

**Vertiefte Untersuchungen
von Betriebserfahrungen
aus Kernreaktoren**

**Jahresbericht 2025-2026
(April 2025 – März 2026)**

Vertiefte Untersuchungen von Betriebserfahrungen aus Kernreaktoren

**Jahresbericht 2025-2026
(April 2025 – März 2026)**

Zusammengestellt von
Björn Becker
Marc Foldenauer
Michael Homann

April 2026

Anmerkung:

Das diesem Bericht zugrunde liegende Eigenforschungsvorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMUKN) unter dem Förderkennzeichen 4724R01311 durchgeführt.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der GRS.

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung der GRS wieder und muss nicht mit der Meinung des BMUKN übereinstimmen.

Deskriptoren

Betriebserfahrung, Forschungsreaktoren, Kernkraftwerke, Kernreaktoren, meldepflichtige Ereignisse, Übertragbarkeit

Kurzfassung

Die kontinuierliche Auswertung von Ereignissen in den Kernkraftwerken des In- und Auslands im Auftrag des BMUKN gehört zu den zentralen Aufgaben der GRS. Die GRS wertet die meldepflichtigen Ereignisse aus deutschen Anlagen sowie sicherheitstechnisch bedeutsame Ereignisse aus ausländischen Kernkraftwerken aus. Ziel ist die Gewinnung von wissenschaftlichen Erkenntnissen und Informationen zur Erweiterung der Wissensbasis der GRS. Das Lernen aus der Betriebserfahrung ist ein wichtiger Bestandteil zum Erhalt und zur Verbesserung des Sicherheitsniveaus von Kernkraftwerken. Die Erkenntnisse, die aus diesen vertieften Auswertungen gewonnen werden, bilden die wissenschaftliche Grundlage für Stellungnahmen, Weiterleitungsnachrichten oder generische Berichte im Auftrag des BMUKN.

Der Bericht führt wesentliche Ergebnisse ereignis- bzw. anlagenübergreifender vertiefter Untersuchungen aus dem Berichtszeitraum zu sicherheitsrelevanten Aspekten auf, die im Rahmen des ingenieurtechnischen Screenings von Quellen der Betriebserfahrung erkannt wurden.

Auch die Ergebnisse der generischen Auswertung von Rückflüssen zu Weiterleitungsnachrichten werden dargestellt.

Darüber hinaus werden die Ergebnisse zusätzlicher weiterführender Arbeiten im Zusammenhang mit der Auswertung von Betriebserfahrung zusammengefasst, die der Ermittlung und Weiterentwicklung des Standes von Wissenschaft und Technik dienen.

Abstract

A central task of GRS is the continuous evaluation of events in nuclear power plants in Germany and abroad on behalf of the BMUKN. GRS evaluates all reportable events from German plants as well as safety-relevant events in foreign nuclear power plants. It aims for the extraction of scientific insights and information to extend the knowledge base of GRS. Learning from operating experience is an important element for preserving and improving the safety level of nuclear power plants. Insights obtained from these in-depth evaluations form the scientific basis for expert statements, information notices or generic reports on behalf of the BMUKN.

This report presents major results of generic in-depth investigations on safety-relevant aspects detected during the screening of operating experience from all available sources in the reporting period.

Also, the results of the generic evaluation of the feedback on information notices are described.

Moreover, the results of additional works to determine and advance the state of the art in science and technology related to the evaluation of operating experience are summarized.

Inhaltsverzeichnis

	Kurzfassung.....	I
	Abstract.....	III
1	Einleitung	1
2	Vorgehensweise zur Auswertung von Erfahrungen.....	3
2.1	Hintergrund.....	3
2.2	Ziele.....	4
2.3	Informationsfluss und Quellen.....	5
2.4	Vorgehen.....	7
3	Ergebnisse der kontinuierlichen Auswertung von Betriebserfahrung.....	11
3.1	Elektro- und Leittechnik	11
3.1.1	„Drift von Lastmessbolzen an Zwischenlagerkranen“ (WLN 2025/03).....	11
3.2	Anlagen- und Systemtechnik	12
3.3	Komponentenintegrität.....	12
3.4	Mensch – Technik – Organisation.....	12
3.4.1	„Brände durch Heiß- und Seilsägearbeiten bei Rückbauarbeiten (WLN 2025/01)“	12
3.4.2	„Abweichung zwischen Auflagen und Bedingungen im BHB und dem Anlagenzustand bei Freischaltungen zu Instandhaltungsmaßnahmen im Beckenkühlsystem“ (WLN 2025/02).....	13
4	Ergebnisse der generischen Auswertung von Rückflüssen zu Weiterleitungsnachrichten.....	15
5	Ergebnisse zusätzlicher weiterführender Arbeiten	19
5.1	Bewertungsgrundlagen für Anlagen in der Stilllegung und im Abbau	19
6	Zusammenfassung	21

Literaturverzeichnis.....	23
Abbildungsverzeichnis.....	25

1 Einleitung

Die Erfahrung aus dem Betrieb und der Stilllegung von Kernkraftwerken, Forschungsreaktoren und anderen kerntechnischen Anlagen ist unverzichtbar für die Aufrechterhaltung eines hohen kerntechnischen Sicherheitsniveaus von Kernreaktoren in der Bundesrepublik Deutschland und Grundlage für zahlreiche internationale Beiträge zur deutschen Betriebserfahrung. Die sorgfältige und intensive wissenschaftliche Untersuchung aufgetretener Ereignisse in den Kernreaktoren des In- und Auslands, unter Einbeziehung der sonstigen sicherheitsrelevanten Erkenntnisse aus dem Anlagenbetrieb und der Stilllegung, bildet eine der wichtigsten technischen Grundlagen für einen Erfahrungsrückfluss. Die innerhalb des Vorhabens 4724R01311 „Vertiefte wissenschaftliche Untersuchungen von Erfahrungen aus Kernreaktoren“ durchgeführten Arbeiten dienen der Beantwortung von grundlegenden wissenschaftlichen Fragestellungen, der zugehörigen wissenschaftlichen Datenaufbereitung, der Methodenentwicklung und insbesondere als Grundlage für ereignis- und anlagenübergreifende generische Untersuchungen. Die Auswertung von Erfahrungen aus kerntechnischen Anlagen wird seit Ende der 70er Jahren von der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH im Auftrage des Bundesministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMUKN) und der vormals zuständigen Ministerien durchgeführt. Die Nutzung der vielfältigen Auswertungsergebnisse ist ein wesentlicher Bestandteil der Wissensbasis der GRS zur Weiterentwicklung von Methoden zur Verbesserung des Sicherheitsniveaus der im Nachbetrieb und im Rückbau befindlichen deutschen Kernkraftwerke und der deutschen Forschungsreaktoren.

Die umfangreiche Auswertung von Erfahrungen kann darüber hinaus auch der Bundesaufsicht nach Artikel 85 GG über den Vollzug des Atomgesetzes (AtG) durch die Bundesländer die Kernkraftwerke und Forschungsreaktoren betreffend, als Grundlage bei der Wahrnehmung ihrer Aufgaben dienen.

Die Arbeiten der GRS innerhalb des Vorhabens konzentrieren sich im Wesentlichen auf

- die Auswertung von Erfahrungen mit ingenieurtechnischen und wissenschaftlichen Methoden und
- die fachlich interdisziplinäre Beurteilung der anlagenübergreifenden Bedeutung von gemeldeten nationalen und internationalen Ereignissen sowie
- den Austausch von Betriebserfahrung im Rahmen internationaler Projekte und Arbeitsgruppen.

In diesem Bericht werden nach einer allgemeinen Darstellung der Vorgehensweise zur Auswertung von Betriebserfahrung (Kapitel 2) für den Zeitraum April 2025 bis März 2026, wichtige Ergebnisse der kontinuierlichen Auswertung von Betriebserfahrung (Kapitel 3), die generische Auswertung von Rückflüssen zu Weiterleitungsnachrichten (Kapitel 4) sowie zusätzliche weiterführende Arbeiten (Kapitel 5) vorgestellt.

2 Vorgehensweise zur Auswertung von Erfahrungen

2.1 Hintergrund

Die wissenschaftliche Auswertung der Erfahrungen von Kernreaktoren und anderen kerntechnischen Einrichtungen ist ein international anerkanntes und durchgeführtes Vorgehen, um durch die Verfolgung und Bewertung von Ereignissen einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der kerntechnischen Sicherheit von laufenden und abgeschalteten Anlagen zu leisten. Einen umfassenden Überblick des Standes von Wissenschaft und Technik hinsichtlich des Erfahrungsrückflusses aus der Auswertung von Ereignissen bietet der Specific Safety Guide SSG-50 der IAEA „Operating Experience Feedback for Nuclear Installations“ /IAEA 18/, der in wesentlichen Punkten nachfolgend dargestellt wird.

Die systematische Untersuchung und Bewertung von Ereignissen, die in kerntechnischen Anlagen auftreten, die Überprüfung auf eine mögliche anlagenübergreifende Relevanz sowie die Verbreitung und der Austausch der erarbeiteten Ergebnisse tragen zur Verbesserung der nuklearen Sicherheit bei. Für ein effektives nationales System zur Auswertung und Nutzung von Erfahrungsrückflüssen sollen nach /IAEA 18/ folgende Schwerpunkte durch die Aufsichtsbehörden und beteiligte Organisationen abgedeckt werden:

- Sichtung der gemeldeten nationalen und internationalen Ereignisse mit sicherheitstechnischer Bedeutung bzw. der Precursor-Ereignisse (Ereignisse, bei denen die Eintrittswahrscheinlichkeit für einen Kernschaden erhöht war); Untersuchung und Bewertung dieser Ereignisse hinsichtlich anlagenübergreifender Relevanz und Priorität der weiteren Analyse,
- unabhängige Untersuchungen und Detailanalysen zu sicherheitsrelevanten nationalen und internationalen Ereignissen und die Erarbeitung von Verbesserungsmaßnahmen aufgrund der erarbeiteten Untersuchungsergebnisse,
- systematische Verfolgung sicherheitsrelevanter Ereignismerkmale,
- Verfolgung der Durchführung von Verbesserungsmaßnahmen,
- kontinuierliche Aktualisierung der Programme zur Verfolgung und Verbesserung der Auswertung von Betriebserfahrung zur Erhöhung der kerntechnischen Sicherheit,

- Verbreitung und Austausch von Ergebnissen, auch unter Nutzung internationaler Systeme sowie
- Bereitstellung eines Systems zur Archivierung, Abrufung und Dokumentation der zur Auswertung von Betriebserfahrung zugehörigen Daten.

Diese in /IAEA 18/ geforderten Schwerpunkte werden im Rahmen des diesem Bericht zugrunde liegenden Vorhabens wie folgt umgesetzt:

Der Auswahlprozess der Ereignisse (Screening) dient dazu, sicherheitsrelevante Ereignisse, die anlagenübergreifende Relevanz haben, für weitere Untersuchungen auszuwählen. Das Screening basiert dabei im Wesentlichen auf einer ingenieurmäßigen Bewertung der Ereignisse und wird von interdisziplinären Arbeitsgruppen durchgeführt. Die systematische Verfolgung sicherheitsrelevanter Ereignismerkmale, die dokumentiert und in Datenbanken abgelegt werden, stellt die Auswertung von Ereignissen der Vergangenheit dar und hat zum Ziel, frühzeitig die Erkennung von negativen Abweichungen von ausgewählten Sicherheitsaspekten aufzuzeigen, sodass rechtzeitig Untersuchungen und Abhilfemaßnahmen ergriffen werden können, um signifikante Ereignisse präventiv zu verhindern.

Für ausgewählte sicherheitsrelevante Ereignisse werden weitergehende detaillierte Untersuchungen mit dem Ziel durchgeführt, die Ursachen für das zu untersuchende Ereignis zu klären.

Durch die Teilnahme an internationalen Systemen und Gremien zum Austausch von Betriebserfahrung wird eine Vielzahl von Ereignissen, weiterer Erfahrung und bereits getroffener Abhilfemaßnahmen zusätzlich berücksichtigt. Hierdurch werden Wissens- und Datenbasis zur Auswertung und Nutzung von Betriebserfahrung erhöht. Die Nutzung internationaler Systeme ermöglicht zudem das Pflegen internationaler Kontakte, um auch zukünftig einen breit gefächerten Erfahrungsaustausch zu gewährleisten und sicherheitstechnische Erkenntnisse frühzeitig zu gewinnen.

2.2 Ziele

Übergeordnetes Ziel der vertieften Auswertung von Ereignissen, unter Nutzung der sonstigen sicherheitsrelevanten Erfahrungen aus in- und ausländischen Kernreaktoren,

ist die Gewinnung von wissenschaftlichen Erkenntnissen und Daten zur Erweiterung der Wissensbasis der GRS.

Konkret trägt die Auswertung von Betriebserfahrungen dazu bei,

- den im Rahmen der Genehmigungen nachgewiesenen Sicherheitsstand der Kernreaktoren und weiterer kerntechnischer Einrichtungen anhand der Kenntnisse aus dem aktuellen Anlagenbetrieb und Rückbau zu verfolgen und zu dokumentieren,
- sicherheitstechnische und organisatorische Schwachstellen in den Anlagen zu erkennen,
- sicherheitstechnische und organisatorische Verbesserungsmöglichkeiten zu identifizieren sowie
- eine wissenschaftliche Basis für die Weiterentwicklung von Sicherheitsstandards zu schaffen.

Die Arbeitsergebnisse können auch als Grundlage für das BMUKN bei der Wahrnehmung seiner bundesaufsichtlichen Aufgaben dienen.

2.3 Informationsfluss und Quellen

Die Meldung von sicherheitstechnisch bedeutsamen Ereignissen ist in Deutschland in der „Verordnung über den kerntechnischen Sicherheitsbeauftragten und über die Meldung von Störfällen und sonstigen Ereignissen“ (Atomrechtliche Sicherheitsbeauftragten und Meldeverordnung – AtSMV) geregelt.

Die Bereitstellung und Verbreitung internationaler Betriebserfahrung erfolgt über internationale Informationssysteme wie INES oder IRS.

Die GRS wertet verschiedene Quellen zur Betriebserfahrung aus Kernkraftwerken des In- und Auslandes aus.

Im Einzelnen sind dies:

- meldepflichtige Ereignisse,
- Betriebsberichte (RSK-, Monats- und Jahresberichte),

- IRS-Meldungen,
- INES-Meldungen,
- Licensee Event Reports (LERs) der U.S. NRC (auf Basis eines Screenings der Kurzfassungen neu gemeldeter LERs),
- Informationen von Tagungen und aus sonstigem Erfahrungsaustausch mit anderen Institutionen (national, international),
- sonstige Informationen (Pressemitteilungen, Internet, etc.).

Der Informationsfluss bei der Auswertung nationaler und internationaler Betriebserfahrung wird in Abb. 2.1 schematisch dargestellt.

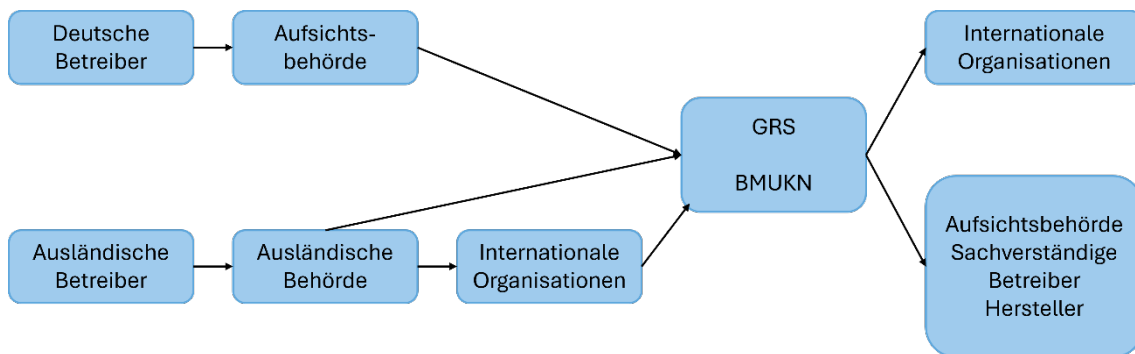


Abb. 2.1 Informationsfluss bei der Auswertung nationaler und internationaler Betriebserfahrung

2.4 Vorgehen

Basis der Arbeiten ist die Auswertung nationaler und internationaler meldepflichtiger Ereignisse sowie sonstiger Erfahrung und Informationen, die im Rahmen eines ingenieurtechnischen Screenings erfolgt. Zunächst erfolgt ein wöchentliches Erstscreening im Rahmen einer interdisziplinären Arbeitsgruppe, die die zuständigen Fachgebiete festlegt und bei sofortigem Handlungsbedarf eine priorisierte Bearbeitung einleitet. Für jedes Ereignis erfolgt dann durch einen oder mehrere Bearbeiter der zuständigen Fachgebiete zunächst eine Recherche, die Datenbanken und weitere inhaltlich betroffene Fachgebiete innerhalb der GRS einbezieht, aber auch zugängliche oder auf Anfrage erhaltene Informationen von Behörden, Gutachtern, Betreibern oder Herstellern umfasst. Auf dieser Grundlage erfolgen regelmäßige Durchsprachen der Ereignisse in einer interdisziplinären Arbeitsgruppe, die neben Maschinen- und Systemtechnik, Elektro- und Leittechnik und Komponentenintegrität auch Fachgebiete wie Human Factors und Managementsysteme abdeckt. Eine zentrale Frage bei diesen Untersuchungen ist die Übertragbarkeit auf deutsche Kernreaktoren.

Um in diesem Vorhaben die Berücksichtigung eines auf breiter Grundlage zu ermittelndem Stands von Wissenschaft und Technik zu realisieren, bezieht die GRS zusätzlich externen Sachverstand mit ein. So werden das Öko-Institut e.V. und das Physikerbüro Bremen als Unterauftragnehmer hinzugezogen und nehmen an den regelmäßigen Vorkommnisbesprechungen der interdisziplinären Arbeitsgruppe teil.

Jedes untersuchte Vorkommnis (meldepflichtiges Ereignis oder sonstige Erfahrungen und Informationen) wird GRS-intern mit sicherheitsrelevanten Merkmalen und einem Kurzbericht dokumentiert und in Datenbanken abgelegt. Die dabei vorgenommene Kodierung dient zur Charakterisierung der sicherheitstechnischen Bedeutung eines Ereignisses in Kombination mit der beteiligten Anlagentechnik und der jeweiligen beim Ereignis vorliegenden betrieblichen Situation sowie menschlichen Einflussgrößen. Die statistische Auswertung sicherheitsrelevanter Merkmale mit Hilfe der Datenbanken wird zur Ermittlung von sicherheitsrelevanten Auffälligkeiten herangezogen. Dies stellt eine der Grundlagen für die Betrachtungen im Rahmen des Screening-Prozesses dar. Solche Analysen können somit als Initiator und Ausgangspunkt für ereignis- und anlagenübergreifende generische Untersuchungen dienen. Die Auswertung internationaler Ereignisse wird im Rahmen eines anderen Vorhabens ebenfalls durch monatliche Berichte dokumentiert.

Bei einer aus der Auswertung der Betriebserfahrung im Rahmen des Screening-Prozesses abgeleiteten generischen Problemstellung (tatsächliche oder potentielle sicherheitstechnische Bedeutung für andere Anlagen) erfolgen detaillierte und umfassende Analysen der ereignis- und anlagenübergreifenden Aspekte. Sie können beispielsweise detaillierte Literaturrecherchen, Untersuchungen mit den anlagenspezifischen Analysesimulatoren der GRS oder Fachgespräche mit Behörden, Gutachtern, Betreibern oder Herstellern umfassen. Zum Teil erfolgen solche weiterführenden Arbeiten, z. B. die Erstellung einer Weiterleitungsnachricht im Auftrag des BMUKN, in anderen Vorhaben.

Tatsächlich oder potentiell sicherheitstechnisch bedeutsam sind Ereignisse, die Mängel hinsichtlich der mehrfachen Ausbildung der Barrieren oder in den Vorkehrungen zum Schutz der Barrieren auf den einzelnen Ebenen des gestaffelten Sicherheitskonzeptes aufzeigen. Darauf können insbesondere folgende Punkte hindeuten:

- Nichterfüllung von Auslegungsmerkmalen für einzelne Sicherheitsebenen,
- nicht auslegungs- bzw. erfahrungsgemäßes System- oder Komponentenverhalten,
- bedeutsame Erhöhung der Wahrscheinlichkeit störfallauslösender Ereignisse oder der Wahrscheinlichkeit für Schadenszustände des Sicherheitssystems,
- Ausfälle aufgrund gemeinsamer Ursache oder systematische Fehler, die auf einer einzelnen, aber auch auf mehreren Ebenen gleichzeitig wirksam werden können,
- Mängel im administrativen Bereich, die alle Ebenen betreffen können, z. B. in Betriebsvorschriften, im Instandhaltungswesen, im Prüfkonzept und im Schulungswesen.

Die Ergebnisse des Screening-Prozesses werden GRS-intern dokumentiert und stellen eine zusätzliche Informationsquelle für die Auswertung zukünftiger Ereignisse dar. In einem jährlichen Bericht – wie dem vorliegenden – werden die wesentlichen Ergebnisse zusammengefasst (siehe Kapitel 3).

Durch die diesem Bericht zugrunde liegenden Vorhaben und deren durchgeführte Untersuchungen ausgewählter aktueller Ereignisse in ausländischen Kernkraftwerken, die Beteiligung an internationalen Projekten und Arbeitsgruppen zum Thema Betriebserfahrung sowie die generische Auswertung von Rückflüssen zu Weiterleitungsnachrichten (siehe Kapitel 4) werden zusätzliche Quellen für die Betriebserfahrung erschlossen, die ggf. im Rahmen generischer Analysen weiterverfolgt werden.

Ein schematischer Überblick bezüglich der Vorgehensweise zur Auswertung von Betriebserfahrung findet sich in Abb. 2.2.

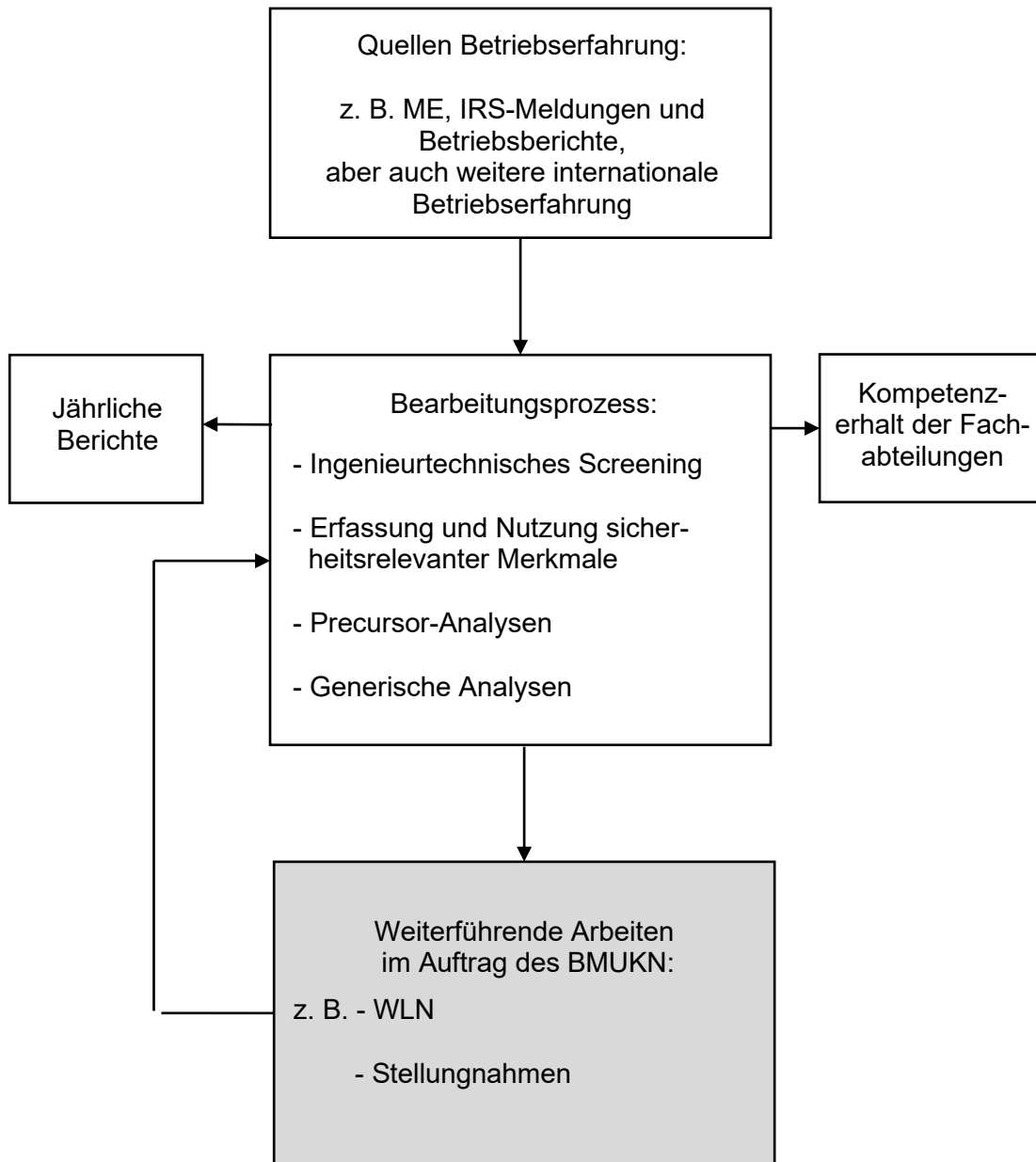


Abb. 2.2 Überblick zur Auswertung von Betriebserfahrung (die grau hinterlegten Arbeiten sind nicht Gegenstand des Vorhabens 4724R01311)

3 Ergebnisse der kontinuierlichen Auswertung von Betriebserfahrung

Zu sicherheitsrelevanten Aspekten, die im Rahmen des ingenieurtechnischen Screenings von Quellen der Betriebserfahrung erkannt wurden, wurden ereignis- bzw. anlagenübergreifende vertiefte Untersuchungen durchgeführt. Im Folgenden werden wesentliche Ergebnisse aus dem Berichtszeitraum dargestellt. Diese wurden entsprechend ihrem jeweiligen thematischen Schwerpunkt gruppiert. In vielen Fällen sind aber auch Aspekte weiterer Fachgebiete betroffen, zudem sind in verschiedenen Fällen menschliche oder organisatorische Einflussfaktoren mitwirkend.

3.1 Elektro- und Leittechnik

3.1.1 „Drift von Lastmessbolzen an Zwischenlagerkranen“ (WLN 2025/03)

Aus zwei deutschen Zwischenlagern wurden Ereignisse über das Driften von Lastmessbolzen an Zwischenlagerkranen gemeldet. In den beiden Lagern sind jeweils zwei Krananlagen betroffen und je Zwischenlagerkran sind vier Lastmessbolzen des betroffenen Typs eingesetzt. Die Lastmessbolzen werden unter anderem zur Überlastsicherung mit Abschaltung des Krans bei 110 % der maximalen Betriebslast eingesetzt und dienen so dazu Lastabstürze zu vermeiden.

In beiden Lagern kam es zum Auslösen von Schutzeinrichtungen der Kransteuerung aufgrund eines Driftens eines der beiden Messkanäle für die Lastmessung an einem Lastmessbolzen. Ursächlich für das Driften der Kanäle für die Lastmessung bei den betroffenen Lastmessbolzen waren Herstellungs- bzw. Fertigungsfehler. Die betroffenen Lastmessbolzen stammen aus einer Charge aus dem Jahr 2013.

Zur Sicherstellung der ordnungsgemäßen Funktion der Lastmessbolzen von nach KTA 3902 Abschnitt 4.3 und Abschnitt 4.4 eingestuft Krananlagen und Hebezeuge in deutschen kerntechnischen Anlagen empfiehlt die GRS daher, dass zu prüfen ist, ob Lastmessbolzen der betroffenen Typen aus dem Jahr 2013 in entsprechend eingestuft Hebezeugen und Krananlagen eingesetzt oder lagerhaltig vorgehalten werden. Ist dies der Fall, sind diese auszutauschen oder die korrekte Funktionsweise nachzuweisen. Außerdem ist für nach KTA 3902 Abschnitt 4.3 und Abschnitt 4.4 eingestufte Hebezeuge

und Krananlagen zu bewerten, ob ein Funktionsversagen eines Lastmessbolzen durch eine gleichzeitige Drift beider Kanäle des Lastmessbolzen sicher erkannt wird.

3.2 Anlagen- und Systemtechnik

In dem Fachgebiet Anlagen- und Systemtechnik wurde im Berichtszeitraum keine Weiterleitungsnachricht erstellt.

3.3 Komponentenintegrität

In dem Fachgebiet Komponentenintegrität wurde im Berichtszeitraum keine Weiterleitungsnachrichten erstellt.

3.4 Mensch – Technik – Organisation

3.4.1 „Brände durch Heiß- und Seilsägearbeiten bei Rückbauarbeiten (WLN 2025/01)“

In den letzten Jahren wurden mehrere Ereignisse aus deutschen Kernkraftwerken gemeldet, bei denen es während Heiß- und Seilsägearbeiten bei Rückbautätigkeiten zu Schwel- und Kleinbränden gekommen ist. Bei diesen Ereignissen wurden entweder keine ausreichenden Präventionsmaßnahmen gegen Brandentstehung getroffen oder das Brandentstehungsrisiko von Arbeitsverfahren, welche formal nicht als Heißarbeiten eingestuft sind, wurde nicht ausreichend berücksichtigt.

Diese Erkenntnisse können auch für andere abgeschaltete deutsche Anlagen relevant sein, da Heiß- und Seilsägearbeiten bei Rückbautätigkeiten in allen deutschen Anlagen durchzuführen sind. Daher empfiehlt die GRS beim Umgang mit brennbaren Werkstoffen sicherzustellen, dass diese im verarbeiteten Zustand schwerentflammbar Baustoffen entsprechen. Insbesondere in Fugen befindliche normalentflammbare Materialien sind durchgehend durch klassifizierte Brandschutzfugen oder andere Schutzmaßnahmen wie Bleche auch während der Rückbauphase gegen Entzündung ausreichend zu schützen. Bei der Arbeitsplanung von Rückbauarbeiten sowie bei der Bewertung des Brandrisikos und möglicher Präventionsmaßnahmen ist zu berücksichtigen, dass auch Arbeitsverfahren, die formal nicht als Heißarbeiten einzustufen sind, bei unplanmäßigen Abläufen oder sporadisch zu einem Entzündungsrisiko führen können. Bei der Durchführung von

Schneidarbeiten ist eine kontinuierliche Kontrolle der Schnitfführung durchzuführen; insbesondere bei Unterbrechungen ist die jeweilige Schnittsituation vorzunehmen. Bei der Arbeitsvorbereitung von Schneidarbeiten an Metallkomponenten ist zu berücksichtigen, dass in Randbereichen des Werkstücks anfallendes Schnittgut die entstehende Wärmeenergie nur unzureichend abführen kann und somit innerhalb kurzer Zeit zur Zündquelle werden kann. Diese Bereiche sind nach Möglichkeit bereits in der Planung von der vorgesehenen Schnitfführung auszunehmen oder vor Beginn der Arbeiten am Werkstück zu entfernen. Ist dies nicht möglich ist, sind die betreffenden Bereiche während des Arbeitsprozesses durch eine enge bis hin zu kontinuierlicher Temperaturüberwachung, zu kontrollieren. Bei der Verwendung schwerentflammbar eingestufte Materialien wie Folien, Luftschläuche etc. ist zu berücksichtigen, dass sich diese in Verbindung mit leichter entflammbaren Materialien, wie Klebeband, anhaftenden brennbaren Verschmutzungen oder u. U. Metallpartikeln, nicht mehr selbstverlöschend verhalten. Schwerentflammbare Materialien sind nur bei ausreichender Materialstärke als Barriere gegen die Ausbreitung zündwirksamer Partikel oder zum Schutz brennbarer Gegenstände einzusetzen. Sie sind möglichst durch nicht brennbare Barrieren zu ersetzen. Zur Bewertung des Brandrisikos an Abscheide- und Filteranlagen sowie von Metallpartikeln sind einschlägige Regelwerke und Merkblätter zu berücksichtigen.

3.4.2 „Abweichung zwischen Auflagen und Bedingungen im BHB und dem Anlagenzustand bei Freischaltungen zu Instandhaltungsmaßnahmen im Beckenkühlsystem“ (WLN 2025/02)

Durch die Betreiberin einer deutschen Anlage wurde beantragt, die Einstufung eines Beckenkühlstrangs von „sicherheitstechnisch relevant“ auf „betrieblich“ zu ändern. Im Rahmen dieses Änderungsantrages wurde ein Betriebshandbuch (BHB)-Kapitel zu den systemspezifischen Auflagen und Bedingungen für den Restbetrieb angepasst. Dieser Teil des BHB ist Teil der Sicherheitsspezifikation (SSP).

Drei Tage nach der Inkraftsetzung der BHB-Änderung wurden in einem Block des Standortes für eine Instandhaltung zwei andere Beckenkühlstränge freigeschaltet. Die Planung für die Instandhaltung und Freischaltung erfolgte vor Inkraftsetzung der BHB-Änderung. Bei der Freigabe der Freischaltung wurde die Einhaltung der Auflagen und Bedingungen nicht anhand der zu diesem Zeitpunkt gültigen Version des BHB geprüft. Mit der Freigabe der beiden Stränge waren die Mindestverfügbarkeiten nicht erfüllt.

Bei der Ursachenklärung wurde festgestellt, dass die vorgenommene Neueinstufung des Beckenkühlstranges nicht den Vorgaben entsprach und das BHB auf diese Weise nicht hätte geändert werden dürfen. Die zulässigen Systemverfügbarkeiten für die Lagerbeckenkühlung ergeben sich anhand der Karenzzeit. Die Abstufung des Kühlstranges wäre erst bei einer Karenzzeit größer 72 Stunden zulässig gewesen. Weder bei Antragstellung noch bei Inkrafttreten der Änderung war dies der Fall. Die fehlerhafte Änderung der SSP wurde im Änderungsverfahren durch keinen Beteiligten erkannt.

Es wurden zwei voneinander unabhängige Ursachen für das Ereignis identifiziert. Zum einen enthielt das BHB nicht zulässige Vorgaben aufgrund der Berücksichtigung eines falschen Anlagenzustandes bei der Änderung einer SSP. Zum anderen wurde die Freigabe zur Freischaltung des Beckenkühlstranges ohne Abgleich mit der zu diesem Zeitpunkt gültigen Version der Auflagen und Bedingungen für den Betrieb der Anlage aus dem gültigen BHB erteilt.

Aus dem Ereignis ergibt sich eine mittelbare sicherheitstechnische Bedeutung durch die Mängel bei der Erstellung, Verteilung und Anwendung von Verfügbarkeitsregeln, die Teil des SSP des BHBs sind. Die GRS empfiehlt daher bei Änderungen des BHBs die Prozesse so zu gestalten, dass Arbeitsüberlastungen in der Qualitätssicherung vermieden werden. Außerdem ist beim Inkrafttreten von BHB-Änderungen zu prüfen, ob die Änderungen Auswirkungen auf bereits bestehende oder geplante Freischalt- und Arbeitsaufträge haben. Bei der Verteilung von BHB-Änderungen ist sicherzustellen, dass alle relevanten Organisationseinheiten über das Inkrafttreten von Änderungen informiert werden.

4 Ergebnisse der generischen Auswertung von Rückflüssen zu Weiterleitungsnachrichten

Die Ergebnisse der kontinuierlichen Auswertung von Betriebserfahrung können auch als Grundlage für die Erstellung von Weiterleitungsnachrichten (WLN) in einem anderen Vorhaben dienen (vgl. Kapitel 3). Die Betreiber von Kernkraftwerken und anderer kern-technischer Einrichtungen erstellen nach Erhalt einer WLN eine Stellungnahme für die jeweils zuständige atomrechtliche Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde des Landes hinsichtlich der Umsetzung der Empfehlungen aus der betroffenen WLN. Diese werden von den Ländern geprüft. Ob und wie die in den WLN gegebenen Empfehlungen in den Kernkraftwerken anlagenspezifisch umgesetzt wurden, wird der GRS im Auftrag des BMUKN durch die Länder in Form von Erfahrungsrückflüssen mitgeteilt. Diese wurden von der GRS im Rahmen des Vorhabens 4724R01311 generisch ausgewertet. Dabei ist von Interesse, welche verschiedenen Lösungsansätze für die Umsetzung der Empfehlungen gewählt wurden und ob sich sicherheitstechnisch wichtige Erkenntnisse aus den Untersuchungen in den einzelnen Anlagen ergaben. Dies wird mit dem Ziel durchgeführt, anlagenübergreifende sicherheitstechnisch wichtige Erkenntnisse abzuleiten sowie die Kompetenz und Wissensbasis der GRS zu erweitern, z. B. hinsichtlich konkreter Umstände und Maßnahmen in einzelnen Anlagen. Die GRS wertet den von den Aufsichtsbehörden der Länder übermittelten Erfahrungsrückfluss in einem anderen Vorhaben im Auftrag des BMUKN auch anlagenspezifisch aus. Ziel der Auswertung ist es, dem BMUKN und den Aufsichtsbehörden der Länder einen Überblick über weitere Umsetzungsmöglichkeiten der Empfehlungen der WLN aus den verschiedenen Anlagen zu geben bzw. zusätzliche Erkenntnisse aus den Untersuchungen in den einzelnen Anlagen zu gewinnen, um ggf. ergänzende Maßnahmen bei einzelnen Anlagen veranlassen zu können. Neben den fachlichen Erkenntnissen dient der Erfahrungsrückfluss dazu, die Qualität der WLN zu verbessern. Die anlagenspezifischen sicherheitstechnisch wichtigen Erkenntnisse aus den Untersuchungen werden erfasst. Die Auswertung der WLN-Rückflüsse erschließt somit eine weitere Quelle für die umfassende Auswertung von Betriebserfahrung.

Im Berichtszeitraum wurde der Erfahrungsrückfluss zu den Weiterleitungsnachrichten des Jahres 2023 ausgewertet. Zu den sieben Weiterleitungsnachrichten des Jahres 2023 lagen der GRS bis zum Auswertzeitpunkt 104 Rückmeldungen aus 22 Kernkraftwerksblöcken vor, außerdem 19 Rückflüsse aus drei Forschungsreaktoren sowie 25 Rückflüsse aus zwölf Zwischenlagern.

Bei dem Ereignis, welches die Weiterleitungsnachricht 2023/01 behandelt, ist es zur Spannungslosigkeit einer 24/48V-DC Schiene im Rahmen einer Prüfung während der Revision gekommen. Die zur Funktionsprüfung der Gleichrichter verwendete Prüfanweisung enthält als Prüfvoraussetzung, dass keine Reparaturen oder Wartungen an anderen Komponenten der Gleichstromanlagen während der Prüfung durchgeführt werden dürfen. Außerdem muss die unterbrechungsfreie Stromversorgung der Verbraucher während des Prüfzyklus sichergestellt sein. Diese geforderten Voraussetzungen waren zum Zeitpunkt der Durchführung der Prüfung nicht gegeben. Im Rückfluss legen die Anlagen da, dass dem Revisions- bzw. Betriebsbüro alle notwendigen Informationen zu den Planungen vorliegen. Es wird das Vorgehen beschrieben, wie technische Dokumente für Arbeiten, für die sie ursprünglich nicht erstellt wurden, angepasst und Änderungen gekennzeichnet werden. Bei Änderungen werden die Informationen an die in der Planung eingebundenen Stellen weitergegeben.

In Weiterleitungsnachricht 2023/02 wurde empfohlen, dass für Anlagen, bei denen die Kühlung von Brennelementen noch Schutzziel ist, gezeigt wird, dass handbetätigte Schieber im Neben- oder Notnebenkühlwassersystem bei redundanzübergreifender Einwirkung von außen (EVA) standsicher sind. Dies wurde durch die Komponentenauslegung oder einen erstellten Nachweis gezeigt. Eine Anlage hat statt des Nachweises eine Ersatzmaßnahme eingeführt, mit der die Kühlung im Anforderungsfall bei EVA sichergestellt ist.

Durch die Weiterleitungsnachricht 2023/03 soll geprüft werden, ob eine Baugruppe in sicherheitstechnisch wichtigen Systemen in den Anlagen eingesetzt wird. Bei der betroffenen Baugruppe kann aufgrund eines systematischen Fehlers unter Umständen das Eingangssignal nicht mehr erkannt werden. Aus dem Rückfluss der Anlagen geht hervor, dass diese Baugruppe nicht in sicherheitstechnisch wichtigen Systemen eingesetzt wird.

In der Weiterleitungsnachricht 2023/04 werden Empfehlungen zur Vermeidung von Abbautätigkeiten von nicht zum Abbau vorgesehenen Komponenten ausgesprochen. Die Anlagen legen im Rückfluss die Kennzeichnung von zum Abbau vorgesehenen Komponenten dar und wie Trennstellen eindeutig gekennzeichnet werden. Außerdem werden Begehungen vor Beginn der Abbautätigkeiten und Maßnahmen zum Schutz von noch im Betrieb befindlichen Komponenten diskutiert.

Die Weiterleitungsnachricht 2023/05 dient zur Vermeidung des Auslösens von Niederspannung-Hochleistungssicherungen in den Einspeiseleitungen von sicherheitstechnisch wichtigen Leittechnikschränken mit Doppeleinspeisung. In dem hier diskutierten Fall kam es zum Auslösen der Sicherung aufgrund eines nicht ausreichenden Abstands zwischen dem Verbrauchernennstrom und dem Sicherungsbemessungsstrom der eingesetzten Sicherung in dem betroffenen Schaltanlagenabzweig. Aus dem Rückfluss geht hervor, dass in zwei Anlagen Abzweige mit erhöhtem maximalen Verbrauchernennströme gefunden wurden. Die verbauten Sicherungen wurden gegen Sicherungen mit höherem Sicherungsstrom getauscht. In den anderen Anlagen waren die Sicherungen passend dimensioniert.

In der Weiterleitungsnachricht 2023/06 werden Empfehlungen ausgesprochen, um das Herausgleiten eines Brennstabes aus einer Brennstabwechselmaschine (BSW) zu verhindern. Durch die Anlagen wurden, sollte dort noch eine BSW zum Einsatz kommen, administrative oder technische Maßnahmen getroffen wurden, um das korrekte Greifen eines Brennstabes zu überprüfen.

Die Weiterleitungsnachricht 2023/07 diskutiert ein Ereignis, bei dem aufgrund einer Betätigung eines falschen Tasters ein Objektschutztor beschädigt wurde. Als beitragende Faktoren bei der Betätigung des falschen Tasters wurden Ablenkung, Unachtsamkeit und intuitive Bedienung ohne Beachtung der Beschriftung auf dem Bedientableau ermittelt. Aufgrund der Restriktionen des Objektschutzes standen den mit der Ereignisanalyse beauftragten Personen keine detaillierten Informationen über Aufbau und Funktionsweise des Tores zur Verfügung. Aus dem Rückfluss der Anlagen geht hervor, dass Objektschutztüren mit einer Verriegelungsmechanik wie in dem auslösenden Ereignis nur in der Anlage mit diesem Ereignis verbaut sind und das Ereignis somit nicht auf die anderen Anlagen übertragbar ist. Den Ereignisanalyseteams gehört mindestens eine Person mit Zugriff auf vertraulich eingestufte Personen an oder eine solche Person kann im Bedarfsfall hinzugezogen werden.

Die Auswertung zeigte, dass die WLN-Empfehlungen im Wesentlichen und im Sinne der Intention der GRS hinter der jeweiligen Empfehlung umgesetzt wurden.

In fünf Fällen konnte die Umsetzung der Empfehlung mangels Informationen durch die GRS nicht bewertet werden. Im Rückfluss wurde angegeben, dass die dargestellten Befunde und Empfehlungen für die Anlage nicht relevant sind bzw. kein Handlungsbedarf besteht, ohne dass eine Begründung dieser Einschätzung enthalten war.

Aus den Rückflüssen ergeben sich keine neuen sicherheitstechnischen Erkenntnisse und somit kein Bedarf für eine ergänzende WLN. Zur WLN 2023/03 haben zwei Anlagen im Rückfluss geschrieben, dass die verbaute Baugruppe ähnlich aufgebaut ist wie die betroffene Baugruppe. Da bei den Prüfungen durch die Anlagen aber keine Hinweise auf eine mögliche Beeinträchtigung durch die Baugruppe aufgetreten sind, sieht die GRS von einer Ergänzung der WLN ab.

5 Ergebnisse zusätzlicher weiterführender Arbeiten

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse zusätzlicher weiterführender Arbeiten im Zusammenhang mit der Auswertung von Betriebserfahrung aufgeführt, die der Ermittlung und Weiterentwicklung des Standes von Wissenschaft und Technik dienen und deren Ergebnisse nachfolgend zusammengefasst werden.

5.1 Bewertungsgrundlagen für Anlagen in der Stilllegung und im Abbau

Ereignisse in deutschen Kernkraftwerken werden auch anhand des deutschen kerntechnischen Regelwerks bewertet. Dieses wurde jedoch in erster Linie für Kernreaktoren im Leistungsbetrieb entwickelt. Um die Bewertungsgrundlagen für Anlagen in der Stilllegung und im Abbau zu erweitern, wurden daher Stilllegungs- und Abbaugenehmigungen und zugehörigen Gutachten im Hinblick auf sicherheitstechnische Anforderungen an Brennelement-freie Kernkraftwerke in Ergänzung zu bestehenden Anforderungen in den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke und KTA-Regeln ausgewertet. Unter anderem wurden die Anforderungen an Hebezeuge, Anforderungen an Transporte, Anforderungen an die Notstromversorgung, Anforderungen an die radiologische Überwachung und an den Strahlenschutz und Anforderungen an Einrichtungen zur Kontrolle von Leckagen vertieft betrachtet.

6 Zusammenfassung

Die kontinuierliche Auswertung von Erfahrungen und Informationen im Rahmen des ingenieurtechnischen Screenings führte zur Erkennung verschiedener sicherheitsrelevanter Aspekte, bezüglich derer ereignis- bzw. anlagenübergreifende vertiefte Untersuchungen durchgeführt wurden. Thematischer Schwerpunkt war insbesondere die E- und Leittechnik sowie Mensch-Technik-Organisation. In vielen Fällen waren aber auch Aspekte weiterer Fachgebiete betroffen. Bei Bedarf wurden basierend auf den hier gewonnenen Erkenntnissen entsprechend der sicherheitstechnischen Bedeutung und der Übertragbarkeit auf andere Anlagen von der GRS im Rahmen eines anderen Vorhabens Weiterleitungsnachrichten mit diesbezüglichen Empfehlungen erstellt. Im Berichtszeitraum wurden auf Basis der in diesem Vorhaben durchgeführten vertieften Untersuchungen zu sicherheitsrelevanten Aspekten insgesamt drei Weiterleitungsnachrichten durch die GRS erstellt.

Zur Verbesserung der Bewertungsgrundlagen für Anlagen in der Stilllegung und im Abbau wurden Stilllegungs- und Abbaugenehmigungen und Gutachten untersucht. Insbesondere wurden die Anforderungen an Hebezeuge, Anforderungen an Transporte, Anforderungen an die Notstromversorgung, Anforderungen an die radiologische Überwachung und an den Strahlenschutz und Anforderungen an Einrichtungen zur Kontrolle von Leckagen betrachtet.

Durch die Auswertungen und Untersuchungen nationaler und internationaler Vorkommnisse sowie durch die zugehörige GRS-interne Dokumentation und Datenbankerfassung wurde insgesamt die Wissensbasis der GRS zu sicherheitstechnisch relevanten Erkenntnissen aus der Betriebserfahrung erweitert.

Literaturverzeichnis

- /GRS 14/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) GmbH: Methoden zur probabilistischen Bewertung von betrieblichen Ereignissen (Precursor-Analysen), GRS-A-3686 (Teil III), Köln, Januar 2014.
- /GRS 22/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH: Vertiefte Untersuchungen von Betriebserfahrungen aus Kernreaktoren, Jahresbericht 2021-2022, GRS-680, Köln, April 2022.
- /GRS 23/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH: Vertiefte Untersuchungen von Betriebserfahrungen aus Kernreaktoren, Jahresbericht 2022-2023, GRS-720, Köln, April 2023.
- /IAEA 18/ International Atomic Energy Agency (IAEA): Safety Standards Series No. SSG-50: "Operating Experience Feedback for Nuclear Installations", Specific Safety Guide, IAEA, Wien, 2018.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1	Informationsfluss bei der Auswertung nationaler und internationaler Betriebserfahrung	6
Abb. 2.2	Überblick zur Auswertung von Betriebserfahrung (die grau hinterlegten Arbeiten sind nicht Gegenstand des Vorhabens 4724R01311).....	9

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

Schwertnergasse 1
50667 Köln

Telefon +49 221 2068-0

Telefax +49 221 2068-888

Boltzmannstraße 14

85748 Garching b. München

Telefon +49 89 32004-0

Telefax +49 89 32004-300

Kurfürstendamm 200

10719 Berlin

Telefon +49 30 88589-0

Telefax +49 30 88589-111

Theodor-Heuss-Straße 4

38122 Braunschweig

Telefon +49 531 8012-0

Telefax +49 531 8012-200

www.grs.de

ISBN 978-3-911727-56-3