

Methoden und Beispiele für die probabilistische Bewertung sicherheitsrelevanter Fragestellungen außerhalb der SÜ

Schriften

Facharbeitskreis Probabilistische Sicherheitsanalyse

BfE-SCHR-03/18

Bitte beziehen Sie sich beim Zitieren dieses Dokuments immer auf folgende URN:

urn:nbn:de:0221-2018013014519

Zur Beachtung:

BfE-Berichte und BfE-Schriften können von den Internetseiten des Bundesamtes für kerntechnische Entsorgungssicherheit unter <http://www.bfe.bund.de> kostenlos als Volltexte heruntergeladen werden.

Salzgitter, Januar 2018

Methoden und Beispiele für die probabilistische Bewertung sicherheitsrelevanter Fragestellungen außerhalb der SÜ

Schriften

Facharbeitskreis Probabilistische Sicherheitsanalyse

ZUSAMMENFASSUNG

Für die deutschen Kernkraftwerke sind in der Vergangenheit umfassende probabilistische Sicherheitsanalysen (PSA) im Rahmen der Sicherheitsüberprüfung (SÜ) nach § 19a AtG durchgeführt worden. Dieser Bericht beschreibt einen methodischen Rahmen und gibt Beispiele zur fallweisen Durchführung probabilistischer Bewertungen außerhalb der SÜ zur Klärung spezifischer Fragestellungen. Diese betreffen z.B. Änderungen an der Anlage oder ihrer Betriebsweise oder die Bewertung von im Betrieb aufgetretenen sicherheitsrelevanten Ereignissen oder Phänomenen. Es wird eine Methodik beschrieben, mit der der Einfluss einer gegebenen Fragestellung auf die Ergebnisse der PSA anhand eines Screening-Prozesses ermittelt und die betroffenen Bereiche der PSA identifiziert werden können. Betrachtet werden sowohl zeitunabhängige Analysen, z.B. für Änderungsmaßnahmen, als auch zeitabhängige Analysen, die üblicherweise einen begrenzten Zeitraum betreffen. Die vorgeschlagene Methodik wird an insgesamt fünf Beispielen aus der Praxis demonstriert.

ABSTRACT

In the past comprehensive probabilistic safety analyses (PSA) have been performed for German nuclear power plants as part of the periodic safety review according to § 19a AtG. This report describes a methodological framework and provides examples for using probabilistic considerations on a case by case basis beyond the scope of the periodic safety review in order to address specific issues. Predominantly these issues are related to plant changes or changes in its operation, or the assessment of safety relevant events that have occurred during operation. A methodology is described for determining the impact of a given issue on the PSA results by means of a screening process, which also allows identifying the affected areas of the PSA. Both time independent considerations, e.g. for plant changes, as well as time-dependent considerations, which usually concern temporary measures, are addressed. The proposed methodology is demonstrated by a total of five examples from the field.

INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG	3
ABSTRACT	3
INHALTSVERZEICHNIS	5
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	7
TABELLENVERZEICHNIS	7
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	8
VORWORT	11
1 ZIELSETZUNGEN PROBABILISTISCHER BEWERTUNGEN AUSSERHALB DER SÜ	13
2 ANWENDUNGSGEBIETE	13
2.1 Allgemeines	13
2.2 Vorgehensweise	13
3 BEISPIEL FÜR EINEN SCREENING-PROZESS	15
3.1 Änderungsmaßnahmen	15
3.2 Ereignis- bzw. anlassbezogene Fragestellungen.....	18
4 DURCHFÜHRUNG DER PROBABILISTISCHEN UNTERSUCHUNGEN	18
5 VORGEHEN BEI DER BEWERTUNG	19
5.1 Änderungsmaßnahmen	20
5.2 Ereignis- bzw. anlassbezogene Fragestellungen.....	20
LITERATURVERZEICHNIS	22
ANHÄNGE	24
ANHANG 1: FRAGENLISTE ZUR UNTERSTÜTZUNG UND DOKUMENTATION DES SCREENING-PROZESSES FÜR EINE SICHERHEITSTECHNISCHE FRAGESTELLUNG	25
ANHANG 2: FRAGENLISTE ZUR FESTSTELLUNG DER MÖGLICHEN AUSWIRKUNGEN EINER SICHERHEITSTECHNISCHEN FRAGESTELLUNG AUF DIE PSA-MODELLIERUNG	26
ANHANG 3: MODIFIKATIONEN IN DER PSA-MODELLIERUNG DER ZUGRUNDELIEGENDEN PSA (AUSGANGSBASIS; Z. B. RISK SPECTRUM PROJEKTDATENBASIS, STAND XY)	35
ANHANG 4: BEWERTUNG MÖGLICHER AUSWIRKUNGEN EINER SICHERHEITSTECHNISCHEN FRAGESTELLUNG AUF DERZEIT NICHT EXPLIZIT MODELLIERTE BEREICHE	38

ANHANG 5: KONKRETE BEISPIELE.....	39
A 5.1 Erweiterung der FD-Abblaseregulung im Reaktorschutzzsystem (Geplante Änderung).....	39
A 5.2 Bewertung der Auswirkungen einer vorzeitigen Freischaltung einer Redundanz eines Sicherheitssystems während des Leistungsbetriebs (anlassbezogene Bewertung)	41
A 5.3 Leckage an einer Zwischenkühlpumpe im Nachkühlsystem (Anlassbezogene Bewertung)	44
A 5.4 Leckage am 110-kV-Ölkabel zwischen Fremdnetztransformator und der Schaltanlage eines KKW (Anlassbezogene Bewertung)	47
A 5.5 Mögliche Überflutungsereignisse im Schaltanlagegebäude durch Bruch einer löschwasserleitung (zunächst anlassbezogene Bewertung, dann geplante Änderung)	50
LITERATURVERZEICHNIS.....	54
BEGRIFFE	55

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Bewertung einer fallweise ergänzenden probabilistischen Untersuchung während bzw. nach der Abwicklung einer Änderungsmaßnahme.....	16
Abbildung 2:	Qualitativer Verlauf der Nichtverfügbarkeit der angeforderten Systemfunktionen für einen Ereignisablauf über der Zeit.....	43
Abbildung 3:	Vorgehen nach gültigem Betriebsreglement bei einer anlassbezogenen sicherheitstechnischen Fragestellung (Ergebnis der anlassbezogen durchgeführten probabilistischen Bewertung, qualitative Darstellung)	49
Abbildung 4:	Strategie mit Ersatzmaßnahme zur Begrenzung der Risikoerhöhung (Ergebnis der anlassbezogen durchgeführten probabilistischen Bewertung, qualitative Darstellung)	49

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Kategorisierung der Änderungsmaßnahmen bezüglich Abwicklung und probabilistischer Bewertung.....	17
Tabelle 2:	Anteile der auslösenden Ereignisse an der Häufigkeit von Gefährdungszuständen vor bzw. nach Erweiterung der FD-Abblaseregelung (geplante Änderung)	40

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

A

AtG Atomgesetz

B

BE Brennelement, Basisereignis

BHB Betriebshandbuch

BMUB Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

D

DAF sekundärseitiger Druckabfall (Reaktorschutzsignal)

DH Druckhalter

E

EDW Explosionsdruckwelle

F

FAK PSA Facharbeitskreis probabilistische Sicherheitsanalyse

FD Frischdampf

FLAB Flugzeugabsturz

G

GVA Gemeinsam verursachter Ausfall

H

HGZ Häufigkeit von Gefährdungszuständen

I

IAEA International Atomic Energy Agency

K

KKW Kernkraftwerk

M

ME Meldepflichtiges Ereignis

N

NLB Nichtleistungsbetrieb

NHB Notfallhandbuch

P

PKL Primärkreislauf

PSA Probabilistische Sicherheitsanalyse

PSF Performance Shaping Factor

PSÜ Periodische Sicherheitsüberprüfung, vgl. SÜ

R

RESA Reaktorschnellabschaltung

RSK Reaktorsicherheitskommission

RSP Risk Spectrum (Software)

S

sbR schriftliche betriebliche Regelung
SÜ Sicherheitsüberprüfung gemäß § 19a AtG
SWR Siedewasserreaktor

T

TUSA Turbinenschnellabschaltung

W

WKP Wiederkehrende Prüfung

VORWORT

Für die deutschen Kernkraftwerke sind in der Vergangenheit probabilistische Sicherheitsanalysen im Rahmen der Sicherheitsüberprüfung (SÜ) nach § 19a AtG auf der Basis des Leitfadens Probabilistische Sicherheitsanalyse [/BA 05/](#) durchgeführt worden.

Die im November 2012 verabschiedeten Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke [/BA 15/](#) fordern in 5 (5b):

„In Ergänzung der deterministischen Nachweisführungen müssen probabilistische Sicherheitsanalysen zudem durchgeführt werden, um die sicherheitstechnische Relevanz

- *von Änderungen an Maßnahmen, Einrichtungen oder der Betriebsweise der Anlage sowie*
- *von Erkenntnissen, die aus aufgetretenen sicherheitsrelevanten Ereignissen oder Phänomenen bekannt geworden sind und deren Übertragbarkeit auf die im Anwendungsbereich der „Sicherheitsanforderungen an KKW“ benannten Kernkraftwerke in Deutschland gegeben ist,*

bei denen ein nennenswerter Einfluss auf die Ergebnisse der PSA zu erwarten ist, zu bewerten.“

Hierdurch gibt es im deutschen kerntechnischen Regelwerk die Anforderung, sicherheitstechnische Fragestellungen außerhalb der SÜ probabilistisch zu bewerten. Daher wurde der FAK PSA vom BMUB beauftragt, einen sich aus diesen Anforderungen ergebenden methodischen Ergänzungsbedarf zu identifizieren und entsprechende methodische Hilfestellungen zu erarbeiten.

Mit dieser Anwendungsunterlage legt der FAK PSA seine Beratungsergebnisse vor. Hierin wird ein grundsätzlicher methodischer Rahmen zur Einbeziehung probabilistischer Methoden bei der Bewertung sicherheitstechnisch relevanter Fragestellungen außerhalb der SÜ vorgeschlagen. Es werden keine Aussagen über aufsichtliche Aspekte bezüglich der Erfüllung der oben genannten Anforderungen in atomrechtlichen Verfahren gemacht.

Eine Reihe von konkreten Beispielen aus der Praxis dokumentiert darüber hinaus einen Teil der in Deutschland auf diesem Gebiet bereits gemachten Erfahrungen und illustriert das vorgeschlagene Vorgehen.

1 ZIELSETZUNGEN PROBABILISTISCHER BEWERTUNGEN AUSSERHALB DER SÜ

Probabilistische Untersuchungen zur gesamtheitlichen Bewertung konkreter sicherheitstechnischer Fragestellungen außerhalb der SÜ können durchgeführt werden, um ergänzend zur deterministischen Nachweiskführung zusätzliche Erkenntnisse mit diesem im Vergleich zu einer deterministischen Vorgehensweise methodisch anderen Ansatz zu gewinnen. Damit können gegebenenfalls zusätzliche sicherheitsrelevante Erkenntnisse zur Unterstützung von Entscheidungsprozessen identifiziert und bewertet werden.

2 ANWENDUNGSGEBIETE

2.1 ALLGEMEINES

Über die Nutzung probabilistischer Untersuchungen in den wiederkehrenden SÜ hinaus, können probabilistische Untersuchungen in folgenden Anwendungsgebieten zum Einsatz kommen:

- Änderungen an Maßnahmen, Einrichtungen oder der Betriebsweise der Anlage:
Mit einer probabilistischen Bewertung kann ihre sicherheitstechnische Relevanz gezeigt werden, d. h. welche Auswirkung die jeweilige Änderung auf das Sicherheitsniveau einer Anlage hat.
- Ereignisse oder Anlässe aus dem Betrieb der Anlage, d. h. Erkenntnisse, die aus aufgetretenen sicherheitsrelevanten Ereignissen oder Phänomenen bekannt geworden sind: Diese können sich z. B. auf Meldepflichtige Ereignisse (ME), Störungen, betriebliche Ausfälle, Instandsetzungszeiten, festzulegende Strategien bei mehreren zulässigen Varianten oder temporäre Modifikationen von Hardware-Konfigurationen beziehen:
Die Anwendung probabilistischer Methoden bei derartigen ereignis- bzw. anlassbezogenen Fragestellungen zielt ebenfalls auf die sicherheitstechnische Bewertung der Auswirkungen auf das Sicherheitsniveau, d. h. in diesem Fall auf die ereignis- bzw. anlassbezogene Risikoänderung ab (Vorher/Nachher-Betrachtungen oder z. B. Bewertung mehrerer Strategien).

Die unterschiedlichen Anwendungsgebiete sind in den Abschnitten 2.2 und 3 charakterisiert.

2.2 VORGEHENSWEISE

Es soll die Frage beantwortet werden, ob

- Änderungen an Maßnahmen, Einrichtungen oder der Betriebsweise der Anlage oder
- zu bewertende ereignis- bzw. anlassbezogene Fragestellungen

einen nennenswerten Einfluss auf die Ergebnisse der PSA erwarten lassen. Dies erfordert nicht immer die Durchführung von umfangreichen probabilistischen Bewertungen. Daher wird hierfür ein gestaffeltes Verfahren vorgeschlagen (vgl. Screening-Prozess in Abschnitt 3), um nachvollziehbar einordnen und festlegen zu können, ob derartige ergänzende probabilistische Bewertungen durchzuführen sind.

Ein zu erwartender Einfluss kann dahingehend bewertet werden, in welchem Umfang er eine Veränderung des probabilistischen Ergebnisses zur Folge hat, und wie sich diese Änderung gegenüber Orientierungswerten (vgl. Angaben in der RSK-Stellungnahme aus der 460. Sitzung „RSK-Verständnis der Sicherheitsphilosophie [/RSK 13/](#)) darstellt. Was ein „nennenswerter Einfluss“ ist, sollte im Einzelfall begründet werden.

In einem ersten Schritt ist es oft ausreichend, mit Hilfe eines Fragebogens (wie z. B. in Anhang 1) und vereinfachten Methoden Bewertungen vorzunehmen.

Im Rahmen der Anwendung probabilistischer Methoden kann gegebenenfalls in einem zweiten Schritt zur Feststellung der möglichen Auswirkungen der betrachteten sicherheitstechnischen Fragestellung auf die PSA-Modellierung eine detaillierte Fragenliste (vgl. Anhang 2) als systematisches Hilfsmittel herangezogen werden. Dabei ist zu beachten, dass die Auswirkungen z. T. direkt analysiert werden können, z. T. jedoch nur indirekt feststell- und bewertbar sind (z. B. ob das Ausfallverhalten einer passiven Komponente, die von der sicherheitstechnischen Fragestellung betroffen ist, weiterhin als numerisch vernachlässigbar gegenüber dem Ausfallverhalten aktiver Komponenten angenommen werden kann).

Als Ergebnis dieser Untersuchung

- kann der Teil der PSA-Modellierung identifiziert werden, der von der sicherheitstechnischen Fragestellung betroffen ist,
- können die Teile der PSA festgestellt werden, die modifiziert werden sollten,
- können die Analysen identifiziert werden, die zur ergänzenden probabilistischen Bewertung der sicherheitstechnischen Fragestellung durchgeführt werden sollten.

Außerdem können anhand dieser Untersuchung der Umfang und die Tiefe der notwendigen Analysen ermittelt werden.

Im Hinblick auf den Umfang der als Ausgangsbasis verfügbaren anlagenspezifischen PSA, die derzeit bestimmte Bereiche nicht enthalten, ist zunächst qualitativ zu untersuchen (vgl. Anhang 2), ob die sicherheitstechnische Fragestellung diese nicht analysierten Bereiche beeinflusst. Ist das der Fall, sind danach abdeckende, auch qualitative Betrachtungen oder gegebenenfalls Sensitivitätsuntersuchungen durchzuführen (vgl. Anhang 4), wobei auch deterministische Zuverlässigkeitsprinzipien, wie die Bewertung von z. B. Redundanz, Diversität oder vorgesehenen Maßnahmen, für die nicht analysierten Bereiche herangezogen werden können. Wichtig ist, dass auf diesen Aspekt eingegangen wird und nicht der möglicherweise unzutreffende Rückschluss gezogen wird, dass Auswirkungen sicherheitstechnischer Fragestellungen nicht risikorelevant seien, weil sie in den anlagenspezifischen PSA derzeit nicht analysierte Bereiche beeinflussen.

Zur Bewertung der Auswirkungen der sicherheitstechnischen Fragestellung kann es notwendig sein, den Detaillierungsgrad, d. h. Modellierungstiefe und -umfang, der anlagenspezifischen PSA zu vergrößern oder zu ergänzen (z. B. modulare Darstellung leittechnischer Systemfunktionen, Berücksichtigung passiver Komponenten). Die Modifikationen können entweder im PSA-Modell selbst erfolgen, oder mögliche Auswirkungen können durch Sensitivitätsanalysen eingegrenzt oder durch qualitative Betrachtungen bewertet werden.

Nachdem die möglichen Auswirkungen der sicherheitstechnischen Fragestellungen auf die PSA-Modellierung ermittelt worden sind, sind gegebenenfalls die entsprechenden Modifikationen in der Modellierung der zugrundeliegenden PSA, die als Ausgangsbasis herangezogen wird, durchzuführen und zu dokumentieren. Für eine effiziente Abwicklung sollten Prozeduren unter Einbeziehung notwendiger Gesichtspunkte der Qualitätssicherung Anwendung finden, vgl. z. B. Anhang 3.

3 BEISPIEL FÜR EINEN SCREENING-PROZESS

Ein Screening-Prozess sollte für die in Abschnitt 2 genannten Anwendungsgebiete durchgeführt werden.

3.1 ÄNDERUNGSMABNAHMEN

Für Änderungen an Maßnahmen, Einrichtungen oder der Betriebsweise der Anlage, nachfolgend kurz Änderungsmaßnahmen genannt, sollte eine Einordnung in drei Kategorien vorgenommen werden, die den zu erwartenden Einfluss auf die PSA angeben. Diese Kategorien sind in Tabelle 1 und Abbildung 1 definiert, sie werden mit a, b und c bezeichnet.

Von Änderungsmaßnahmen der Kategorie a wird kein Einfluss auf die PSA erwartet.

Kriterien, nach denen eine Zuordnung zur Kategorie a vorgenommen werden kann, sind:

- Es werden Komponenten oder Teile davon gegen gleichwertige ausgetauscht. In diesem Fall sind in der PSA die gleichen Zuverlässigkeitskenngrößen zu verwenden wie bisher und das Ergebnis kann sich nicht ändern. Dies gilt nicht, wenn sich der Komponententyp ändert, z. B. Ersetzung einer Klappe durch einen Schieber.
- Es handelt sich um eine Reparaturmaßnahme, bei der der Sollzustand wieder hergestellt wird.
- Es handelt sich um eine Ersatzteilbeschaffung.
- Es handelt sich um Brennelement-Antransport, -Abtransport oder -Einlagerung.
- Es handelt sich um eine Änderung der Dokumentation. Eine gegebenenfalls zugrunde liegende Anlagenänderung ist dagegen zu betrachten.

Im Weiteren können zur Unterstützung und nachvollziehbaren Dokumentation der Zuordnung zu den Kategorien die 14 Fragen gemäß Anhang 1 herangezogen werden.

Von Änderungsmaßnahmen der Kategorie b wird zwar grundsätzlich ein Einfluss auf die PSA erwartet, allerdings kein nennenswerter Einfluss auf ihre Ergebnisse (weder direkt noch indirekt, vgl. Abschnitt 2.2). Hier von betroffen sind auch die Bereiche, die außerhalb des Umfangs der als Ausgangsbasis verfügbaren anlagenspezifischen PSA liegen. Eine eventuelle Aktualisierung der PSA als Konsequenz von Änderungsmaßnahmen der Kategorie b, d. h. die Integration der durchgeführten Änderungen in das PSA-Modell, sollte turnusgemäß erfolgen (Zeitraum kürzer als SÜ-Zyklus, vgl. Abschnitt 5).

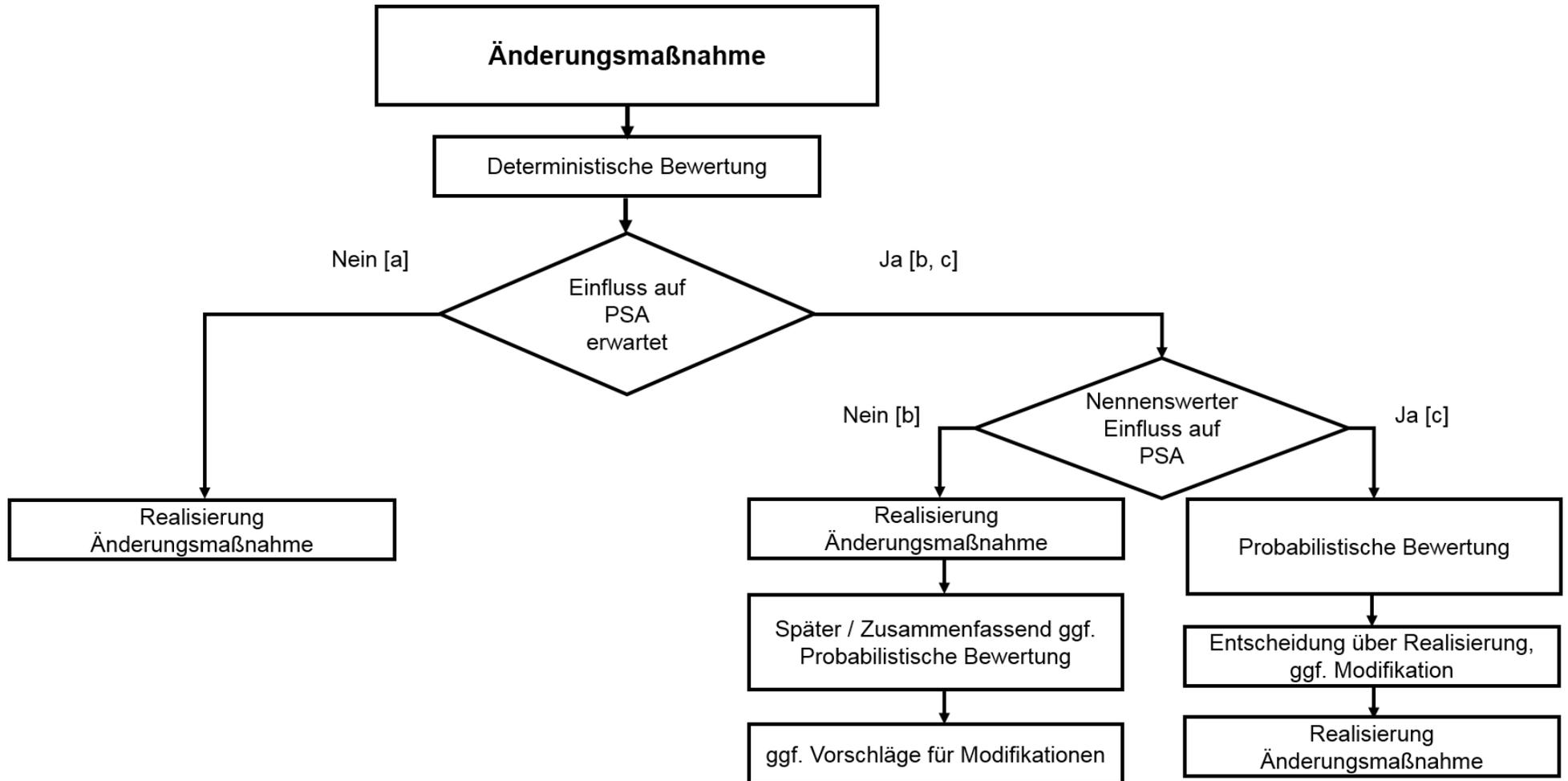


Abbildung 1: Bewertung einer fallweise ergänzenden probabilistischen Untersuchung während bzw. nach der Abwicklung einer Änderungsmaßnahme

Tabelle 1: Kategorisierung der Änderungsmaßnahmen bezüglich Abwicklung und probabilistischer Bewertung

Kategorie	Einfluss auf die PSA erwartet	Nennenswerter Einfluss auf die Ergebnisse der PSA	Probabilistische Bewertung bei Abwicklung der Änderung	Modellierung / Aktualisierung PSA	Anmerkungen
a	nein	nein	nein	nein	
b	ja	nein, weder direkt noch indirekt	nein	zu gegebener Zeit Integration der Erkenntnisse aus der Änderungsmaßnahme in die PSA-Modellierung	gegebenenfalls spätere bzw. zusammenfassende Bewertung der Änderungsmaßnahme; u. U. Vorschläge für Modifikationen im PSA-Modell (vergleichbar betriebsbegleitender Prüfung)
c	ja	ja, direkt oder indirekt	ja, in Ergänzung zur deterministischen Bewertung	zeitgleiche / zeitnahe Modellierung / Aktualisierung der PSA-Modellierung	unmittelbare Rückkopplung zur Änderungsmaßnahme; Voraussetzung: konkrete Informationen liegen vor (gegebenenfalls Ergänzung bezüglich bisherigem Stand)

Eine nachträgliche zusammenfassende probabilistische Bewertung mehrerer realisierter Änderungsmaßnahmen kann ergänzend durchgeführt werden. Für realisierte Änderungsmaßnahmen der Kategorie b würden sich dadurch u. U. – vergleichbar einer betriebsbegleitenden Prüfung und Kontrolle in anderen Bereichen oder der bisherigen Sicherheitsüberprüfung – Vorschläge für Modifikationen im PSA-Modell ergeben.

Änderungsmaßnahmen, bei denen ein nennenswerter Einfluss auf die Ergebnisse der PSA zu erwarten ist (Kategorie c), sollen einer probabilistischen Bewertung unterzogen werden. Bei diesen Änderungsmaßnahmen empfiehlt sich eine zeitnahe Aktualisierung der PSA. Unter Umständen ergibt sich für die probabilistische Bewertung die Veranlassung von Parameter- bzw. Sensitivitätsstudien, wie es z. B. für probabilistische Bewertungen vor Genehmigung und Errichtung einer Anlage international üblich ist.

3.2 EREIGNIS- BZW. ANLASSBEZOGENE FRAGESTELLUNGEN

Für die zu treffende Entscheidung, ob bei konkreten ereignis- bzw. anlassbezogenen Fragestellungen probabilistische Untersuchungen durchzuführen sind, kann in Anlehnung an die beschriebene Vorgehensweise für die Kategorisierung von Änderungsmaßnahmen vorgegangen werden. Die entsprechenden Kategorien für ereignis- bzw. anlassbezogene Fragestellungen werden im Folgenden mit α , β und γ bezeichnet. Zur Unterstützung und nachvollziehbaren Dokumentation können ebenfalls die 14 Fragen gemäß Anhang 1 herangezogen werden, d. h. es wird überlegt und abgefragt, ob z. B. ein aufgetretenes meldepflichtiges Ereignis Auswirkungen auf das bisherige Spektrum auslösender Ereignisse, auf die zugrunde gelegten Wirksamkeitsbedingungen, auf die angenommenen Ereignisablaufsequenzen usw. haben kann. Probabilistische Untersuchungen derartiger ereignis- bzw. anlassbezogener Fragestellungen zielen ebenfalls auf die sicherheitstechnische Bewertung der Auswirkungen auf das Sicherheitsniveau ab, d. h. in diesem Fall auf die ereignis- bzw. anlassbezogene Risikoänderung (Vorher/Nachher-Betrachtungen oder z. B. Bewertung mehrerer Strategien). Insofern ist die Kategorie α vergleichbar der Kategorie a im Falle von Änderungsmaßnahmen, d. h. es wird kein Einfluss auf die PSA der Anlage erwartet.

Wenn von einer ereignis- bzw. anlassbezogenen Fragestellung keine nennenswerte Auswirkung auf die jeweils vorliegende PSA erwartet wird, fällt diese in die Kategorie β . Eine eventuelle Aktualisierung der PSA entfällt aufgrund der zeitlichen Beschränkung des Ereignisses bzw. des Anlasses, vgl. auch Abschnitt 5.2.

Für die Fälle, bei denen für eine ereignis- bzw. anlassbezogene Fragestellung eine nennenswerte Auswirkung auf die Ergebnisse der vorliegenden PSA zu erwarten ist, soll in Ergänzung der deterministischen Bewertung auch eine probabilistische Bewertung durchgeführt werden. Hierbei ist zu beachten, dass spezifische Randbedingungen von denen der vorliegenden PSA abweichen können. Beispiele für diese Randbedingungen sind unter anderem (vgl. [/ENSI 15/](#)):

- Die Dauer der Nichtverfügbarkeit einer Komponente;
- die der ereignis- bzw. anlassbezogenen Fragestellung zugeordnete Anlagenkonfiguration wie zum Beispiel keine weitere Nichtverfügbarkeit aufgrund vorgezogener Instandhaltung oder kompensatorischer Maßnahmen;
- die aktuell vorliegenden Systemschaltungen, die z.B. eine veränderte Verfügbarkeit eines Systems bedeuten;
- die eventuelle Übertragbarkeit des Anlasses auf weitere Komponenten, z.B. Neubewertung der Verfügbarkeit.

4 DURCHFÜHRUNG DER PROBABILISTISCHEN UNTERSUCHUNGEN

Die Methoden, Vorgehensweisen und Randbedingungen zur Erstellung probabilistischer Analysen im Rahmen der SÜ sind in dem PSA-Leitfaden [/BA 05/](#) bzw. in den zugehörigen Methoden- und Datenbänden [/METH 05/](#), [/DAT 05/](#) festgelegt (vgl. auch die Ergänzungen zu Methoden und Daten [/METH 15/](#)) und im Grundsatz auch für die sicherheitstechnische Bewertung von Änderungen an Maßnahmen, Einrichtungen oder der Betriebsweise der Anlage sowie von ereignis- bzw. anlassbezogenen Fragestellungen, soweit möglich und sinnvoll, anzuwenden. Um die sicherheitstechnisch relevanten Fragestellungen beantworten zu können, ist es jedoch möglicherweise erforderlich, detaillierter und realistischer zu modellieren. Generell sind die probabilistischen Untersuchungen nur dort anzuwenden, wo der Stand der Methodik und die verfügbaren Daten dies erlauben.

Bei der konkreten Durchführung probabilistischer Untersuchungen zur sicherheitstechnischen Bewertung von Änderungen an Maßnahmen, Einrichtungen oder der Betriebsweise der Anlage sowie von ereignis- bzw. anlassbezogenen Fragestellungen sind Vorgehen, Umfang und Detaillierungsgrad fallbezogen anzupassen. Ein solcher gestaffelter Bewertungsansatz wird auch in IAEA GSR, Part 4, Kap. 3 [/IAEA 16/](#) beschrieben.

Im Falle einer detaillierten probabilistischen Bewertung ist eine wesentliche Randbedingung, dass die für probabilistische Untersuchungen verwendeten Modellierungen und Zuverlässigkeitskenngrößen dem aktuellen Anlagenzustand entsprechen.

Konkrete Beispiele zur Durchführung solcher probabilistischer Untersuchungen sind in Anhang 5 aufgeführt. Mögliche Auswirkungen (direkte und indirekte) der zu untersuchenden Fragestellung auf die Modellierung der probabilistischen Untersuchungen sind festzustellen und nachvollziehbar zu dokumentieren. Sind von der zu untersuchenden Fragestellung zusätzlich nicht analysierte Bereiche bezüglich der vorliegenden probabilistischen Untersuchungen betroffen, ist in geeigneter Weise auf diesen Aspekt einzugehen (vgl. auch Abschnitt 3.2).

Für alle Zustände (z. B. vor und nach einer Änderung oder mehrere geplante Strategien) sind abhängig von der zu untersuchenden Fragestellung nachvollziehbare quantitative und qualitative Daten und Informationen bereitzustellen. Abhängig von den relevanten Analysesachverhalten betrifft dies z. B. folgende Daten bzw. Informationen:

- Zuverlässigkeitskenngrößen,
- Nichtverfügbarkeiten und Unsicherheiten von Basisereignissen, Fehlerbäumen, Systemfunktionen, Sicherheitsfunktionen,
- Eintrittshäufigkeiten von Ereignisablaufsequenzen auslösenden Ereignissen oder Endzuständen,
- Gesamtergebnis (z. B. Häufigkeit von Brennstabschadenszuständen) und
- Importanz und Sensitivität von Zuverlässigkeitskenngrößen, Basisereignissen und -gruppen

sowie

- Modellierung des Ausfallverhaltens,
- Berücksichtigung und Modellierung von gemeinsam verursachten Ausfällen,
- Berücksichtigung und Modellierung von Personalhandlungen,
- Berücksichtigung und Bewertung von Unsicherheiten,
- Zusammensetzung von Minimalschnitten,
- Bewertung von Ereignisablaufsequenzen hinsichtlich ihrer Endzustände sowie der Übergänge aus relevanten Zwischenzuständen.

Ein grundlegender Unterschied bei der sicherheitstechnischen Bewertung von Änderungsmaßnahmen im Vergleich zu ereignis- bzw. anlassbezogenen Fragestellungen besteht darin, dass sich erstere im Allgemeinen auf eine Änderung des Zustands der Anlage beziehen, der andauert und sich auf das ganze Jahr bezieht, während letztere sich auf temporäre Änderungen beziehen. Auch ist bei der sicherheitstechnischen Bewertung ereignis- bzw. anlassbezogener Fragestellungen im Allgemeinen der zugrunde zu legende Zeitraum eingrenzbar.

Bei probabilistischen Untersuchungen von ereignis- bzw. anlassbezogenen Fragestellungen ist weiter zu differenzieren zwischen aufgetretenen Ereignissen und der Bewertung von Strategien bei mehreren zulässigen Varianten.

Deshalb sind insbesondere bei der konkreten Durchführung probabilistischer Untersuchungen für ereignis- bzw. anlassbezogenen Fragestellungen zeitabhängige Analysen durchzuführen, welche die temporären Änderungen in den jeweiligen Zeiträumen zutreffend in den Modellierungen berücksichtigen.

5 VORGEHEN BEI DER BEWERTUNG

Die probabilistische Bewertung der zu untersuchenden Fragestellung ist fallbezogen, unter Berücksichtigung der Unsicherheiten für die verschiedenen Ebenen der Modellierung der probabilistischen Untersuchungen durchzuführen, z. B. für Zuverlässigkeitskenngrößen, Basisereignisse, Fehlerbäume, Systemfunktionen, Sicherheitsfunktionen, Ereignisablaufsequenzen, auslösende Ereignisse und das Gesamtergebnis, vgl. auch Abschnitt 4.

Darüber hinaus liefern die qualitativen Ergebnisse der anlagenspezifischen PSA ergänzende Informationen und systematische Erkenntnisse. Dafür können die Minimalschnitte der einzelnen Ereignisablaufsequenzen im Hinblick auf ihre Zusammensetzung, ihre Beiträge sowie ihre jeweiligen Unsicherheiten analysiert werden. Bei der Analyse und Bewertung der Minimalschnitte sollten administrative Regelungen oder Personalhandlungen besonders beachtet werden, insbesondere solche, die gewisse Schwächen in der Anlagenauslegung kompensieren sollen.

Generell hat die probabilistische Bewertung auf Basis der durchgeführten Analysen sowie der Stabilität der erzielten Ergebnisse unter Einbeziehung der jeweiligen Unsicherheiten zu erfolgen. Dazu sind sowohl risikorehöhende als auch risikoreduzierende Aspekte zu bewerten.

Die Analyse der Unsicherheiten, welche die Ursachenkomplexe Zuverlässigkeitskenngrößen, Modellierung und Vollständigkeit umfasst, ist entsprechend dem PSA-Leitfaden [/BA 05/](#) bzw. dem zugeordneten Methodenband [/METH 05/](#) (vgl. auch die Ergänzungen zu Methoden und Daten [/METH 15/](#)) durchzuführen.

Der Aspekt der Unsicherheit in der PSA-Modellierung wird im Rahmen der SÜ berücksichtigt durch Ausweisen der Unsicherheiten, durch eine konservative Betrachtungsweise oder durch Eingrenzen der Unsicherheiten mittels Sensitivitätsanalysen.

Der wesentliche Gesichtspunkt im Hinblick auf die Untersuchung und Bewertung der Unsicherheit in der Vollständigkeit über den Rahmen der SÜ hinaus besteht darin, mögliche Auswirkungen der sicherheitstechnischen Fragestellung in derzeit nicht analysierten Bereichen der als Ausgangsbasis verfügbaren anlagenspezifischen PSA in geeigneter Weise einzuschätzen.

5.1 ÄNDERUNGSMASSNAHMEN

Im Hinblick auf die Bewertung von Ergebnissen probabilistischer Untersuchungen ist festzuhalten, dass die Zielsetzung der Anwendung probabilistischer Untersuchungen zur sicherheitstechnischen Bewertung von Änderungsmaßnahmen der Nachweis ist, dass das Sicherheitsniveau der Anlage auch mit den Änderungsmaßnahmen erhalten bleibt. Dabei ist gegebenenfalls zu zeigen, dass eine numerische Ergebnisverschlechterung eines Einzelaspektes durch Bewertung des Nutzens der Änderung sowie anderer inhaltlich damit verbundener Aspekte kompensiert wird, so dass das integrale Sicherheitsniveau der Anlage insgesamt erhalten bleibt.

Eine gesamtheitliche Bewertung der Veränderung des integralen Sicherheitsniveaus der Anlage durch eine Änderungsmaßnahme ist auch unter expliziter, im Allgemeinen qualitativer Bewertung von u. U. ebenfalls betroffenen Bereichen durchzuführen, die im Umfang der als Ausgangsbasis verfügbaren anlagenspezifischen PSA derzeit nicht enthalten sind. Dies sind z. B. die Untersuchung übergreifender Einwirkungen im Nichtleistungsbetrieb oder eine PSA der Stufe 2, die über die Untersuchung von anlageninternen auslösenden Ereignissen im Leistungsbetrieb hinausgeht.

Für den Fall, dass z. B. mehrere unterschiedliche Anlagenänderungen zusammengefasst werden, kann eine zusammenfassende, gesamtheitliche Analyse und Beurteilung durchgeführt werden, und keine in Einzelaspekte zerlegte Bewertung. Dies betrifft Änderungen, die jeweils hinreichend hohe Einzelbeiträge liefern und bei denen übergreifende Effekte, Wechselwirkungen und Schnittstellen usw. vorliegen, die durch Einzelanalysen nicht mehr ausreichend erfasst werden können.

Mit der in dieser Anwendungsunterlage beschriebenen Vorgehensweise kann für Änderungen an Maßnahmen, Einrichtungen oder der Betriebsweise der Anlage eine gesamtheitliche Bewertung der Veränderung des integralen Sicherheitsniveaus der Anlage vorgenommen werden und somit Entscheidungsalternativen ergänzend risikoinformiert bewertet werden.

5.2 EREIGNIS- BZW. ANLASSBEZOGENE FRAGESTELLUNGEN

Zielsetzung der ereignis- bzw. anlassbezogenen probabilistischen Untersuchungen ist die Bewertung der sicherheitstechnischen Relevanz, d. h. die sicherheitstechnische Bewertung der ermittelten Risikoänderungen unter vorgegebenen Randbedingungen oder auch eine relative Bewertung abhängig von unterschiedlichen, jeweils möglichen Varianten.

Je nach der zu bewertenden anlassbezogenen Fragestellung ist eine Änderung der Häufigkeiten von Schadenszuständen und Freisetzungen für den zu untersuchenden Zeitraum oder die Wahrscheinlichkeit von Schadenszuständen und Freisetzungen in dem zu untersuchenden Zeitraum der geeignetere Bewertungsmaßstab. Vgl. auch die Beispiele in Anhang 5.

Für Anlagenbetriebszustände des Nichtleistungsbetriebs können vergleichbare Größen abgeleitet werden. Da in der Regel eine PSA der Stufe 2 für diese Anlagenbetriebszustände nicht vorliegt, ist es gegebenenfalls notwendig, eine vereinfachte Bewertung in Bezug auf Auswirkungen auf Freisetzungshäufigkeiten vorzunehmen. Diese Bewertungen sollten auf der anlagenspezifischen PSA der Stufe 2 für den Leistungsbetrieb und der PSA der Stufe 1 für den Nichtleistungsbetrieb beruhen.

Bei Fragestellungen wie z. B. der sicherheitstechnischen Bewertung mehrerer deterministisch zulässiger Varianten oder Strategien ist diejenige zu bevorzugen, welche mit der geringsten Verschlechterung der PSA-Ergebnisse verbunden ist; sind diese vergleichbar, können andere Argumentationen herangezogen werden.

Bei einer Bewertung eines aufgetretenen meldepflichtigen Ereignisses können die relativen wie auch die absoluten Erhöhungen in den PSA-Ergebnissen vergleichbar ermittelt werden; u. U. sind bei den durchzuführenden Bewertungen Annahmen bezüglich des Andauerns eines Zustandes zu treffen (wie lange hält z. B. eine Kenntnisstandunsicherheit an, bis Nachweise gegebenenfalls erbracht werden können, oder wie lange lag z. B. der Ausfall einer sicherheitstechnischen Komponente schon vor). In diesen Fällen kann eine Einordnung der aufgetretenen Änderung im PSA-Ergebnis als ergänzende sicherheitsrelevante Erkenntnis zur Unterstützung von Entscheidungen herangezogen werden.

Mit der in dieser Anwendungsunterlage beschriebenen Vorgehensweise kann für ereignis- bzw. anlassbezogene Fragestellungen die sicherheitstechnische Relevanz bewertet werden, d. h. es kann die sicherheitstechnische Bewertung der ermittelten Änderungen der PSA-Ergebnisse unter vorgegebenen Randbedingungen oder auch eine relative Bewertung abhängig von unterschiedlichen, jeweils möglichen Varianten vorgenommen, und somit die Basis für die zu treffende Entscheidung um Risikoinformation ergänzt werden.

LITERATURVERZEICHNIS

- /AtSMV/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Atomrechtliche Sicherheitsbeauftragten- und Meldeverordnung vom 14. Oktober 1992 (BGBl. I S. 1766), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 8. Juni 2010 (BGBl. I S. 755) geändert worden ist.
- /BA 05/ Bundesanzeiger: Bekanntmachung des Leitfadens zur Durchführung der "Sicherheitsüberprüfung gemäß § 19a des Atomgesetzes - Leitfaden Probabilistische Sicherheitsanalyse -" für Kernkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland, 30.08.2005 Nummer 207a, 03.11.2005.
- /BA 15/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB): Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke, Bekanntmachung vom 3. März 2015, BAnz AT 30.02.2015 B2, <http://www.bmub.bund.de/themen/atomenergie-strahlenschutz/nukleare-sicherheit/details-nukleare-sicherheit/artikel/sicherheitsanforderungen-an-kernkraftwerke/>
- /DAT 05/ Facharbeitskreis (FAK) Probabilistische Sicherheitsanalyse für Kernkraftwerke: Daten zur Quantifizierung von Ereignisablaufdiagrammen und Fehlerbäumen, Stand: August 2005, BfS-SCHR-38/05, Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), Salzgitter, Oktober 2005, <https://doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-201011243838>.
- /ENSI 15/ Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI): Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Anwendungen. Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen. Bericht ENSI-A06, Ausgabe November 2015.
- /IAEA 08a/ International Atomic Energy Agency (IAEA): Risk Informed Decision Making, Draft Safety Guide DS365, 10.04.2008.
- /IAEA 16/ International Atomic Energy Agency (IAEA): Safety Assessment for Facilities and Activities, General Safety Requirements Part 4, IAEA Safety Standards, No. GSR Part 4, (Rev. 1), 2016; <http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10884/Safety-Assessment-for-Facilities-and-Activities>
- /KRA 06/ Kranz, S., Weber, M.: Nutzung probabilistischer Untersuchungen in behördlichen Verfahren: Vorgehensweise, Erfahrungen und Erkenntnisse. PSA Symposium: Probabilistische Sicherheitsanalysen in der Kerntechnik, 23. – 24. November 2006, München.
- /METH 05/ Facharbeitskreis (FAK) Probabilistische Sicherheitsanalyse für Kernkraftwerke: Methoden zur probabilistischen Sicherheitsanalyse für Kernkraftwerke, Stand: August 2005, BfS-SCHR-37/05, Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), Salzgitter, Oktober 2005, <https://doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-201011243824>.
- /METH 15/ Facharbeitskreis (FAK) Probabilistische Sicherheitsanalyse für Kernkraftwerke: Ergänzungen zu Methoden und Daten zur probabilistischen Sicherheitsanalyse für Kernkraftwerke, Mai 2015, <https://doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-2016091314090>.
- /RSK 13/ Reaktorsicherheitskommission (RSK): RSK-Verständnis der Sicherheitsphilosophie, Bekanntmachung vom 5.12.2013, BAnz AT 05.12.2013 B4.
- /SCH 08/ Schwarz, W., Leray, J., Rattke, J., Sander, U.: PSA für Nichtleistungsbetrieb von GKN I. Probabilistische Sicherheitsanalysen in der Kerntechnik: Erfahrungen, Erkenntnisse, Entwicklungen. Symposium, '08, Mannheim, 17. - 18. April 2008.
- /SPI 04a/ Spitzer, C., Wildermann, T.: Extended Application of PSAs in Regulatory Procedures: Practice and Concept of an Integrated Safety Assessment, in: C. Spitzer, U. Schmocker, V. N. Dang (Eds.): Proceedings of the International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management: PSAM 7 – ESREL '04, June 14-18, 2004, Berlin, Germany, S. 1401 -1407, Springer-Verlag London, 2004.

- /SPI 04b/ Spitzer, C.: Human Factors Analysis: Central Needs for Practical Applications, in: C. Spitzer, U. Schmocker, V. N. Dang (Eds.): Proceedings of the International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management: PSAM 7 – ESREL '04, June 14-18, 2004, Berlin, Germany, S. 1727-1733, Springer-Verlag London, 2004.
- /SPI 06/ Spitzer, C.: Utilisation of Probabilistic Investigations to Support Safety Assessment and Risk Management, 4th International Probabilistic Symposium, Berlin, 12th -13th October 2006.
- /SPI 09a/ Spitzer, C.: Integral analysis of low power and shutdown operation: insights and outcome, Kerntechnik 74 (2009) No. 3, S. 114-124. Carl Hanser Verlag, München, 2009.
- /SPI 09b/ Spitzer, C.: Sicherheitsrelevante Erkenntnisse aus der Begutachtung einer PSA, 2. VdTÜV Forum Kerntechnik, Berlin, 16. – 17. März 2009.
- /SPI 09c/ Spitzer, C., Wildermann, T.: Probabilistik im neuen KTR: Zielsetzung und Anwendung vor dem Hintergrund nationaler und internationaler Erfahrungen und Vorgehensweisen; TÜV SÜD Symposium '09 Probabilistische Sicherheitsanalysen in der Kerntechnik, München, 25. – 26. November 2009.
- /SPI 10/ Spitzer, C.: Utilisation of HRA key insights for LPS operating procedures: example for an implementation put in practice in: Proceedings of 10th International Probabilistic Safety Assessment and Management Conference (PSAM10) Seattle, WA, Jun 10.
- /SPI 11/ Spitzer, C.: Nutzung probabilistischer Untersuchungen im Aufsichts- und Genehmigungsverfahren in Baden-Württemberg, DSK, 34. Sitzung AG 1, Neuchâtel, 31. Mai bis 1. Juni 2011.
- /SPI 12/ Spitzer, C., Pohl, H.: Probabilistic Investigations to Support Risk-Informed Decision-making: Experiences and Perspective, in: 11th International Probabilistic Safety Assessment and Management Conference and the Annual European Safety and Reliability Conference 2012 (PSAM11 ESREL 2012) Helsinki, Finland, 25 – 29 June 2012, ISBN: 978-1-62276-436-5, Curran Associates, Inc., Red Hook, NY, 2012.
- /SPI 98/ Spitzer, C., Heermann, M.: Concept of an Extended Application of PSAs in Regulatory Procedures, in: A. Mosleh, R. A. Bari (Eds.): Proceedings of the 4th International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management (PSAM 4) New York City, USA, 13-18 September 1998, S. 307-312, Springer-Verlag, London, 1998.
- /VOG 08/ Vogel, A.: Entwicklung zustandsorientierter Prozeduren bei KKP 1 unter Berücksichtigung der Erkenntnisse der NLB-PSA, Probabilistische Sicherheitsanalysen in der Kerntechnik: Erfahrungen, Erkenntnisse, Entwicklungen. Symposium '08, Mannheim, 17. - 18. April 2008.
- /WIL 08/ Wildermann, T.: Umsetzung probabilistischer Analysen im atomrechtlichen Aufsichtsverfahren (in Baden-Württemberg). 1. VdTÜV Forum Kerntechnik, Berlin, 25. - 26. Februar 2008.

ANHÄNGE

Ein wesentlicher Aspekt in der probabilistischen Bewertung sicherheitstechnischer Fragestellungen außerhalb der SÜ besteht darin, sich ein Gesamtbild über die Frage und ihre möglichen Auswirkungen auf die Anlage und ihr Sicherheitsniveau zu verschaffen. Dazu ist es notwendig, auch Auswirkungen zu berücksichtigen, die nicht auf den ersten Blick einleuchtend sind; der Anspruch der PSA, eine ganzheitliche Bewertung eines Vorgangs zu erlauben, begründet sich darin, dass mit ihr auch Wechselwirkungen erkannt werden können, die in einer deterministischen Analyse nicht auffallen würden.

Die Fragen in Anhang 1 dienen dazu, sich die wesentlichen Teilbereiche einer PSA vor Augen zu führen. Die Anzahl der Fragen, die positiv beantwortet werden, kann eine erste, grobe Einordnung ermöglichen, ob und in welchem Maß ein Einfluss einer zu bewertenden Fragestellung auf die PSA zu erwarten ist und ob eine detaillierte Untersuchung notwendig ist. Wenn viele Fragen positiv beantwortet werden und somit viele Teilbereiche betroffen sind, ist möglicherweise eine umfangreiche Bewertung und gegebenenfalls eine neue Gesamtbewertung der PSA erforderlich. Sind nur wenige oder nur ein Teilbereich betroffen, kann gegebenenfalls eine isolierte Betrachtung dieses Bereichs und eine punktuelle Bewertung und Berechnung genügen.

Allerdings spielt nicht nur die Anzahl der betroffenen Teilbereiche bei dieser Einordnung eine Rolle, sondern auch die Tiefe, mit der jeder einzelne Bereich betroffen ist. Um dies einzuschätzen, können die Fragen in Anhang 2 herangezogen werden. Die Fragen wurden so gewählt, dass sie ein möglichst breites Feld abdecken und eine Vielfalt von Aspekten ansprechen, die für den entsprechenden Teilbereich der PSA relevant sind, ohne dabei Anspruch auf Vollständigkeit (im Sinne einer Berücksichtigung jedes kleinsten Effekts) zu erheben. Sie sollen nicht als simpler ja/nein-Fragebogen verwendet werden, sondern sind eher als Gedächtnisstütze und Anregung für eigene weitere Überlegungen gedacht. Trotz dieser Einschränkung kann die Anzahl der positiv beantworteten Fragen, insbesondere bei Berücksichtigung der Unterscheidung nach "explizit und quantitativ" und "nur qualitativ" als Indiz für die Einordnung der betrachteten Fragestellung nach dem in Abb. 1 dargestellten Vorgehen dienen.

Bei der Verwendung der in Anhang 1 und 2 dargestellten Tabellen/Fragelisten sollte daher beachtet werden, dass sie den Gutachter bei der Durchführung des Screening-Prozesses unterstützen, indem sie die Vielfalt der möglichen Einflüsse aufzeigt und eine qualitative Einordnung möglicher Auswirkungen erlaubt, z. B. im Sinne von "Viele Teilbereiche der PSA (Anhang 1) betroffen, aber nur jeweils wenige Aspekte, und die nur qualitativ (Anhang 2)" oder "Nur ein Teilbereich der PSA betroffen, aber der quantitativ und in erheblichem Maß" oder andere Kombinationen. Allerdings kann aufgrund der Vielfalt der möglichen Kombinationen keine einfache, direkte Zuordnung zu den Entscheidungsrauten im Screening-Prozess nach Abb. 1 angegeben werden.

Eine gutachterliche Einschätzung bleibt im Screening-Prozess unverzichtbar. Sie wird durch die in den Anhängen 1 und 2 dargestellten Tabellen/Fragelisten systematisiert und auf eine umfassende, breite Basis gestellt.

ANHANG 1: FRAGENLISTE ZUR UNTERSTÜTZUNG UND DOKUMENTATION DES SCREENING-PROZESSES FÜR EINE SICHERHEITSTECHNISCHE FRAGESTELLUNG

Nr.	Frage	Einordnung
1.	Kann die Fragestellung Auswirkungen auf das Spektrum auslösender Ereignisse haben?	
2.	Kann die Fragestellung Auswirkungen auf Wirksamkeitsbedingungen haben?	
3.	Kann die Fragestellung Auswirkungen auf Ereignisablaufanalysen haben?	
4.	Kann die Fragestellung Auswirkungen auf die Modellierung von Systemfunktionen haben?	
5.	Kann die Fragestellung Auswirkungen auf Zuverlässigkeitskenngrößen haben?	
6.	Kann die Fragestellung Auswirkungen auf gemeinsam verursachte Ausfälle (GVA) haben?	
7.	Kann die Fragestellung Auswirkungen auf die Bewertung von Personalhandlungen haben?	
8.	Kann die Fragestellung Auswirkungen auf anlageninterne Überflutungen haben?	
9.	Kann die Fragestellung Auswirkungen auf anlageninterne Brände haben?	
10.	Kann die Fragestellung Auswirkungen auf Einwirkungen von außen (Erdbeben, Hochwasser, EDW, FLAB) haben?	
11.	Kann die Fragestellung Auswirkungen auf die Quantifizierung haben?	
12.	Kann die Fragestellung Auswirkungen auf die Analyse der Ergebnisse haben?	
13.	Kann die Fragestellung Auswirkungen auf die Kategorisierung von Endzuständen haben?	
14.	Kann die Fragestellung Auswirkungen auf die PSA der Stufe 2 haben?	

ANHANG 2: FRAGENLISTE ZUR FESTSTELLUNG DER MÖGLICHEN AUSWIRKUNGEN EINER SICHERHEITSTECHNISCHEN FRAGESTELLUNG AUF DIE PSA-MODELLIERUNG

Nr.	Frage	Identifikation der Bereiche, die durch die sicherheitstechnischen Fragestellungen betroffen sind	Berücksichtigung der betroffenen Bereiche in der PSA	
			explizit und quantitativ	nur qualitativ
1.	Kann die Fragestellung Auswirkungen auf das Spektrum auslösender Ereignisse haben?			
1.1	Werden durch die Fragestellung neue auslösende Ereignisse eingeführt?			
1.2	Werden durch die Fragestellung Änderungen angesprochen, die zu einer Modifikation der Gruppen auslösender Ereignisse führen?			
1.3	Wird durch die Fragestellung eine Neubewertung der Häufigkeiten der Gruppen auslösender Ereignisse notwendig?			
1.4	Wird durch die Fragestellung die Wahrscheinlichkeit von Systemausfällen erhöht, die vorher durch Gruppen auslösender Ereignisse abgedeckt waren, so dass eine explizite Betrachtung notwendig wird?			
2.	Kann die Fragestellung Auswirkungen auf Wirksamkeitsbedingungen haben?			
2.1	Werden durch die Fragestellung Modifikationen der Wirksamkeitsbedingungen notwendig?			
2.2	Werden durch die Modifikationen von Wirksamkeitsbedingungen Änderungen bei anderen Kriterien, wie z. B. gegenseitige Abhängigkeiten von Systemen, notwendig?			

Nr.	Frage	Identifikation der Bereiche, die durch die sicherheitstechnischen Fragestellungen betroffen sind	Berücksichtigung der betroffenen Bereiche in der PSA	
			explizit und quantitativ	nur qualitativ
3.	Kann die Fragestellung Auswirkungen auf Ereignisablaufanalysen haben?			
3.1	Werden durch die Fragestellung Gesichtspunkte angesprochen, die mit einer speziellen Verzweigung oder Verzweigungen in den Ereignisablaufdiagrammen in Verbindung gebracht werden können? Wenn ja, sind die Verzweigungen in den Ereignisablaufdiagrammen adäquat?			
3.2	Wird durch die Fragestellung die Einführung neuer Verzweigungen oder Systemfunktionen notwendig, um Aspekte einzubeziehen, die bisher nicht in den Ereignisablaufdiagrammen berücksichtigt waren?			
3.3	Werden durch die Fragestellung eine Neuordnung der Systemfunktionen in den Ereignisablaufdiagrammen notwendig (z. B. zeitliche Abfolge der Abfragen)?			
4.	Kann die Fragestellung Auswirkungen auf die Modellierung von Systemfunktionen haben?			
4.1	Wird durch die Fragestellung die Systemtechnik so betroffen, dass sich die zugrunde zu legenden Zuverlässigkeitsmodelle verändern?			

Nr.	Frage	Identifikation der Bereiche, die durch die sicherheitstechnischen Fragestellungen betroffen sind	Berücksichtigung der betroffenen Bereiche in der PSA	
			explizit und quantitativ	nur qualitativ
5	Kann die Fragestellung Auswirkungen auf Zuverlässigkeitskenngrößen haben?			
5.1	Kann die Fragestellung eindeutig mit der Definition von einem oder mehreren Basisereignissen in Verbindung gebracht werden, oder wird die Definition neuer Basisereignisse notwendig?			
5.2	Wird durch die Fragestellung ein spezielles Zuverlässigkeitsmodell (z. B. zeitabhängige Modelle usw.) notwendig?			
5.3	Werden durch die Fragestellung Modifikationen einzelner Zuverlässigkeitskenngrößen notwendig?			
5.4	Werden durch die Fragestellung neue Komponenten-Ausfallarten eingeführt?			
5.5	Werden durch die Fragestellung Betriebszeiten von Komponenten beeinflusst?			
5.6	Wird es durch die Fragestellung notwendig, anlagenspezifische Daten heranzuziehen, und kann dies durch Aktualisierung der vorherigen Zuverlässigkeitskenngrößen erreicht werden?			
5.7	Beinhaltet die Fragestellung Gesichtspunkte, die u. U. Zuverlässigkeitskenngrößen betreffen, und reflektieren die vorliegenden Parameterschätzungen den aktuellen Anlagenzustand?			
6.	Kann die Fragestellung Auswirkungen auf gemeinsam verursachte Ausfälle (GVA) haben?			
6.1	Werden durch die Fragestellung neue GVA-Beiträge eingeführt oder lassen solche erwarten?			
6.2	Wird durch die Fragestellung eine andere GVA-Komponenten-Gruppenbildung notwendig?			

Nr.	Frage	Identifikation der Bereiche, die durch die sicherheitstechnischen Fragestellungen betroffen sind	Berücksichtigung der betroffenen Bereiche in der PSA	
			explizit und quantitativ	nur qualitativ
6.3	Werden durch die Fragestellung GVA-Wahrscheinlichkeiten beeinflusst?			
7.	Kann die Fragestellung Auswirkungen auf die Bewertung von Personalhandlungen haben?			
7.1	Ist die Fragestellung mit der Änderung einer Prozedur verbunden?			
7.2	Ist die Fragestellung mit neuen Personalhandlungen verbunden?			
7.3	Werden durch die Fragestellung verfügbare Zeitfenster für Personalhandlungen verändert?			
7.4	Wird durch die Fragestellung die Bewertung von Abhängigkeiten beeinflusst?			
7.5	Wird durch die Fragestellung eine bestehende Maßnahme modifiziert oder eliminiert?			
7.6	Werden durch die Fragestellung Abhängigkeiten zwischen Instrumentierungen und Maßnahmen eingeführt oder modifiziert?			
7.7	Werden durch die Fragestellung Ereignisse betroffen, die derzeit nicht in der PSA-Modellierung enthalten sind?			
7.8	Werden von der Fragestellung einzelne Einflussgrößen (PSFs) oder Gruppen von Einflussgrößen betroffen und werden diese explizit in der Bewertung der Zuverlässigkeit von Personalhandlungen angesprochen?			
7.9	Wird die Fragestellung abhängig gemacht von der Bewertung geänderter Einflussgrößen und, wenn ja, reflektieren die vorliegenden Einschätzungen den aktuellen Stand dieser Einflussgrößen?			
7.10	Ist es möglich, dass die spezielle Gruppe von Fehlerereignissen, die durch die Fragestellung betroffen wird, vorher abgeschnitten wurde?			

Nr.	Frage	Identifikation der Bereiche, die durch die sicherheitstechnischen Fragestellungen betroffen sind	Berücksichtigung der betroffenen Bereiche in der PSA	
			explizit und quantitativ	nur qualitativ
7.11	Werden durch die Fragestellung neue Möglichkeiten angesprochen, Fehler zu entdecken und wieder auszugleichen?			
8.	Kann die Fragestellung Auswirkungen auf anlageninterne Überflutungen haben?			
8.1	Wird durch die Fragestellung die qualitative Screening-Analyse beeinflusst?			
8.2	Werden durch die Fragestellung neue Flutquellen eingeführt oder bestehende potenzielle Flutinventare verändert?			
8.3	Werden durch die Fragestellung der Zustand oder die Verfügbarkeit von flutungsbegrenzenden Einrichtungen beeinflusst?			
8.4	Werden durch die Fragestellung Überflutungsausbreitungspfade beeinflusst?			
8.5	Werden durch die Fragestellung kritische Fluthöhen beeinflusst?			
8.6	Werden durch die Fragestellung Zeitbetrachtungen in den Überflutungsanalysen beeinflusst?			
9.	Kann die Fragestellung Auswirkungen auf anlageninterne Brände haben?			
9.1	Wird durch die Fragestellung die Auswahl von Brandbereichen beeinflusst?			
9.2	Werden durch die Fragestellung neue Zündquellen / Brandlasten eingeführt oder bestehende Zündquellen / Brandlasten verändert?			
9.3	Wird durch die Fragestellung eine Neubewertung der Brandeintrittshäufigkeit notwendig?			

Nr.	Frage	Identifikation der Bereiche, die durch die sicherheitstechnischen Fragestellungen betroffen sind	Berücksichtigung der betroffenen Bereiche in der PSA	
			explizit und quantitativ	nur qualitativ
9.4	Werden durch die Fragestellung der Zustand oder die Verfügbarkeit von Einrichtungen zu Brandmeldung, Brandschutz und Brandbekämpfung beeinflusst?			
9.5	Werden durch die Fragestellung Brandausbreitungspfade beeinflusst?			
9.6	Werden durch die Fragestellung Zeitbetrachtungen in den Brandanalysen beeinflusst?			
9.7	Wird durch die Fragestellung brandbedingt die Funktion von Systemen betroffen?			
10.	Kann die Fragestellung Auswirkungen auf Einwirkungen von außen (Erdbeben, Hochwasser, EDW, FLAB) haben?			
10.1	Wird durch die Fragestellung die Aktualität der seismischen Standortgefährdungsanalyse beeinflusst?			
10.2	Wird durch die Fragestellung die qualitative seismische Screening-Analyse beeinflusst?			
10.3	Wird durch die Fragestellung die seismische Versagenswahrscheinlichkeit von Einrichtungen erhöht?			
10.4	Werden durch die Fragestellung seismische Wechselwirkungen und Abhängigkeiten beeinflusst?			
10.5	Wird durch die Fragestellung die Aktualität der Hochwassergefährdungsanalyse beeinflusst?			

Nr.	Frage	Identifikation der Bereiche, die durch die sicherheitstechnischen Fragestellungen betroffen sind	Berücksichtigung der betroffenen Bereiche in der PSA	
			explizit und quantitativ	nur qualitativ
10.6	Werden durch die Fragestellung Hochwasserschutzmaßnahmen beeinflusst?			
10.7	Wird durch die Fragestellung eine Neubewertung der Häufigkeit einer EDW / eines FLAB notwendig?			
11.	Kann die Fragestellung Auswirkungen auf die Quantifizierung haben?			
11.1	Werden durch die Fragestellung Nichtverfügbarkeiten von Basisereignissen, Importanzen oder Sensitivitäten verändert?			
11.2	Werden durch die Fragestellung relative Größenordnungen von Nichtverfügbarkeiten verändert?			
11.3	Werden durch die Fragestellung nur Nichtverfügbarkeiten kleiner?			
11.4	Werden durch die Fragestellung veränderte Abschneidegrenzwerte in der Auswertung notwendig?			
11.5	Werden durch die Fragestellung implizite Annahmen beeinflusst (z. B. Modulbildung bei der Modellierung leittechnischer Systemfunktionen)?			
11.6	Werden durch die Fragestellung technische Einrichtungen für schutzzielorientierte Maßnahmen beeinflusst?			
12.	Kann die Fragestellung Auswirkungen auf die Analyse der Ergebnisse haben?			
12.1	Wird durch die Fragestellung eine Bewertung der Unsicherheiten notwendig, und hat diese qualitativ oder quantitativ zu sein?			
12.2	Gibt es Unsicherheiten bei der Fragestellung, die durch Sensitivitätsanalysen geklärt und eingegrenzt werden können?			
12.3	Wird durch die Fragestellung eine Importanzanalyse notwendig?			

Nr.	Frage	Identifikation der Bereiche, die durch die sicherheitstechnischen Fragestellungen betroffen sind	Berücksichtigung der betroffenen Bereiche in der PSA	
			explizit und quantitativ	nur qualitativ
12.4	Wird durch die Fragestellung die Durchführung von Importanz-, Unsicherheits- oder Sensitivitätsanalysen der Ausgangsbasis notwendig?			
13.	Kann die Fragestellung Auswirkungen auf die Kategorisierung von Endzuständen haben?			
13.1	Wird durch die Fragestellung die Auswahl der verwendeten Parameter zur Definition der Endzustände betroffen?			
13.2	Werden die wesentlichen zu untersuchenden Endzustände - durch Berücksichtigung der Endzustände mit signifikanten Eintrittshäufigkeiten - weiter adäquat durch die Ergebnisse der Level 1 PSA repräsentiert?			
13.3	Wird durch die Fragestellung die Kategorisierung der Endzustände, insbesondere bezüglich eines Potentials frühzeitig hoher Aktivitätsfreisetzung, beeinflusst?			
14.	Kann die Fragestellung Auswirkungen auf die PSA der Stufe 2 haben?			
14.1	Ergeben sich durch die Fragestellung zusätzliche Freisetzungspfade oder werden bestehende verändert (etwa im Hinblick auf den Weg, auf dem Radionuklide in die Umgebung gelangen) oder blockiert?			
14.2	Hat die Fragestellung Einfluss auf die zu erwartenden Unfallabläufe und die dabei auftretenden Phänomene?			

Nr.	Frage	Identifikation der Bereiche, die durch die sicherheitstechnischen Fragestellungen betroffen sind	Berücksichtigung der betroffenen Bereiche in der PSA	
			explizit und quantitativ	nur qualitativ
14.3	Beeinflusst die Fragestellung den Zeitverlauf des Unfalls, z. B. hinsichtlich des Zeitpunkts, zu dem bestimmte Phänomene auftreten?			
14.4	Macht die Fragestellung eine Neubewertung der Verzweigungswahrscheinlichkeiten im Unfallablaufbaum notwendig?			
14.5	Hat die Fragestellung Einfluss auf die Versagenswahrscheinlichkeiten des SHB, insbesondere im Hinblick und die potenziellen Versagensstellen und -mechanismen?			
14.6	Beeinflusst die Fragestellung das Kerninventar (Änderung der Zusammensetzung)?			
14.7	Beeinflusst die Fragestellung die Menge und den Zeitpunkt von Spaltproduktfreisetzungen?			
14.8	Macht die Fragestellung eine Neudefinition der Freisetzungskategorien notwendig?			
14.9	Hat die Fragestellung Einfluss auf die Häufigkeit der Freisetzungskategorien und die zugehörigen Quellterme?			

ANHANG 3: MODIFIKATIONEN IN DER PSA-MODELLIERUNG DER ZUGRUNDELIEGENDEN PSA
(AUSGANGSBASIS; Z. B. RISK SPECTRUM PROJEKTDATENBASIS, STAND XY)

Ifd. Nr.	Datum Änderung	Beschreibung Modifikation	RSP-Objekt			
			Objekt	Name		Modifikation
				alt	neu / entfallen	
			Parameter	█ - █	█ █ -	beispielsweise: Wert geändert: Erwartungswert von █ nach █ Verteilungstyp geändert: von █ nach █ Verteilungsparameter geändert: von █ nach █
			House Event Exchange Event	█ - █	█ █ -	beispielsweise: Beschreibung geändert Zuordnung zu BC-Set geändert: von █ nach █ Status geändert: von █ nach █
			Basisereignis	█ - █	█ █ -	beispielsweise: Beschreibung geändert Typ geändert: von █ nach █ Exchange Event ergänzt: █, zugeordnet zu BC: █ Status geändert: von █ nach █

Ifd. Nr.	Datum Änderung	Beschreibung Modifikation	RSP-Objekt			
			Objekt	Name		Modifikation
				alt	neu / entfallen	
			Gatter	■ - ■	■ ■ -	beispielsweise: Typ geändert: von ■ nach ■ Beschreibung geändert Status: von ■ nach ■ Exchange Event: um ■ ergänzt von ■ nach ■ ausgetauscht
			Fehlerbaum-Seite	■ - ■	■ ■ -	beispielsweise: Transfer von ■ geändert: nach ■ House Event ■ ergänzt verschoben: von ■ nach ■ gelöscht BE ■ ergänzt verschoben: von ■ nach ■ gelöscht Gatter ■ ergänzt verschoben: von ■ nach ■ gelöscht

Ifd. Nr.	Datum Änderung	Beschreibung Modifikation	RSP-Objekt			
			Objekt	Name		Modifikation
				alt	neu / entfallen	
			Function Event/ Initiating Event	█ - █	█ █ -	beispielsweise: BC geändert: von █ nach █ Zuordnung BE/Gatter geändert: von █ nach █ Success Treatment geändert: von █ nach █ Status geändert: von █ nach █
			Boundary Condi- tion Set (BC Set)	█ - █	█ █ -	beispielsweise: Beschreibung geändert House Event █ ergänzt/gelöscht Basisereignis █ ergänzt/gelöscht Gatter █ ergänzt/gelöscht Status geändert: von █ nach █
			Ereignisablauf- diagramm	█ - █	█ █ -	beispielsweise: BC geändert: von █ nach █ bei █ IE-Zuordnung geändert: von █ nach █ Function Event █ ergänzt verschoben: von █ nach █ gelöscht Pfad █ ergänzt/gelöscht Konsequenz █ ergänzt/gelöscht Zuordnung Endzustände geändert: von █ nach █ bei █

**ANHANG 4: BEWERTUNG MÖGLICHER AUSWIRKUNGEN EINER SICHERHEITSTECHNISCHEN FRAGESTELLUNG AUF DERZEIT
NICHT EXPLIZIT MODELLIERTE BEREICHE**

Aspekt	Ausgangszustand	Beabsichtigt / Umgesetzt Strategie

ANHANG 5: KONKRETE BEISPIELE

In diesem Abschnitt werden konkrete Beispiele für unterschiedliche Anwendungsfälle bereitgestellt, welche die Durchführung probabilistischer Analysen zur Bewertung technischer Änderungen bzw. Änderungen der Betriebsweise der Anlage sowie zur sicherheitstechnischen Einordnung von Erkenntnissen aus sicherheitsrelevanten Ereignissen erläutern, vgl. hierzu auch die allgemein zugänglichen Veröffentlichungen [/SPI 98/](#), [/SPI 04a/](#), [/SPI 04b/](#), [/SPI 06/](#), [/KRA 06/](#), [/WIL 08/](#), [/VOG 08/](#), [/SCH 08/](#), [/SPI 09a/](#), [/SPI 09b/](#), [/SPI 09c/](#), [/SPI 10/](#), [/SPI 11/](#), [/SPI 12/](#).

Für die einzelnen Fälle wird jeweils auf die grundlegende Fragestellung, die konkrete Vorgehensweise sowie die erzielten Ergebnisse mit den gezogenen Schlussfolgerungen eingegangen. Zuletzt wird in einer Kurzdarstellung angegeben, wie der Screening-Prozess ablief (anhand der in Anhang 1 und Anhang 2 dargestellten Fragelisten), zu welcher Kategorie des gestaffelten Vorgehens das Beispiel gehört und warum diese gewählt wurde. Die Darstellung des Screening-Prozesses anhand der Fragelisten ist dabei nur exemplarisch zu verstehen und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Die Beispiele gehen auf tatsächliche Vorgänge aus der aufsichtlichen Praxis zurück, sind jedoch für die Verwendung in der vorliegenden Anwendungsunterlage anonymisiert und z. T. leicht verfremdet worden. Darüber hinaus war es unumgänglich, die Darstellung auf die wesentlichen Aspekte des Vorgangs in Bezug auf die probabilistische Bewertung zu beschränken, um den Umfang der Beschreibung in einem vertretbaren Rahmen zu halten. Somit erfassen die Beispiele nicht alle Einzelheiten und Komplexitäten der Vorgehensweise von Sachverständigen und Behörden; aufgrund dieser notwendigen Einschränkung dürfen die Beispiele nicht als Darstellung eines behördlichen Aufsichtsverfahrens verstanden werden. Darüber hinaus wird darauf hingewiesen, dass die Bearbeitung der Vorgänge in der Regel nicht unter dem derzeit gültigen Regelwerk, sondern unter verschiedenen Vorgängerversionen erfolgte, da lediglich abgeschlossene Vorgänge als Beispiel herangezogen wurden.

A 5.1 ERWEITERUNG DER FD-ABBLASEREGELUNG IM REAKTORSCHUTZZYSTEM (GEPLANTE ÄNDERUNG)

Fragestellung

Die vom Betreiber beantragte Anlagenänderung sollte die Zuverlässigkeit der Frischdampf (FD)-Abblaseregulung erhöhen. Im Einzelnen wurden folgende Maßnahmen über eine Änderungsanzeige geplant und durchgeführt:

- Die Istwert-Erfassung des Speisewasserdruckes wird vorher von einem auf drei Messkanäle pro Abblaseregulung erweitert, wobei Abweichungen von den Einzelmesswerten erkannt und gemeldet werden.
- Die Funktion des betrieblichen 50 K/h-Abfahrens wird in die Abblaseregulung des Reaktorschutzzsystems integriert.
- Es wird eine Prüfeinrichtung installiert, die alle FD-Abblaseregulungen ständig überprüft, d. h. es werden die Sollwertkurven 100 K/h und 50 K/h ständig durchfahren (Prüfautomat) und dabei Abweichungen der Regeldifferenz durch Vergleiche überwacht bzw. gemeldet.
- Die FD-Abblaseregulventile werden nicht mehr nur beim Anfahren der Anlage, sondern viermonatlich im Rahmen der 100 K/h-Abfahrtsignalprüfung geprüft.

Vorgehensweise

Zur probabilistischen Bewertung der Änderung wurde im Rahmen des Screening-Prozesses zunächst der Einfluss der FD-Abblaseregulung auf das Ergebnis der im Rahmen der SÜ vorgelegten Probabilistischen Sicherheitsanalyse betrachtet. Es wurde festgestellt, dass in der PSA für anlageninterne auslösende Ereignisse im Leistungsbetrieb (LB-PSA) die Häufigkeiten der Gefährdungszustände (HGZ) der auslösenden Ereignisse "Kleines Leck im Primärkreislauf (PKL); $F < 25 \text{ cm}^2$ " und "Leck am Druckhalter durch fehlerhaftes Sicherheitsventil" vom Ausfall des 100 K/h-Abfahrens bestimmt wurden, wobei Ausfallkombinationen mit gemeinsam verursachten Ausfällen (GVA), unabhängigen Ausfällen der FD-Abblaseregulventile und Fehlauflösungen des DAF-Signales (Schneller Frischdampfdruckabfall) wesentliche Beiträge lieferten.

Zur Ermittlung des Einflusses der geplanten Änderung auf die LB-PSA wurden die oben genannten Maßnahmen in der bestehenden Modellierung umgesetzt, indem das Testintervall für die FD-Abblaseregelventile angepasst und die entsprechenden Basisereignisse mit den zugehörigen GVA in der FD-Abblaseregelung überarbeitet wurden. Anschließend wurde die Häufigkeit der Gefährdungszustände mit der neuen Modellierung ermittelt.

Ergebnisse

Durch die 3-kanalige Messwerterfassung und die ständige Funktionsüberwachung durch den Prüfautomaten wird die Zuverlässigkeit der FD-Abblaseregelung erhöht. Darüber hinaus wird die Nichtverfügbarkeit der FD-Abblaseregelventile durch die viermonatliche Funktionsprüfung deutlich verringert.

In der nachfolgenden Tabelle 2 sind Anteile der relevanten auslösenden Ereignisse an der Häufigkeit der Gefährdungszustände vor und nach der geplanten Erweiterung der FD-Abblaseregelung dargestellt. Da das 100 K/h-Abfahren nur bei den Leckstörfällen erforderlich ist, ergibt sich hierbei eine deutliche Verringerung der Häufigkeit der Gefährdungszustände, wodurch bei den anderen Ereignisgruppen, wie Transienten und übergreifenden Ereignisse, die relativen Anteile zunehmen. Insgesamt halbiert sich die Häufigkeit der Gefährdungszustände.

Tabelle 2: Anteile der auslösenden Ereignisse an der Häufigkeit von Gefährdungszuständen vor bzw. nach Erweiterung der FD-Abblaseregelung (geplante Änderung)

Auslösendes Ereignis		Relativer Anteil HGZ vor Erweiterung der FD-Abblaseregelung	Relativer Anteil HGZ nach Erweiterung der FD-Abblaseregelung
Kleines Leck im PKL F < 25 cm ²	S1	39,0 %	13,3 %
Kleines Leck im PKL 25 cm ² < F < 200 cm ²	S2	2,4 %	1,0 %
Leck am Druckhalter	S3	11,2 %	3,9 %
Fehloffenes DH-Abblaseventil im Notstromfall	S6/T1	5,6 %	3,2 %
Fehloffenes DH-Abblaseventil nach TUSA	S6/T3	3,7 %	1,0 %
DE-Heizrohrleck	S7	9,8 %	19,0 %
Summe Lecks im PKL	S1-S7	71,2 %	42,2 %
Summe Transienten	T1-T6	25,7 %	51,5 %
Übergreifende auslösende Ereignisse	-	3,1 %	6,3 %

Es wurde somit durch die sofortige probabilistische Bewertung festgestellt, dass die geplante Änderung (Erweiterung der FD-Abblaseregelung) geeignet ist, um die Ausgewogenheit des Sicherheitskonzeptes der Anlage zu verbessern.

Kurzdarstellung

Typ: geplante Änderung

Screening-Prozess (Anhang 1): Im ersten Schritt wurden die Fragen 2, 4, 5 und 6 mit „ja“ beantwortet.

Feststellung der möglichen Auswirkungen (Anhang 2): Im zweiten Schritt wurden die Fragen 5.3 und 6.3 als relevant identifiziert:

Nr.	Frage	Identifikation der Bereiche, die durch die sicherheitstechnischen Fragestellungen betroffen sind	Berücksichtigung d. betroffenen Bereiche i. d. PSA	
			explizit und quantitativ	nur qualitativ
5.3	Werden durch die Fragestellung Modifikationen einzelner Zuverlässigkeitskenngößen notwendig?	Änderung des Testintervalls für die FD-Abblaseregelventile	ja	
6.3	Werden durch die Fragestellung GVA-Wahrscheinlichkeiten beeinflusst?	GVA in der FD-Abblaseregelung	ja	

Kategorie: c

Fazit: Da die im Rahmen der Anlagenänderung geplanten Maßnahmen eine Änderung von Zuverlässigkeitskenngößen zur Folge hatten, wurde im Screening-Prozess zunächst die Relevanz des betroffenen Systems untersucht. Da sich zeigte, dass dieses System einen bedeutenden Einfluss auf das Ergebnis der bestehenden PSA hat, war die unmittelbare probabilistische Bewertung der Anlagenänderung unumgänglich. Die Änderungen wurden daher im PSA-Modell abgebildet, wonach zunächst die entsprechenden Pfade neu quantifiziert wurden, um die erzielte Verbesserung für das System zu ermitteln. Aufgrund der Bedeutung des betroffenen Systems wurde abschließend die gesamte PSA neu quantifiziert, um die neue Gewichtung aller Gefährdungszustände nach Umsetzung der Änderung zu ermitteln und so den Einfluss der Änderung auf die Ausgewogenheit des Sicherheitskonzepts der Anlage quantitativ auszuweisen.

A 5.2 BEWERTUNG DER AUSWIRKUNGEN EINER VORZEITIGEN FREISCHALTUNG EINER REDUNDANZ EINES SICHERHEITSSYSTEMS WÄHREND DES LEISTUNGSBETRIEBS (ANLASSBEZOGENE BEWERTUNG)

Einleitung

Ausgangssituation war eine umfangreiche Änderung und Erweiterung der leit- und verfahrenstechnischen Systeme des notstandssicheren Nachkühlsystems eines SWR. Die Haupttätigkeiten der Umrüstmaßnahmen sollten planmäßig in zwei Phasen erfolgen:

- Phase 1: Umrüstung der Redundanz 7 in einer Revision, Fertigstellung bis zum Wiederanfahren nach der Revision,
- Phase 2: Umrüstung der Redundanz 6 in der darauffolgenden Revision, Fertigstellung bis zum Wiederanfahren nach der Revision.

Dieses Vorgehen war als Typ einer geplanten Änderung bewertet worden und wurde im Rahmen des Screening-Prozesses in die Kategorie b des gestaffelten Verfahrens gruppiert. Ein Einfluss auf die Ergebnisse der PSA (im Sinne einer Verbesserung der Sicherheit der Anlage) wurde anhand der im Vorfeld erfolgten gesamtheitlichen Analyse und Beurteilung ermittelt, es wurde jedoch keine Notwendigkeit für eine sofortige Aktualisierung des PSA-Modells gesehen.

Dieses gesamte, hier dargestellte Änderungsvorhaben einschließlich seiner Kategorisierung ist nicht Gegenstand des Beispiels, sondern dient lediglich der Hintergrundinformation und zum Verständnis für die folgende Diskussion eines Teilaspekts des Vorgangs.

Während der Umsetzung der Änderungsmaßnahmen konnte die Durchführung von Phase 1, Umbau der ersten Redundanz (Redundanz 7), erfolgreich innerhalb des vorgesehenen Zeitraums abgeschlossen werden. Die konkrete, detaillierte Planung für den Umbau der zweiten Redundanz (Redundanz 6) erfolgte im Anschluss daran. Dabei stellte sich heraus, dass zur erfolgreichen Durchführung der Änderungsmaßnahme in

der Phase 2 die Außerbetriebnahme der Redundanz 6 des notstandssicheren Nachkühlsystems zwei Monate vor der Revision erforderlich sein würde, da aufgrund der erforderlichen zeitlichen Staffelung der Arbeiten ein größerer Zeitraum für sie anfallen würde. Dies war zum Zeitpunkt der ersten Bewertung der Änderungsmaßnahme noch nicht bekannt gewesen und daher im Screening-Prozess nicht berücksichtigt worden.

Fragestellung

Der Betreiber stellte aus den oben genannten Gründen den Antrag, die Redundanz 6 des notstandssicheren Nachkühlsystems bereits zwei Monate vor der nächsten Jahresrevision freischalten zu dürfen. Da die bisherige Bewertung vor Durchführung sich auf das gesamte Vorhaben als ein geschlossenes Änderungsvorhaben bezog, handelte es sich um eine zusammenfassende, gesamtheitliche Analyse und Beurteilung und keine zerlegte Bewertung von Einzelaspekten bezüglich der beiden Revisionen.

Zur Begründung des Antrags wurden daher weitere probabilistische Untersuchungen durchgeführt, die dem Typ einer anlassbezogenen Bewertung entsprachen, mit der genannten zweimonatigen Freischaltung der Redundanz 6 des notstandssicheren Nachkühlsystems als Anlass.

Vorgehensweise

Die probabilistischen Analysen beinhalteten die Ermittlung des Sicherheitsniveaus der Anlage nach Durchführung der Änderungen der Redundanz 7 (die bereits abgeschlossen, aber noch nicht in der Modellierung der PSA aktualisiert war), während der geplanten Freischaltung und für den zukünftigen Zustand nach Abschluss der Änderungsanzeige. Zur Bewertung der Veränderung des Sicherheitsniveaus der Anlage wurden die Häufigkeiten der Gefährdungszustände aller betrachteten auslösenden Ereignisse herangezogen. Als Ausgangsbasis für die probabilistischen Betrachtungen wurde das Sicherheitsniveau der Anlage vor dem Umbau der beiden Redundanzen zugrunde gelegt.

Zur Bewertung der Veränderung des integralen Sicherheitsniveaus der Anlage wurden folgende probabilistische Untersuchungen durchgeführt:

- Fall A: In der verfügbaren anlagenspezifischen PSA wurden die durchgeführten Änderungen in der Redundanz 7 modelliert, wobei die Redundanz 6 unverändert blieb. Dabei wurde angenommen, dass der Leistungsbetrieb ununterbrochen bis zur nächsten Revision, d. h. ohne eine vorzeitige Freischaltung, durchgeführt wird. Die Häufigkeit der Gefährdungszustände ergibt sich aus dem Integral der zeitabhängigen Nichtverfügbarkeit aus der zeitabhängigen Analyse über ein Jahr, für alle auslösenden Ereignisse.
- Fall B: Für den ersten bis zum zehnten Monat wurde die Modellierung entsprechend Fall A beibehalten. Für die restlichen zwei Monate wurde die Freischaltung der Redundanz 7 des Sicherheitssystems angenommen.

Eine Voraussetzung für die Ermittlung des Integrals der zeitabhängigen Nichtverfügbarkeit, d. h. der erwartete Anzahl von Gefährdungszuständen ist, dass die modellierten Systemfunktionen im Betrachtungszeitraum unverändert bleiben. Durch Freischaltung des einen Stranges des betroffenen Sicherheitssystems ist diese Randbedingung nicht mehr erfüllt, so dass die Berechnung der zeitabhängigen Nichtverfügbarkeit mit anschließender Integration in zwei Phasen erfolgen musste.

- Zunächst wurde der Verlauf der zeitabhängigen Nichtverfügbarkeit entsprechend Fall A bestimmt (Abbildung 3, Verlauf NV1). Für den Zeitraum vom ersten Monat bis zum 10. Monat wurde daraus das Integral der zeitabhängigen Nichtverfügbarkeit aus der zeitabhängigen Analyse (F1) für alle auslösenden Ereignisse ermittelt.
- Für die zweite Phase wurde zunächst der Verlauf der zeitabhängigen Nichtverfügbarkeit entsprechend Fall B vom 11. bis zum 12. Monat ermittelt (Abbildung 3, Verlauf NV2). Danach wurde für diesen Zeitraum auch das Integral der zeitabhängigen Nichtverfügbarkeit aus der zeitabhängigen Analyse (F2) für alle auslösenden Ereignisse bestimmt.
- Die beiden Flächenwerte wurden für jedes auslösende Ereignis aufsummiert und durch den Beobachtungszeitraum dividiert, woraus sich die mittlere Nichtverfügbarkeit der angeforderten Systemfunktionen für das Jahr, d. h. die erwartete Anzahl von Gefährdungszuständen unter Berücksichtigung des Änderungsvorhabens ergab – anlassbezogen mit einer zweimonatigen Freischaltung der zweiten Redundanz.

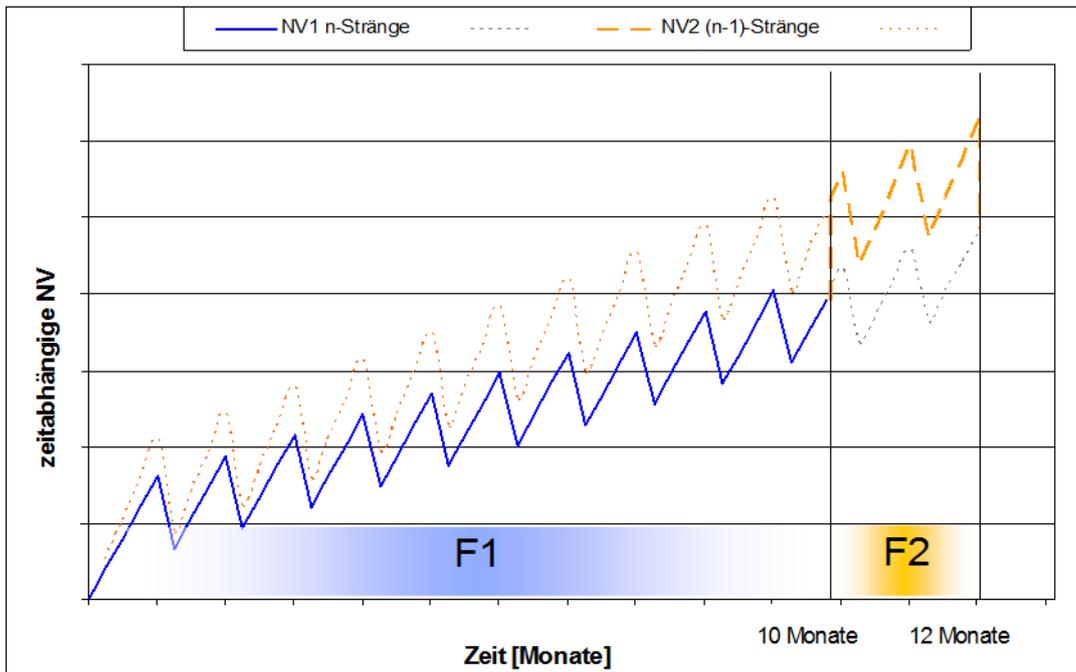


Abbildung 2: Qualitativer Verlauf der Nichtverfügbarkeit der angeforderten Systemfunktionen für einen Ereignisablauf über der Zeit

Untersuchungen wurden auch bezüglich der Beiträge von Ereignisablaufsequenzen, ihrer Endzustände, von auslösenden Ereignissen sowie Gruppen von auslösenden Ereignissen durchgeführt. Da probabilistische Analysen zur Stufe 2 nicht vorlagen, wurden qualitative einordnende Überlegungen angestellt. Diese betreffen qualitative und quantitative Untersuchungen bezüglich der Kategorisierung von Endzuständen der PSA der Stufe 1 im Hinblick auf die wesentlichen zu untersuchenden Endzustände in die PSA der Stufe 2, insbesondere bezüglich eines Potentials frühzeitig hoher Aktivitätsfreisetzung.

Ergebnisse

Als Ergebnis von Fall A ergab sich eine Reduktion der Häufigkeiten der Gefährdungszustände von ca. 12 % gegenüber dem Zustand vor dem Umbau der ersten Redundanz, d. h. gegenüber der Ausgangsbasis.

Als Ergebnis von Fall B resultierte für alle auslösenden Ereignisse eine Reduktion der Häufigkeiten der Gefährdungszustände von ca. 10 % gegenüber der Ausgangsbasis. Dies bedeutet für Fall B im Vergleich zum Fall A eine etwa 2 % geringere Reduzierung der Häufigkeiten der Gefährdungszustände.

Damit konnte gezeigt werden, dass die sich durch den Umbau der ersten Redundanz ergebende Reduktion der Häufigkeiten aller Gefährdungszustände wesentlich signifikanter war als die relative Erhöhung durch die zweimonatige Freischaltung der zweiten Redundanz, so dass insgesamt noch eine deutliche Erhöhung des Sicherheitsniveaus der Anlage gegenüber dem ausgewiesenen Sicherheitsniveau vor dem Umbau in der ersten Redundanz zu verzeichnen war.

Auf Basis dieser integralen Betrachtungsweise, gestützt durch die probabilistischen Untersuchungen und Bewertungen, welche die Risikoentwicklung in Abhängigkeit der Zeit explizit berücksichtigten, konnte das Ersuchen des Betreibers unterstützt werden und die Aufsichtsbehörde dem Antrag des Betreibers zustimmen.

Kurzdarstellung der Einzelmaßnahme

Typ: anlassbezogene Bewertung

Screening-Prozess (Anhang 1): Im ersten Schritt wurden die Fragen 1, 3, 4, 5 und 11 mit „ja“ beantwortet.

Feststellung der möglichen Auswirkungen (Anhang 2): Im zweiten Schritt wurden u.a. die Fragen 3.1, 4.3, 5.1 und 11.1 als relevant identifiziert:

Nr.	Frage	Identifikation der Bereiche, die durch die sicherheitstechnischen Fragestellungen betroffen sind	Berücksichtigung d. betroffenen Bereiche i. d. PSA	
			explizit und quantitativ	nur qualitativ
3.1	Werden durch die Fragestellung Gesichtspunkte angesprochen, die mit einer speziellen Verzweigung oder Verzweigungen in den Ereignisablaufdiagrammen in Verbindung gebracht werden können?	z. B. Modellierung der Notstromversorgung	ja	
4.3	Wird durch die Fragestellung die Funktion von Systemen betroffen und, wenn ja, wird dieser Einfluss durch konservative Modellierungen abgedeckt?	Ja – z. B. Modellierung der Notstromversorgung; nein – die Modellierung muss nachgezogen werden	ja	
5.1	Kann die Fragestellung eindeutig mit der Definition von einem oder mehreren Basisereignissen in Verbindung gebracht werden, oder wird die Definition neuer Basisereignisse notwendig?	Neue Komponenten durch Umrüstmaßnahmen	ja	
11.1	Werden durch die Fragestellung Nichtverfügbarkeiten von Basisereignissen, Importanzen oder Sensitivitäten verändert?	Freischaltung der Redundanzen	ja	

Kategorie: y

Fazit: Die Fragestellung (Einzelmaßnahme der vorgezogenen Freischaltung) ergab sich unvorhergesehen während der Umsetzung einer geplanten und bereits bewerteten Änderungsmaßnahme, so dass die Notwendigkeit bestand, eine neue Situation zu bewerten. Die probabilistischen Untersuchungen dienten der Unterstützung eines Antrags des Betreibers für eine im Normalfall nicht vorgesehene Maßnahme. Die Argumentation beruhte auf der Änderung der Häufigkeiten aller Gefährdungszustände im zeitlichen Verlauf der Umsetzung der Änderungsmaßnahme; diese Änderung der Häufigkeiten konnte nur ermittelt werden, indem das PSA-Modell zum einen dem aktuellen, aber nur temporären Anlagenzustand angepasst und zum anderen eine integrale probabilistische Bewertung der gesamten Änderung vorgenommen wurde, in deren Rahmen das PSA-Modell dem neuen Zustand angepasst wurde.

A 5.3 LECKAGE AN EINER ZWISCHENKÜHLPUMPE IM NACHKÜHLSYSTEM (ANLASSBEZOGENE BEWERTUNG)

Fragestellung

In einer Anlage wurde bei der wiederkehrenden Prüfung (WKP) an einer Redundanz des Nachkühlsystems eine erhöhte Leckage an der Gleitringdichtung der zugehörigen Zwischenkühlwasserpumpe entdeckt. Nach Bewertung des Betreibers führte diese Leckage nicht zu einer Einschränkung der Verfügbarkeit des Zwischenkühlkreislaufes, d. h. bei einer Anforderung hätte die Zwischenkühlwasserpumpe ihre auslegungsgemäße Funktion erfüllt.

Der Betreiber beantragte trotzdem, die Zwischenkühlwasserpumpe gegen eine intakte Reservepumpe während des Leistungsbetriebs auszutauschen. Der Austausch der Zwischenkühlwasserpumpe erforderte die Freischaltung eines Zwischenkühlwasserstranges und führte damit zur Nichtverfügbarkeit eines Stranges des Nachkühlsystems. Die Dauer der Freischaltung wurde vom Betreiber mit ca. vier Tagen angenommen, in denen der Strang definiert nicht verfügbar gewesen wäre.

Ungeachtet der angenommenen vollen Funktionsfähigkeit der Zwischenkühlwasserpumpe, die aufgrund der sehr geringen Leckagemengen vom Gutachter bestätigt wurde, konnte nicht ausgeschlossen werden, dass bei einem weiteren Fortschreiten des Schädigungsmechanismus an der Gleitringdichtung die auslegungsgemäße Funktion der Zwischenkühlwasserpumpe nicht mehr gegeben sein würde. In diesem Fall hätte es zwar

keine definierte Nichtverfügbarkeit des Strangs durch eine Freischaltung zum Austausch gegeben, aber es wäre mit einer erhöhten Ausfallwahrscheinlichkeit der Zwischenkühlwasserpumpe zu rechnen gewesen, die u. U. bis zum Totalausfall bei einer entsprechenden Anforderung geführt hätte.

Die Aufsichtsbehörde beauftragte daraufhin den Gutachter, eine sicherheitstechnische Bewertung für den Austausch der Zwischenkühlwasserpumpe durchzuführen.

Vorgehensweise

Zur Durchführung dieser Bewertung war zunächst festzustellen, welche Funktionen durch die Freischaltung eines Zwischenkühlwasserstranges betroffen sind. Das Zwischenkühlsystem ist ein Teil der Nachwärmeabfuhrkette und dient der Wärmeabfuhr beim Betrieb und bei Störfällen und stellt zur Beherrschung von Störfällen ein 4 x 50 %-System dar. Damit waren die folgenden Funktionen betroffen:

- die Abfuhr der System- und Nachzerfallswärme nach dem Abschalten des Reaktors (Abfahrkühlen),
- das Kühlen des Kondensationskammerwassers (Kondensationskammerkühlen),
- das Rückfördern von Wasser aus der Druckkammerbodenwanne in die Kondensationskammer (Rückfördern aus dem Sumpf).

Bei diesen Funktionen hätte durch die beantragte Freischaltung der Zwischenkühlwasserpumpe ein Strang der Nachkühlkette nicht mehr zur Verfügung gestanden.

Der Gutachter hat deshalb zur Bewertung der sicherheitstechnischen Auswirkungen auf die Anlage – mit einem Betrachtungszeitraum bis zur nächsten WKP an diesem Strang – zwei mögliche Vorgehensweisen untersucht:

- Strategie A:
sofortige Durchführung einer vorsorglichen Instandsetzungsmaßnahme für die Zwischenkühlwasserpumpe mit einer beantragten definierten Freischaltung von vier Tagen, so dass anschließend von dem bisherigen Zuverlässigkeitsniveau für die Zwischenkühlwasserpumpe ausgegangen werden konnte;
- Strategie B:
keine Durchführung einer vorsorglichen Instandsetzungsmaßnahme für die Zwischenkühlwasserpumpe, mit einer daraus resultierenden, nicht auszuschließenden erhöhten Ausfallwahrscheinlichkeit bis zu einem Totalausfall der Zwischenkühlwasserpumpe bei einer entsprechenden Anforderung.

Zur Bewertung der beiden Strategien wurden folgende Modifikationen und Analysen durchgeführt, wobei als zu betrachtender Zeitraum die Zeit bis zur nächsten WKP, d. h. vier Wochen, zugrunde gelegt wurde:

- Strategie A:
Zunächst wurden die Häufigkeiten der Gefährdungszustände für einen Zeitraum von vier Wochen ohne Freischaltung, d. h. die erwartete Anzahl von Gefährdungszuständen, bestimmt. Dann wurde der durch die freigeschaltete Zwischenkühlwasserpumpe betroffene Strang aus der Modellierung entfernt. Damit wurden dann die Häufigkeiten der Gefährdungszustände über einen Zeitraum von 4 Wochen mit einer freigeschalteten Zwischenkühlwasserpumpe (erwartete Dauer ca. vier Tage) ermittelt.
- Strategie B:
Um die mögliche Erhöhung der Ausfallwahrscheinlichkeit der Zwischenkühlwasserpumpe zu berücksichtigen, wurden die Zuverlässigkeitskenngrößen für diese Pumpe (Start- und Betriebsversagen) stufenweise erhöht und die Häufigkeiten der Gefährdungszustände für die auslösenden Ereignisse bestimmt.

Ergebnisse

Der Gutachter stellte aufgrund seiner Untersuchungen fest, dass die Strategie A (sofortige vorsorgliche Instandsetzung) im Vergleich zu Strategie B (keine sofortige vorsorgliche Maßnahme) praktisch keinen Unterschied in den Auswirkungen auf das Sicherheitsniveau der Anlage aufweist, wenn man einen Freischaltzeitraum von vier Tagen, der als einhaltbar bewertet wurde, annimmt und durch Sensitivitätsanalysen eine eingeschätzte Erhöhung in der Ausfallrate (Betriebs- und Startversagen) bis zu einem Faktor 10 unterstellt. Bei Annahme einer noch signifikanteren Verschlechterung des Zuverlässigkeitsniveaus für die Zwischenkühlwasserpumpe bis zu einem möglichen Totalausfall bei einer Anforderung bis zur nächsten WKP war die Strategie A, d. h. die sofortige Durchführung der Instandsetzungsmaßnahme, sicherheitstechnisch günstiger.

Der Gutachter war unter Berücksichtigung der o. a. Aspekte der Auffassung, dass aus sicherheitstechnischer Sicht die sofortige Instandsetzung der Zwischenkühlwasserpumpe durchgeführt werden sollte.

Die Aufsichtsbehörde schloss sich dieser sicherheitstechnischen Bewertung an und konnte somit aufgrund der Risikoabwägung für die beiden möglichen Strategien dem Antrag des Betreibers zustimmen.

Kurzdarstellung

Typ: anlassbezogene Bewertung

Screening-Prozess (Anhang 1): Im ersten Schritt wurden die Fragen 4, 5, 8, 11 und 12 mit „ja“ beantwortet.

Feststellung der möglichen Auswirkungen (Anhang 2): Im zweiten Schritt wurden u. a. die Fragen 4.3, 5.3, 5.5, 11.1 und 12.2 als relevant identifiziert:

Nr.	Frage	Identifikation der Bereiche, die durch die sicherheitstechnischen Fragestellungen betroffen sind	Berücksichtigung d. betroffenen Bereiche i. d. PSA	
			explizit und quantitativ	nur qualitativ
4.3	Wird durch die Fragestellung die Funktion von Systemen betroffen und, wenn ja, wird dieser Einfluss durch konservative Modellierungen abgedeckt?	Ja/nein Freischaltung des Strangs der betroffenen Zwischenkühlwasserpumpe	ja	
5.3	Werden durch die Fragestellung Modifikationen einzelner Zuverlässigkeitskenngrößen notwendig?	Start- und Betriebsversagen der Zwischenkühlwasserpumpe	ja	
5.5	Werden durch die Fragestellung Betriebszeiten von Komponenten beeinflusst?	Freischaltung der Zwischenkühlwasserpumpe	ja	
11.1	Werden durch die Fragestellung Nichtverfügbarkeiten von Basisereignissen, Importanzen oder Sensitivitäten verändert?	Freischaltung der Zwischenkühlwasserpumpe	ja	
12.2	Gibt es Unsicherheiten bei der Fragestellung, die durch Sensitivitätsanalysen geklärt und eingegrenzt werden können?	Eingeschätzte Erhöhung der Ausfallrate der Zwischenkühlwasserpumpe	ja	

Kategorie: γ

Fazit: Zur Bewertung der Fragestellung war die Wahrscheinlichkeit von Schadenszuständen und Freisetzungen in dem zu untersuchenden Zeitraum für zwei verschiedene Szenarien zu ermitteln. Um einen Vergleich zu ermöglichen, war die entsprechende Modellierung und Quantifizierung in dem PSA-Modell durchzuführen. (Anmerkung: Das bestehende PSA-Modell wurde dabei nicht permanent geändert, da die Anlage nach Instandsetzung der Pumpe wieder im bisherigen Zustand war.) Eine Grobabschätzung ohne Modellierung und Quantifizierung hätte für eine Risikoabschätzung nicht genügt, da die Fragestellung keinen offensichtlichen Vor- oder Nachteil einer Strategie aufwies; dies wurde letztlich durch die probabilistische Detailbewertung bestätigt.

A 5.4 LECKAGE AM 110-KV-ÖLKABEL ZWISCHEN FREMDNETZTRANSFORMATOR UND DER SCHALTANLAGE EINES KKW (ANLASSBEZOGENE BEWERTUNG)

Fragestellung

Anmerkung: Die Aussagen bezüglich der Festlegungen im Betriebsreglement beziehen sich auf den Zeitpunkt des hier geschilderten Vorgangs, "gültig" ist somit als "gültig zum Zeitpunkt der anlassbezogenen probabilistischen Bewertung" zu verstehen.

Im Rahmen eines Schichtrundganges wurde eine Leckage am transformatorseitigen Endverschluss der Phase V des 110-kV-Ölkabels zwischen Fremdnetztransformator und der 110-kV-Schaltanlage eines Kernkraftwerks festgestellt. Durch die regelmäßige Sichtkontrolle des Endverschlusses durch die jeweilige Schicht über einige Tage wurde keine Veränderung des Zustandes beobachtet. Auch die Öldrucküberwachung des Kabels zeigte außer den klimabedingten Schwankungen keine Veränderungen.

Nach Bewertung des Betreibers führte diese minimale Leckage nicht zu einer Einschränkung der Verfügbarkeit des Fremdnetztransformators. Aufgrund der sehr geringen Leckagemengen wurde vom Gutachter bestätigt, dass bei einer Anforderung der Fremdnetztransformator uneingeschränkt verfügbar gewesen wäre.

Um die eventuelle Ausweitung des Schadens mit einer dann ad-hoc erforderlichen Reparatur zu vermeiden, plante der Betreiber den Austausch des betroffenen Kabelteilstückes in der anstehenden nächsten Revision. Für die vorbereitenden Arbeiten, die unmittelbar vor dem Beginn der Revision innerhalb einer Woche durchgeführt werden sollten, wäre eine überspannungsseitige Abschaltung des Fremdnetztransformators aus Gründen der Arbeitssicherheit erforderlich gewesen. Der Fremdnetztransformator wäre während dieser Zeit bei Bedarf trotzdem von Hand zuschaltbar gewesen. Bei Nichtdurchführung des Austausches wäre bei einem zu erwarteten Ausfall des 110-kV-Ölkabels die gesamte Reparatur u. U. während des Leistungsbetriebes durchzuführen: Entsprechend den Festlegungen des Betriebsreglements war dafür eine maximale Zeit von 5 Monaten zulässig.

Der Betreiber stellte grundsätzliche Überlegungen an und begründete die geplante Vorgehensweise von vorbereitenden Erdarbeiten vor der Revision und die Durchführung der eigentlichen Instandhaltungsmaßnahme in der Revision damit, dass bei der Ausweitung des Schadensmechanismus und einer dann gegebenenfalls im Leistungsbetrieb erforderlichen Reparatur sich ungünstigere Auswirkungen auf das Sicherheitsniveau ergeben würden. Die vorgesehene Strategie diene somit der Optimierung des zeitabhängigen Risikoverlaufs der Anlage.

Vorgehensweise

Entsprechend den Festlegungen des Betriebsreglements müssen für die elektrische Energieversorgung eines Kernkraftwerksblockes mindestens zwei netzseitige Versorgungsmöglichkeiten vorhanden sein. Die Schaltung und die räumliche Anordnung der Netzanschlüsse sind so auszuführen, dass durch ein einzelnes versagensauslösendes Ereignis innerhalb der Energieversorgung im Kernkraftwerk oder im Bereich der Netzanschlüsse nicht alle netzseitigen Versorgungsmöglichkeiten längerfristig ausfallen können. Deshalb dürfen nach gültigem Betriebsreglement während des Leistungsbetriebs am Fremdnetztransformator im Rahmen einer vorbeugenden Instandhaltung nur wiederkehrende Prüfungen durchgeführt werden, weitere geplante Arbeiten und insbesondere Freischaltungen daran sind damit grundsätzlich nicht zulässig.

Allerdings trennt das Betriebsreglement zwischen geplanter Freischaltung und Ausfall; nach gültigem Betriebsreglement beträgt während des Leistungsbetriebs die zulässige Instandsetzungszeit bei unvorhergesehenem Ausfall des Fremdnetztransformators ≤ 5 Monate. Dieser Zeitraum wäre in Relation zu den insgesamt 7 Tagen im Leistungsbetrieb zu setzen, in denen bei einer eventuell erforderlichen Anforderung die automatische Umschaltung auf das Reservenetz durch eine manuelle Ersatzmaßnahme ersetzt worden wäre. Während der Revision ist in den Stillstandsphasen die Freischaltung des Fremdnetztransformators zulässig, da keinerlei Verfügbarkeitsanforderungen an ihn gestellt werden.

Zur grundsätzlichen Bewertung der sicherheitstechnischen Auswirkungen auf das Sicherheitsniveau der Anlage bzw. den zeitabhängigen Risikoverlauf sind deshalb zwei mögliche Vorgehensweisen untersucht worden:

- Strategie A: Kein Austausch des Kabelendstückes mit einer daraus resultierenden, nicht auszuschließenden erforderlichen Reparatur des Kabelendstückes während des Leistungsbetriebes der Anlage mit einer zulässigen Reparaturzeit von 5 Monaten.
- Strategie B: Austausch des Kabelendstückes während der Revision, wobei vorbereitende Arbeiten von 7 Tagen während des Leistungsbetriebes der Anlage vor der Revision durchgeführt worden wären. Während der vorbereitenden Arbeiten wäre der Fremdnetztransformator überspannungsseitig abgeschaltet (keine Freischaltung), die automatische Eigenbedarfsumschaltung wäre nicht möglich, allerdings könnte das 110-kV-Fremdnetz über den Fremdnetztransformator von Hand wieder zugeschaltet werden; dies wäre nach einer Räumung des Arbeitsplatzes (Entfernen aller Werkzeuge und Schließen des Arbeitsbereiches (Schutzzauns)) innerhalb von insgesamt ca. 45 min möglich gewesen (mit entsprechenden Festlegungen in einer temporären Schichtanweisung).

Zur Bewertung der beiden Strategien sind deren Auswirkungen auf das Sicherheitsniveau bzw. den zeitabhängigen Risikoverlauf der Anlage grundsätzlich untersucht worden.

Bei Ausfall der 380-kV-Versorgung bei Leistungsbetrieb der Anlage erfolgt ein Abfangen der Anlage auf Eigenbedarf mit Versorgung über den Blockgenerator. Versagt das Abfangen auf Eigenbedarf, erfolgt eine automatische Umschaltung auf das 110-kV-Fremdnetz über den Fremdnetztransformator. Steht der Fremdnetztransformator nicht zur Verfügung, führt das zum Notstromfall mit Start der Notstromdiesel.

Ein Fehler im Bereich der 27-kV-Ebene bzw. an den beiden Eigenbedarfstransformatoren bei Leistungsbetrieb der Anlage führt bei Nichtverfügbarkeit des Fremdnetztransformators hingegen sofort zum Start der Notstromdiesel.

Somit ergibt sich bei der Strategie A für die Anlage im Leistungsbetrieb im Falle einer Freischaltung des Fremdnetztransformators aufgrund einer erforderlichen Reparatur eine signifikante Erhöhung des zeitabhängigen Risikoverlaufs aufgrund der Erhöhung der Eintrittshäufigkeit des Notstromfalles.

Bei der Strategie B gibt es im Gegensatz zur Strategie A jedoch die Möglichkeit einer manuellen Ersatzmaßnahme zur Zuschaltung des 110-kV-Fremdnetzes, so dass de facto für diese 7 Tage keine Freischaltung, keine Reparatur und keine vorbeugende Instandhaltung des Fremdnetztransformators während des Leistungsbetriebes vorliegen würde. Eine Normalisierung des Fremdnetztransformators und Rücksynchronisierung von den Dieseln auf das Fremdnetz zur Begrenzung der durch die erhöhte Eintrittshäufigkeit des Notstromfalles verursachten Risikoerhöhung ist eine nach gültigem Betriebsreglement zulässige Maßnahme.

Zu untersuchen waren somit die grundsätzliche Durchführbarkeit, die zeitlichen Abläufe sowie die Einstiegs-kriterien für diese Ersatzmaßnahme, wobei die Behandlung aller im Leistungsbetrieb möglicherweise in dem Zeitraum der überspannungsseitigen Abschaltung des Fremdnetztransformators auftretenden Ereignisse und Störfälle entsprechend dem Betriebsreglement insgesamt zu analysieren war.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Analysen werden in den Abbildungen 3 und 4 dargestellt; da diese Darstellung nur dem besseren Verständnis dient, erfolgt sie rein qualitativ, ohne Angabe der konkret ermittelten Werte.

Bei Strategie A, d. h. keinem Austausch des Kabelendstückes mit einer nicht auszuschließenden erforderlichen Reparatur im Leistungsbetrieb, die nach gültigem Betriebsreglement zulässig war, ergibt sich eine signifikante Erhöhung des zeitabhängigen Risikoverlaufs über einen längeren Zeitraum (vgl. Abbildung 3).

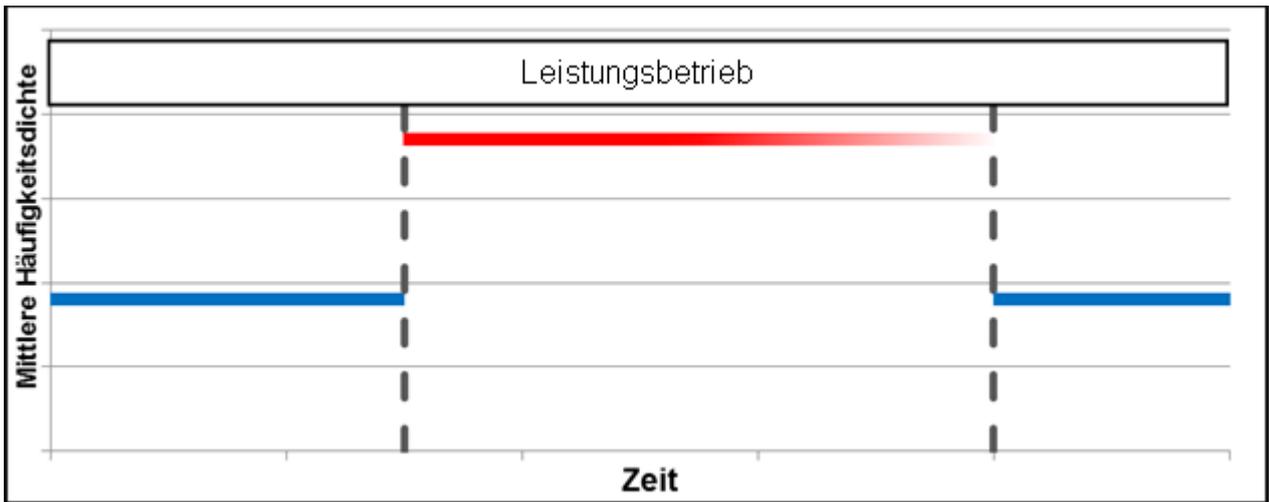


Abbildung 3: Vorgehen nach gültigem Betriebsreglement bei einer anlassbezogenen sicherheitstechnischen Fragestellung (Ergebnis der anlassbezogen durchgeführten probabilistischen Bewertung, qualitative Darstellung)

Bei der vom Betreiber grundsätzlich in Erwägung gezogenen Strategie B (überspannungsseitige Abschaltung des Fremdnetztransformators mit vorbereitenden Erdarbeiten und Durchführung der eigentlichen Instandhaltungsmaßnahme in der Revision) ergibt sich eine geringfügige Erhöhung des zeitabhängigen Risikoverlaufs für eine kurze Zeit, da die automatische Zuschaltung durch eine Handzuschaltung ersetzt werden sollte (vgl. Abbildung 4).

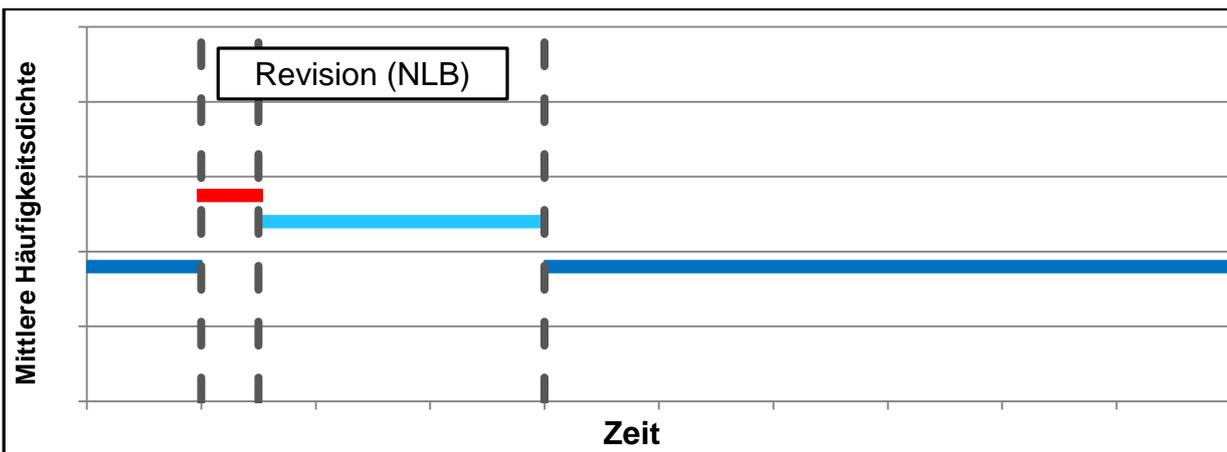


Abbildung 4: Strategie mit Ersatzmaßnahme zur Begrenzung der Risikoerhöhung (Ergebnis der anlassbezogen durchgeführten probabilistischen Bewertung, qualitative Darstellung)

Unter Berücksichtigung einer festgelegten manuellen Ersatzmaßnahme für die Zuschaltung des 110-kV-Fremdnetzes während der Durchführung der vorbereitenden Erdarbeiten am Zuleitungskabel des Fremdnetztransformators im Leistungsbetrieb, mit einer Normalisierungszeit, die in Relation zur möglichen Instandsetzungszeit bei einem unvorhergesehenen Ausfall des Fremdnetztransformators sehr kurz ist, sowie unter Berücksichtigung der Durchführung der eigentlichen Reparatur in einer Stillstandsphase, in der keine Verfügbarkeitsanforderungen an den Fremdnetztransformator gestellt werden, konnte gezeigt werden, dass mit der in Betracht gezogenen Strategie eine Optimierung des zeitabhängigen Risikoverlaufs der Anlage erreicht wurde. Aufgrund dieser Betrachtung konnte die Aufsichtsbehörde der Umsetzung dieser Strategie zustimmen.

Kurzdarstellung

Typ: anlassbezogene Bewertung

Screening-Prozess (Anhang 1): Im ersten Schritt wurden die Fragen 3, 4, 7 und 11 mit „ja“ beantwortet.

Feststellung der möglichen Auswirkungen (Anhang 2): Im zweiten Schritt wurden u. a. die Fragen 3.2, 4.3 und 7.2 als relevant identifiziert:

Nr.	Frage	Identifikation der Bereiche, die durch die sicherheitstechnischen Fragestellungen betroffen sind	Berücksichtigung d. betroffenen Bereiche i. d. PSA	
			explizit und quantitativ	nur qualitativ
3.2	Wird durch die Fragestellung die Einführung neuer Verzweigungen oder Systemfunktionen notwendig, um Aspekte einzubeziehen, die bisher nicht in den Ereignisablaufdiagrammen berücksichtigt waren?	Zuschaltung des Fremdnetztransformators von Hand	ja	
4.3	Wird durch die Fragestellung die Funktion von Systemen betroffen und, wenn ja, wird dieser Einfluss durch konservative Modellierungen abgedeckt?	Ja/nein oberspannungsseitige Abschaltung des Fremdnetztransformators	ja	
7.2	Ist die Fragestellung mit neuen Personalhandlungen verbunden?	Zuschaltung des Fremdnetztransformators von Hand	ja	

Kategorie: y

Fazit: Zur Bewertung der Fragestellung war für zwei Szenarien der zeitabhängige Risikoverlauf zu ermitteln. Dies erforderte entsprechende Modellierung und Quantifizierung in dem PSA-Modell. (Anmerkung: Das bestehende PSA-Modell wurde dabei nicht permanent geändert, da die Anlage nach Reparatur des Kabels wieder im bisherigen Zustand war.) Eine Grobabschätzung ohne Modellierung und Quantifizierung hätte für eine Risikoabschätzung nicht genügt, da die geplante Maßnahme nach gültigem Betriebsreglement nicht zulässig war; es musste also explizit nachgewiesen werden, dass ein Abweichen vom Betriebsreglement in diesem konkreten Fall eine günstigere Risikobewertung hatte als das Befolgen des Betriebsreglements.

A 5.5 MÖGLICHE ÜBERFLUTUNGSEREIGNISSE IM SCHALTANLAGEGEBÄUDE DURCH BRUCH EINER LÖSCHWASSERLEITUNG (ZUNÄCHST ANLASSBEZOGENE BEWERTUNG, DANN GEPLANTE ÄNDERUNG)

Einleitung

Bei dem hier dargestellten Vorgang wurde aus einem konkreten Anlass (Verdacht auf Vorliegen eines bisher nicht betrachteten potenziellen Überflutungsereignisses) begonnen. Als sich die Notwendigkeit von Anlagenänderungen abzeichnete, wurden diese als geplante Änderungen eingereicht und auch als solche bewertet. Im Folgenden wird nur ein Teilaspekt dieses Änderungspakets betrachtet.

Fragestellung

Die Feuerlöschwasserversorgung des Schaltanlagegebäudes einer Anlage erfolgt unter anderem über eine Stichleitung, die im Keller des Schaltanlagegebäudes ankommt und von dort über eine durchs Treppenhaus führende Steigleitung die in den einzelnen Etagen vorhandenen Brandbekämpfungssysteme versorgt. Im bisherigen Zustand stand diese Löschwasserleitung permanent unter Druck, ein zum Absperrern geeignetes Ventil befand sich im Keller (in Offenstellung). Bei einem Leck in der Leitung war dieses Ventil manuell zu schließen.

Untersuchungen im Rahmen der SÜ zeigten, dass nicht ausgeschlossen werden konnte, dass ein Leck in der Löschwasserleitung erst dann bemerkt und im Schaltanlagegebäude lokalisiert wird, wenn der Keller

bereits unter Wasser steht, so dass ein Schließen des Ventils nicht mehr möglich ist. Eine weitere Absperrmöglichkeit außerhalb des Gebäudes war nur unter hohem Zeitaufwand umsetzbar, da dazu das Feuerlöschwassernetz aufzutrennen war, um das Schaltanlagegebäude isoliert vom restlichen Netz absperrern zu können. Es bestand somit die Gefahr einer Überflutung des Treppenhauses mit bei steigendem Wasserpegel folgender Überflutung der Schaltschränke in den oberen Stockwerken durch Wasserausbreitung über Türspalte.

Vorgehensweise

Zunächst wurde bewertet, mit welcher Häufigkeit das geschilderte Szenario zu einem Gefährdungszustand führen kann:

Die Leckhäufigkeit der Löschwasserleitung wurde unter bestimmten Annahmen über die Qualität des Materials längenabhängig ermittelt. Konservativ wurde angenommen, dass die Leckgröße immer einem vollständigen Bruch der Leitung entspricht.

Bei einem Druckabfall im Feuerlöschsystem werden die Feuerlöschwasserpumpen angefordert und beginnen mit der Einspeisung. Da angenommen wurde, dass das Leck zunächst nicht als solches erkannt wird, so dass die Pumpen während des gesamten Überflutungsereignisses laufen, wurde die Ausströmrates aus dem Leck anhand der Förderleistung der Feuerlöschwasserpumpen ermittelt.

Der zeitliche Verlauf des Wasserpegels in den Räumen des Schaltanlagegebäudes wurde in einer numerischen Simulation bestimmt, wobei verschiedene Szenarien zugrunde gelegt wurden (z. B. das Aufdrücken einer Kellertür durch das Wasser oder das Geschlossenbleiben der Tür während des gesamten Überflutungsereignisses).

Die Türspalte im Gebäude wurden ausgemessen, um die Wasserausbreitung realistisch zu simulieren.

Ziel der Simulation war es, den Zeitpunkt zu bestimmen, bis zu dem die Nachspeisung in das Leck spätestens unterbunden werden muss, um eine Überflutung der Schaltschränke zu verhindern. Dabei war insbesondere zu beachten, dass aufgrund der sich ergebenden unterschiedlichen Wasserstände in den verschiedenen Räumen und Stockwerken eine Überflutung der Schaltschränke auch dann eintreten kann, wenn die Nachspeisung abgestellt wird, solange die Schaltschränke noch trocken stehen: Auch nach Absperrung des Lecks dringt Wasser aus dem höher überfluteten Treppenhaus in die Schaltanlage ein.

Die Folgen der Überflutung aller Schaltschränke in einer Schaltanlage wurden als nicht bewertbar angesehen, daher wurde angesetzt, dass ein Gefährdungszustand eintritt, sobald der Wasserpegel in der Schaltanlage so hoch ist, dass er den Boden der (erhöht stehenden) Schaltschränke erreicht.

Ein wesentlicher Anteil der Betrachtung betraf die probabilistische Bewertung der Personalhandlungen: Diagnose des Lecks, Lokalisierung des Lecks und Absperrung des Lecks. Bei der Diagnose des Lecks ergab sich die zusätzliche Schwierigkeit, dass an dem betroffenen Standort das Feuerlöschwassernetz zwei Blöcke versorgt, d. h. bei der Ursachenforschung nach einem Druckabfall im Netz und der Lokalisierung eines Lecks ist der andere Standort mit einzubeziehen. Als Grundlage für die Bewertung wurden die entsprechenden schriftlichen betrieblichen Regelungen (sbR) herangezogen. Die Überflutung des im Keller gelegenen Absperrventils erfolgte so früh, dass diese Möglichkeit der Absperrung von vorneherein nicht kreditiert wurde.

Die Bewertung ergab, dass das geschilderte Szenario einen nicht vernachlässigbaren Beitrag zur Häufigkeit von Gefährdungszuständen liefert, im Wesentlichen weil die ermittelten Karenzzeiten zur rechtzeitigen Absperrung des Lecks so kurz waren, dass die Wahrscheinlichkeit für eine erfolgreiche Leckdiagnose, -ortung und -absperrung von vorneherein als vernachlässigbar gering eingeschätzt wurde. Somit entsprach die Häufigkeit der Gefährdungszustände durch ein Leck in der Löschwasserleitung im Schaltanlagegebäude der Eintrittshäufigkeit eines solchen Lecks (keine Gegenmaßnahme möglich).

Um das von dem Szenario ausgehende Risiko zu reduzieren, wurde vorgeschlagen, das offene, handbetriebene Ventil im Keller des Schaltanlagegebäudes durch ein geschlossenes, motorbetriebenes Ventil zu ersetzen, das im Fall eines Brandes im Schaltanlagegebäude automatisch auffährt, um die Löschwasserversorgung zu gewährleisten. Zur Vermeidung von Druckstößen in der Löschwasserleitung beim Auffahren des Ventils, die die Integrität der Löschwasserleitung gefährden könnten, sollte die Leitung vor dem Ventil durch eine Bypassleitung mit kleinem Durchmesser und Drosselblende mit der Leitung hinter dem Ventil verbunden werden, um die Druckhaltung zu gewährleisten.

Ergebnisse

Das Szenario wurde unter Berücksichtigung der geplanten Änderungen im Hinblick auf die sich aus ihm ergebende Häufigkeit von Gefährdungszuständen neu bewertet. Dabei waren mehrere Aspekte zu berücksichtigen:

Für die Leitungslänge nach Gebäudeeintritt und vor dem geschlossenen Ventil entspricht die Häufigkeit der Gefährdungszustände durch ein Leck immer noch der Eintrittshäufigkeit dieses Lecks (sog. „kritisches Leck“), da diese Länge nach wie vor nur durch die lange dauernde Absperrmöglichkeit außerhalb des Gebäudes isoliert werden kann. Allerdings ist die Eintrittshäufigkeit für ein kritisches Leck deutlich geringer als vorher, da nur noch ein kurzes Stück der Leitung betroffen ist.

Für die Leitungslänge nach dem geschlossenen Ventil ist die Eintrittshäufigkeit von Lecks nur unwesentlich geringer als vorher: Da der Druck gleich bleibt, ändert sich an der Häufigkeit pro Länge nichts, es wird nur das kurze Stück Leitung zwischen Gebäudeeintritt und Ventil nicht mehr mitgerechnet. Allerdings ist die Ausströmrates deutlich verringert, da die Ausströmung nur über die Bypassleitung mit Drosselblende erfolgt. Dadurch ergeben sich wesentlich längere Zeitverläufe für die Überflutung, so dass der Erfolg von Gegenmaßnahmen, d. h. eine Absperrung außerhalb des Gebäudes, als wahrscheinlich bewertet werden konnte. Dies geschah durch explizite Modellierung im Rahmen der Neuerstellung eines Ereignisablaufdiagramms für das Überflutungsereignis.

Aus Sicht des Brandschutzes ergibt sich eine Verschlechterung der Situation, da bei einem Brand nun ein Motorventil auffahren muss, um die Löschwasserversorgung im Schaltanlagegebäude sicherzustellen. Dies kann auch versagen, während vorher die Löschwasserversorgung durch das permanent offene Handventil sichergestellt war. Abzuwägen war also, in welchem Verhältnis der Gewinn an Sicherheit in Bezug auf Überflutung zum Verlust an Sicherheit im Brandschutz steht. Insgesamt überwog der Gewinn deutlich.

Die vorgeschlagene Änderung konnte so wie geplant umgesetzt werden, da in der Gesamtschau das Anlagenrisiko durch sie merklich gesenkt wurde.

Kurzdarstellung

Aufgrund der Besonderheit des Vorgangs (ausgelöst durch einen konkreten Anlass; Feststellung, dass Anlagenänderungen notwendig sind; Einreichung dieser Maßnahmen als geplante Änderungen) erfolgt in der Kurzdarstellung eine gemischte Einstufung, da für den ursprünglichen Anlass eine sofortige Bewertung und für die einzelnen Änderungsmaßnahmen zum Teil eine zusammenfassende Bewertung nach Abschluss und zum Teil eine sofortige Bewertung erforderlich war.

Typ: zunächst anlassbezogene Bewertung, dann geplante Änderung

Screening-Prozess (Anhang 1): Im ersten Schritt wurden die Fragen 1, 3, 4, 5, 7, 8, 11 und 12 mit „ja“ beantwortet (anlassbezogen und geplant).

Feststellung der möglichen Auswirkungen (Anhang 2): Im zweiten Schritt wurden zahlreiche Fragen als relevant identifiziert, unter anderem:

Nr.	Frage	Identifikation der Bereiche, die durch die sicherheitstechnischen Fragestellungen betroffen sind	Berücksichtigung d. betroffenen Bereiche i. d. PSA	
			explizit und quantitativ	nur qualitativ
1.1	Werden durch die Fragestellung neue auslösende Ereignisse eingeführt?	das Szenario „Überflutung des Schaltanlagegebäudes durch Bruch einer Löschwasserleitung“ war bisher nicht betrachtet worden	nein	nein (vor der anlassbezogenen Bewertung)
1.3	Wird durch die Fragestellung eine Neubewertung der Häufigkeiten der Gruppen auslösender Ereignisse notwendig?	Die vorgeschlagene Änderung senkt die Eintrittshäufigkeit für kritische Lecks	nein	ja (nach der anlassbezogenen Bewertung)
3.2	Wird durch die Fragestellung die Einführung neuer Verzweigungen oder Systemfunktionen notwendig, um Aspekte einzubeziehen, die	Personalhandlungen Leckdiagnose, -ortung und -abspernung	nein	ja (nach der anlassbezogenen Bewertung)

Nr.	Frage	Identifikation der Bereiche, die durch die sicherheitstechnischen Fragestellungen betroffen sind	Berücksichtigung d. betroffenen Bereiche i. d. PSA	
			explizit und quantitativ	nur qualitativ
	bisher nicht in den Ereignisablaufdiagrammen berücksichtigt waren?			
5.1	Kann die Fragestellung eindeutig mit der Definition von einem oder mehreren Basisereignissen in Verbindung gebracht werden, oder wird die Definition neuer Basisereignisse notwendig?	Löschwasserversorgung im Schaltanlagegebäude (geschlossenes Motorventil statt offenem Handventil)	ja	
7.3	Werden durch die Fragestellung verfügbare Zeitfenster für Personalhandlungen verändert?	Verlängerung der Karenzzeit für Leckdiagnose, -ortung und -abspernung durch Änderung	nein	ja (nach der anlassbezogenen Bewertung)
8.1	Wird durch die Fragestellung die qualitative Screening-Analyse beeinflusst?	neues Ereignis identifiziert	nein	nein
8.6	Werden durch die Fragestellung Zeitbetrachtungen in den Überflutungsanalysen beeinflusst?	Verlängerte Karenzzeiten durch Änderung	nein	ja (nach der anlassbezogenen Bewertung)
9.4	Werden durch die Fragestellung der Zustand oder die Verfügbarkeit von Einrichtungen zu Brandmeldung, Brandschutz und Brandbekämpfung beeinflusst?	Löschwasserversorgung im Schaltanlagegebäude (geschlossenes Motorventil statt offenem Handventil)	ja	

Kategorie: anlassbezogen: y; geplante Änderung: b/c

Fazit: Nachdem die theoretische Möglichkeit des Szenarios festgestellt wurde, ergab sich die Notwendigkeit, seinen Beitrag zu quantifizieren, um beurteilen zu können, ob Abhilfe notwendig ist. Dies geschah zum Teil unter vereinfachten Annahmen (Personalhandlungen zur Leckdiagnose, -ortung und -abspernung nicht explizit modelliert, sondern wegen der kurzen Karenzzeit pauschal als nicht erfolgreich bewertet; Gleichsetzung Leckeintrittshäufigkeit mit Häufigkeit von Gefährdungszuständen durch dieses Szenario). Die vereinfachten Annahmen wurden damit gerechtfertigt, dass es sich um einen Schritt im Screening-Prozess handelt, bei dem es zunächst darum geht festzustellen, ob von dem Szenario überhaupt eine Gefährdung ausgeht. Nachdem letzteres bejaht wurde, wurde die vorgeschlagene Abhilfemaßnahme ebenfalls analysiert. Dabei wurden einige der vereinfachten Annahmen durch explizite Modellierung ersetzt (Erstellung eines Ereignisablaufdiagramms, in dem die Personalhandlungen zur Leckdiagnose, -ortung und -abspernung abgebildet sind). Die Bewertung des Einflusses der Änderung auf das Risiko durch Brand erfolgte, indem in der vorhandenen Brand-PSA die Wahrscheinlichkeit für den Ausfall der Löschwasserversorgung im Schaltanlagegebäude entsprechend angepasst wurde.

Zur Gesamtbewertung der Änderung vor ihrer Umsetzung wurde an einigen Stellen auf einen reinen Vorher-Nachher-Vergleich zurückgegriffen. Die vollständige Abbildung der Änderung im PSA-Modell erfolgte nachträglich im Rahmen der nächsten SÜ.

LITERATURVERZEICHNIS

- /KRA 06/ Kranz, S., Weber, M.: Nutzung probabilistischer Untersuchungen in behördlichen Verfahren: Vorgehensweise, Erfahrungen und Erkenntnisse. PSA Symposium: Probabilistische Sicherheitsanalysen in der Kerntechnik, 23. – 24. November 2006, München.
- /SCH 08/ Schwarz, W., Leray, J., Rattke, J., Sander, U.: PSA für Nichtleistungsbetrieb von GKN I. Probabilistische Sicherheitsanalysen in der Kerntechnik: Erfahrungen, Erkenntnisse, Entwicklungen. Symposium, '08, Mannheim, 17. - 18. April 2008.
- /SPI 04a/ Spitzer, C., Wildermann, T.: Extended Application of PSAs in Regulatory Procedures: Practice and Concept of an Integrated Safety Assessment, in: C. Spitzer, U. Schmocker, V. N. Dang (Eds.): Proceedings of the International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management: PSAM 7 – ESREL '04, June 14-18, 2004, Berlin, Germany, S. 1401 -1407, Springer-Verlag London, 2004.
- /SPI 04b/ Spitzer, C.: Human Factors Analysis: Central Needs for Practical Applications, in: C. Spitzer, U. Schmocker, V. N. Dang (Eds.): Proceedings of the International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management: PSAM 7 – ESREL '04, June 14-18, 2004, Berlin, Germany, S. 1727-1733, Springer-Verlag London, 2004.
- /SPI 06/ Spitzer, C.: Utilisation of Probabilistic Investigations to Support Safety Assessment and Risk Management, 4th International Probabilistic Symposium, Berlin, 12th -13th October 2006.
- /SPI 09a/ Spitzer, C.: Integral analysis of low power and shutdown operation: insights and outcome, Kerntechnik 74 (2009) No. 3, S. 114-124. Carl Hanser Verlag, München, 2009.
- /SPI 09b/ Spitzer, C.: Sicherheitsrelevante Erkenntnisse aus der Begutachtung einer PSA, 2. VdTÜV Forum Kerntechnik, Berlin, 16. – 17. März 2009.
- /SPI 09c/ Spitzer, C., Wildermann, T.: Probabilistik im neuen KTR: Zielsetzung und Anwendung vor dem Hintergrund nationaler und internationaler Erfahrungen und Vorgehensweisen; TÜV SÜD Symposium '09 Probabilistische Sicherheitsanalysen in der Kerntechnik, München, 25. – 26. November 2009.
- /SPI 10/ Spitzer, C.: Utilisation of HRA key insights for LPS operating procedures: example for an implementation put in practice in: Proceedings of 10th International Probabilistic Safety Assessment and Management Conference (PSAM10) Seattle, WA, Juni 2010.
- /SPI 11/ Spitzer, C.: Nutzung probabilistischer Untersuchungen im Aufsichts- und Genehmigungsverfahren in Baden-Württemberg, DSK, 34. Sitzung AG 1, Neuchâtel, 31. Mai bis 1. Juni 2011.
- /SPI 12/ Spitzer, C., Pohl, H.: Probabilistic Investigations to Support Risk-Informed Decision-making: Experiences and Perspective, in: 11th International Probabilistic Safety Assessment and Management Conference and the Annual European Safety and Reliability Conference 2012 (PSAM11 ESREL 2012) Helsinki, Finland, 25 – 29 June 2012, ISBN: 978-1-62276-436-5, Curran Associates, Inc., Red Hook, NY, 2012.
- /SPI 98/ Spitzer, C., Heermann, M.: Concept of an Extended Application of PSAs in Regulatory Procedures, in: A. Mosleh, R. A. Bari (Eds.): Proceedings of the 4th International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management (PSAM 4) New York City, USA, 13-18 September 1998, S. 307 312, Springer-Verlag, London, 1998.
- /VOG 08/ Vogel, A.: Entwicklung zustandsorientierter Prozeduren bei KKP 1 unter Berücksichtigung der Erkenntnisse der NLB-PSA, Probabilistische Sicherheitsanalysen in der Kerntechnik: Erfahrungen, Erkenntnisse, Entwicklungen. Symposium '08, Mannheim, 17. - 18. April 2008.
- /WIL 08/ Wildermann, T.: Umsetzung probabilistischer Analysen im atomrechtlichen Aufsichtsverfahren (in Baden-Württemberg). 1. VdTÜV Forum Kerntechnik, Berlin, 25. - 26. Februar 2008.

BEGRIFFE

Probabilistische Sicherheitsanalysen

Die im Rahmen der Sicherheitsüberprüfung nach § 19a AtG auf der Grundlage des „Leitfadens Probabilistische Sicherheitsanalyse“ /BA 05/ durchgeführten probabilistischen Sicherheitsanalysen für Kernkraftwerke.

Probabilistische Untersuchungen/Bewertungen

Jede Art von Bewertung einer sicherheitstechnischen Fragestellung auf probabilistischer Basis. Hierunter fällt das gesamte Spektrum von qualitativen Überlegungen und einfachen Handrechnungen bis hin zur Heranziehung eines vollständigen PSA-Anlagenmodells.

Änderungsmaßnahmen

Änderungen an Maßnahmen, Einrichtungen oder der Betriebsweise der Anlage.

Änderungsmaßnahmen der Kategorie a

Änderungsmaßnahmen, die weder einen direkten noch einen indirekten Einfluss auf die PSA haben.

Änderungsmaßnahmen der Kategorie b

Änderungsmaßnahmen, die einen (direkten oder indirekten) Einfluss auf die PSA haben, aber keinen nennenswerten Einfluss auf die Ergebnisse der PSA.

Änderungsmaßnahmen der Kategorie c

Änderungsmaßnahmen, die einen nennenswerten (direkten oder indirekten) Einfluss auf die Ergebnisse der PSA haben.

Kontakt:
Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit (BfE)
Dienstsitz Salzgitter
Willy-Brandt Straße 5
D - 38226 Salzgitter
Telefon: +49 (0)3018 333-0
Telefax: +49 (0)3018 333 1885
Internet: www.bfe.bund.de
E-Mail: info@bfe.bund.de
Poststelle@bfe.de-mail.de
Gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier.



Bundesamt für
kerntechnische
Entsorgungssicherheit