

**Vertiefte Untersuchungen
von Betriebserfahrungen
aus Kernreaktoren**

**Jahresbericht 2017/2018
(Juni 2017 – September 2018)**



Gesellschaft für Anlagen-
und Reaktorsicherheit
(GRS) gGmbH

Vertiefte Untersuchungen von Betriebserfahrungen aus Kernreaktoren

Jahresbericht 2017/2018
(Juni 2017 – September 2018)

Zusammengestellt von
Oliver Mildenberger

September 2018

Anmerkung:

Das diesem Bericht zugrunde liegende F&E-Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) unter dem Kennzeichen 3615R01341 durchgeführt.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Auftragnehmer.

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

GRS - 530
ISBN 978-3-947685-15-8

Deskriptoren

Betriebserfahrung, Kernkraftwerke, meldepflichtige Ereignisse, Übertragbarkeit

Kurzfassung

Die kontinuierliche Auswertung von Ereignissen in den Kernkraftwerken des In- und Auslands im Auftrag des BMU 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 BMU.

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.

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:

- Lernen wir genug aus der Betriebserfahrung? – Wiederholung meldepflichtiger Ereignisse mit dem Beitrag menschlicher und organisatorischer Faktoren,
- Ereignisse in Kernkraftwerken mit Schäden oder Befunden in Systemen zur Aufbereitung radioaktiver Abwässer,
- Erweiterte Auswertung von Betriebserfahrung bezüglich „tatsächlicher“ GVA,
- Auswertung von Betriebserfahrung unterhalb der Meldeschwelle.

Abstract

A central task of GRS is the continuous evaluation of events in nuclear power plants in Germany and abroad on behalf of BMU. 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 BMU.

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.

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

- Do we learn enough from operating experience? – repetition of reportable events with contribution from human and organisational factors,
- events in nuclear power plants with damages or findings in systems for processing radioactive liquid effluents,
- extended evaluation of operating experience with respect to “real” common cause failures,
- evaluation of operating experience below the reporting threshold.

Inhaltsverzeichnis

	Kurzfassung.....	I
	Abstract.....	III
1	Einleitung	1
2	Vorgehensweise zur Auswertung von Betriebserfahrung.....	3
2.1	Hintergrund.....	3
2.2	Ziele.....	4
2.3	Informationsfluss und Quellen.....	5
2.4	Vorgehen.....	6
3	Ergebnisse der kontinuierlichen Auswertung von Betriebserfahrung.....	9
3.1	Anlagen- und Systemtechnik	9
3.1.1	Defekte Membranen in Armaturen in aktivitätsführenden Systemen in vier DWR-Anlagen	9
3.1.2	Verstellte Zentriermuttern an Stellungsanzeigen von Erstabsperrarmaturen in einer DWR-Anlage.....	10
3.1.3	Schutzabschaltung eines Notstromdiesels bei 110-%-Lastlauf in einer DWR-Anlage.....	11
3.2	E- und Leittechnik	12
3.2.1	Unerkannter Einsatz nicht qualifizierter Relais mit programmierbaren Bauelementen in mehreren ausländischen Anlagen	12
3.2.2	Ausfälle von Drehzahlwächtern und Drehzahlmessumformern in mehreren deutschen Kernkraftwerken	13
3.2.3	Ausfall der logarithmischen Mittelwertmesser der Impulskanäle in einer DWR-Anlage.....	14
3.2.4	Nicht erfolgtes automatisches Wiederschalten mehrerer Gleichrichter in einer Redundanz bei einer Eigenbedarfsumschaltung in einer DWR-Anlage	15
3.3	Komponentenintegrität.....	16

3.3.1	Bruch von Niederhaltefedern an Brennelementen in zwei DWR-Anlagen	16
3.4	Äußere Einwirkungen	17
3.4.1	Regenwassereintrag im Bereich des Feststofflagers in einer SWR-Anlage	17
4	Ergebnisse zusätzlicher weiterführender Arbeiten	19
4.1	Lernen wir genug aus der Betriebserfahrung? – Wiederholung meldepflichtiger Ereignisse mit dem Beitrag menschlicher und organisatorischer Faktoren	19
4.2	Ereignisse in Kernkraftwerken mit Schäden oder Befunden in Systemen zur Aufbereitung radioaktiver Abwässer	22
4.3	Erweiterte Auswertung von Betriebserfahrung bezüglich „tatsächlicher“ GVA.....	24
4.4	Auswertung von Betriebserfahrung unterhalb der Meldeschwelle	25
5	Zusammenfassung	29
	Literaturverzeichnis.....	31
	Abbildungsverzeichnis.....	33

1 Einleitung

Der Erfahrungsrückfluss aus dem Betrieb von Kernkraftwerken ist unverzichtbar für die Aufrechterhaltung eines hohen kerntechnischen Sicherheitsniveaus in der Bundesrepublik Deutschland. Die vertiefte interdisziplinäre Untersuchung der aufgetretenen Ereignisse in den Kernreaktoren des In- und Auslands, unter Einbeziehung der sonstigen sicherheitsrelevanten Erkenntnisse aus dem Anlagenbetrieb, bildet eine der wichtigsten technischen Grundlagen für diesen Erfahrungsrückfluss. Die innerhalb des Arbeitspaketes „Vertiefte Untersuchungen von Betriebserfahrungen aus Kernreaktoren“ des Vorhabens 4715R01341 durchgeführten Arbeiten dienen der Beantwortung von grundlegenden wissenschaftlichen Fragestellungen, der zugehörigen wissenschaftlichen Datenaufbereitung und insbesondere als Grundlage für ereignis- und anlagenübergreifende generische Untersuchungen. Die Auswertung von Betriebserfahrung wird seit über 40 Jahren von der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH im Auftrage des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) 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 in Betrieb bzw. im Nachbetrieb befindlichen Kernkraftwerke. Die umfangreiche Auswertung von Betriebserfahrung kann darüber hinaus auch der Bundesaufsicht nach Artikel 85 GG über den Vollzug des Atomgesetzes (AtG) durch die Bundesländer den Betrieb von Kernkraftwerken und Forschungsreaktoren betreffend als Grundlage bei der Wahrnehmung ihrer Aufgaben dienen.

Die Arbeiten der GRS konzentrieren sich im Wesentlichen auf

- die Auswertung von Betriebserfahrung mit ingenieurtechnischen und wissenschaftlichen Methoden und
- die fachlich interdisziplinäre Beurteilung der anlagenübergreifenden Bedeutung von gemeldeten nationalen und internationalen Ereignissen.

In diesem Bericht werden nach einer allgemeinen Darstellung der Vorgehensweise zur Auswertung von Betriebserfahrung (Kapitel 2) für den Zeitraum Juni 2017 bis September 2018 wichtige Ergebnisse der kontinuierlichen Auswertung von Betriebserfahrung (Kapitel 3) sowie zusätzlicher weiterführender Arbeiten vorgestellt (Kapitel 4) vorgestellt.

2 Vorgehensweise zur Auswertung von Betriebserfahrung

2.1 Hintergrund

Die Auswertung von Betriebserfahrung von Kernkraftwerken ist ein international gefordertes und etabliertes 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 zur Erhebung des Erfahrungsrückflusses durch die Auswertung von Ereignissen bietet der Safety Guide der IAEA „A System for the Feedback of Experience from Events in Nuclear Installations“ /IAEA 06/, 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 Betriebserfahrung sollen nach /IAEA 06/ folgende Schwerpunkte abgedeckt werden:

- Auswahl der gemeldeten Ereignisse mit sicherheitstechnischer Bedeutung und deren Untersuchung und Bewertung hinsichtlich anlagenübergreifender Relevanz,
- Detailanalysen zu sicherheitsrelevanten Ereignissen und die Erarbeitung von Verbesserungsmaßnahmen aufgrund der erarbeiteten Untersuchungsergebnisse,
- systematische Verfolgung sicherheitsrelevanter Ereignismerkmale,
- Verbreitung und Austausch von Ergebnissen, auch unter Nutzung internationaler Systeme,
- kontinuierliche Aktualisierung der Programme zur Verfolgung und Verbesserung der Auswertung von Betriebserfahrung zur Erhöhung der kerntechnischen Sicherheit sowie
- Bereitstellung eines Systems zur Archivierung, Abrufung und Dokumentation der zur Auswertung von Betriebserfahrung zugehörigen Daten.

Diese in /IAEA 06/ geforderten Schwerpunkte werden im Rahmen des diesem Bericht zugrunde liegenden Vorhabens wie folgt umgesetzt:

Der Auswahlprozess der Ereignisse (Screening) soll dazu dienen, 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.

Die Effektivität der nationalen Programme zur Auswertung und zukünftigen Nutzung der Betriebserfahrung wird erhöht durch die Kopplung an internationale Systeme. Dadurch wird im Wesentlichen der Erfahrungsschatz erweitert, was durch die zusätzliche Berücksichtigung von einer Vielzahl von Ereignissen, zusätzlicher Erfahrung und bereits getroffener Abhilfemaßnahmen erreicht wird. Des Weiteren bietet die Nutzung internationaler Kontakte einen weit gefächerten Erfahrungsaustausch, Doppelarbeit wird vermieden und die Ressourcenausnutzung auf dem Gebiet der Auswertung von Betriebserfahrung verbessert.

2.2 Ziele

Übergeordnetes Ziel der vertieften Auswertung von Ereignissen, unter Nutzung der sonstigen sicherheitsrelevanten Betriebserfahrungen aus in- und ausländischen Kernkraftwerken, 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 Kernkraftwerke anhand der Kenntnisse aus dem aktuellen Anlagenbetrieb zu verfolgen,
- 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 BMU dienen, um bei der Wahrnehmung seiner bundesaufsichtlichen Aufgaben u. a. nach neuestem Stand von Wissenschaft und Technik

- im Stör- und Gefahrenfall angemessen reagieren zu können,
- das Sicherheitsniveau der Kernkraftwerke bewerten zu können.

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, IRS oder ECURIE.

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,
- 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.

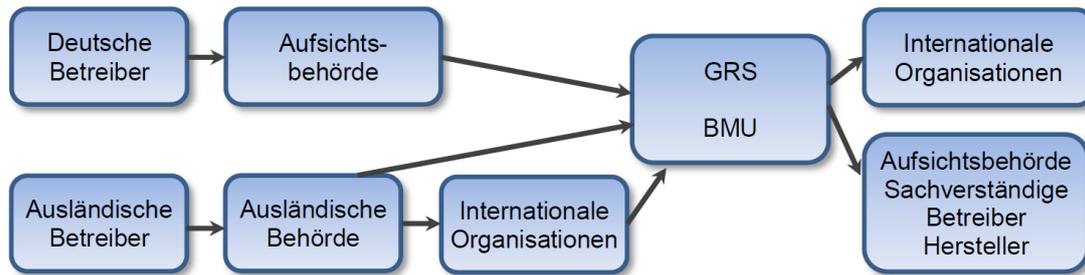


Abb. 2.1 Informationsfluss bei der Auswertung nationaler und internationaler Betriebserfahrung

2.4 Vorgehen

Basis der Arbeiten ist die Auswertung nationaler und internationaler meldepflichtiger Ereignisse sowie sonstiger Betriebserfahrung, die im Rahmen eines ingenieurtechnischen Screenings erfolgt. Für jedes Ereignis erfolgt durch einen Bearbeiter des zuständigen Fachgebiets 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 Anlagentechnik, Elektro- und Leittechnik und Komponentenintegrität auch Fachgebiete wie Human Factors und Managementsysteme abdeckt. Eine zentrale Frage ist bei diesen Untersuchungen die Übertragbarkeit auf deutsche Kernkraftwerke.

Jedes untersuchte Vorkommnis (meldepflichtiges Ereignis oder sonstige Betriebserfahrung) wird GRS-intern mit sicherheitsrelevanten Merkmalen 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.

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. Solche weiterführenden Arbeiten, z. B. die Erstellung einer Weiterleitungsnachricht im Auftrag des BMU, erfolgen 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.

Für die Berücksichtigung eines auf breiter Grundlage zu ermittelnden Standes von Wissenschaft und Technik im Vorhaben bezieht die GRS auch externen Sachverstand mit ein. Deshalb werden das Öko-Institut e.V. und das Physikerbüro Bremen als Unterauftragnehmer im Rahmen des ingenieurtechnischen Screenings hinzugezogen.

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.

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

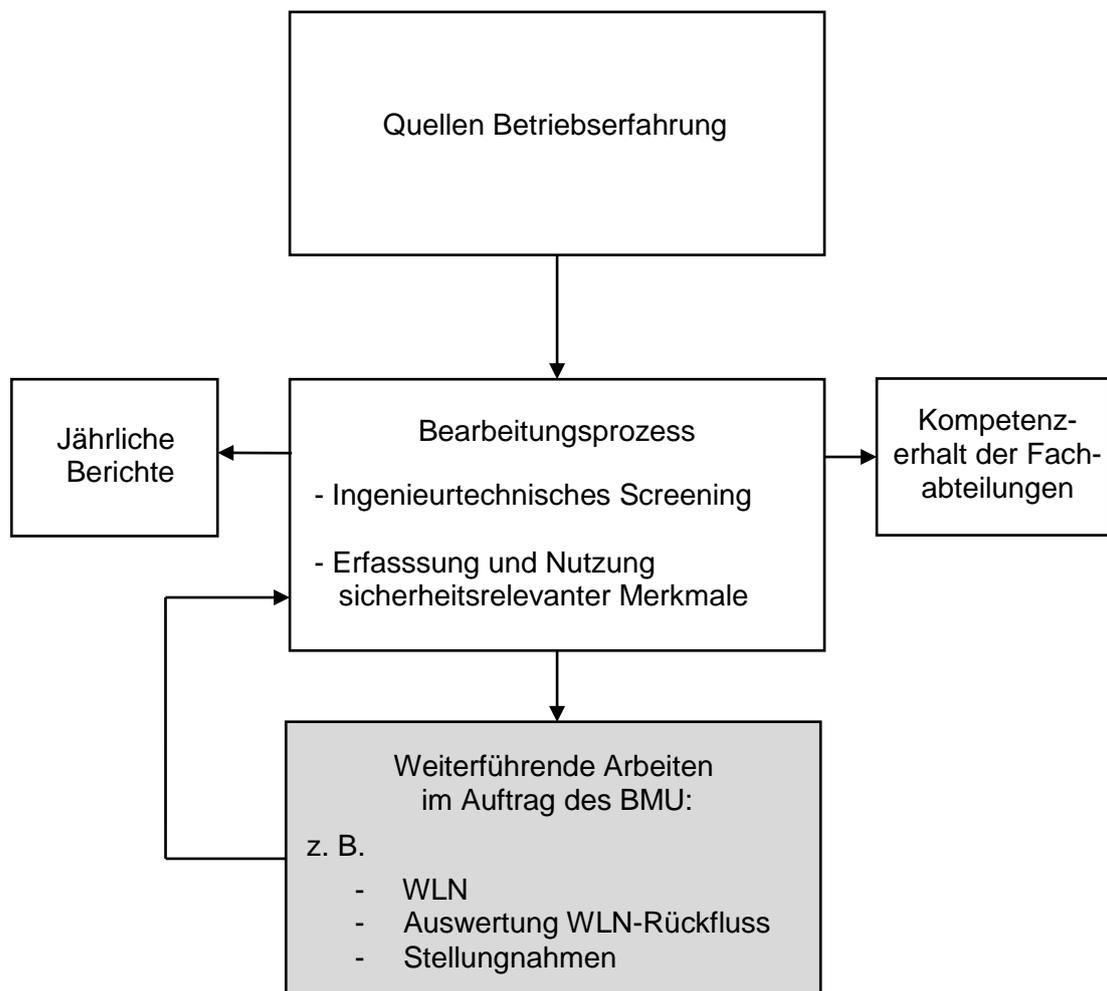


Abb. 2.2 Überblick zur Auswertung von Betriebserfahrung (die grau hinterlegten Arbeiten sind nicht Gegenstand des Vorhabens 4715R01341)

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 Anlagen- und Systemtechnik

3.1.1 Defekte Membranen in Armaturen in aktivitätsführenden Systemen in vier DWR-Anlagen

Eine DWR-Anlage meldete Anfang 2016 defekte Membranen in Armaturen der Abwasseraufbereitung und -lagerung. Während einer inneren Prüfung im freigeschalteten Kontrollbehälter des Systems zur Lagerung radioaktiver Abwässer wurde ein Wasserzutritt in den Behälter von ca. 20 Tropfen pro Minute festgestellt. Die daraufhin erfolgte Inspektion der Zulaufarmaturen zeigte die Beschädigung und Undichtigkeiten der Membranen in zwei Absperrarmaturen im Zulauf von den Verdampfern zum Kontrollbehälter.

Die aufgrund dieses meldepflichtigen Ereignisses durchgeführten Übertragbarkeitsprüfungen in anderen Kernkraftwerken ergaben ebenfalls meldepflichtige Ereignisse an Membranarmaturen. In einer DWR-Anlage ergaben die Inspektionen, dass zwei Membranen in zwei der Absperrarmaturen an den Zuläufen der Kontrollbehälter im System zur Behandlung radioaktiver Abwässer beschädigt waren und die innere Dichtheit nicht gegeben war. Es wurden weitere auffällige Membranen an Armaturen gefunden. In einer weiteren DWR-Anlage waren ebenfalls die Membranen in zwei Absperrarmaturen am Zulauf der Kontrollbehälter undicht. In noch einer weiteren DWR-Anlage wurde festgestellt, dass die Membranen in drei Absperrarmaturen, die die Kontrollbehälter zur Abgabeleitung absperren, beschädigt waren und dadurch die innere Dichtheit nicht gewährleistet wurde.

Aus den gewonnenen Erkenntnissen der durchgeführten Untersuchungen konnte keine eindeutige Ursache ermittelt werden. Da in einem Fall beide betroffenen Membranarmaturen in den Zuläufen zu den Kontrollbehältern aus unterschiedlichen Werkstoffen gefertigt waren, ist eine Zuordnung der Auffälligkeiten zu einem bestimmten Membranwerkstoff nicht möglich. Die Ergebnisse der Inspektionen der übrigen in dieser Anlage untersuchten Armaturen ließen keine eindeutige Korrelation zwischen Verschleißerscheinungen der Komponente und eingesetztem Werkstoff erkennen. Des Weiteren wurden für die Ursachenklärung alle relevanten Einflussfaktoren (Membranwerkstoff, Zahl der Schaltspiele, Betriebsdauer der Membran, Art des Betriebsmediums, Temperatur des Betriebsmediums) untersucht, eine Korrelation zu diesen Parametern konnte jedoch nicht hergestellt werden. Dies wird auch von einer weiteren Anlage bestätigt, deren Untersuchungen ebenfalls keinen eindeutigen Rückschluss auf das Vorliegen eines einzelnen Schädigungsmechanismus nachweisen konnten. Als Ursache wird in dieser Anlage eine Überlagerung von mechanischen, chemischen und thermischen Beanspruchungen in Verbindung mit dem langen Austauschintervall der Membranen gesehen. Lediglich in einer Anlage wird nach der Ursachenklärung bei der Schädigung zweier Membranen von einem herstellungsbedingten Fehler ausgegangen. Die übrigen dort vorgefundenen kleineren Beschädigungen werden auf mechanische Überlastung nach langer Einsatzzeit und häufiger Armaturenbetätigung zurückgeführt.

Diese Erkenntnisse können auch für andere deutsche Anlagen relevant sein, da nicht ausgeschlossen werden kann, dass auch dort vergleichbare Schäden an Membranarmaturen in sicherheitstechnisch wichtigen Systemen auftreten können oder bereits vorliegen. Im Rahmen eines anderen Vorhabens hat die GRS daher eine Weiterleitungsnachricht (WLN 2017/06) erstellt. Darin wurde zur Erkennung und Vermeidung einer Schädigung von Membranarmaturen empfohlen, das Instandhaltungskonzept von Membranarmaturen zu überprüfen und ggf. anzupassen sowie Membranarmaturen im Alterungsmanagement zu berücksichtigen. Membranarmaturen, bei denen eine Undichtigkeit sicherheitstechnisch relevante Folgen haben kann, sollen ausgehend von einer Stichprobe überprüft werden.

3.1.2 Verstellte Zentriermuttern an Stellungsanzeigen von Erstabsperarmaturen in einer DWR-Anlage

In einer DWR-Anlage wurde bei der turnusmäßigen Inspektion festgestellt, dass sich die Zentriermuttern in zwei Erstabsperarmaturen gelöst und sich auf der Gewindestange

nach unten bewegt hatten. Die hier betroffenen Armaturen befinden sich in den Einspeisungen des Not- und Nachkühlsystems unmittelbar vor der Einbindung der Leitung in den kalten Loop. Bei den Armaturen handelt es sich um Rückschlagventile. Die Position des Rückschlagventils wird mittels einer Stellungsmessung erfasst. Diese besteht im Wesentlichen aus einem Magneten, der mit dem Rückschlagkegel verbunden ist, und Reedschaltern (Reedkontakt), die mit dem Armaturengehäuse verbunden sind. Der Reedschalter lässt sich entlang einer Gewindestange positionieren. Diese Gewindestange ist am unteren Flansch eingeschraubt und am oberen Flansch zur radialen Führung mit einer Zentriermutter befestigt. Durch den aufgetretenen Fehler war das radiale Spiel der Gewindestange erhöht und dadurch die korrekte horizontale Position des daran befestigten Reedschalters nicht mehr gewährleistet.

Als Ursache für das Lösen der Zentriermutter werden die Temperatur- und Schwingungsverhältnisse am Einbauort der betroffenen Armaturen angeführt. Die Mutternsicherung war für diese Verhältnisse nicht ausreichend.

Diese Erkenntnisse können auch für andere deutsche Anlagen relevant sein, da nach Kenntnis der GRS Stellungsanzeigen der hier betroffenen Ausführung auch in anderen Anlagen vorhanden sind. Im Rahmen eines anderen Vorhabens hat die GRS daher eine Weiterleitungsnachricht (WLN 2018/03) erstellt. Darin wurde empfohlen, bei sicherheitstechnisch wichtigen Armaturen ggf. die Zentriermutter der Stellungsanzeige gegen unbeabsichtigtes Lösen zu sichern und den ordnungsgemäßen Zustand bei wiederkehrenden Prüfungen zu verifizieren. Dazu sollte auch eine Montage- und Einstellanweisung für die Stellungsgeber erstellt werden bzw. bei Vorhandensein bezüglich Ergänzungsbedarfs geprüft werden.

3.1.3 Schutzabschaltung eines Notstromdiesels bei 110%-Lastlauf in einer DWR-Anlage

In einer DWR-Anlage kam es im Rahmen einer wiederkehrenden Prüfung (110%-Lastlauf) zu einer Schutzabschaltung eines Notstromdieselaggregats aufgrund zu hoher Motorkühlwassertemperatur. Im Rahmen der Ursachenermittlung wurde im zugehörigen gesicherten Zwischenkühlwasserkreislauf ein zu geringer Kühlwasservolumenstrom über die Ladeluft- und Motorkühler festgestellt. Nach Anpassung der entsprechenden Armatureneinstellung wurde der 110%-Lastlauf ohne Befund absolviert.

Auch die übrigen drei redundanten Notstromdieselaggregate wurden in diesem Zusammenhang mit dem gleichen Lastprofil geprüft. Dabei durchgeführte Messungen ergaben, dass die tatsächlichen Kühlleistungen auch bei diesen Aggregaten kleiner waren als die gemäß Auslegungsdatenblatt festgelegte Kühlleistung, jedoch ohne dass das Motorkühlwasser bereits die Abschalttemperatur erreichte. Die Nebenkühlwassertemperatur, welche der Flusswassertemperatur entsprach, lag ca. 6 K unterhalb der Auslegungstemperatur.

Diese Erkenntnisse können auch für andere deutsche Anlagen relevant sein, da nicht ausgeschlossen werden kann, dass auch in anderen Kernkraftwerken die tatsächliche Kühlleistung an den Notstromdieselaggregaten geringer ist als die anforderungsgerechte Kühlleistung. Die daraus resultierenden erhöhten Kühlwassertemperaturen an den Aggregaten in Kombination mit ungünstigen Randbedingungen, wie zum Beispiel hohen Außentemperaturen, könnten den Ausfall einer oder mehrerer Notstromdieselredundanzen zur Folge haben. Im Rahmen eines anderen Vorhabens hat die GRS daher eine Weiterleitungsnachricht (WLN 2018/04) erstellt. Darin wurde empfohlen, sowohl im Motorkühlkreislauf als auch im gesicherten Zwischenkühlkreislauf die die Kühlwassertemperatur bestimmenden Parameter dahingehend zu prüfen, ob eine spezifikationsgemäße Kühlleistung gewährleistet ist, und diese ggf. anzupassen. Außerdem sollen Druck- und Temperaturmessdaten im gesicherten Zwischenkühlwassersystem regelmäßig kontrolliert und ausgewertet werden, um relevante Veränderungen der Parameter frühzeitig zu erkennen.

3.2 E- und Leittechnik

3.2.1 Unerkannter Einsatz nicht qualifizierter Relais mit programmierbaren Bauelementen in mehreren ausländischen Anlagen

Bei der Auswertung der internationalen Betriebserfahrung zeigte sich, dass in mehreren ausländischen Anlagen verschiedene Relaisstypen in sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen im Einsatz waren, die entgegen der ursprünglich qualifizierten Baugruppen programmierbare Bauelemente enthielten. Die Betreiber der betroffenen Anlagen konnten diese Konstruktionsänderung im Rahmen der durchgeführten Abnahmeprüfungen nicht bemerken. Sie wurden von den Herstellern auch nicht über Änderungen informiert und die Spezifikationen enthielten keine entsprechenden Angaben bezüglich der Verwendung programmierbarer Bauelemente. Die programmierbaren Bauelemente blieben daher zunächst unentdeckt und die modifizierten Relais wurden in den Anlagen verbaut.

Das Vorhandensein von programmierbaren Bauelementen in den verbauten Relais wurde von den Betreibern jeweils im Rahmen wiederkehrender Prüfungen oder bei Sonderprüfungen zufällig entdeckt.

Die Ereignisse verdeutlichen Mängel bei der Beschaffung und Qualifizierung von Relais in ausländischen Anlagen. Diese Erkenntnisse können auch für deutsche Anlagen relevant sein, da der Einsatz von programmierbaren oder rechnerbasierten Bauelementen auch bei anderen Herstellern nicht ausgeschlossen werden kann. Die GRS sieht auch für deutsche Anlagen in einer unerkannten Umstellung auf Relais oder andere Serienerzeugnisse mit programmierbaren oder rechnerbasierten Bauelementen ohne erneute Typprüfung/Qualifizierung ein Potential für gemeinsam verursachte Ausfälle (GVA) oder bisher nicht betrachtete Fehlermechanismen. Im Rahmen eines anderen Vorhabens hat die GRS daher eine Weiterleitungsnachricht (WLN 2017/05) erstellt. Um die zuverlässige Funktion von Serienerzeugnissen mit programmierbaren oder rechnerbasierten Bauelementen in sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen zu gewährleisten bzw. den unerkannten Einsatz solcher auszuschließen, wurde darin empfohlen zu prüfen, ob die potentiell betroffenen Relais Typen in sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen eingebaut sind und ob diese ggf. programmierbare oder rechnerbasierte Bauelemente enthalten. Falls dies der Fall sein sollte, ist zu prüfen, ob diese Bauelemente in der Typprüfung der Relais berücksichtigt wurden. Zudem soll das für die Beschaffung und den Einsatz von Serienerzeugnissen für sicherheitstechnisch wichtige Einrichtungen zuständige Personal durch Schulungen bezüglich der Problematik des Einsatzes von programmierbaren oder rechnerbasierten Bauteilen sensibilisiert werden.

3.2.2 Ausfälle von Drehzahlwächtern und Drehzahlmessumformern in mehreren deutschen Kernkraftwerken

Seit den 1990er Jahren sind Ereignisse über unterschiedliche Quellen bekannt geworden, bei denen es zum Ausfall von Drehzahlmessumformern und Drehzahlwächtern eines Herstellers kam. Betroffen waren bestimmte Typen von Frequenz-Strom-Wandlern und Frequenzrelais.

Im Jahr 1990 berichtete eine DWR-Anlage in einem meldepflichtigen Ereignis über sporadisch auftretende Störungen an einem Drehzahlmessumformer für die Drehzahlerfassung der Hauptkühlmittelpumpe. Das Fehlerverhalten äußerte sich so, dass sich der Ausgangsstrom bei konstanter Eingangsfrequenz sporadisch änderte. Eine andere

DWR-Anlage meldete im Jahr 2016 ein Ereignis, bei dem ein typgleicher Drehzahlmessumformer einer Hauptkühlmittelpumpe spontan ein zu hohes Ausgangssignal anzeigte und dabei verharrte. Aus den Statusberichten zum Alterungsmanagement und aus den Betreiberberichten sind weitere Fälle mit der gleichen und einer weiteren Baugruppe aus zwei weiteren DWR-Anlagen bekannt.

Zwei der betroffenen Anlagen haben als Ursache defekte Mikroprozessoren einer bestimmten Typfamilie eines Herstellers identifiziert. Eine Anlage hat darüber hinaus eine Temperaturabhängigkeit der Ausfallhäufigkeit beobachtet.

Von den Mikroprozessoren der betroffenen Typfamilie wurden verschiedene Ausführungen gefertigt, die sich im Wesentlichen in der ROM-Größe unterscheiden. Die Prozessoren waren bzw. sind weltweit zahlreich im Einsatz.

Diese Erkenntnisse können auch für andere deutsche Anlagen relevant sein, da Drehzahlmessumformer und Drehzahlwächter der hier betroffenen Typen in vielen deutschen Kernkraftwerken sowohl betrieblich als auch in sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen eingesetzt werden. Im Rahmen eines anderen Vorhabens hat die GRS daher eine Weiterleitungsnachricht (WLN 2017/07) erstellt. Darin wurde empfohlen, die Instandhaltungsdokumentation daraufhin zu überprüfen, ob die beiden betroffenen Baugruppentypen eine Ausfallrate zeigen, die diejenige vergleichbarer Baugruppen signifikant übersteigt, und sicherheitstechnisch wichtige Baugruppen ggf. gegen einen qualifizierten Ersatztyp auszutauschen. Außerdem soll das Ausfallverhalten der beiden Baugruppentypen im Rahmen des Alterungsmanagements verfolgt werden, um bei einer sich abzeichnenden ansteigenden Ausfallrate rechtzeitig korrigierend mit Ertüchtigungsmaßnahmen eingreifen zu können.

3.2.3 Ausfall der logarithmischen Mittelwertmesser der Impulskanäle in einer DWR-Anlage

Bei diesem Ereignis handelt es sich um einen Ausfall im Bereich der Neutronenflussaußeninstrumentierung im Impulsbereich, der in einer DWR-Anlage aufgetreten ist. Bei vollständig entladenerm Reaktorkern wurde bei einer Prüfung festgestellt, dass beide Messkanäle fehlerhafte Werte signalisierten.

Ursächlich war eine thermische Überlastung von Transistoren in den logarithmischen Mittelwertmessern, die durch hohe Entladeströme von Kondensatoren der „Diodenpumpen“ entstand. Aufgrund der sehr geringen Impulsrate bei vollständig entladem Reaktorkern führte die Schaltung zu einer wesentlich stärkeren Aufladung der Kondensatoren als im Normalbetrieb.

Diese Erkenntnisse können auch für andere deutsche Anlagen relevant sein, da eine Übertragbarkeit auf andere Anlagen grundsätzlich gegeben ist. Die betroffenen logarithmischen Mittelwertmesser könnten außer in der Neutronenflussaußeninstrumentierung auch in anderen radiologischen Messstellen im Einsatz sein. Im Rahmen eines anderen Vorhabens hat die GRS daher eine Weiterleitungsnachricht (WLN 2018/01) erstellt. Darin wurden einen Austausch gegen qualifizierte Ersatzbaugruppen oder administrative Maßnahmen wie die Abschaltung der logarithmischen Mittelwertmesser bei vollständig entladem Reaktorkern empfohlen. Außerdem sollen eine Optimierung der Prüfstrategien zur Erkennung entsprechender Ausfälle und die Übertragbarkeit des Schädigungsmechanismus auf weitere sicherheitstechnisch wichtige Messkanäle geprüft werden.

3.2.4 Nicht erfolgtes automatisches Wiedereinschalten mehrerer Gleichrichter in einer Redundanz bei einer Eigenbedarfsumschaltung in einer DWR-Anlage

In einer DWR-Anlage trat eine Transiente auf, in deren Verlauf es zu einer Störung im Turbinenhydrauliksystem mit anschließendem Turbinenschnellschluss und Umschaltung der Eigenbedarfsversorgung auf den Reservenetzanschluss kam. Dabei liefen mehrere Gleichrichter in einer Redundante entgegen der Auslegung nicht automatisch wieder an.

Die Ursache für die Abschaltung der Gleichrichter lag in zwei Auslegungsfehlern der leittechnischen Baugruppen einer neuen Gleichrichter-Baureihe in Kombination mit der während der Umschaltung aufgetretenen Spannungstransiente. In der betroffenen Anlage waren die Gleichrichter dieser Baureihe nur in einer Redundante im Einsatz.

Diese Erkenntnisse können auch für andere deutsche Anlagen relevant sein, da in dem aufgetretenen Fehlermechanismus ein Potenzial für einen gemeinsam verursachten Ausfall von Gleichrichtern zu sehen ist, der abhängig vom Umfang des Einsatzes auch mehrere Redundanten des Sicherheitssystems hätte betreffen können. Im Rahmen eines anderen Vorhabens hat die GRS daher eine Weiterleitungsnachricht (WLN 2018/02)

erstellt. Darin wurden eine Ertüchtigung der Gleichrichter der betroffenen Baureihe zur Sicherstellung der spezifikationsgemäßen Funktion sowie eine Optimierung des bei der Typprüfung verwendeten Prüfprogramms empfohlen. Grundsätzlich sollte angestrebt werden, bei einem redundanzübergreifenden Austausch von elektrotechnischen Einrichtungen gleichartige neue Komponenten nicht in allen Redundanten einzusetzen.

3.3 Komponentenintegrität

3.3.1 Bruch von Niederhaltefedern an Brennelementen in zwei DWR-Anlagen

In einer DWR-Anlage wurde bei routinemäßigen Brennelement(BE)-Inspektionen während des BE-Wechsels eine gebrochene Niederhaltefeder in einem der BE festgestellt. Prüfungen an allen für den Wiedereinsatz vorgesehenen BE vom selben Hersteller ergaben an zwei weiteren BE jeweils eine gebrochene Niederhaltefeder.

Aufgrund dieser Befunde wurden in einer anderen DWR-Anlage bei laufendem Betrieb Sonderinspektionen an insgesamt 31 der BE des betroffenen Herstellers im BE-Lagerbecken durchgeführt. Hierbei wurden bei drei BE jeweils eine gebrochene äußere Niederhaltefeder gefunden.

Ursächlich für die Federbrüche sind nach Aussage des Herstellers Ungängen bei der Fertigung über einen eingegrenzten Zeitraum (2011 – 2012), die aufgrund einer nicht ausreichenden Reinigung der Federn vor der Farbeindringprüfung nicht entdeckt wurden.

Laut Hersteller war die Drahtherstellung vor der Fertigung der auffälligen Charge modifiziert worden. Der modifizierte Herstellungsprozess wurde nur im Zeitraum 2011 – 2012 praktiziert. Nach der Feststellung der Qualitätsmängel am Federdraht wurden im Jahr 2012 mehrere Prozessschritte der Federdrahtherstellung erneut modifiziert, um das Ausmaß der herstellungsbedingten Ungängen zu reduzieren. Der aktuelle Herstellungsprozess ist dem ursprünglichen Prozess ähnlich.

Diese Erkenntnisse können auch für andere deutsche Anlagen relevant sein, da nicht ausgeschlossen werden kann, dass sich unter den in anderen deutschen Kernkraftwerken mit DWR im Einsatz befindlichen BE des hier betroffenen Herstellers auch BE befinden, deren Niederhaltefedern im Zeitraum 2011 – 2012 gefertigt wurden. Aufgrund

von Brüchen von Niederhaltefedern von BE eines anderen Herstellers ist bereits die WLN 2012/04 erstellt worden. Im Rahmen eines anderen Vorhabens hat die GRS daher eine Ergänzung zu der früheren Weiterleitungsnachricht (WLN 2012/04a) erstellt. Darin wurde empfohlen, BE des betroffenen Herstellers mit Niederhaltefedern aus dem Fertigungszeitraum 2011 – 2012 zu identifizieren und daran Prüfungen zur Feststellung von Brüchen an den Niederhaltefedern vorzunehmen bzw. diese auszutauschen. Unabhängig vom Fertigungszeitraum soll ein Prüfkonzept erstellt werden, um sicherzustellen, dass beim weiteren Betrieb keine Schäden an Niederhaltefedern auftreten. Zudem soll der Betreiber prüfen, ob durch die bei der Beschaffung von BE getroffenen Festlegungen und sein Verfahren zur Auditierung des Herstellers sichergestellt ist, dass der Hersteller über Änderungen im Herstellungsprozess sowie festgestellte Qualitätsmängel an den einzelnen BE-Bauteilen informiert.

3.4 Äußere Einwirkungen

3.4.1 Regenwassereintrag im Bereich des Feststofflagers in einer SWR-Anlage

In einer SWR-Anlage kam es während eines Unwetters zu einem Regenwassereintrag in das Feststofflager der Anlage. Der Regenwassereintrag in das Feststofflager wurde anhand eines Wasseranfalls im Sumpf bemerkt. In dem betroffenen Raum im Feststofflager befinden sich Gebinde mit Rohabfällen, die noch zu konditionieren sind. Der betroffene Bereich ist als Sperrbereich ausgewiesen. Ein Austritt von Regenwasser aus diesem Raum in die angrenzenden Räume bzw. Verkehrswege ist nicht erfolgt. Eine Verschleppung radioaktiver Stoffe konnte nicht festgestellt werden. Die in dem Raum befindlichen Gebinde waren in einem geringen Umfang mit Spritzwasser benetzt worden. Nach Aussagen des Betreibers wurde das eingetragene Regenwasser im Wesentlichen mit der Gebäudeentwässerung über Rinnen zur Aufbereitung abgeführt. Im Vergleich zu einem Starkregenereignis im Jahr 2011, bei dem es in derselben Anlage zum Eintritt von Regenwasser u. a. ins Reaktorgebäude und ins Maschinenhaus gekommen war und aufgrund dessen die GRS die Weiterleitungsnachricht 2012/03 erstellt hat, war die Regenspende in dem vorliegenden Ereignis deutlich geringer. Vom Betreiber wurde der aktuelle Regenwassereintrag auf höchstens 1 m³ abgeschätzt.

Die Ursache des Regenwassereintrages in das Feststofflager war das Versagen der Regenwasserleitung infolge Korrosion im waagerechten Teil eines Bogens vor der weiteren

senkrechten Ableitung. Die Zuleitung vor dem Bogen ist aus Kunststoff. Der befundhaftete Rohrbogen ist aus ferritischem Stahl. Die Zuleitung und der Bogen sind durch einen verschraubten Flansch verbunden.

Aufgrund des Starkregen-Ereignisses im Jahr 2011 wurden in der betroffenen Anlage die Dachentwässerungen und die durch die Gebäude führenden Regenwasserleitungen, auch im Feststofflager, überprüft. Im Fokus dieser Inspektionen standen die Rohrleitungsverbindungen. Im hier betroffenen Feststofflager wurde eine Notentwässerung nachgerüstet. Weitere Begehungen fanden im Feststofflager aufgrund der dortigen Dosisleistung nicht statt.

Diese Erkenntnisse können auch für andere deutsche Anlagen relevant sein, da aus dem Rückfluss zur WLN 2012/03 hervorgeht, dass auch in anderen Anlagen Regenwasserleitungen in Gebäuden verlaufen, die sicherheitstechnisch wichtige Systeme enthalten oder in denen radioaktive Stoffe gelagert werden. Aus dem Rückfluss wird deutlich, dass in vielen Anlagen regelmäßige Überprüfungen der Regenwasserleitungen in Form von Anlagenbegehungen, Sichtprüfungen oder im Rahmen des Alterungsmanagements stattfinden. Das vorliegende Ereignis hat jedoch gezeigt, dass es Lücken beim Instandhaltungskonzept zur Verhinderung von Leckagen an innenliegenden Regenwasserleitungen (z. B. im vorliegenden Fall durch Korrosion von innen) geben kann. Im Rahmen eines anderen Vorhabens hat die GRS daher eine Ergänzung zu der früheren Weiterleitungsnachricht (WLN 2012/03a) erstellt. Darin wurde empfohlen, entsprechende innenliegende Regenwasserleitungen auf Korrosionsschäden sowie weitere Schädigungen zu überprüfen. Zudem soll ein Konzept zur Vermeidung von Regenwassereinträgen in Gebäude, die sicherheitstechnisch wichtige Systeme enthalten oder in denen radioaktive Stoffe gelagert bzw. gehandhabt werden, entwickelt werden.

4 Ergebnisse zusätzlicher weiterführender Arbeiten

Über die in Abschnitt 3 dargestellten vertieft untersuchten Themen hinaus wurden noch zusätzliche weiterführende Arbeiten im Zusammenhang mit der Auswertung von Betriebserfahrung durchgeführt, die der Ermittlung und Weiterentwicklung des Standes von Wissenschaft und Technik dienen und deren Ergebnisse nachfolgend zusammengefasst werden.

4.1 Lernen wir genug aus der Betriebserfahrung? – Wiederholung meldepflichtiger Ereignisse mit dem Beitrag menschlicher und organisatorischer Faktoren

Die im Folgenden zusammengefassten Ergebnisse und die zugrundeliegenden Arbeiten wurden im zugehörigen technischen Bericht /BRO 17/ dokumentiert.

Die generische Auswertung des Beitrags menschlicher und organisatorischer Faktoren zu meldepflichtigen Ereignissen in deutschen Leistungsreaktoren des Jahres 2011 (Technischer Fachbericht zum Vorhaben 3612R01320; /GRS 15/) zeigte auf, dass bei 53 von 102 meldepflichtigen Ereignissen menschliche und organisatorische Einflüsse zu den Ereignissen beitrugen. Um die Bedeutung des Einflusses menschlicher und organisatorischer Faktoren besser bewerten zu können, wurde nun anhand einer kerntechnischen Anlage exemplarisch untersucht, inwieweit sich im Laufe des Leistungs- und Nachbetriebs meldepflichtige Ereignisse mit dem Beitrag menschlicher und organisatorischer Faktoren (*Human and Organisational Factors*; HOF-Ereignisse) aufzeigen bzw. wiederholen.

Durch diese Längsschnittbetrachtung der HOF-Ereignisse über den Zeitraum des Leistungs- und Nachbetriebs einer kerntechnischen Anlage hinweg kann der Aspekt von möglichen Wiederholungen von meldepflichtigen Ereignissen betrachtet und ausgewertet werden. Dies ermöglicht eine differenziertere Bewertung der HOF-Ereignisse im Vergleich zur Querschnittsbetrachtung der HOF-Ereignisse bei der generischen Auswertung der meldepflichtigen Ereignisse in deutschen Leistungsreaktoren eines Jahres, wie z. B. in /GRS 15/. Darüber hinaus ermöglicht dieses Vorgehen einen systematischen Wissenszuwachs im Vergleich zur Beurteilung der HOF-Ereignisse in der Einzelauswertung der meldepflichtigen Ereignisse, die fortlaufend durchgeführt wird.

Bei dem methodischen Vorgehen in dieser Untersuchung ist zu berücksichtigen, dass sich die Kriterien für meldepflichtige Ereignisse über den gesamten Auswertungszeitraum verändert haben. Darüber hinaus ist zu beachten, dass die hier dargestellten Ergebnisse vor allem aus der Auswertung der Meldetexte und der entsprechenden Codierung in der Datenbank VERA (Vertiefte Auswertung meldepflichtiger Ereignisse) der GRS basieren. Die Auswertung der hier vorliegenden Informationen können deswegen nur als Indizien für das Bewerten der Lerneffekte aus der Betriebserfahrung herangezogen werden.

Bei vielen im Rahmen dieser Arbeiten durchgeführten Auswertungen zeigt sich ein Verhalten entsprechend dem Verlauf für frühe Ausfälle bei der Beschreibung der Zuverlässigkeit in der Technik mit höheren Fallzahlen zu Beginn, gefolgt von einem deutlichen Absinken und Verbleib auf diesem Niveau während des Leistungs- und Nachbetriebs. Dieser Verlauf kann als Indiz dafür bewertet werden, dass durch die wachsende Betriebserfahrung Möglichkeiten zur Reduzierung von Fehlern aus dem Bereich *Human and Organisational Factors* (HOF) erfolgreich umgesetzt wurden.

Der relativ gleichbleibende Anteil an erfassten HOF-Ereignissen in Bezug auf die Gesamtanzahl gemeldeter Ereignisse kann ein Indiz dafür sein, dass sich der HOF-Anteil über den Betrachtungszeitraum von ca. 40 Jahren kaum verändert hat. Möglich ist aber auch eine gesteigerte Sensibilität für HOF-Aspekte und eine damit verbundene verstärkte Meldung solcher Ereignisaspekte im zweiten Betrachtungszeitraum (1993 – 2017) bei gleichzeitiger Abnahme solcher Ereignisse in der zweiten Hälfte dieses Betrachtungszeitraumes gegenüber dem ersten Betrachtungszeitraum (1965 – 1992). Diese Annahme begründet sich in der Tatsache, dass beispielsweise im Zeitraum 1965 – 1992 über alle Anlagen hinweg die Wortstämme „schul“ und „lehr“ als Suchbegriff in Vorkehrung oder Behebung 166 Mal bei insgesamt 3738 in der VERA-Datenbank erfassten meldepflichtigen Ereignissen (4 %) gefunden werden, im Zeitraum 1993 – 2017 dagegen 224 Mal bei insgesamt 2945 in der VERA-Datenbank erfassten meldepflichtigen Ereignissen (8 %). Bei Vergleich der codierten Abhilfemaßnahme „Personalschulung“ ergeben sich 171 bzw. 368 Treffer. Durch die Codierung des Merkmals Personalschulung werden auch Ereignisse erfasst, die z. B. mit Stichworten wie „Unterweisung“, „Besprechung“ oder „Erfahrungsrückfluss“ gemeldet wurden. Diese Zunahme der Abhilfemaßnahme „Schulung“ im zweiten Betrachtungszeitraum lässt die Schlussfolgerung zu, dass der Betrachtung und Bewertung von meldepflichtigen Ereignissen sowie der Anwendung geeigneter Gegenmaßnahmen veränderte Bewertungsmaßstäbe zugrunde gelegen haben könnten.

Mit den Analysen kann gezeigt werden, dass das mehrfache Auftreten von vergleichbaren HOF-Ereignissen relativ selten ist und hier drei Gruppen zu beobachten sind:

- (1) HOF-Ereignisse, die auf Grund von Weiterleitungsnachrichten oder von Übertragbarkeitsprüfungen sowohl bei Vorgängerereignissen in der eigenen als auch in anderen Anlagen gefunden wurden.
- (2) Wiederholungen von Vorgängerereignissen, bei denen teilweise erst mit dem erneuten Auftreten die Systematik erkannt wurde oder die Abhilfemaßnahmen verbessert wurden.
- (3) In einem Fall wurden Indizien dafür gefunden, dass erworbenes Wissen nicht mehr präsent war und es deshalb zum erneuten Auftreten vergleichbarer Probleme nach einem längeren Zeitraum kam.

Es wird deutlich, dass die anlagenübergreifende Auswertung der Betriebserfahrung und der Weiterleitungsnachrichten wichtige Instrumente zur Vermeidung von Fehlern im Bereich *Human and Organisational Factors* (HOF) sind.

Anhand der hier dargestellten Auswertung konnte gezeigt werden, dass die in der VERA-Codierung hinterlegten Informationen zu ähnlichen Ereignissen und Weiterleitungsnachrichten ein wichtiges Hilfsmittel sind, um sich wiederholende Ereignisse in der Datenbank zu finden.

Bei der Auswertung der meldepflichtigen Ereignisse zeigte sich keine Häufung bestimmter Abhilfemaßnahmen aus dem Bereich menschlicher und organisatorischer Faktoren, die zur Vermeidung von Wiederholungsfehlern besonders relevant sind. Darüber hinaus zeigte sich keine Häufung von Ursachen und (Fehler-)Faktoren, die sich (immer) wiederholen.

Mit den Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass ein erheblicher Anteil an meldepflichtigen Ereignissen mit HOF-Anteil durch externes Personal verursacht wird. Eine Reduzierung solcher Ereignisse erfordert anlagenübergreifende Beobachtungen zur frühzeitigen Identifikation systematischer Ursachen und qualitätssichernde Maßnahmen.

Innerhalb der hier untersuchten Datenmenge einer Anlage über deren Betriebsdauer wurden Ereignisse gefunden, die verschiedene Möglichkeiten des Lernens aus Betriebserfahrungen aufzeigen:

- Erkennen systematischer Ursachen beim ersten Auftreten,

- Erkennen der Systematik bei wiederholtem Auftreten,
- Übertragbarkeitsprüfungen,
- Ergreifen ausreichender Abhilfemaßnahmen,
- Identifikation von weiterem Verbesserungspotential bei zunächst nicht ausreichenden Abhilfemaßnahmen,
- Auftreten sich wiederholender Ereignisse, weil Abhilfemaßnahmen noch nicht vollständig umgesetzt waren,
- Vergessen von Betriebserfahrung und erneutes Lernen nach längerem Zeitraum.

Diese Aspekte werden bei der GRS auch bisher schon bei der Analyse von meldepflichtigen Ereignissen berücksichtigt. Es konnten keine neuen Möglichkeiten des Lernens aus der Betriebserfahrung identifiziert werden.

Der Umfang der zur Verfügung stehenden Informationen für die einzelnen meldepflichtigen Ereignisse ist sehr unterschiedlich. Die Ergebnisse der hier vorgestellten Untersuchungen können somit nur als Indizien für das Lernen aus der Betriebserfahrung gewertet werden. Für eine weitere Auswertung der Betriebserfahrung im Bereich HOF ist somit zu berücksichtigen, dass der Informationsbeschaffung für eine generische Auswertung der meldepflichtigen Ereignisse in der Praxis Grenzen gesetzt sind. Der Umfang, der Detaillierungsgrad und die Belastbarkeit der vorhandenen Informationen variieren teilweise sehr stark. Werden zukünftig bei einem meldepflichtigen Ereignis HOF als beitragende Ereignisfaktoren von der GRS erkannt und diese in der Meldung für eine Bewertung nicht hinreichend dargestellt, wird die GRS der zusätzlichen Informationsbeschaffung verstärkt nachgehen.

4.2 Ereignisse in Kernkraftwerken mit Schäden oder Befunden in Systemen zur Aufbereitung radioaktiver Abwässer

Die im Folgenden zusammengefassten Ergebnisse und die zugrundeliegenden Arbeiten wurden im zugehörigen technischen Bericht /FAU 18/ dokumentiert.

Eine im Rahmen einer Beratung der RSK durch das BfE im August 2017 erstellte Zusammenstellung aller meldepflichtigen Ereignisse seit dem Jahr 2010 aus deutschen Anlagen ergab insgesamt 32 Ereignisse mit Schäden oder Befunden in Systemen zur Aufbereitung radioaktiver Abwässer. Vom RSK-Ausschuss DKW wurden als Ursache für

die meldepflichtigen Ereignisse sowohl das höhere Alter als auch eine unterschiedliche Betriebsweise in diesen Betriebsphasen vermutet. Eine erste Auswertung durch die GRS für den DKW ergab, dass im Betrachtungszeitraum die Anzahl Ereignisse pro Jahr keine Zunahme/Abnahme zeigt.

Um ein vollständigeres Bild zu erlangen, mögliche Schadensschwerpunkte zu identifizieren und zu überprüfen, ob sich oben genannte Erkenntnisse bestätigen, wurde von der GRS die Auswertung von meldepflichtigen Ereignissen über den gesamten verfügbaren Zeitraum ab Mitte der 1970er Jahre bis einschließlich August 2017 ausgedehnt und vertieft. Insgesamt konnten 123 relevante Ereignisse identifiziert werden. Die identifizierten Ereignisse wurden mit folgendem Ergebnis analysiert:

- Auch über den vergrößerten Betrachtungszeitraum konnten die wesentlichen Erkenntnisse aus einer ersten Auswertung bestätigt werden.
- Die jährlichen Schwankungen der Anzahl der Ereignisse sind groß. In den letzten Jahren ist die Anzahl meldepflichtiger Ereignisse innerhalb der statistischen Unsicherheit geblieben. Die Anzahl der meldepflichtigen Ereignisse steigt weder mit steigendem Alter noch nach Ende des Leistungsbetriebs erkennbar an.
- Die Ereignisse im System zur Behandlung radioaktiver Abwässer waren von geringer sicherheitstechnischer Bedeutung. Die aufgetretenen Schädigungsmechanismen sind sehr vielfältig, allein Säurekorrosion tritt im Vergleich zu den anderen Kraftwerkssystemen auffällig häufig auf. Dies lässt sich mit den speziellen Bedingungen erklären, die in den betroffenen Systembereichen vorherrschen.
- Es kommen verschiedene Abhilfemaßnahmen zur Anwendung, mit denen weitere Schäden vermieden werden können, die im Bericht dargestellt werden. Aus Sicht der GRS sind diese Maßnahmen anforderungsgerecht und ausreichend.

Insgesamt geben die von der GRS durchgeführten Auswertungen keinen Hinweis darauf, dass das Alterungsmanagement bezüglich der Systeme zur Aufbereitung radioaktiver Abwässer in den deutschen Kernkraftwerken nicht wirksam ist. Diese Aussage gilt sowohl für den Leistungsbetrieb als auch für den Nachbetrieb und die Stilllegung. Die GRS sieht daher auf Basis der vorliegenden Ergebnisse keine Notwendigkeit weiterer Maßnahmen, einschließlich spezieller Maßnahmen für den Nachbetrieb oder die Stilllegung.

4.3 Erweiterte Auswertung von Betriebserfahrung bezüglich „tatsächlicher“ GVA

Die im Folgenden zusammengefassten Ergebnisse und die zugrundeliegenden Arbeiten wurden im zugehörigen technischen Bericht /BRU 18/ dokumentiert.

Ereignisse mit gemeinsam verursachten Ausfällen (GVA) können die Verfügbarkeit von Sicherheitssystemen in Kernkraftwerken signifikant beeinträchtigen. Deshalb wird bei der Analyse meldepflichtiger Ereignisse nicht nur ein besonderes Augenmerk darauf gelegt, ob eine systematische Ausfallursache vorliegt, sondern auch, ob ein solches Ereignis zu Funktionsausfällen zueinander redundanter Komponenten in einem sicherheitsrelevanten System geführt hat. Auf Grund der in deutschen Kernkraftwerken getroffenen Vorsorgemaßnahmen gegen das Auftreten solcher „tatsächlicher“ GVA, werden die meisten Ereignisse mit systematischer Ausfallursache durch das in den Kraftwerken angewendete Prüf- und Überwachungskonzept oder auch durch andere Maßnahmen zur Qualitätssicherung erkannt, bevor es zu Ausfällen mehrerer Komponenten kommt.

Im Rahmen von Fachdiskussionen zur Bedeutung von GVA in deutschen Anlagen taucht deshalb immer wieder die Frage auf, ob und wenn ja bei welchen und bei wie vielen Ereignissen aus der deutschen Betriebserfahrung tatsächlich zwei oder mehr Komponenten gleichzeitig und aufgrund der gleichen Ursache ausgefallen waren. Diese Informationen sind grundsätzlich in der GVA-Datenbank der GRS verfügbar, aber aktuell nicht unmittelbar selektierbar, da diese Datenbank so konzipiert wurde, dass sie zusätzlich auch sogenannte „potentielle“ GVA-Ereignisse enthält, bei denen systematische Ausfallmechanismen, aber nicht notwendigerweise auch gleichzeitige Ausfälle beobachtet wurden. Zahlenmäßig treten diese „potentiellen“ GVA-Ereignisse deutlich häufiger auf. Im Rahmen der hier durchgeführten Auswertung sollte deshalb eine Zusammenstellung und Aufbereitung der in der GVA-Datenbank erfassten „tatsächlichen“ GVA-Ereignisse aus der deutschen Betriebserfahrung erarbeitet werden. Die Darstellung dieser Ereignisse in den zu erstellenden Übersichtslisten sollte nach betroffener Komponentenart und beobachteter Ausfallart gegliedert werden. Weiterhin sollten Informationen wie Ereignisdatum, Anlagentyp, Betriebszustand der Anlage und beobachteter Fehlermechanismus zusammengestellt werden. Auf dieser Grundlage sollte dann abschließend eine Einordnung der Frage zur Importanz von GVA durchgeführt werden.

Im Rahmen der hier durchgeführten Auswertung wurde in der Datenbank WISBAS/GVA der GRS eine zusätzliche Funktionalität implementiert, die eine einfache Zusammenstellung und Aufbereitung der in der GVA-Datenbank erfassten „tatsächlichen“ GVA-Ereignisse aus der deutschen Betriebserfahrung erlaubt. Mit dieser neuen Funktionalität wurden verschiedene Abfragen nach tatsächlichen GVA Ereignissen mit unterschiedlichem Schadensumfang und für verschiedene Beobachtungszeiträume durchgeführt. Die jeweils selektierten GVA Ereignisse wurden mit ausgewählten Bewertungsmerkmalen in übersichtlichen Listen dokumentiert.

Die Analyse der selektierten Ereignisse zeigte, dass auch in der deutschen Betriebserfahrung mit Kernkraftwerken eine nicht unerhebliche Anzahl tatsächlicher GVA dokumentiert sind. Wird der gesamte Auswertungszeitraum betrachtet, liegen 175 Ereignisse mit mehr als zwei Ausfällen (tatsächliche GVA) vor. Des Weiteren sind insgesamt 26 Ereignisse in der deutschen Betriebserfahrung dokumentiert, bei denen alle Komponenten einer Komponentengruppe ausgefallen waren (vollständige GVA).

Mit der hier erstellten zusätzlichen Funktionalität in der GVA-Datenbank der GRS kann jetzt eine kurzfristig erzeugbare und belastbare Informationsbasis für zukünftige Fachdiskussionen zur Verfügung gestellt werden hinsichtlich Fragestellungen, inwieweit sich GVA-Bewertungen für einzelne sicherheitstechnisch wichtige Komponentenarten auf echter Betriebserfahrung mit beobachteten GVA abstützen oder wo Abschätzungen auf Basis von Vorläuferereignissen, die rechtzeitig erkannt worden waren, beruhen.

Bei der detaillierten Betrachtung der im Rahmen der Auswertungen identifizierten deutschen Ereignisse, bei denen es zu einer vollständigen Unverfügbarkeit von Funktionen des Sicherheitssystems gekommen war bzw. im Anforderungsfall gekommen wäre, fällt auf, dass in der Mehrzahl der aufgetretenen Fälle Defizite aus dem Bereich MTO wesentlich zum Ereignisablauf beigetragen haben. Dies bestätigt die Vorgehensweise der GRS, bei der Auswertung von Betriebserfahrung MTO-Aspekte im Rahmen einer ganzheitlichen und interdisziplinären Betrachtungsweise grundsätzlich miteinzubeziehen.

4.4 Auswertung von Betriebserfahrung unterhalb der Meldeschwelle

Die im Folgenden zusammengefassten Ergebnisse und die zugrundeliegenden Arbeiten wurden im zugehörigen technischen Bericht /HOM 17/ dokumentiert.

Inhaber einer Genehmigung nach §6 oder §7 Absatz 1 oder Absatz 3 Satz 1 des Atomgesetzes müssen nach der „Atomrechtliche Sicherheitsbeauftragten- und Meldeverordnung – AtSMV“ Unfälle, Störfälle oder sonstige für die kerntechnische Sicherheit bedeutende Ereignisse der zuständigen Aufsichtsbehörde melden. Darüber hinaus gibt es eine größere Anzahl weiterer Störungen und Schäden, die unterhalb der in der AtSMV definierten Meldeschwelle liegen.

Diese Informationen werden von den Betreibern deutscher Atomkraftwerke in verschiedenen Berichten (Jahresberichte zur Information der RSK, jährliche Statusberichte zum Alterungsmanagement, Monatsberichte, Revisionsberichte) aufgeführt und liegen teilweise der GRS vor. Grundsätzlich gehen diese Berichte als zusätzliche Quelle neben den meldepflichtigen Ereignissen im Rahmen der im Auftrag des BMU durchgeführten kontinuierlichen Auswertung von Ereignissen in den Kernkraftwerken des In- und Auslands in das ingenieurtechnische Screening ein, allerdings werden die enthaltenen Informationen nicht systematisch erfasst und aufbereitet. Es hat sich gezeigt, dass die generische Auswertung meldepflichtiger Ereignisse zu neuen Erkenntnissen in der Betriebserfahrung führt. Es bestand daher die Arbeitshypothese, dass sich auch aus einer vollständigen und systematischen gemeinsamen Erfassung dieser Betriebserfahrung unterhalb der Meldeschwelle neue generische Erkenntnisse abgeleitet werden können.

Das Potential einer solchen Untersuchung von Betriebserfahrung unterhalb der Meldeschwelle wurde in der hier durchgeführten Vorstudie evaluiert. Dazu wurden alle vorliegenden Berichte von den in den Jahren 2013 bis 2015 im Leistungsbetrieb befindlichen Reaktoren gesichtet, die enthaltenen Informationen erfasst und ausgewertet.

In der dem vorliegenden Bericht zu Grunde liegenden Vorstudie wurde für den Zeitraum von 2013 bis 2015 die Nutzbarkeit von Informationen unterhalb der Meldeschwelle nach AtSMV für die generische Auswertung von Betriebserfahrung untersucht, wenn diese Informationen über die grundsätzliche Berücksichtigung im Rahmen des ingenieurtechnischen Screenings von Betriebserfahrung hinaus systematisch aufbereitet und untersucht werden.

Dazu wurde eine neue Datenbank namens ANIME entwickelt, mit der diese Informationen erfasst und systematisch katalogisiert werden können. Die ANIME-Datenbank ba-

siert auf der bereits langjährig verwendeten VERA-Datenbank zur Auswertung der meldepflichtigen Ereignisse. Die erforderlichen Anpassungen wurden implementiert und die ANIME-Datenbank ist erfolgreich für die Erfassung der Informationen verwendet worden.

Es hat sich gezeigt, dass die Informationstiefe der Jahresberichte als Informationsquelle für Betriebserfahrung unterhalb der Meldeschwelle gering ist. Die Statusberichte zum Alterungsmanagement und insbesondere die Monatsberichte der Kraftwerksbetreiber bieten hier deutlich mehr Informationen. Für eine mögliche weitergehende vertiefte Untersuchung von Betriebserfahrung unterhalb der Meldeschwelle wären für die GRS daher die Informationen aus Monatsberichten und Statusberichten zum Alterungsmanagement nützlich. Die gewonnenen Erkenntnisse können aber bereits jetzt als Anstoß für weitere Untersuchungen der GRS herangezogen werden.

Insgesamt haben sich aus der systematischen Aufbereitung und Betrachtung der zugänglichen Betriebserfahrung unterhalb der Meldeschwelle eines dreijährigen Berichtszeitraumes keine neuen sicherheitstechnisch relevanten generischen Erkenntnisse ergeben.

Die erlangten Informationen unterhalb der Meldeschwelle stellen dennoch eine wesentliche Ergänzung zur Betriebserfahrung dar, die anhand von meldepflichtigen Ereignissen verfügbar ist. Die Verbesserung des Kenntnisstandes durch die systematische Betrachtung verbreitert die Basis für die Gewinnung generischer Erkenntnisse aus der Auswertung von Betriebserfahrung.

5 Zusammenfassung

Die kontinuierliche Auswertung der Betriebserfahrung im Rahmen des ingenieurtechnischen Screenings führte zur Erkennung verschiedener sicherheitsrelevanter Aspekte, bezüglich derer ereignis- bzw. anlagenübergreifende vertiefte Untersuchungen durchgeführt wurden. Thematische Schwerpunkte waren insbesondere Anlagen- und Systemtechnik, E- und Leittechnik sowie Komponentenintegrität. In vielen Fällen waren aber auch Aspekte weiterer Fachgebiete betroffen, zudem waren in verschiedenen Fällen menschliche oder organisatorische Einflussfaktoren mitwirkend. 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.

Zu einzelnen Themen, die sich im Zusammenhang mit der Auswertung von Betriebserfahrung ergaben, wurden zusätzliche weiterführende Arbeiten durchgeführt, die der Ermittlung und Weiterentwicklung des Standes von Wissenschaft und Technik dienen. Eine Untersuchung hinsichtlich Wiederholung meldepflichtiger Ereignisse mit dem Beitrag menschlicher und organisatorischer Faktoren zeigte u. a. verschiedene Möglichkeiten des Lernens aus Betriebserfahrungen auf, wobei keine neuen Möglichkeiten identifiziert wurden, die nicht schon bisher bei der Analyse meldepflichtiger Ereignisse berücksichtigt wurden. Eine Auswertung von Ereignissen in Kernkraftwerken mit Schäden oder Befunden in Systemen zur Aufbereitung radioaktiver Abwässer ergab keinen Hinweis darauf, dass das Alterungsmanagement bezüglich der Systeme zur Aufbereitung radioaktiver Abwässer in den deutschen Kernkraftwerken nicht wirksam ist. Weitere Arbeiten waren die erweiterte Auswertung von Betriebserfahrung bezüglich „tatsächlicher“ GVA und von Betriebserfahrung unterhalb der Meldeschwelle.

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

- /BRO 17/ A. Bröcker, J. Beck., Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH, Lernen wir genug aus der Betriebserfahrung? – Wiederholung meldepflichtiger Ereignisse mit dem Beitrag menschlicher und organisatorischer Faktoren, Technischer Bericht im Rahmen des Vorhabens 4715R01341, Dezember 2017
- /BRU 18/ B. Brück, L. Gallner, Dr. A. Kreuser, Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH, Erweiterte Auswertung von Betriebserfahrung bezüglich „tatsächlicher“ GVA, Technischer Bericht im Rahmen des Vorhabens 4715R01341, Mai 2018
- /FAU 18/ S. Faust, U. Jendrich, Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH, Ereignisse in KKW mit Schäden oder Befunden in Systemen zur Aufbereitung radioaktiver Abwässer, Technischer Bericht im Rahmen des Vorhabens 4715R01341, Juni 2018
- /GRS 15/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH, Generische Auswertung des Beitrags menschlicher und organisatorischer Faktoren zu meldepflichtigen Ereignissen in deutschen Leistungsreaktoren, Technischer Fachbericht zum Vorhaben 3612R01320, Köln, Mai 2015
- /HOM 17/ M. Homann, Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH, Auswertung von Betriebserfahrung unterhalb der Meldeschwelle, Technischer Bericht im Rahmen des Vorhabens 4715R01341, Dezember 2017
- /IAEA 06/ IAEA Safety Guide NS-G-2.11 „System for the Feedback of Experience from Events in Nuclear Installations“, Juli 2009

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 4715R01341).....	8

**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