum der anstehenden Arbeiten in anderen Aufgaben zum Einsatz kommen sollen.
- genaue, aktuelle Unterlagen zur Qualität der Dienstleistungen vorgesehener Fremdfirmen.
- genaue, aktuelle Unterlagen, die zeigen, inwieweit benötigte Geräte und sonstige Dinge zum Zeitpunkt der Arbeiten verfügbar sein werden, und inwieweit sie im gleichen Zeitraum auch bei anderen Arbeiten zum Einsatz kommen sollen. Dieser Punkt ist vor allem für Dinge und Geräte wichtig, von denen auf der Anlage oder in Fremdfirmen nur geringe Stückzahlen vorhanden sind.
- einschlägige Betriebserfahrungen in Form meldepflichtiger Ereignisse und sonstiger Erkenntnisse.
- Erfahrungen der Ausführenden mit gleichen oder vergleichbaren Aufgaben.
- bei Arbeitsvorhaben, die wiederholt auftreten: bisherige Erfahrungen mit der Planung und Ausführung der Arbeiten sowie Hinweise auf Änderungen, die den Ablauf der anstehenden Arbeiten betreffen und Änderungen des Vorgehens erfordern, das bei der vorhergehenden Durchführung praktiziert worden war.

6.1.2.2.4 Erfassung des Handlungsablaufs

Die gewonnenen Informationen dienen dazu, den Handlungsablauf einer anstehenden Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung von der „Sichtung der Gesamtaufgabe“ bis zur „Wiederherstellung der Betriebsbereitschaft“ darzustellen. Zur systematischen Erfassung der einzelnen Handlungen stützt man sich auf die Merkmale, die eine Arbeitshandlung laut generischer Beschreibung auszeichnen (siehe oben, 6.1.2.2.1). Aus der Handlungsbeschreibung hat hervorzugehen, welche Merkmalsausprägungen als leistungsbestimmende Faktoren die Ausführung und damit die Zuverlässigkeit der jeweils betrachteten Handlung positiv oder negativ bestimmen bzw. mitbestimmen. Der genaue Handlungsablauf ergibt sich aus

- der Reihenfolge, in der die Aufgaben und Teilaufgaben aus Gliederungspunkt 6.1.2.1 zu durchlaufen sind,
- die Verkettung der Handlungen durch die Abfolge aus Anweisung, Umsetzung, Rückmeldung und Kontrolle sowie
- den Kriterien und den Vorgaben zur Ausführungszeit der verschiedenen Handlungen (Punkte (4) und (7) der generischen Beschreibung einer Arbeitshandlung).

Der Handlungsablauf kann durch Verzweigungen, Parallelstränge und Vereinigung verschiedener Handlungsstränge gekennzeichnet sein.

6.1.2.3 Dritter Schritt: Analyse der Handlungen auf denkbare Fehler mit Folgen für die Sicherheit der Anlage und auf Möglichkeiten der Fehlererkennung und Fehlerbehebung

Die Analyse besteht darin, Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zu untersuchen, die von leistungsbestimmenden Faktoren über das korrekte bzw. fehlerhafte Handeln zu den Folgen für die Sicherheit und zu den Möglichkeiten reichen, eventuelle Fehler beim Handeln zu erkennen und zu beheben.

Das Analyseverfahren muss den Anwender dabei unterstützen, Ursachen, Folgen, Erkennung und Behebung möglicher Fehler bei unterschiedlichsten Instandhaltungen, Änderungen, Nach- oder Umrüstungen mit allen ihren Teilen von der „Sichtung der Gesamtaufgabe...“ bis zur „Wiederherstellung der Betriebsbereitschaft“ herauszuarbei-

ten. Dazu enthält das Verfahren umfassende Systematiken der Ursachenarten, Fehlerarten sowie der Möglichkeiten, Fehler zu erkennen und zu beheben.

6.1.2.3.1 Systematik der Ursachenarten

Fehlerursachen können zum einen die zufälligen Leistungsschwankungen sein, denen menschliches Handeln auch unter optimalen leistungsbestimmenden Faktoren unterliegen kann. Zum anderen lassen sich Fehler auf suboptimal gestaltete leistungsbestimmende Faktoren zurückführen.

Das vorliegende Verfahren unterstellt pessimistisch, dass ungünstig gestaltete leistungsbestimmende Faktoren immer zu Fehlern führen (zur Wertung der Faktorenausprägungen siehe oben, 6.1.2.2.2).

Die Beschaffenheit leistungsbestimmender Faktoren ist auch das Produkt menschlichen Handelns. Fehlerhaftes Handeln kann Ursache für ungünstige leistungsbestimmende Faktoren sein und damit weitere Fehler verursachen. Man denke dabei zum Beispiel an Fehler bei der Arbeitsvorbereitung in Form ungenauer Arbeitsanweisungen oder knapp bemessener Ausführungszeiten, die das Personal unter Zeitdruck setzen.

6.1.2.3.2 Grundlegende Arten denkbarer Fehler

Das Verfahren unterscheidet die drei grundlegenden Fehlerkategorien der Unterlassungs-, der Ausführungs- und der Verwechslungsfehler:

- Bei Unterlassungsfehlern unterbleibt eine erforderliche Handlung. Als unterlassen gilt auch eine Aktion, die der Handelnde so spät einleitet, dass sie zu dem Zeitpunkt, zu dem ihr Ergebnis vorzuliegen hat, weder dieses Resultat noch ein Teil davon erzielt ist, wenn der Ausführende die Handlung bis auf die verspätete Einleitung ordnungsgemäß vollzieht.
- Ein Ausführungsfehler liegt zum einen vor, wenn der Handelnde die erforderliche Aktion zwar rechtzeitig einleitet, ihre Ausführung und (oder) ihr Ergebnis aber nicht den Anforderungen entsprechen, die sie zu erfüllen hat. Als Beispiel sei die Herstellung eines Füllstandes genannt, die den geforderten Wert unter- oder überschreiten kann. Darüber hinaus kann auch der Gradient, mit dem der Handelnde den Füllstand anhebt oder absenkt, unzulässig sein. Die Ausführung ist also auch

dann fehlerhaft, wenn das erforderliche Ergebnis erreicht, der vorgesehene Weg zur Erzeugung des Ergebnisses aber nicht eingehalten wird.

Ausführungsfehler sind zum anderen auch dann gegeben, wenn die Einleitung der Handlung so spät erfolgt, dass bei ordnungsgemäßer Durchführung nur ein Teilergebnis zu einem Zeitpunkt erzielt ist, zu dem das Ergebnis erzielt sein sollte.

- Ein Verwechslungsfehler liegt vor, wenn anstelle der geforderten eine andersartige Handlung zur Ausführung kommt.

Die drei Kategorien erfassen die Arten möglicher Fehler vollständig, weil es keine weitere Möglichkeit gibt, eine erforderliche Handlung nicht in der vorgesehenen Weise zu vollziehen. Jede Kategorie ist allgemein genug festgelegt, um Fehler bei allen Aufgaben oder Teilaufgaben erfassen zu können, die eine Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung durchläuft (siehe oben 6.1.2.1).

Die Analyse betrachtet nur Fehler, die unbeabsichtigt auftreten. Sabotagen bleiben außer Betracht.

6.1.2.3.3 Systematik der Fehlerfolgen

Das Verfahren unterscheidet zwischen Folgen denkbarer Auslassungs-, Ausführungs- oder Verwechslungsfehler, die während der Vorbereitung bzw. während der Ausführung der Handlungen in der Warte oder vor Ort auftreten können.

Das Verfahren unterscheidet drei Arten von sicherheitsrelevanten Folgen:

- Eingriffe durch Systeme der Sicherheitsebene sind erforderlich.
- Komponenten der Sicherheitsebene 3 werden in ihrer Funktion direkt beeinträchtigt.
- Komponenten der Sicherheitsebene 3 werden in ihrer Funktion über Schnittstellen beeinträchtigt.

Das vorliegende Verfahren fordert, dass ein einzelner Fehler oder ein einzelner Fehler in Kombination mit zu unterstellenden Folgefehlern (vgl. Kapitel 4) keine dieser nachteiligen Auswirkungen auf die Sicherheit der Anlage haben darf.

6.1.2.3.4 Möglichkeiten der Fehlererkennung und der Fehlerbehebung

Der Anwender des Verfahrens hat bei jedem Fehler mit den eben beschriebenen Folgen grundsätzlich die Möglichkeiten zu untersuchen, den Fehler zu erkennen und zu beheben. Er hat die Art der Erkennungsmöglichkeiten zu erfassen und ihre Effektivität zu beurteilen. Das Verfahren stellt dafür verschiedene Kategorien und Untersuchungsaspekte bereit:

- Ein Fehler kann einen akustischen und (oder) optischen Alarm zur Folge haben, der
 - entweder unmittelbar mit dem Wirksamwerden des Fehlers oder zu einem späteren Zeitpunkt eintritt, wenn die instandgehaltene, geänderte, nach- oder umgerüstete Einrichtung auf Anforderung ihre Funktion zum Beispiel im Zuge einer Funktionsprüfung nicht erfüllt.
 - in der Warte und (oder) vor Ort dargeboten wird.
 - durch leistungsbestimmende Faktoren der Handlungsausführung überdeckt und in seiner Wahrnehmbarkeit eingeschränkt werden kann. Man denke etwa an den Geräuschpegel oder den obligatorischen Schutz des Gehörs bei bestimmten Arbeiten. Die Wahrnehmung eines Alarms kann auch darunter leiden, dass das Personal viele Arbeiten zu erfüllen hat, die seine Aufmerksamkeit so stark binden, dass Alarme überhört oder übersehen werden können.
- Fehler können Veränderungen nach sich ziehen, die so deutlich ausfallen, dass sie Alarmen gleichkommen. Dazu gehören zum Beispiel anormale Betriebsgeräusche. Solche Änderungen sind wie Alarme zu untersuchen.
- Ergebnis eines Fehlers kann eine Veränderung sein, deren Auffälligkeit nicht einem Alarm gleichkommt. Man denke etwa an die anormale Erwärmung eines Gehäuses. Wichtige Untersuchungsmerkmale sind der Zeitpunkt, zu dem sich die Veränderung einstellt, der Grad ihrer Auffälligkeit und die unter Umständen besonderen Voraussetzungen, unter denen sie auffällig wird. Die Wahrnehmung ungewöhnlicher Betriebsgeräusche setzt zum Beispiel voraus, dass der übrige Geräuschpegel sie nicht überdeckt und sich Menschen ausreichend nahe an der Einrichtung aufhalten.
- Fehler können für Personen erkennbar sein, die den Handlungsablauf beobachten. Die Untersuchung berücksichtigt diese Erkennungsmöglichkeit nur, wenn eine oder

mehrere Personen explizit den Auftrag haben, die betreffenden Handlungen zu kontrollieren. Zu untersuchen ist,

- ob der (die) Kontrolleur(e) den Auftrag haben, die Handlungsausführung, ihr Ergebnis oder beides zu überwachen bzw. zu überprüfen.
 - inwieweit präzise Anweisungen vorliegen, worauf bei den beobachteten Handlungen bzw. den Ergebnissen zu achten und was als richtig bzw. fehlerhaft zu beurteilen ist.
 - ob es die Arbeitsbelastung der kontrollierenden Person(en) erlaubt, die Kontrollaufgabe wahrzunehmen.
 - ob der Informationsfluss so zwischen dem Ausführenden und dem (den) Kontrolleur(en) so geartet ist, dass der (die) Kontrolleur(e) den Handlungsablauf verfolgen und bei Fehlern rechtzeitig eingreifen können. Ein Beispiel bildet die mehr oder minder freie Sicht auf den Ort der Handlungen und den Bewegungsablauf.
 - wie viel Zeit nach Abschluss der Arbeit verstreicht, bis die Kontrolle des Ergebnisses stattfindet.
 - welche Faktoren wie zum Beispiel Vertrauen in die Zuverlässigkeit der ausführenden Person(en) die Wirksamkeit der Kontrolle beschränken können.
- Der Fehlererkennung können ferner Verfahren dienen, mit denen Zustand und (oder) Funktion einer Einrichtung oder eines anderen Bestandteils der Sachausstattung überprüfbar sind. Die Untersuchung hat herauszuarbeiten, inwieweit vorgesehene Verfahren überhaupt in der Lage sind, betrachtete Fehler zu entdecken, und zu welchem Zeitpunkt nach Ende der Arbeiten das Verfahren zum Einsatz kommt.
 - Eine letzte Möglichkeit der Fehlererkennung bietet die Kontrolle der Berichte und sonstigen Aufzeichnungen wie zum Beispiel ausgefüllter Checklisten über die durchgeführten Arbeiten. Zu den Beurteilungsgesichtspunkten gehören der Zeitpunkt, zu dem die Kontrolle stattfindet, und der Inhalt der Dokumente, soweit er Informationen enthält, die eine effektive Kontrolle unterstützen. Man beachten, dass diese Unterlagen fehlerhaft ausgefüllt werden können.

Diese verschiedenen Möglichkeiten schließen einander nicht aus. Es ist mit der Möglichkeit zu rechnen, dass Fehler auch lange Zeit unentdeckt bleiben.

Die Fehlererkennung bildet die unabdingbare Voraussetzung der Fehlerbehebung. Die Untersuchung hat zu zeigen, ob ein erkannter Fehler gegebenenfalls in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Erkennung und dem Anlagenzustand behoben werden kann, ohne dass die im Verfahren definierten sicherheitsrelevanten Fehlerfolgen eintreten (vgl. 6.1.2.3.3).

6.1.3 Bestimmung wirksamer Vorkehrungen

Der vorliegende Bericht ordnet die Vorkehrungen, die einem fehlerhaften Handeln mit nachteiligen Folgen für die Sicherheit entgegenwirken sollen, verschiedenen Bereichen zu. Diese sind

- Führung,
- Prozessorganisation,
- Prozessmanagement,
- Aufgabendesign,
- Einweisung und Schulung des Personals,
- Management der Ressourcen und Mittel sowie
- Technische Randbedingungen der Aufgabenausführung.

Die folgenden Gliederungspunkte stellen die zugehörigen Vorkehrungen im Einzelnen vor. Kommentare erläutern den Inhalt der Vorkehrungen und ihren Beitrag zur Verhinderung denkbarer Fehler.

6.1.3.1 Vorkehrungen auf der Ebene der Führung

Zusammenstellung der Vorkehrungen

1. Anlagenleitung und Führungskräfte haben auch für den Bereich der Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen ausdrücklich den Vorrang der Sicherheit zu formulieren, zu dokumentieren und gegenüber Eigen- und Fremdpersonal

sowohl in Worten als auch durch ihr Verhalten unmissverständlich und glaubwürdig zum Ausdruck zu bringen.

2. Führungskräfte des Fremdpersonals sind ebenfalls gehalten, durch vorbildliches Verhalten und eindeutige Stellungnahme ihren Mitarbeitern gegenüber die Priorität der Sicherheit klar und glaubwürdig herauszustellen.

Kommentare

Diese Vorkehrung präzisiert die einschlägigen Anforderungen des BMU an das Sicherheitsmanagementsystem eines Kernkraftwerks (/BMU 04/, insbesondere Abschnitte 3.2.5 und 3.2.7).

Führung bedeutet unter anderem, den Untergebenen klare Ziele zu setzen und auf deren Einhaltung zu achten. Vernachlässigt die Führung ihre Aufgabe, in Wort und Tat eindeutig und glaubwürdig den Vorrang der Sicherheit zu propagieren, können die Untergebenen zu der Überzeugung kommen, andere Ziele wie zum Beispiel die wirtschaftliche Produktivität seien wichtiger und ihr Handeln entsprechend ausrichten.

6.1.3.2 Vorkehrungen auf der Ebene der Prozessorganisation

Zusammenstellung der Vorkehrungen

1. Arbeitsvorhaben sollen auch für den Bereich der Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung als Prozesse organisiert sein. Das bedeutet, klar festzulegen
 - welche Aufgaben zum Prozess gehören und welche nicht,
 - wie der Prozess mit anderen Prozessen verknüpft ist, um Leistungen von diesen Prozessen zu übernehmen und (oder) an sie zu übergeben,
 - welche Anforderungen für übernommene und übergebene Leistungen gelten und nach welchen Kriterien zu prüfen ist, ob die Anforderungen erfüllt sind,
 - wie der Prozess zu führen ist
 - worin der Inhalt der Aufgaben, die zum Prozess gehören, besteht,
 - wie diese Aufgaben seriell und (oder) parallel zu bearbeiten sind,
 - mit welchen Ressourcen der Prozess ausgestattet sein sollte.

- was zu tun ist, wenn Situationen eintreten, in denen der Prozess nicht in der geplanten Form begonnen oder weitergeführt werden kann.
2. Die Prozessorganisation muss, was Art und Abfolge der Aufgaben betrifft, das Verfahrensschema der Instandhaltungsrichtlinie einhalten.

Kommentare

Die Grundlage dieser Vorkehrung bilden entsprechende Anforderungen an das Sicherheitsmanagementsystem eines Kernkraftwerks (/BMU 04/, Abschnitt 3.1.1, zur Prozessorganisation im Allgemeinen siehe /SCH 04/, Spalte 1208ff.).

Spezielle Vorkehrungen werden weiter unten auf die Aspekte „Prozessmanagement“, „Aufgabeninhalt“, „Bearbeitungsreihenfolge“ und „Ressourcen“ eingehen. Dabei kommt auch die Qualitätssicherung der Arbeitsabläufe innerhalb eines Prozesses zur Sprache. Unter die Leistungen fallen Dinge, Stoffe und Dienstleistungen. Zu letzteren rechnen neben der Arbeit des Menschen auch die Bereitstellung elektrischer, mechanischer und thermischer Energie sowie die Leistungen technischer Einrichtungen.

Die Festlegung eines Prozesses unterstützt die Vorbereitung einer Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung wesentlich, weil sich im Zuge der Prozessdefinition mögliche Lücken, Ungenauigkeiten und Inkonsistenzen des bisherigen Vorgehens zeigen können. Defizite dieser Art behindern den reibungslosen Ablauf eines Arbeitsvorhabens. Sie führen zu Zeitverlusten durch die Notwendigkeit, das Defizit zu erkennen, eine Lösung zu finden und der Lösung entsprechend vorzugehen. Alle diese Aktivitäten können zudem fehlerbehaftet sein.

6.1.3.3 Vorkehrungen auf der Ebene des Prozessmanagements

Zusammenstellung der Vorkehrungen

1. Der Prozess ist einer qualifizierten Führung mit klar bestimmten Zuständigkeiten, Rechten und Pflichten zu unterstellen. Der Betreiber hat die Voraussetzungen dafür zu schaffen, dass Anweisungen an Untergebene, Überwachung der angewiesenen Arbeiten und Reaktionen auf eventuelle Abweichungen vom vorgesehenen Prozessablauf effektiv erfolgen können. Dazu gehört es,

- Führungspersonal für den Prozess in ausreichender Zahl und Qualifikation bereitzustellen.
 - der Führung das Ziel der Sicherheit mit höchster Priorität vorzugeben,
 - Anweisung und Kontrolle des Fremdpersonals durch das Eigenpersonal klar zu regeln.
 - bei Arbeiten vor Ort präsent zu sein, um Ablauf und Ergebnis überwachen zu können.
 - genug Zeit vorzusehen, um die Führungsaufgaben zum Beispiel durch Präsenz vor Ort, in vollem Umfang erfüllen zu können.
 - bei Prozessen, die sich zeitlich über Personalwechsel (zum Beispiel bei Schichtende) hinweg erstrecken, ein Verfahren festzulegen, das der ablösenden Führung ein präzises Bild vermittelt, in welchem Stadium sich die Arbeiten befinden und wie sie fortzusetzen sind.
 - explizite Anweisungen zum Inhalt der Aufgaben zu formulieren. Kontrollaufgaben erfordern Festlegungen zum Gegenstand der Kontrolle und zu Kriterien für die Entscheidung, dass der Gegenstand der Kontrolle den Anforderungen entspricht, die er aufzuweisen hat. Überwachung und Beurteilung beziehen sich zum einen auf das aufgabenbezogene Wissen und Können sowie die Tagesform des unterstellten Personals. Zum anderen sind Handlungen, Handlungsergebnisse sowie Zustand und Funktion der materiellen Ausrüstung und der technischen Einrichtungen Kontrollen und Beurteilungen zu unterziehen.
 - Anforderungen an die Führungsaufgaben selbst zu formulieren und Kriterien festzulegen, nach denen sich beurteilen lässt, ob Führungsaufgaben auf allen Hierarchieebenen und in allen Teilen des Prozesses den Anforderungen entsprechend ausgeführt werden.
 - Festlegungen zu treffen, wer für die Kontrolle der verschiedenen Führungsaufgaben innerhalb eines Prozesses zuständig ist. Kontrollen sind auch für die Führungspositionen eines Prozesses vorzusehen, denen die Leitung des Prozesses obliegt und die somit in der Organisation des Prozesses die oberste Instanz bilden.
2. Für jede Aufgabe im Prozess muss während jeder Zeitspanne, in der Arbeiten zu dieser Aufgabe laufen, feststehen, wer als Führungskraft für diese Aufgabe zu-

ständig ist, Weisungen erteilen darf und anstehende Entscheidungen zu treffen hat.

3. Es muss jedem Mitarbeiter, der im Prozess auf Weisung handelt, klar sein, von wem er Weisungen entgegenzunehmen hat und entgegennehmen darf. Dies gilt für Eigen- und Fremdpersonal sowie für alle Führungskräfte, die zum Anlagenpersonal gehören und im Prozess anderen Führungskräften untergeordnet sind.

Kommentare

Aufgabeninhalte, leistungsbestimmende Faktoren und Ressourcen weisungsgebundener Tätigkeiten kommen weiter unten zur Sprache.

Es entspricht den Grundsätzen des Sicherheitsmanagements, Anforderungen an die Qualität und die Kontrolle des Führungsverhaltens zu formulieren und umzusetzen (/BMU 04/, insbesondere Abschnitt 3.2.5, 3.3.2, 3.4.2 und 3.5.2).

Die Vorkehrung zum Informationsfluss bei Personalwechseln entspricht einschlägigen Vorgaben der OECD (/OEC 09/, S.18).

Eine Prozessorganisation steht wie jede Organisationsform zunächst nur auf dem Papier. Sie bedarf der Umsetzung, zu der auch die Steuerung, Überwachung und Korrektur eventueller Fehler gehören. Die Formulierung der obigen Vorkehrungen lässt offen, wie diese Führung genau organisiert sein sollte, nennt stattdessen aber unabdingbare Voraussetzungen dafür, dass sie ihre Aufgaben effektiv erfüllen kann. Dazu müssen Führungskräfte nicht nur die erforderliche Zeit haben, sie müssen auch wissen, wofür sie genau zuständig sind, wo ihre Zuständigkeit endet, von wem sie selbst Weisungen empfangen und an wen sie zu berichten haben, worauf sie bei ihren Kontrollen zu achten und welche Maßstäbe sie an den Ablauf und den jeweils erreichten Stand des Prozesses zu legen haben. Ohne diese Ressourcen und Festlegungen bleiben eventuelle Fehler der Unterebenen unentdeckt. Auch lassen Zeitdruck, Unklarheiten über den Stand der Arbeiten im Prozess insbesondere bei Personalwechseln zum Beispiel bei Schichtende und (oder) Unklarheiten über die Aufgabenstellung fehlerhafte Anweisungen bzw. Interventionen der Führungskräfte mit Folgen erwarten, die von Zeitverlusten durch erforderliche Klärungen bis zu fehlerhaften Handlungen der Unterebenen reichen können. Das Gleiche gilt für unklare Zuständigkeiten und Weisungslinien.

Bei Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen gehören zum Führungspersonal zumindest die Personen, die laut Instandhaltungsrichtlinie Weisungsbefugnisse haben. Das sind

- die Verantwortlichen für den Betrieb der Anlage, in deren Zuständigkeit die Sicherung der Gesamtaufgabe und die Beauftragung fallen.
- die Verantwortlichen für die Durchführung des Arbeitsvorhabens.
- die Verantwortlichen für die Durchführung der Arbeiten, des Strahlen- und des Arbeitsschutzes etc..
- die Aufsichtführenden vor Ort und
- der Schichtleiter.

Je nach Ausgestaltung der Prozessorganisation und des Prozessmanagements kann dieser Personenkreis mehr oder weniger stark erweitert sein.

6.1.3.4 Vorkehrungen zum Inhalt der Aufgaben

Zusammenstellung der Vorkehrungen

1. Anstehende Handlungen und Handlungsabfolgen an der Anlage sollen so detailliert festgelegt und schriftlich formuliert sein, dass die handelnden Personen einschließlich der Führungskräfte eine genaue Referenz haben, welche Arbeiten ihnen obliegen. Inhalte der Aufgabenbeschreibung haben zu sein:
 - Kriterien für den Beginn, das Ende und den Abbruch der Arbeiten. Dazu gehören auch Termine, ab wann und (oder) bis wann Arbeiten auszuführen sind.
 - die einzelnen Arbeitsschritte vom Empfang des Arbeitsauftrags über das Ausfassen aller Teile der Ausrüstung für die Durchführung der Arbeiten, Kontrollen und Eingriffe, Kommunikationen und Dokumentationen bis hin zur Meldung des Arbeitsfortschritts (soweit erforderlich), des Arbeitsabschlusses sowie eventueller Auffälligkeiten, Unregelmäßigkeiten und Probleme.
 - die klare Anweisung, Situationen, die es erfordern, vom vorgesehenen Arbeitsablauf abzuweichen zu melden und auf Anweisung für das weitere Vorgehen zu warten, sofern nicht schnelles Handeln zur Abwendung einer Gefahr für Leben, Gesundheit, Umwelt und (oder) Anlage geboten ist.

- Hinweise auf mögliche Fehler bei den Arbeitsschritten mit ihren Folgen für Leben und Gesundheit sowie für die Sicherheit der Anlage. Dabei ist auf die Erkenntnisse zurückzugreifen, die sich aus der Anwendung des Verfahrens aus Kapitel 5 ergeben haben.
- die genaue Reihenfolge der Arbeitsschritte.
- genaue, unmissverständliche Bezeichnungen der Arbeitsorte und der Anlagenteile, an denen zu arbeiten ist.
- eindeutige und vollständige Liste der erforderlichen Ausrüstungsgegenstände, zu denen Unterlagen, Schlüssel, Werkzeuge, Geräte, Maschinen, Verbrauchsmaterial, Schutzausrüstungen und so weiter gehören.
- bei wiederholt auftretenden Aufgaben eindeutige und vollständige Zusammenstellung der eventuellen Besonderheiten der Aufgabendurchführung, die Unterschiede im Vergleich zur bisherigen Bearbeitung erfordern. Dazu gehören zum Beispiel Änderungen an der Anlage oder andere laufende Arbeiten, die ein besonderes Vorgehen erfordern.

Grundlage der Aufgabenbeschreibung sollte eine Aufgabenanalyse einschließlich der Bestimmung möglicher Fehler und ihrer Ursachen sein.

2. Erforderliche Qualitätssicherungsaufgaben sollten genau beschrieben werden, was Art des Prüflings, Prüfverfahren und Bewertungskriterien für das Prüfergebnis betrifft. Dies gilt unabhängig davon, ob die Qualitätssicherungsaufgabe organisatorisch in den Prozess der betrachteten Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung einbezogen ist oder nicht.

Kommentare

Genau und schriftlich formulierte Festlegungen wirken der Gefahr entgegen, aus dem Gedächtnis heraus fehlerhaft zu handeln. Die Unterlagen bilden auch die Grundlage für die Anweisungs- und Kontrollaufgaben der Führungskräfte und für die Einweisung und Schulung des Personals, auf die der folgende Gliederungspunkt eingeht. In einschlägigen Vorgaben der OECD finden sich vergleichbare Anforderungen an die Bereitstellung und Gestaltung schriftlicher Unterlagen sowie zum Vorgehen, wenn Arbeiten nicht wie geplant bearbeitet werden können (/OEC 09/, S. 17f.). Die oben stehenden Vorkehrungen gehen im Detaillierungsgrad über diese Vorkehrungen hinaus.

6.1.3.5 Vorkehrungen zur Einweisung und Schulung des Personals

Zusammenstellung der Vorkehrungen

1. Eigen- und Fremdpersonal sollen in die anstehenden Aufgaben eingewiesen werden. Dies gilt ausdrücklich auch für die Führungskräfte des eingesetzten Eigen- und Fremdpersonals. Die Einweisung sollte
 - für alle Ausführenden Pflicht sein,
 - zeitlich nah an der Ausführung der betreffenden Aufgaben liegen,
 - ohne Zeitdruck stattfinden,
 - Zeit für Fragen und deren Klärung lassen,
 - Fragesteller nicht als inkompetent und keine Frage als überflüssig abqualifizieren,
 - ausdrücklich auf mögliche Fehler bei der Aufgabendurchführung und deren Folgen eingehen,
 - bei wiederholt auftretenden Aufgaben eventuelle Besonderheiten im Vergleich zur vorherigen Durchführung erläutern, die sich zum Beispiel aus Anlagenänderungen oder anderen Arbeiten ergeben,
 - nach Möglichkeit am Arbeitsort stattfinden, wenn dies nicht Platzmangel, Strahlenbelastung, Lärm und (oder) andere Umgebungsfaktoren vergleichbarer Art verbieten.
2. Stehen Handlungen an, die erstmalig oder selten auftreten, auch für erfahrenes Eigen- oder Fremdpersonal schwierig sind und (oder) schnell ausgeführt werden müssen, um zum Beispiel die Strahlenbelastung zu minimieren, sollen diese Arbeiten vor der Ausführung an genauen Modellen trainiert werden.
3. Die Ausführenden sollen die Arbeitsbeschreibungen (entsprechend Gliederungspunkt 6.1.3.4) vor dem Termin der Einweisung in die Arbeiten und ausreichend Zeit erhalten, um sich mit den Aufgaben vertraut zu machen und eventuelle Unklarheiten ausräumen lassen zu können.

Kommentare

Einweisung und Training verfestigen das Wissen um das richtige Vorgehen. Dies wirkt Fehlern entgegen. Eine Einweisung am Ort der Ausführung erhöht die Anschaulichkeit der Erläuterungen und sie trägt dazu bei, Verwechslungen mit Anlagenteilen zu vermeiden, an denen nicht zu arbeiten ist. Die OECD unterstreicht in einschlägigen Vorgaben ebenfalls die Wichtigkeit der Einweisung des Personals und der Vorbesprechung anstehender Arbeiten (/OEC 09/, S. 13). Die oben stehenden Vorkehrungen gehen im Detaillierungsgrad über diese Vorgaben hinaus.

Es entspricht den Grundsätzen guter Sicherheitskultur, Fragesteller und Frage ernst zu nehmen und auf keinen Fall zu diffamieren.

6.1.3.6 Vorkehrungen im Bereich der Ressourcen und Mittel für die Aufgabenerfüllung

Zusammenstellung der Vorkehrungen

1. Die eingeplante Ausführungszeit sollte für alle Arbeiten großzügig bemessen sein, sofern es die technischen Rahmenbedingungen der Aufgabenerfüllung mit eventuell engen Zeitintervallen für die Bearbeitung der Aufgaben erlauben. Als Richtwert diene, für die Erfüllung so viel Zeit vorzusehen, dass das Personal die Aufgabe auch dann erfolgreich ausführen kann, wenn plausible Fehler auftreten, die es erkennen und beheben kann.
2. Der Arbeitseinsatz sollte, wenn es die technischen Rahmenbedingungen der Aufgabe erlauben, durch Pausen unterbrochen werden. Wenn möglich, soll es mehrere kürzere Pausen statt einer einzigen, längeren Pause geben, weil letztere einen geringeren Erholungswert besitzt als mehrere kürzere Pausen, auch wenn sie gleich lange dauert wie die zusammengezählten Erholungszeiten der kürzeren Pausen.
3. Die Dauer eines Arbeitseinsatzes soll so festgelegt sein, dass Arbeitseinsätze enden, bevor die Ermüdung ein Ausmaß erreicht, das die korrekte Aufgabenerfüllung infrage stellt.
4. Für die Dauer eines Arbeitseinsatzes soll ausreichend zahlreiches und qualifiziertes Personal bereitstehen, um Mitarbeiter rechtzeitig bzw. zügig ersetzen zu können.

nen, die nach eigenem Bekunden und (oder) nach Einschätzung der zuständigen Führungskräfte zu Beginn oder im Verlauf des Arbeitseinsatzes nicht oder nicht mehr in der Lage sind, ihre Aufgaben korrekt zu erfüllen. Die Ablösung eines Mitarbeiters darf diesen nicht als Versagen oder Drückebergerei angelastet werden.

5. Jeder Mitarbeiter soll für seine Aufgaben eine Aufgabenbeschreibung erhalten, die er an den Ort der Arbeiten mitnimmt. Zu dieser Aufgabenbeschreibung haben alle Unterlagen zu gehören, die er für die Ausführung der angewiesenen Aufgaben benötigt. Die Aufgabenbeschreibung hat in übersichtlicher Form die Inhalte zu umfassen, die Gliederungspunkt 6.1.3.4 aufzählt. Die Dokumente sollen so gestaltet sein, dass ihr Inhalt am Ort der Nutzung insbesondere unter ungünstigen Lichtverhältnissen problemlos zur Kenntnis genommen werden kann. Die Gestaltung hat die Nutzer dabei zu unterstützen,
 - die Zugehörigkeit des Dokuments zur Aufgabe durch unmissverständliche, deutlich sichtbare Bezeichnung klar zu erkennen,
 - im Dokument gesuchte Inhalte schnell zu finden, was sich durch eine klare Gliederung, durch aussagekräftige Überschriften für Aufgabenteile oder andere „Einheiten“, in die das Dokument gegliedert ist, sowie durch ein übersichtliches Seitenlayout und durch die ergonomische Gestaltung dargebotener Information erreichen lässt,
 - sich umfassend und unmissverständlich über den Inhalt ihrer Aufgabe(n) informieren zu können, weshalb das Dokument die kompletten Anweisungen, Kriterien, Informationen zur Reihenfolge, in der die Anweisungen zur Bearbeitung anstehen, und Angaben zu allen sonstigen Erfordernissen der Aufgabendurchführung wie zum Beispiel zu Werkzeugen zu enthalten hat,
 - den Stand der Aufgabebearbeitung für sich selbst und für andere zu dokumentieren, wofür zum Beispiel Erledigungsvermerke vorgesehen sein können.
6. Komponenten sollen sowohl in den Unterlagen als auch vor Ort eine eindeutige, vor Ort auch deutlich sichtbare Kennzeichnung haben, um die richtige Zuordnung zwischen Anweisungen in den Unterlagen und Handlungsobjekt zu unterstützen.
7. Die benötigte Ausrüstung soll rechtzeitig vor Beginn der Arbeiten bereitstehen, um Zeitdruck durch Warten auf die Bereitstellung zu vermeiden.

8. Der Zustand der benötigten Ausrüstung ist vor dem Arbeitseinsatz zu überprüfen, um zu erkennen, ob sie vollständig ist, in allem Punkten den Anforderungen entspricht und (oder) keinen Teil enthält, der vor Ort nicht gebraucht wird oder nicht benutzt werden darf.
9. Qualitätsprüfungen sollen zeitig stattfinden, um eventuell erforderlichen Ersatz mit der nachgewiesenen erforderlichen Qualität rechtzeitig vor Beginn der Arbeiten zur Hand zu haben.
10. Es sollen möglichst keine anderen Arbeiten an den Arbeitsorten und auf den Arbeitswegen stattfinden, die nichts mit der anstehenden Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung zu tun haben, für die eine besondere Vorsorge gegen Fehler zu treffen ist. Arbeitsorte und Arbeitswege sollen möglichst auch frei von allen Objekten sein, die für solche anderen Aufgaben erforderlich sind und die den Raum für Arbeits- und (oder) Transportbewegungen einschränken. Dazu gehören zum Beispiel Gerüste, abgestellte Geräte oder gelagerte Materialien.
11. Die Ausführenden sollen soweit möglich nicht gleichzeitig Unterlagen, Schlüssel und Hilfsmittel für mehrere Aufgaben erhalten, um deren Verwechslung bei der Durchführung einer anstehenden Arbeit zu unterbinden.
12. Vor und unmittelbar nach Arbeitseinsätzen soll ein Inventar erstellt werden, das die Objekte verzeichnet, die das Personal an der Ort einer sicherheitsrelevanten Aufgabe mitnimmt und von dort wieder zurückbringt. Die Liste ist auf Diskrepanzen zu prüfen. Fehlen Objekte wie zum Beispiel Werkzeuge oder Helme, die der Ausführende nach Beendigung seiner Arbeit zurückzubringen hätte, ist darüber zu entscheiden, wie und wo das vermisste Objekt zu suchen und wie es zu bergen ist. Ad hoc Aktionen haben zu unterbleiben, weil Suche und Bergung des Gegenstandes eine Aufgabe sein können, die besonderer Vorkehrungen auf dem Gebiet der Sicherheit bedarf.
13. Der Informationsfluss über Änderungen an der Anlage soll so gestaltet sein, dass insbesondere alle vorbereitenden Arbeiten und alle Freigaben mit der Kenntnis des aktuellen Ist-Zustand der Anlage stattfinden können.
14. Alle sicherheitsrelevanten Erfahrungen zum Arbeitsablauf sollen systematisch gesammelt, ausgewertet und in spätere Arbeitsvorhaben genutzt werden, um denkbaren Fehlern durch Eigen- und Fremdpersonal vorzubeugen.

Kommentare

Die Vorkehrungen zielen in der Mehrzahl auf eine Gestaltung leistungsbestimmender Faktoren ab, die suboptimalen Beanspruchungen zum Beispiel durch Zeitdruck, Ermüdung, Tagesform oder lückenhafte und (oder) unübersichtliche Unterlagen als Fehlerursache entgegenwirkt (sich dazu auch /OEC 09/, S. 14, 17 und 18).

- In der Fachliteratur findet man den Richtwert, als Zeitbudget für eine Aufgabe einen Wert anzusetzen, der das Anderthalbfache bis Doppelte der Zeit beträgt, den die Ausführung der Aufgabe in Anspruch nimmt, wenn der Ausführende unter optimalem Stress handelt (/SCH 93/, S. 399). Dieser Wert gilt für informatorische Arbeiten, also Überwachungs- und Bedienaufgaben, auf die sich Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung nicht beschränken. Man denke zum Beispiel an Montagearbeiten. Die Festlegung des Zahlenwertes beruht auf der Überlegung, dem Operateur Zeit für die Fehlererkennung und die Fehlerkorrektur zu geben (a. a. O.). Die erste Vorkehrung bringt diese Zielsetzung ohne Bezug auf einen festen Zahlenwert zum Ausdruck.
- Zu Pausensystemen gibt es die Faustregel, pro Arbeitsstunde eine fünfminütige Kurzpause einzuräumen (/RIC 98/, S. 101). Die empirische Grundlage bilden Versuche mit einfachen mentalen Routineaufgaben und mit feinmotorischen Tätigkeiten. Die Pausendauer ist daher für andersartige Arbeiten zu erhöhen, für die aber keine konkreten Zahlenwerte angegeben werden könnten (a. a. O., S. 100f.). Pausen müssen, um wirksam zu sein, ausdrücklich der Erholung dienen, entspannt verbracht werden können und die Möglichkeit bieten, den Arbeitsplatz verlassen oder zumindest die Körperhaltung verändern zu können (a. a. O., S. 99f.).

Verschiedene Vorkehrungen dienen dazu, Fehlermöglichkeiten durch ungeeignete Ausrüstungsgegenstände einschließlich ungenauer oder nutzerunfreundlicher Unterlagen entgegenzuwirken.

Vermisste Objekte können in Einrichtungen verblieben sein und dort Schaden anrichten. Verluste lassen sich nur erkennen, wenn man vor und nach dem Arbeitseinsatz ein Inventar der Ausrüstungsgegenstände anfertigt.

Informations- und Erfahrungsrückfluss tragen dazu bei, Fehlern durch veraltete Unterlagen zu vermeiden bzw. vorhandene Schwachstellen auszuräumen.

6.1.3.7 Vorkehrungen im Bereich der technischen Rahmenbedingungen der Aufgabenerfüllung

Zusammenstellung der Vorkehrungen

1. Die Anlage soll soweit möglich so ausgelegt sein, dass absehbare Arbeiten mit keinen suboptimalen Beanspruchungen einhergehen. Sicherheitsrelevante Anlagenteile sollten nach Möglichkeit dauerhaft gegen unabsichtliche Beschädigung, Bedienung oder sonstige unzulässige Zustandsänderungen, Verwechslung und Zweckentfremdung geschützt sein. Sofortige sicherheitsrelevante Auswirkungen denkbarer Fehler sollten durch Freischaltungen vermieden werden.
2. Lassen sich dauerhafte Vorkehrungen nicht verwirklichen, sollen über erforderliche Freischaltungen hinaus temporäre Abschirmungen gegen unabsichtliche Beschädigung, Bedienung oder sonstige unzulässige Zustandsänderungen, Verwechslung und Zweckentfremdung vorgenommen werden.
3. Prüfverfahren sollen so angelegt sein, dass sie alle denkbaren latenten Fehler mit sicherheitsrelevanten Auswirkungen aufdecken können.
4. Es soll möglichst immer der sicherste Anlagenzustand als Zeitraum für die Ausführung gewählt werden.

Kommentare

Dauerhaften Schutz gegen Verwechslungen insbesondere bieten Formkodierungen und Zugangshindernisse.

- Die Formkodierung besteht darin, einem Objekt eine Form zu geben, die seine Verwendung idealerweise auf eine einzige Möglichkeit einschränkt. Beispiele sind Stecker, die nur in eine Buchse passen.
- Zugangshindernisse sind zum Beispiel Schlösser, die man nur mit einem Schlüssel öffnen kann.

Zweckentfremdungen kann man entgegenwirken, indem man vor Ort dauerhaft Möglichkeiten schafft, die das Handeln des Personals so unterstützen, dass es keine Einrichtungen auf unvorhergesehene oder unzulässige Weise nutzt.

6.1.4 Beurteilung der Vorkehrungen eines Betreibers

Das Verfahren kann sowohl zur Überprüfung bestehender Vorkehrungen des Betreibers durch die Aufsichtsbehörde als auch zur Planung von Vorkehrungen durch den Betreiber selbst genutzt werden. Anlässe für eine externe Überprüfung durch die Behörde sind z. B. Organisationsänderungen im Instandhaltungswesen, einschlägige Betriebserfahrungen und routinemäßige Überprüfungen im Sinne eines Prozessaudits.

6.2 Vergleich der Analyse- und Beurteilungsmethode mit anderen Ansätzen

IAEA bzw. OECD haben Ansätze vorgelegt, die ebenfalls darauf abzielen, menschliche Fehler bei Instandhaltungen, Änderungen, Nach- oder Umrüstungen zu untersuchen und Vorkehrungen gegen nachteilige Folgen der Fehler für die Sicherheit einer Anlage zu beurteilen. Zudem hat die OECD kurz vor Beginn der Arbeiten des vorliegenden Projekts ein Treffen zu menschlichen und organisatorischen Faktoren im Instandhaltungsbereich veranstaltet. Die Beiträge zu diesem Treffen (/GRS 05/) werden in der Diskussion berücksichtigt. Sie bilden auch die Grundlage eines „Technical Opinion Paper“ des CSNI, dessen Endfassung seit 2009 vorliegt (/OEC 09/) und dessen Vorläufer für das vorliegende Projekt genutzt werden konnten.

Die Anforderungen der OECD an Planung und Ausführung zeichnen sich durch ein Abstraktionsniveau aus (/OEC 09/, S. 13ff.), das allgemeiner als dasjenige der Festlegungen ist, die sich in der Instandhaltungsrichtlinie (/BMI 78/)finden. Folglich geht das Analyseverfahren, das der vorliegende Bericht dokumentiert, im Detaillierungsgrad deutlich über die Anforderungen der OECD hinaus.

- Im Ansatz der OECD fehlt insbesondere eine detaillierte und systematische Anleitung, um Ursachen, Arten und sicherheitsbezogene Folgen möglicher Fehler zu untersuchen.
- Über Fehlerpotential und Bedarf an Vorkehrungen sollen laut OECD Indikatoren Auskunft geben (a. a. O., S. 19). Diese Indikatoren lassen sich in zwei Gruppen einteilen: Zum einen handelt es sich um Faktoren, die sich nachteilig auf das sichere und zuverlässige Handeln an bzw. mit der technischen Einrichtung auswirken können. Solche Faktoren bzw. Indikatoren sind Zeitdruck, Aufgabenvielfalt, Arbeitslast und Druck, den Führungskräfte auf das Personal ausüben. Als zweite Gruppe

an Indikatoren sieht die OECD Verzögerungen bei Arbeiten im Instandhaltungsbe-
reich, Nacharbeiten zur Behebung von Fehlern sowie Ausfallraten sicherheitsrele-
vanter Einrichtungen und Zeitspannen vor, in denen letztere nicht zur Verfügung
stehen (a, a, O.). Das Verfahren des vorliegenden Berichts zielt darauf ab, Schä-
den und damit Einschränkungen der Verfügbarkeit des Sicherheitssystems durch
geeignete Vorkehrungen vorzubeugen, die dazu beitragen, unangemessene Be-
anspruchungen des Personals, Arbeitsrückstau, Fehler und Ausfallzeiten zu ver-
meiden. Somit nutzt das Verfahren die Informationen, die auch in ein
indikatorgestütztes Vorgehen einfließen müssen, direkt zur detaillierten Erkennung
fehlerträchtiger Gegebenheiten und der Bestimmung passender Vorkehrungen.
Der Verfahrensanwender erhält damit eine konkrete Anleitung, wie er Fehlermög-
lichkeiten vermindern kann. Im Ansatz der OECD ist diese direkte Verknüpfung der
Untersuchung möglicher Fehler mit der Bestimmung wirksamer Vorkehrungen
nicht explizit ausgearbeitet.

Betrachtet man im Einzelnen die Beiträge zu dem Treffen, das die OECD 2005 zu
menschlichen und organisatorischen Einflussfaktoren bei Instandhaltungsarbeiten ver-
anstaltet hat und auf dessen Ergebnissen die eben behandelte Publikation der OECD
aufbaut, so kann man feststellen, dass diese Beiträge keinen Ansatz vorstellen, der
vergleichbar systematisch und detailliert wie das Verfahren des vorliegenden Berichtes
ist (/GRS 05/).

Die IAEA stellt eine „reliability centered maintenace“ und die zugehörige Analyse mög-
licher Fehler als gute Praxis heraus (/IAE 03/, S. 16ff.). Der Anwender hat vor Instand-
haltungsarbeiten an sicherheitsrelevanten Komponenten Arten und Ursachen
möglicher Fehler zu untersuchen, die Folgen der Fehler für die Sicherheit zu beurtei-
len, mit den Erkenntnissen geeignete Vorkehrungen gegen sicherheitsrelevante Fehler
zu bestimmen und diese Vorkehrungen vor Beginn der Arbeiten implementieren zu
lassen. Die Auswertung der Betriebserfahrung bildet einen wesentlichen Teil dieser
Untersuchung. Die aufgezählten Schritte sieht auch das Verfahren vor, das der vorlie-
gende Bericht dokumentiert. Es unterstützt ihre Ausführung aber durch eine detaillierte
Methodik, die in der Anleitung der IAEA fehlt.

Somit lässt sich das Fazit ziehen, dass die Methode des vorliegenden Berichtes eine
wesentliche Weiterentwicklung bestehender Vorgehensweisen darstellt. Die Methode
wurde einer ersten Erprobung unterzogen, um ihren praktischen Nutzen aufzuzeigen.
Das folgende Kapitel dokumentiert die Ergebnisse dieser ersten Anwendung.

7 Praktische Erprobung der Verfahren

Unter der praktischen Erprobung ist im Folgenden die Anwendung der beiden Verfahren aus den Arbeitspunkten AP2.1 und AP2.2 auf Beispielfälle aus der Betriebserfahrung zu verstehen. Das Ziel besteht darin, an diesen Fällen zu untersuchen, inwieweit es der Einsatz beider Verfahren erlaubt hätte, meldepflichtige Fehler einschließlich ihrer Ursachen zu erkennen und geeignete Vorkehrungen gegen diese Fehler zu treffen. Zur praktischen Erprobung des Verfahrens werden meldepflichtige Ereignisse aus der deutschen Betriebserfahrung herangezogen.

Diese Art der Erprobung unterliegt einer Beschränkung: Die Untersuchung geht von den einzelnen aufgetretenen Fehlern aus, um aufzuzeigen, welche Schritte der Verfahren aus AP2.1 und AP2.2 Erkenntnisse zu Art, Ursachen und Möglichkeiten der Prävention aufgetretener Fehler bereitgestellt hätten. Die Erprobung hat also nicht darin bestanden, Vorbereitung und Ausführung der Arbeitsvorhaben, in denen die betrachteten Fehler aufgetreten sind, Schritt für Schritt mit den beiden Verfahren zu analysieren.

Trotz dieser Einschränkungen kann an Hand dieser Fälle der Nutzen des neuen Verfahrens als Mittel der Erkennung und Vermeidung bestimmter Fehler belegt werden. Im Folgenden wird dieser Nutzen am Beispiel von 5 ausgewählten Fällen aufgezeigt, die ein breites Feld unterschiedlicher Handlungssituationen, Handlungsfehler und Fehlerauswirkungen abdecken.

Informationen zu diesen Ereignissen sind in der Regel vertraulich zu behandeln, so dass die Fallbeschreibungen im vorliegenden Bericht sehr allgemein und kurz gehalten werden müssen

7.1 Fall 1 „Fehlverdrahtung im Rahmen einer Umrüstmaßnahme“

Kurzbeschreibung

Im Rahmen einer Änderungsmaßnahme wurden Baugruppen zur Steuerung sicherheitsrelevanter Armaturen gegen neue Baugruppentypen ausgetauscht. In diesem Zusammenhang ist es u.a. auch erforderlich, die Anschlussverdrahtung für diese neuen Baugruppen anzupassen. Hierbei veränderte der Elektriker versehentlich die Anschlussverdrahtung einer im Greifraum liegenden Baugruppe, an der nicht gearbeitet

werden sollte. Dies führte dazu, dass das Reaktorschutzsystem im Anforderungsfall die über diese Baugruppe angesteuerte Armatur nicht mehr schließen konnte. Der Funktionsnachweis nach Beendigung der Arbeiten erfasste nur die Baugruppen die auszu-tauschen waren.

Kommentar

Aufgrund der räumlichen Nähe von Komponenten der Sicherheitsebene 3, an denen nicht gearbeitet werden durfte, und dem Umstand, dass die Vorsorgemaßnahme auf die geplanten Tätigkeiten ausgerichtet waren, kann ein Fehler bei der Handlungsausführung zu einer unzulässigen Zustandsveränderung einer Komponente der Sicherheitsebene 3 führen. Entsprechend dem Klassifikationsverfahren ist eine Detailanalyse durchzuführen, die aufgezeigt hätte, dass der plausible Fehler bei der Änderung der Baugruppenverdrahtungen durch keine der bisher geplanten Vorsorgemaßnahmen aufgefangen wird.

7.2 Fall 2 „Fremdkörpereintrag in das System zur Schnellabschaltung des Reaktors bei Prüfarbeiten“

Kurzbeschreibung

Zur regelmäßig durchzuführenden Innenprüfung einer Armatur des Schnellabschaltsystems muss das Rohrleitungssystem am Prüfort geöffnet werden. Bei einer dieser Prüfungen drangen durch einen Handlungsfehler unbemerkt Fremdkörper über diese Öffnung in das Schnellschaltsystem ein. Die Funktionsnachweise am Ende der Arbeiten deckten diesen Fehler nicht auf, da es eine längere Zeit dauerte, bis diese Fremdkörper zu Orten im Schnellabschaltsystem gelangten, an denen sie ihre funktionsbeeinträchtigende Wirkung entfalteten.

Kommentar

Das Klassifikationsverfahren hätte im Rahmen der Einzelfehlerbetrachtung ergeben, dass das Arbeitsvorhaben trotz der vorhandenen Vorsorgemaßnahmen detailliert untersucht werden muss. Die Detailanalyse hätte gezeigt, dass durch als plausibel einzuschätzenden Handlungsfehler unbemerkt Fremdkörper eingebracht werden können, die durch die Funktionsnachweise aufgrund der verzögert auftretenden Wirkung nicht

erkennbar sind. Die aufgetretenen sicherheitsrelevanten Auswirkungen können durch weitergehende Vorsorgemaßnahmen vermieden werden (u.a. Abdeckung der Rohrleitungsöffnungen, Liste der Teile, die an der Arbeitsstelle eingesetzt werden).

7.3 Fall 3 „Wassereintrag in den Ringraum bei der Vorbereitung von Instandhaltungsarbeiten“

Kurzbeschreibung

Zur Vorbereitung von Instandhaltungsmaßnahmen an zwei Redundanzen des nuklearen Nebenkühlwassersystems sollten an den bereits freigeschalteten und entleerten Teilsystemen Arbeitsvorbereitungen durchgeführt werden. Beim Öffnen einer Rohrleitung kam es zum Wasseranstieg in den Ringraum. Der Monteur hatte die Raumbereiche verwechselt und die Systemöffnung an einer noch in Betrieb befindlichen Redundanz des Nebenkühlwassersystems vorgenommen.

Kommentar

Der Einzelfehler und seine Folgewirkungen wären bei Anwendung des Klassifikations- und Analyseverfahrens vorhersehbar gewesen. Die vorgesehenen Vorsorgemaßnahmen schützten nur gegen Fehler bei der Ausführung der geplanten Arbeiten (Freischaltung, Entleerung). Dass die beschriebene Tätigkeit ggf. auch in der falschen Redundanz durchgeführt werden könnte, wurde in die Vorsorgeüberlegungen nicht in ausreichender Weise einbezogen.

7.4 Fall 4 „Auslösung der Reaktorschnellabschaltung durch Handlungsfehler bei wiederkehrender Prüfung“

Kurzbeschreibung

Zur wiederkehrenden Prüfung der Steuerungseinrichtungen der Reaktorgebäude-sumpfpumpen sind einzelne Grenzwerte des Reaktorleitungssystems zu simulieren. Bei einer dieser Prüfungen kam es durch einen Handlungsfehler bei der Arbeitsvorbereitung zur fehlerhaften Zusammenstellung der Arbeitsunterlagen für die Arbeiten vor Ort. In der Folge führte das vor Ort tätige Personal einen Handlungsschritt, durch den

die Auslösung der Reaktorschnellabschaltung bei diesen Tätigkeiten vermieden wird, nicht aus und es kam zur Auslösung der Schnellabschaltung.

Kommentar

Bei diesen Prüfungen wird in die Funktion des Reaktorschutzsystems eingegriffen. Solche Arbeiten sind entsprechend dem Klassifikationsverfahren als sicherheitsrelevant einzuschätzen. Die Untersuchung der Aufgaben und Handlungen hätte aufzeigen können, dass der plausible Fehler bei der Arbeitsvorbereitung die Erfolgsaussichten der Handelnden vor Ort erheblich einschränkt. Im Sinne des Analyseverfahrens sind dann die möglichen Fehler vor Ort als Folgefehler und der Fehler in der Arbeitsvorbereitung und der Folgefehler pessimistisch wie ein Fehler zu behandeln. Eine Verbesserung der Vorsorge bei der Zusammenstellung der Arbeitsunterlagen hätte den aufgetretenen Fehler bei der Arbeitsvorbereitung und damit den Folgefehler vor Ort vermeiden können.

7.5 Fall 5 „Fehlauslösung von Reaktorschutzsignalen bei der Prüfung von Entkopplungsdiode“

Kurzbeschreibung

Bei der wiederkehrenden Prüfung von Dioden zur Entkopplung der Gleichstromversorgung der Reaktorschutz-Leittechniksschränke kam es zum Ausfall der Stromversorgung einer Schrankgruppe und zur fehlerhaften Auslösung von Reaktorschutzsignalen.

Ursache hierfür war ein vor etwa einem Jahr durchgeführter fehlerhafter Instandhaltungsvorgang an den Schaltanlageneinschüben zur Stromversorgung und Absicherung der Schränke. Hierbei wurden bei einigen Einschüben Sicherungen mit falschen Ansprechwerten eingebaut.

Kommentar

Der Einbaufehler ist als plausibel einzuschätzen. Jeder Einschub enthält 2 Sicherungen mit erheblich unterschiedlicher Stromtragfähigkeit. Die Unterschiede sind nur anhand der Bauelementbeschriftung erkennbar. Die Einbauplätze im Einschub sind nicht entsprechend beschriftet. Die aufgetretenen Einbaufehler konnten über die damals

vorgesehenen Funktionsnachweise nicht erkannt werden. Die detaillierte Analyse des Instandhaltungsvorgangs hätte im Vorfeld der Arbeiten aufzeigen können, dass dieser Einbaufehler plausibel ist und die geplanten Vorsorgemaßnahmen nicht ausreichen.

7.6 Fazit aus den Fallstudien

Die beschriebenen fünf Beispiele demonstrieren den Nutzen des Verfahrens. Bei konsequenter Anwendung hätten alle Ereignisse und deren sicherheitsrelevanten Folgen verhindert werden können. Die Beispiele wurden aus einer großen Zahl von Fällen ausgewählt. Handlungsfehler bei sicherheitsrelevanten Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen sind eine bedeutsame Ursache für meldepflichtige Ereignisse. Die routinemäßige Anwendung des Verfahrens könnte die Bedeutung deutlich reduzieren und den damit verbundenen erheblichen Arbeitsaufwand im Vorfeld eines Arbeitsvorhabens rechtfertigen.

8 **Vorschläge zur Konkretisierung von Regelwerksanforderungen an die Vorsorge bei sicherheitsrelevanten Instandhaltungen, Nach- und Umrüstungen**

Aus den Arbeitsergebnissen lassen sich folgende Vorschläge ableiten, wie sich Regelwerksanforderungen an die Vorsorge bei sicherheitsrelevanten Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen konkretisieren lassen:

- Die Vorbereitung einer Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung hat stets die methodisch abgesicherte Beurteilung einzuschließen, ob ein anstehendes Arbeitsvorhaben für die Sicherheit der Anlage bedeutsam ist.

Das Verfahren aus Arbeitspunkt AP2.1 steht als Methode für die Analyse und Beurteilung der Sicherheitsrelevanz zur Verfügung.

Die Forderung nach einer methodisch fundierten Beurteilung der Sicherheitsrelevanz gilt auch für Arbeiten, die bisher *nicht* nach den Anforderungen der Instandhaltungsrichtlinie (/BMI 76/) vorzubereiten und durchzuführen sind. Diese Arbeiten können laut Richtlinie von den Anforderungen an Vorbereitung und Ausführung ausgenommen werden, wenn sie nicht als sicherheitsrelevant einzustufen sind. Die Einschätzung beruht bisher auf einem Expertenurteil, das ohne Rückgriff auf eine Beurteilungsmethode gefällt wird.

Bei der Vorbereitung eines Arbeitsvorhabens ist die Sicherheitsrelevanz methodisch fundiert zu beurteilen, sobald die Entscheidung gefallen ist, dass *keine* Situation vorliegt, in der es ausdrücklich zulässig ist, von den Anforderungen der Instandhaltungsrichtlinie abzuweichen, weil die Beherrschung der Situation ein schnelles Handeln erfordert, um Gefahren von Leben, Gesundheit und Sachgütern abzuwenden (/BMU 04/, Punkt 4). Eine frühzeitige Beurteilung der Sicherheitsrelevanz bildet die Voraussetzung dafür, dass die Information zur Sicherheitsrelevanz von Anfang an in die Vorbereitung und Ausführung der Arbeiten eingeht.

- Zur Beurteilung der Sicherheitsrelevanz dient das Kriterium, dass Einzelfehler bei der Durchführung einer Arbeit
 - den Eingriff von Einrichtungen der Sicherheitsebene drei bewirken.
 - die Funktion von Einrichtungen der Sicherheitsebene drei entweder direkt oder indirekt über Schnittstellen beeinträchtigen.

Mit diesem Kriterium ist über die Aufgaben der Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung hinaus auch die Sicherheitsrelevanz weiterer Prozesse des Sicherheitsmanagements zu beurteilen (/BMU 04, Punkt 3.3.1), bei denen Fehler mit den eben beschriebenen Konsequenzen auftreten können. Für diese Beurteilung gibt es in den Anforderungen an Sicherheitsmanagementsysteme für Kernkraftwerke (/BMU 04/) kein konkretes Kriterium.

- Steht eine sicherheitsrelevante Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung an, so ist sie systematisch auf Arten, Ursachen, Folgen und Möglichkeiten der Prävention von Fehlern zu untersuchen.

Die Ergebnisse haben vorzuliegen, bevor die Beauftragung erfolgt, welcher Fachbereich die technische Klärung des Arbeitsvorhabens federführend übernimmt (siehe oben, 6.1.2.1.1). Dieser Zeitpunkt des Verfahrenseinsatzes trägt dazu bei, die sicherheitstechnischen Belange einer anstehenden Instandhaltung, Änderung, Nach- oder Umrüstung bereits bei der Sichtung der Gesamtaufgabe und der technischen Klärung angemessen zu berücksichtigen

Das Verfahren aus Arbeitspunkt AP 2.2 steht als Methode für diese Analysen und Bewertungen bereit.

9 Zusammenfassung der Ergebnisse und Ausblick

Der vorliegende Bericht stellt eine Methode vor, mit der Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden die Vorkehrungen beurteilen können, mit denen der Betreiber bei Instandhaltungen, Änderungen, Nach- oder Umrüstungen gegen denkbare menschliche Fehler mit nachteiligen Folgen für die Sicherheit der Anlage vorsorgt. Die Methode umfasst zwei Teile, die als

- „Verfahren zur Erfassung sicherheitsrelevanter Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen“ bzw. als
- „Verfahren zur Bestimmung denkbarer Fehler, sicherheitstechnischer Folgen und möglicher Vorkehrungen“

bezeichnet werden. Das Kriterium für die Bestimmung der Sicherheitsrelevanz besteht darin, dass Einzelfehler oder Fehlerketten, in denen ein Fehler den jeweils nächsten verursacht, Systeme der Sicherheitsebenen drei beeinträchtigen oder ihr Eingreifen erfordern würden. Beeinträchtigungen können auf Arbeiten an diesen Systemen selbst zurückgehen. Darüber hinaus erfasst der Anwender mit der Methode mögliche Beeinträchtigungen durch unbeabsichtigte Auswirkungen von Arbeiten an anderen Systemen, gegen die das Sicherheitssystem nicht ausreichend abgeschirmt ist. Als Fehlerarten sind Auslassungen, unzulängliche Ausführungen und Nebeneffekte erforderlicher Handlungen an Komponenten sowie Verwechslung und Zweckentfremdung von Komponenten zu untersuchen. Das zweite Verfahren unterstützt die detaillierte Erfassung möglicher Fehler, ihrer Ursachen und ihrer Folgen für die Sicherheit. Der Anwender hat dazu Art und Abfolge der Handlungen von der Planung der Arbeiten bis zur Inbetriebnahme betroffener Systeme, leistungsbestimmende Faktoren der einzelnen Handlungen, Fehlermöglichkeiten und Vorkehrungen gegen die einzelnen Fehler mit den beschriebenen Folgen für Systeme der Sicherheitsebene 3 zu bestimmen. Fehler können Folgefehler nach sich ziehen. Der Anwender unterstellt pessimistisch, dass mögliche Folgefehler stets auftreten und sich solange fortpflanzen, bis eine wirksame Vorkehrung die weitere Fehlerausbreitung unterbindet. Zu diesem Verfahren gehört ein Katalog an möglichen organisatorischer und ergonomischer Vorkehrungen gegen denkbare Fehler während der Vorbereitung oder während der Ausführung eines Arbeitsvorhabens. Dieser Katalog dient dazu, geeignete Vorkehrungen gegen denkbare Fehler zu bestimmen bzw. zu untersuchen, inwieweit bestehende Vorkehrungen ergänzungsbedürftig sind.

Die Methode geht, was Systematik und Detaillierungsgrad betrifft, über andere Ansätze mit vergleichbarer Zielsetzung hinaus.

Der Bericht umfasst ferner Fallstudien zur Erprobung der Methode an meldepflichtigen Ereignissen aus deutschen Kernkraftwerken sowie Vorschläge zur Ergänzung des deutschen, kerntechnischen Regelwerks. Die Erprobung hat gezeigt, dass sich menschliche Fehler in meldepflichtigen Ereignissen durch Anwendung der Methode entdecken und durch geeignete Vorkehrungen verhindern lassen können. Die Präzisierungsvorschläge zu Regelwerksanforderungen beziehen sich auf das Konzept der Sicherheitsrelevanz anstehender Aufgaben im Allgemeinen, die Bestimmung sicherheitsrelevanter Instandhaltungen und die Vorkehrungen gegen Fehler.

- Sicherheitsrelevant sind Aktionen des Menschen, die, wie oben beschrieben, im Fehlerfall Einrichtungen der Sicherheitsebene drei beeinträchtigen oder deren Eingriff erfordern.
- Die bestehende Instandhaltungsrichtlinie enthält bisher kein Kriterium und keine Methode, um sicherheitsrelevante Arbeitsvorhaben zu bestimmen. Beide Lücken lassen sich mit dem Kriterium und dem Vorgehen zur Bestimmung sicherheitsrelevanter Instandhaltungen, Änderungen, Nach- und Umrüstungen schließen.
- Das Vorgehen nach der Instandhaltungsrichtlinie umfasst keine Methode, mit der man einschlägige Arbeitsvorhaben einschließlich ihrer Vorkehrungen gegen Fehler deutlich detailliert analysieren und beurteilen kann. Fälle aus der Betriebserfahrung zeigen, dass ein Bedarf für eine solche Methode besteht, um die Vorsorge über den Stand hinaus zu verbessern, der sich mit der Anwendung der Instandhaltungsrichtlinie erreicht werden kann. Dieser Bedarf lässt sich mit der Methode des vorliegenden Berichts decken.

Die Anwendung der Methode erfordert detaillierte Analysen. Es stellt sich die Frage, ob dieser Aufwand vertretbar ist. Dazu ist zu bemerken:

- Das Verhältnis zwischen Aufwand und Nutzen lässt sich fundiert nur bestimmen, wenn man die Methode in vollem Umfang bei der Vorbereitung repräsentativer Arbeitsvorhaben anwendet. Dies war bisher noch nicht der Fall.
- Die Methode systematisiert Analysen und Beurteilungen, deren wesentliche Schritte und Erkenntnisse schon heute in die sorgfältige Vorbereitung und Durchführung sicherheitsrelevanter Arbeitsvorhaben eingehen müssen. Das bedeutete, dass ein

Gutteil dessen, was die Methode vorsieht, heute schon gängige Praxis ist. Der routinemäßige Austausch einer Komponente zum Beispiel musste auch in der Vergangenheit schon berücksichtigen, wie Komponenten und Gerät an den Arbeitsort transportiert werden können, ohne mit Einrichtungen am Transportweg zu kollidieren, und in welchem Umfang Freischaltungen vorzunehmen sind, um nachteilige Auswirkungen auf die Sicherheit der Anlage zu vermeiden. Aufwandsbetrachtungen haben sich daher auf das „Mehr“ zu beschränken, dass die Anwendung einer systematischen Methode im Vergleich zur gängigen Praxis erfordert.

- Dem Aufwand steht der Vorteil gegenüber, durch umfassendere und systematischere Vorkehrungen gegen bestehende Fehlermöglichkeiten Schäden zu vermeiden, deren Untersuchung und Behebung sich noch aufwendiger gestalten kann.

Weiterführung und Vertiefung der Methodenentwicklung können in zwei Richtungen erfolgen: Zum einen sollte die Methode in enger Zusammenarbeit mit einer Anlage praktisch erprobt und bei Bedarf weiterentwickelt werden, um die praktische Anwendbarkeit über den jetzigen Stand hinaus zu erhöhen, indem zum Beispiel der Detaillierungsgrad der Anleitungen für die einzelnen Untersuchungsschritte erhöht und Spezifika der verschiedenen, vielfältigen Arten an Aufgaben bei Instandhaltungen, Änderungen, Nach- oder Umrüstungen genauer berücksichtigt werden. Zum anderen sollte die Methode stärker auf die Erfordernisse innovativer Technologien abgestimmt werden. Dabei ist an das Instandhaltungs- und Änderungswesen für die Hardware und Software digitaler Leittechnik zu denken. Vor allem die Software stellt als System logisch verknüpfter, abstrakter Anweisungen zur Erfüllung auch von Sicherheitsaufgaben intellektuelle Anforderungen, deren Fehlermöglichkeiten, Fehlerursachen und Fehlerfolgen genauer herauszuarbeiten sind, um ihnen durch passende Vorkehrungen gebührend Rechnung tragen zu können.

10 Literaturverzeichnis

- /BMI 78/ Bundesminister des Inneren: Richtlinie für das Verfahren zur Vorbereitung und Durchführung von Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten in Kernkraftwerken, Bek. d. BMI, 1.6. 1978
- /BMU 04/ Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Grundlagen für Sicherheitsmanagementsysteme in Kernkraftwerken, BAnz, 2004, Nr. 138
- /BMU 09/ Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke, Revision D, April 2009
- /GRS 05/ GRS- Reisebericht über den NEA/CSNIU- Workshop „Better Nuclear Plant Maintenance, Improving Human and Organisational Performance“, Ontario (Kanada), 3.-5.10.2005, GRS, November 2005
- /IAE 03/ International Atomic Energy Agency (IAEA): Guidance for Optimizing Nuclear Power Plant Maintenance Programs, Wien, IAEA, 2003
- /KOS 75/ Kosiol, E.: Organisation der Unternehmung, 2. Auflage, Wiesbaden: Gabler, 19675
- /OEC 09/ CSNI Technical Opinion Paper Nr. 11 „Better Nuclear Plant Maintenance: Improving Human and Organisational Performance“, OECD 2009 (NEANo. 6153)
- /RIC 98/ Richter, M., Hacker, W.: Belastung und Beanspruchung, Heidelberg: Asanger, 1998
- /SAL 06/ Salvendy, G.: Handbook of Human Factors and Ergonomics, 2. Auflage, New York: Wiley, 2006
- /SCH 04/ Schreyögg, G., Werder, A. von: Handwörterbuch Unternehmensführung und Organisation, 4. Auflage, Stuttgart. Schäffer-Poeschel, 2004

/SCH 93/ Schmidtke, H.: Lehrbuch der Ergonomie, 4. Auflage, München: Hanser, 1993

/WEI 90/ Weidner, W. et al: Organisation in der Unternehmung, 3. Auflage, München: Hanser, 1990

/WÖH 00/ Wöhe, G., Döring, U.: Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 20. Auflage, München: Vahlen, 2000

11 Abbildungsverzeichnis

- Abb. 4-1 Erfassungs- und Klassifikationsverfahren für Instandhaltungs-, Änderungs-, Nachrüstungs- und Umrüstungsarbeiten, Übersicht (in Klammern Referenz auf die einschlägigen Gliederungspunkte des vorliegenden Berichts)..... 23
- Abb. 4-2 Detailuntersuchung sicherheitsrelevanter Instandhaltungs-, Änderungs- und Umrüstungsarbeiten, Übersicht (in Klammern Referenz auf die einschlägigen Gliederungspunkte des vorliegenden Berichts) 25

Verteiler

BMU

Ludwig, Oliver 1 x
RS I 3 3 x

BfS

Prof. Dr. Berg, Heinz Peter 2 x
AG - F3 2 x

VGB Power Tech e.V. 1 x

Verband der TÜV e.V.

Staudt, Hermann 1 x

Ländergenehmigungs- und Aufsichtsbehörden 5 x

Baden-Württemberg, Bayern, Hessen,
Niedersachsen, Schleswig-Holstein

ENSI

Frischknecht, Albert 2 x

EnBW

Schwarz, Wolfgang 2 x

E.ON Kernkraft GmbH & Co. OHG Kernkraftwerk Brokdorf

Hanisch, Thomas 2 x

Vattenfall, Hamburg

Dahlgren, Kerstin
Dr. Schubert, Bernd 2 x

Lehrstuhl für Ergonomie der TU-München

Lehrstuhlleiter: Prof. Dr. Bengler, Klaus 1 x

Technische Universität Dresden

Prof. Dr. Hacker, Winfried 1 x

GRS (PDF-Version)

| | | |
|------------------|-------------------------------------|-----|
| Geschäftsführung | (lim, stj) | 2 x |
| Bereichsleiter | (erv, paa, prg, rot, stc, ver, zir) | 7 x |
| TECDO | (rop) | 1 x |
| Abteilung 6120 | (poi, bro, fas, har, prw) | 5 x |

Bibliothek Köln (Druck-Version) 1 x

Gesamtauflage:**41 Exemplare**

**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