

**Vertiefte Untersuchungen  
von Betriebserfahrungen  
aus Kernreaktoren**

**Jahresbericht 2016/2017  
(Juni 2016 – Mai 2017)**

## Vertiefte Untersuchungen von Betriebserfahrungen aus Kernreaktoren

Jahresbericht 2016/2017  
(Juni 2016 – Mai 2017)

Zusammengestellt von  
Oliver Mildenberger

Februar 2018

### **Anmerkung:**

Das diesem Bericht zugrunde liegende F&E-Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) 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.

## **Deskriptoren**

Betriebserfahrung, Kernkraftwerke, meldepflichtige Ereignisse, Übertragbarkeit

## **Kurzfassung**

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

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.



## **Abstract**

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

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.



# Inhaltsverzeichnis

	<b>Kurzfassung .....</b>	<b>I</b>
	<b>Abstract.....</b>	<b>III</b>
<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Vorgehensweise zur Auswertung von Betriebserfahrung.....</b>	<b>3</b>
2.1	Hintergrund .....	3
2.2	Ziele.....	4
2.3	Informationsfluss und Quellen .....	5
2.4	Vorgehen.....	6
<b>3</b>	<b>Ergebnisse der kontinuierlichen Auswertung von Betriebserfahrung.....</b>	<b>9</b>
3.1	Anlagen- und Systemtechnik .....	9
3.1.1	Nichtschließen des Ventils „Einspeisung heiß“ im Not- und Nachkühlsystem bei betrieblicher Anforderung in einer DWR-Anlage .....	9
3.1.2	Ablagerungen an Kühlwassertemperaturreglern der Notstromdiesel in einer DWR-Anlage .....	10
3.1.3	Gelöste Laufradmutter in einer Nachkühlpumpe in einer DWR-Anlage .....	11
3.1.4	Ölfreisetzung an einer Hauptkühlmittelpumpe mit lokaler Flambildung in einer DWR-Anlage .....	12
3.2	E- und Leittechnik .....	14
3.2.1	Einbau ungeeigneter Ersatzkomponenten in mehreren deutschen Kernkraftwerken .....	14
3.2.2	Baugruppenfehler in einer Brandmeldezentrale in einer SWR-Anlage .....	15
3.2.3	Unzureichendes Schaltvermögen von Gleichstromschaltern nach Erweiterung der Batteriekapazität in einer ausländischen Anlage .....	16
3.3	Komponentenintegrität.....	17
3.3.1	Wanddickenschwächung einer Entlüftungsleitung im Frischdampfsystem in einer DWR-Anlage .....	17

3.3.2	Erhöhte Oxidschichtdicke an Brennstabhüllrohren von Brennelementen in einer DWR-Anlage .....	18
3.4	Äußere Einwirkungen.....	19
3.4.1	Beschädigte Verbindungsbolzen an Halterungen von Lüftungskanälen im Notspeisegebäude einer DWR-Anlage.....	19
3.5	Brandschutz .....	20
3.5.1	Fehlerhafte Auslösung von Brandschutzklappen infolge einer Störung in einer Brandmeldeanlage einer SWR-Anlage .....	20
3.6	Organisation.....	21
3.6.1	Unregelmäßigkeiten bei wiederkehrenden Prüfungen in einer DWR- und in einer SWR-Anlage .....	21
3.7	IT-Sicherheit .....	22
3.7.1	Schadsoftwarefunde in einer SWR-Anlage.....	22
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>25</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>27</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>29</b>

# 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 3615R01341 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, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) 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 2016 bis Mai 2017 (zweites Jahr der insgesamt knapp dreijährigen Vorhabenslaufzeit) wichtige Ergebnisse der kontinuierlichen Auswertung von Betriebserfahrung (Kapitel 3) 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 BMUB 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. Beeinträchtigungen von informationstechnischen Systemen, Komponenten oder Prozessen sind zudem nach §44b AtG (Meldewesen für die Sicherheit in der Informationstechnik) zu melden; die Meldungen nach §44b AtG werden in einem anderen Vorhaben ausgewertet. 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. 1 schematisch dargestellt.



**Abb. 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 Leitetchnik 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 BMUB, erfolgen in anderen Vorhaben.

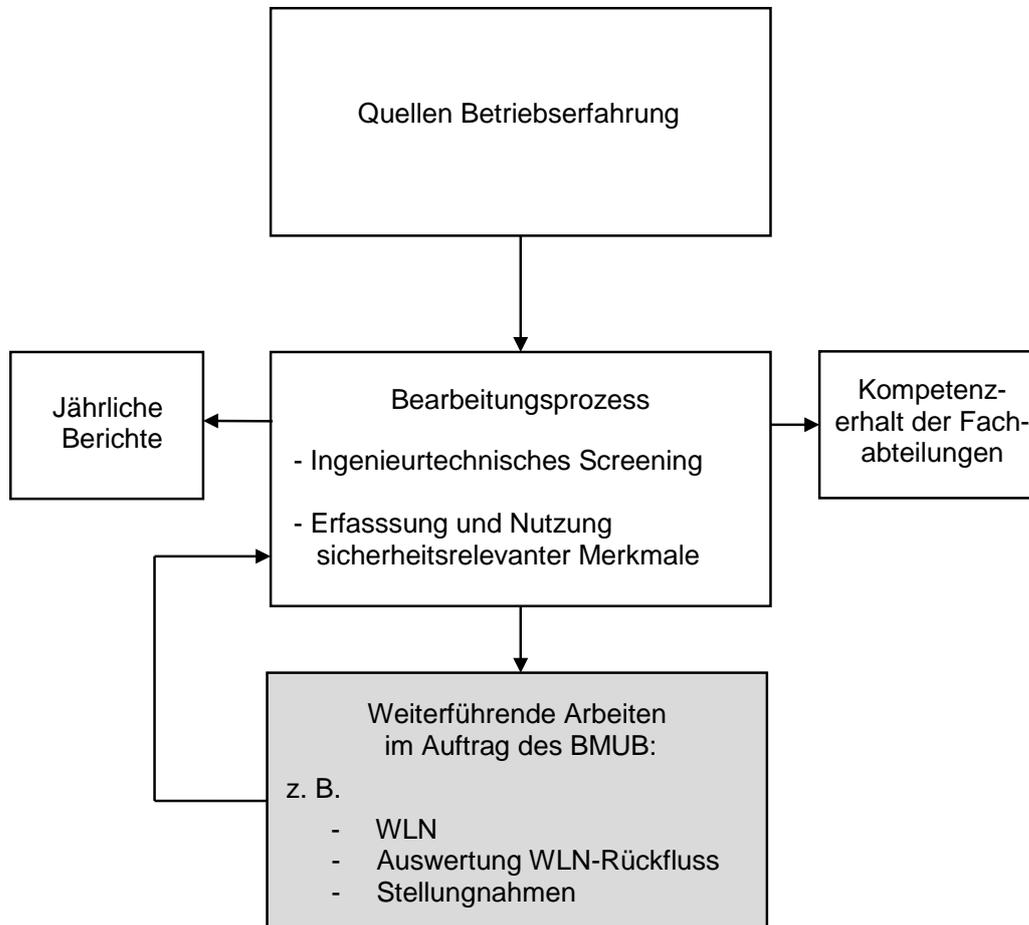
Tatsächlich oder potentiell sicherheitstechnisch bedeutsam sind Ereignisse, die Mängel hinsichtlich der mehrfachen Ausbildung der Barrieren oder in den Vorkehrungen zum Schutz der Barrieren auf den einzelnen Ebenen des gestaffelten Sicherheitskonzeptes aufzeigen. Darauf können insbesondere folgende Punkte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



**Abb. 2** Überblick zur Auswertung von Betriebserfahrung (die grau hinterlegten Arbeiten sind nicht Gegenstand des Vorhabens 3615R01341)

### **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 Nichtschließen des Ventils „Einspeisung heiß“ im Not- und Nachkühlsystem bei betrieblicher Anforderung in einer DWR-Anlage**

In einer DWR-Anlage sollte eine Armatur des Not- und Nachkühlsystems per Handsteuerung in die ZU-Stellung gefahren werden, um die Prüfvoraussetzungen für eine wiederkehrende Prüfung herzustellen. Bei der Armatur handelt es sich um ein absperbares Rückschlagventil in der „heißen“ Einspeiseleitung des Not- und Nachkühlsystems druckseitig der Niederdruckpumpe. Der Rückschlagkegel ist während des Betriebs und während der Prüfung geschlossen. Die Blockierspindel der Armatur steht in Grundstellung in der AUF-Position und soll während der Prüfung in ZU-Stellung gebracht werden.

Beim Versuch die Blockierspindel im Verlauf der Reaktorschutzprüfung zu schließen, lief eine Störmeldung auf der Rechtermeldeanlage auf. Die Blockierspindel verblieb in AUF-Stellung. Bei der Ursachenanalyse stellte sich heraus, dass der Weg-Endschalter in Richtung ZU im Stellantrieb angesprochen hatte und den ZU-Befehl blockierte. Der Betreiber berichtete, dass es in der vorangegangenen Revision am Druckspeicherventil beim Verfahren der Blockierspindel im Rahmen der Inbetriebsetzung nach Umrüstung auf die „kraftabhängige Wegabsteuerung“ zum gleichen Verhalten kam. Der Antrieb des Druckspeicherventils und dessen Weg-Endschalter arbeiten nach dem gleichen Prinzip wie die Armatur der Einspeiseleitung.

Als Ursache konnte ermittelt werden, dass es beim vorherigen Auffahren der Blockierspindel nach der Abschaltung des Antriebes zum Nachlauf der Spindel kam, wodurch

sich die Spindelmutter weiter drehte und diese Drehung der Spindelmutter über ein Getriebe in den Stellantrieb weiter geleitet wurde. Dadurch wurde der Zu-Weg-Endschalter „rückwärts“ betätigt und signalisierte die Zu-Stellung der Armatur an die Leittechnik. Der Nachlauf von Spindel und Spindelmutter ist dann möglich, wenn wie bei der hier betroffenen Armatur im Stellantrieb kein selbsthemmendes Schneckengetriebe eingebaut ist. Die Untersuchungen zeigten, dass der Nachlauf der Spindelmuttern bei hohem Systemdruck größer wird.

Diese Erkenntnisse können auch für andere deutsche Anlagen relevant sein, da Armaturen des betroffenen Typs und mit der betroffenen kraftabhängigen Wegabschaltung auch in anderen Kernkraftwerken an verschiedenen Stellen im Sicherheitssystem eingebaut sind. Im Rahmen eines anderen Vorhabens hat die GRS daher eine Weiterleitungsnachricht (WLN 2016/06) erstellt. Darin wurden die Identifikation entsprechender Armaturen sowie Abhilfemaßnahmen empfohlen, falls der Systemdruck zum Nachlauf der Armaturenspindel führen und der ZU-Endschalter beim Auffahren betätigt werden kann.

### **3.1.2 Ablagerungen an Kühlwassertemperaturreglern der Notstromdiesel in einer DWR-Anlage**

Im Zuge einer wiederkehrenden Prüfung eines Notstromdiesels lief eine Meldung auf, dass die Kühlwassertemperatur einer Zylinderreihe unter 40 °C liegt. Im Rahmen der Ursachenklärung wurde festgestellt, dass die geringe Kühlwassertemperatur auf die Schwergängigkeit des entsprechenden Kühlwassertemperaturreglers zurückzuführen ist. Die Schwergängigkeit des Kühlwassertemperaturreglers wurde durch Ablagerungen innerhalb des mechanischen Reglers verursacht.

Bereits einige Monate zuvor war in der DWR-Anlage an einem Kühlwassertemperaturregler eines anderen Notstromdiesels ein vergleichbarer Befund festgestellt worden. Im Anschluss an das Ereignis wurden die anderen Notstromdiesel der Anlage überprüft. Neben den beiden bereits betroffenen Notstromdieseln konnten auch an den beiden anderen redundanten Aggregaten Ablagerungen festgestellt werden, die jedoch zu keiner Schwergängigkeit des Kühlwassertemperaturreglers geführt hatten.

Die Ablagerungen bestanden aus Reaktionsprodukten, die auf den Aluminiumgusswerkstoff des Kühlwassertemperaturreglers und auf Elemente des eingesetzten Kühlwasserzusatzes zurückzuführen waren. Untersuchungen zeigten, dass die Ablagerun-

gen durch einen Wechsel des Kühlwasserzusatzes einige Jahre zuvor verursacht worden waren. Bei diesem Wechsel wurde eine Spülung des Systems durchgeführt. Dennoch verblieben Reste des alten silikatfreien Kühlmittelzusatzes im Ringspalt der betroffenen Kühlwassertemperaturregler und bildeten anschließend mit dem neuen silikathaltigen Kühlwasserzusatz die Ablagerungen. Die Spülung des Systems war nicht ausreichend gewesen, um alle Reste des alten Kühlwasserzusatzes vollständig zu entfernen.

Diese Erkenntnisse können auch für andere deutsche Anlagen relevant sein, da es sich um einen systematischen Fehler an einem Teil einer aktiven Sicherheitseinrichtung handelt und ein Wechsel des Kühlwasserzusatzes (in anderen Anlagen nicht ausgeschlossen werden kann. Im Rahmen eines anderen Vorhabens hat die GRS daher eine Weiterleitungsnachricht (WLN 2016/10) erstellt. Darin wurde empfohlen, bei einem Wechsel eines Kühlwasserzusatzes die Zulässigkeit einer Mischung des neuen mit dem zuvor verwendeten Kühlwasserzusatz zu prüfen und ggf. Maßnahmen zu ergreifen (z. B. geeignete Spülprozeduren). Außerdem sollen den von einem Wechsel auf nicht typgleiche Betriebsstoffe betroffenen Komponenten eine erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt werden.

### **3.1.3 Gelöste Laufradmutter in einer Nachkühlpumpe in einer DWR-Anlage**

Im Rahmen einer wiederkehrenden Prüfung eines Abschaltsignals für eine Hauptkühlmittelpumpe sollte zur Herstellung der Prüfvoraussetzungen eine Nachkühlpumpe gestartet werden. Die Anlage war unterkritisch und befand sich im Anfahrbetrieb. Beim Einschalten der Nachkühlpumpe wurde diese durch Überstromauslösung abgeschaltet. Eine unmittelbar danach durchgeführte Überprüfung ergab, dass das Aggregat leichtgängig und alle elektrischen Einrichtungen ohne Befund waren. Der Leistungsschalter wurde vorsorglich ausgetauscht, die Pumpe instrumentiert und wieder gestartet.

Am Folgetag wurden bei der Auswertung der Aufzeichnungen der Instrumentierung eine dauerhaft leicht erhöhte Stromaufnahme der Pumpe und kurzfristige Stromschwankungen bis zum zweifachen Nennstrom beobachtet. An der Pumpe wurden Laufgeräusche wahrgenommen. Daraufhin wurde die Pumpe geöffnet und inspiziert. Die Inspektion zeigte, dass sich die Befestigungsmutter des Laufrades gelöst hatte und dieses nun nicht mehr fixiert war. Dadurch kam es zum Materialabtrag an Laufrad, Leitrad und Spaltring.

Das abgetragene Material (ca. 20 kg Metallspäne und im Wesentlichen Metallstaub) war in die anschließenden Rohrleitungen und Komponenten des Not- und Nachkühlsystems, in den Primärkreis mit seinen Komponenten, in das Brennelementlagerbecken und in die Reaktorgrube gespült worden und hatte sich dort abgelagert. Einige Späne hatten sich in Brennelementen verhakt.

Die Ursache für das Lösen des Laufrades war ein Montagefehler. Bei der gelösten Lauf- radmutter handelt es sich um eine Hutmutter. Die Muttersicherung erfolgt mittels eines Sicherungsbleches, das zum einen mit einer Zunge in Richtung Pumpenwelle greift und zum anderen mit einer weiteren Zunge versehen ist, die zur Mutter hin umgebogen und dort in eine Nut gedrückt wird.

Der Betreiber geht davon aus, dass eine unzureichende Verspannung der Laufradmutter sowie die Fehlmontage der Muttersicherung zum Lösen der Mutter und nachfolgend zum Anlaufen des Laufrades am Spaltring und Leitrad führte. Das Verfahren zum Verspannen und zur Sicherung der Mutter war in der Montageanweisung nicht ausreichend beschrieben.

Diese Erkenntnisse können auch für andere deutsche Anlagen relevant sein, da Pumpen mit der oben beschriebenen Laufradbefestigung (mit sogenannter fliegender Lagerung) auch in anderen Anlagen im Einsatz sein können. Die Laufradmutter könnte dort ebenfalls unsachgemäß montiert werden. Im Rahmen eines anderen Vorhabens hat die GRS daher eine Weiterleitungsnachricht (WLN 2016/11) erstellt. Darin wurden für sicherheitstechnisch wichtige Kreiselpumpen mit fliegender Lagerung des Laufrades Empfehlungen zur Überprüfung und Dokumentation der Montage entsprechender Laufradbefestigungen sowie zur Überprüfung und ggf. Ergänzung zugehöriger Montageanleitungen ausgesprochen. Diese Empfehlungen gelten auch für Ventilatoren mit fliegender Laufradlagerung, sofern sie Bestandteil des Sicherheitssystems sind.

#### **3.1.4 Ölfreisetzung an einer Hauptkühlmittelpumpe mit lokaler Flamm- bildung in einer DWR-Anlage**

In einer DWR-Anlage lief eine „Niveau tief“-Meldung der Ölfüllstandsüberwachung des unteren Radiallagers des Motors einer Hauptkühlmittelpumpe auf. Da eine elektrische Überprüfung der Füllstandmessung in der Schaltanlage keinen Befund ergab, wurde entschieden, eine geringe Menge Öl zur Verifizierung der Meldung nachzufüllen, um die komplette Messkette zu überprüfen.

Mit dem Nachfüllen des Öls (ca. ein halber Liter) kam es zum Ansprechen des zweiten redundanten „Tief“-Grenzwertes der Niveauüberwachung. Zu Kontrollzwecken betrat ein Mitarbeiter den Anlagenraum und stellte im Bereich des Hauptkühlmittelpumpengehäuses und der anschließenden Hauptkühlmittelleitung eine Flambildung fest. Aus der Belüftung der Füllstandsanzeige vom unteren Motorlager war Öl ausgetreten und in die Zwischenräume der Isolierkassetten sowie auf die heißen Flächen des Hauptkühlmittelpumpengehäuses und der Loopleitung gelangt. Ein Teil des Öls hatte sich dort entzündet. Der Brand wurde mit Handfeuerlöschern vom Personal vor Ort sofort gelöscht. Zunächst wurde die Reaktorleistung abgesenkt und die betroffene Hauptkühlmittelpumpe abgeschaltet. Die Anlage wurde später auf „unterkritisch heiß“ abgefahren. Im Sicherheitsbehältersumpf und im Bereich der Pumpe wurde Öl vorgefunden. Insgesamt wurde der Ölverlust der Pumpe seit der letzten Revision auf ca. 30 Liter geschätzt.

Die Ursache für den Ölaustritt liegt im Wesentlichen im Aufbau der Be- und Entlüftung der Lagerölversorgung von Motor und Pumpe. Der Ölaustritt am Tag des Ereignisses ist auf einen zusätzlichen Instandhaltungsfehler beim Einfüllen des Öls zurückzuführen, nämlich der Verwechslung des Öleinfüllstutzens mit dem Entlüftungsstutzen. Die Entscheidung zum Ölnachfüllen und Inspizieren der Pumpe während des Betriebs wurde getroffen, weil man davon ausging, dass bei einem weiteren Füllstandsabfall die Pumpe über eine 2-von-2-Auslösung abgeschaltet würde. Dem Schichtpersonal war in der damaligen Situation aufgrund der Darstellung in den Funktionsplänen nicht bekannt, dass für eine automatische Abschaltung der Hauptkühlmittelpumpe zusätzlich zur „Niveau tief“-Meldung eine Grenzwertüberschreitung der Lagertemperatur erforderlich ist. Darüber hinaus wurden noch verschiedene beitragende organisatorische Faktoren identifiziert.

Diese Erkenntnisse können auch für andere deutsche Anlagen relevant sein, da die Ölversorgung der Hauptkühlmittelpumpen in allen DWR-Anlagen ähnlich aufgebaut ist. Im Rahmen eines anderen Vorhabens hat die GRS daher eine Weiterleitungsnachricht (WLN 2017/03) erstellt. Darin wurden Empfehlungen bezüglich der Durchführung von Instandhaltungsarbeiten an Hauptkühlmittelpumpen, der Filter in den Be- und Entlüftungsleitungen der zugehörigen Ölversorgungen, des Auffangens potenzieller Öllecks und der Kennzeichnung der Öleinfüllöffnungen ausgesprochen. Zudem soll unabhängig von den möglicherweise betroffenen Komponenten bei der Klärung und Behebung von Störungen die Hinzuziehung von Mitarbeitern mit dem erforderlichen Fachwissen der system- und komponentenverantwortlichen Stelle sichergestellt werden.

## **3.2 E- und Leittechnik**

### **3.2.1 Einbau ungeeigneter Ersatzkomponenten in mehreren deutschen Kernkraftwerken**

In den letzten Jahren sind vermehrt Ereignisse aufgetreten, die durch den Einbau von Ersatzkomponenten für nicht mehr lieferbare betriebsbewährte Komponenten hervorgerufen wurden. Zu diesem Thema wird nachfolgend ein Ereignis in einer DWR-Anlage ausführlich beschrieben. Bei diesem Ereignis wurde nach einer Freischaltung eines Notstromdiesels eine Funktionsprüfung durchgeführt, bei der der Motor des Notstromdieselaggregats mittels Startluft zwar anliefe, jedoch nicht zündete. Das Nichtzünden trotz ausreichender Zünddrehzahl deutete laut Betreiber auf einen Kraftstoffmangel beim Startversuch (evtl. unvollständige Startfüllung) hin. Eine Ursache hierfür konnte jedoch nicht ermittelt werden. Etwa zwei Monate später sollte dasselbe Notstromdieselaggregat nach einer Prüfung mittels Abstellmagneten für die Kraftstoffzufuhr abgestellt werden. Dabei kam es jedoch zu einer Störmeldung und der Motor musste durch manuelles Absperren der Kraftstoffzufuhr abgestellt werden. Ursache für das fehlerhafte Nichteinschalten des Abstellmagneten war eine nicht stabil anstehende Rückmeldung AUS des Abstellmagneten, die unter bestimmten Umständen die Betätigung EIN des Abstellmagneten verhindern konnte. Für die Signalisierung der Rückmeldungen des Abstellmagneten war ein im Rahmen eines Änderungsverfahrens als Ersatztyp qualifizierter Endschalterttyp eingesetzt. Untersuchungen und Vergleichsmessungen an Abstellmagneten anderer Notstromdiesel ergaben, dass überall dort, wo dieser neue Endschalterttyp verbaut war, ein vergleichbares Flattern beobachtet wurde. Nach den Erkenntnissen der Untersuchungen war dieser Endschalterttyp nicht für den Einsatz an Notstromdieseln geeignet.

Neben diesem Ereignis sind in den letzten Jahren in verschiedenen Anlagen weitere Ereignisse aufgetreten, bei denen es durch Austausch von betriebsbewährten Komponenten durch neue Ersatzkomponenten zu Ausfällen und Auffälligkeiten gekommen ist. Hierbei handelt es sich neben Ereignissen aufgrund unzureichender Qualifizierung auch um Ereignisse mit Typänderungen oder Herstellerwechsel. Allen gemeinsam ist, dass erst nach Einbau und Betrieb der neuen Komponenten festgestellt wurde, dass sie für den Einsatzort ungeeignet waren.

Diese Erkenntnisse können auch für andere deutsche Anlagen beim Einsatz von Ersatzkomponenten relevant sein. Im Rahmen eines anderen Vorhabens hat die GRS daher

eine Weiterleitungsnachricht (WLN 2016/13) erstellt. Darin wurde zum einen empfohlen, an Notstromdieseln die bei dem einen Ereignis konkret betroffenen Endschaltertypen, falls vorhanden, durch einen geeigneten anderen Typ zu ersetzen. Zum anderen wurde wie bereits in verschiedenen Weiterleitungsnachrichten die Empfehlung ausgesprochen, neu eingebaute Ersatzkomponenten nicht gleichzeitig in allen Redundanten von sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen zu verbauen und erst nach Vorliegen ausreichender Betriebserfahrung die Änderungen auch in den anderen Redundanten durchzuführen.

### **3.2.2 Baugruppenfehler in einer Brandmeldezentrale in einer SWR-Anlage**

In einer SWR-Anlage wurden im Rahmen einer vierteljährlichen wiederkehrenden Prüfung der Brandmeldeanlage für das Kühlwasserpumpenhaus, das Hilfskesselgebäude und das Verwaltungsgebäude festgestellt, dass nach Anregung der Brandmelder mittels eines Melderprüfers die Signale an mehreren Brandmeldeleitungen nicht weitergeleitet wurden. Die Signale wurden auf jeweils einer gemeinsamen Anschaltbaugruppe eines bestimmten Typs verarbeitet. Die beiden betroffenen Baugruppen hatten unterschiedliche Revisionsstände. Dies bedeutet u. a., dass unterschiedliche Firmwareversionen Verwendung fanden.

Detailliertere Untersuchungen des Herstellers zeigten, dass die Störungen auf Fehler in der Firmware der Baugruppe zurückzuführen sind. Mit diesen Erkenntnissen konnte das Verhalten der Brandmeldeanlage auf Laborsystemen reproduziert werden. Wurden während der Initialisierung der Baugruppe in einer bestimmten Phase per Handbefehl Meldeleitungen an- und abgeschaltet, konnte die betroffene Baugruppe in einen fehlerhaften Zustand gelangen. In diesem fehlerhaften Zustand waren Meldeleitungen ungewollt abgeschaltet, ohne dass dies an der Anzeigeeinrichtung ersichtlich wurde. Es bestand technisch keine Notwendigkeit, während des Initialisierungsprozesses Meldeleitungen an- oder abzuschalten.

Die genaue Abfolge der Handbefehle, die zum Erreichen des fehlerhaften Zustandes führen, ist abhängig von der Version der Firmware. Die Dauer des Zeitfensters, innerhalb dessen diese Handbefehle gegeben werden müssen, ist abhängig von der Firmwareversion und der Anzahl der angeschlossenen Melder. Alle Versionen der bislang eingesetzten Firmware sind von dem Fehler betroffen. Der fehlerhafte Zustand kann aber durch eine erneute, korrekte Durchführung der Initialisierung behoben werden.

Diese Erkenntnisse können auch für andere deutsche Anlagen relevant sein, wenn sie die betroffene Baugruppe in ihrer Brand- oder Gefahrenmeldeanlage einsetzen. Im Rahmen eines anderen Vorhabens hat die GRS daher eine Weiterleitungsnachricht (WLN 2016/14) erstellt. Darin wird empfohlen, auf die Ab- oder Zuschaltung von Meldeleitungen per Handbefehl während der Initialisierungsphase der betroffenen Baugruppe zu verzichten und entsprechende Hinweise in die jeweiligen Wartungs-, Instandhaltungs- und Prüfunterlagen aufzunehmen. Außerdem soll bei Brand- und Gefahrenmeldeanlagen mit der betroffenen Baugruppe vorsorglich eine Neuinitialisierung durchgeführt und die Firmware aktualisiert werden, sobald eine Version zur Verfügung steht, die nicht mehr für den beschriebenen Fehler anfällig ist.

### **3.2.3 Unzureichendes Schaltvermögen von Gleichstromschaltern nach Erweiterung der Batteriekapazität in einer ausländischen Anlage**

Nach Erkenntnissen aus dem International-Common-Cause-Failure-Data-Exchange(ICDE)-Projekt der OECD/NEA /NEA 16/ wurden in einem ausländischen Kernkraftwerk über einen Zeitraum von fünf Jahren mehrere Änderungsmaßnahmen an den Batterien der Gleichstromanlage durchgeführt, unter anderem wurde hierbei auch der Batterietyp ausgetauscht.

Ca. zehn Jahre später wurde bei einer Neubewertung der elektrischen Absicherung der Gleichstromanlagen festgestellt, dass bei der Planung der Änderungsmaßnahmen an der Batterieanlage das Schaltvermögen der Einspeiseschalter zwischen Batterie- und Schaltanlage nicht im erforderlichen Umfang berücksichtigt worden war. Tatsächlich betrug der zum Zeitpunkt der Untersuchung maximal zu unterstellende Kurzschlussstrom ca. 34.000 A, während das Schaltvermögen der Gleichstrom-Leistungsschalter lediglich 25.000 A betrug.

Ein unterstellter Kurzschluss auf einer der Gleichstromschienen hätte somit nicht sicher abgeschaltet werden können. Der Planungsfehler lag in beiden elektrischen Redundanzen der Anlage vor.

Diese Erkenntnisse können auch für andere deutsche Anlagen relevant sein, da auch dort mehrere redundante batteriegepufferte Gleichstromschienen vorhanden sind und zum Teil umfangreiche Nachrüstungen und Änderungen an der Batterieanlage durchgeführt wurden. Im Rahmen eines anderen Vorhabens hat die GRS daher eine Weiterleitungsnachricht (WLN 2017/02) erstellt. Darin wird empfohlen zu überprüfen, ob das

Schaltvermögen der in den Batterieanlagen verwendeten Leistungsschalter ausreichend ist, um die in der aktuellen Anlagenkonfiguration zu unterstellenden Ströme sicher abzuschalten, und ggf. die Gleichstromanlage entsprechend zu ertüchtigen.

### **3.3 Komponentenintegrität**

#### **3.3.1 Wanddickenschwächung einer Entlüftungsleitung im Frischdampfsystem in einer DWR-Anlage**

In einer DWR-Anlage wurde bei einer routinemäßig durchgeführten Sichtprüfung von Rohrleitungen und Isolierungen an einer Entlüftungsleitung im Frischdampfsystem eine Wanddickenschwächung festgestellt. Die Wanddickenschwächung war in Form einer Nut ausgebildet, welche über den oberen Bereich der Rohrleitung verlief. An der entsprechenden Leitung eines anderen Frischdampfstranges wurden an der Außenoberfläche an der gleichen Stelle ebenfalls Reibmarken vorgefunden. Die betroffene Rohrleitung hatte eine Sollwandstärke von 3,6 mm. Die Nut war an der tiefsten Stelle 2,7 mm tief. Die Leitung wurde während des Betriebs nicht durchströmt.

Aufgrund des Ereignisses wurden in einer anderen DWR-Anlage zahlreiche vergleichbare Leitungen überprüft. An mehreren Stellen wurden Riefen und Mulden vorgefunden. Betroffen waren Leitungen des Reaktorkühlkreislaufs mit kleiner Nennweite sowie Leitungen des Frischdampf- und Zusatzboriersystems.

Ursache für den lokalen Materialabtrag war jeweils das Anliegen der scharfkantigen Endkappe der Rohrleitungsisolierung an der Rohrleitung. Infolge der betrieblich bedingten Vibrationen der Rohrleitung rieb die Endkappe ständig auf der Rohroberfläche und führte zu dem oben beschriebenen Materialabtrag.

Diese Erkenntnisse können auch für andere deutsche Anlagen relevant sein, wenn es dort sicherheitstechnisch wichtige Rohrleitungen gibt, bei denen die Endkappen der Isolierungen an den Rohrleitungen anliegen und die betriebsbedingten Vibrationen ausgesetzt sind. Im Rahmen eines anderen Vorhabens hat die GRS daher eine Weiterleitungsnachricht (WLN 2016/07) erstellt. Darin werden die Inspektion solcher Endkappen und die Bewertung etwaiger Befunde empfohlen. Außerdem sollten bei der Neumontage der Isolierung die Endkappen so modifiziert werden, dass der hier beschriebene Schädigungsmechanismus auszuschließen ist, oder ein Isolierungskonzept entwickelt werden, bei dem auf Endkappen verzichtet werden kann.

### **3.3.2 Erhöhte Oxidschichtdicke an Brennstabhüllrohren von Brennelementen in einer DWR-Anlage**

Während des planmäßigen Brennelementwechsels in einer DWR-Anlage wurden im Rahmen einer routinemäßigen visuellen Inspektion von Brennelementen (BE) Auffälligkeiten im oberen Bereich der Brennstäbe festgestellt. Bereits während des Entladens des Reaktorkerns war eine auffällig hohe Anzahl von Partikeln auf den BE und der oberen Formrippe der Kernumfassung gesichtet worden, deren Analyse eindeutig auf abgelöstes Zirkoniumoxid hindeutete. Weitergehende Untersuchungen zeigten, dass die festgestellten Auffälligkeiten in Form von Ablätterungen, Verfärbungen bzw. hohen Oxidschichtdicken ihre Ursache in einer Korrosion der Brennstabhüllrohre hatten, die deutlich über das aus der Betriebserfahrung mit dem betroffenen Werkstoff bekannte Maß hinaus geht. Für diesen Werkstoff wird eine abbrandabhängige Oxidschichtdicke angegeben, die für einen Abbrand von 70 MWd/kgU bis zu ca. 40 µm erreicht. In der betroffenen Anlage wurde der für den Betrieb der Anlage zulässige Grenzwert für die Oxidschichtdicke von umfangsgemittelt 100 µm bzw. lokal 130 µm an einzelnen Brennstäben überschritten.

Sämtliche betroffenen BE sind vom selben Typ. Die Hüllrohre dieser BE wurden überwiegend aus einem Ingot (Gussblock) gefertigt, wobei nicht alle Hüllrohre dieser Charge betroffen sind und das Ausmaß der übermäßigen Korrosion bzw. Oxidablätterungen unter den betroffenen Brennstäben unterschiedlich ist.

Ein abschließendes Ergebnis der Ursachenanalyse liegt nicht vor. Ein erstes Zwischenergebnis zeigt, dass ausschließlich BE einer Nachlieferung betroffen sind und alle Spezifikationen bezüglich des Hüllrohrmaterials eingehalten wurden.

Diese Erkenntnisse können auch für andere deutsche DWR-Anlagen relevant sein. Im Rahmen eines anderen Vorhabens hat die GRS daher eine Weiterleitungsnachricht (WLN2017/04) erstellt. Darin wird empfohlen, die routinemäßigen Brennelementprüfungen auf alle für den Wiedereinsatz vorgesehenen Brennelemente mit dem betroffenen Hüllrohrwerkstoff zu erweitern. Bei Feststellung von Auffälligkeiten sollen weitere Prüfungen und Analysen durchgeführt werden.

### **3.4 Äußere Einwirkungen**

#### **3.4.1 Beschädigte Verbindungsbolzen an Halterungen von Lüftungskanälen im Notspeisegebäude einer DWR-Anlage**

In einer DWR-Anlage wurde bei einem Schichtrundgang im Notspeisegebäude auf dem Boden ein abgebrochener Gewindebolzen gefunden. Eine daraufhin durchgeführte Inspektion ergab, dass dieser Bolzen an einer Halterung eines Lüftungskanals fehlte. Bei der Überprüfung gleichartig ausgeführter Halterungen ergaben sich insgesamt 15 Befunde, die sich auf fünf Halterungen in Räumen mit Elektronikschränken für den Reaktorschutz verteilen. Acht abgebrochene Bolzen konnten nicht mehr aufgefunden werden. Zwei der betroffenen Halterungen mit sechs bzw. vier beschädigten oder fehlenden Bolzen waren verschoben.

Im Rahmen der Ursachenklärung wurde festgestellt, dass die Schäden an den Bolzen im Notspeisegebäude vermutlich aus einer unzulässig hohen Scherbeanspruchung resultierten, die wiederum aus Krafteinwirkungen von an der Unterkante des Dachs montierten Winkelblechen auf die Halterungskonstruktion der Lüftungskanäle entstand. Die Innenwände im Notspeisegebäude, an denen die Halterungskonstruktionen angebracht wurden, sind bautechnisch zur Beherrschung von äußeren Einwirkungen (z. B. Erdbeben) oder Notstandsfällen (z. B. Flugzeugabsturz) durch ca. 15 cm hohe Fugen vom darüber liegenden Dach entkoppelt. Die Fugen sind aus Brandschutzgründen mit Brandschutzmasse verfüllt und werden durch 10 mm starke Stahlwinkel abgedeckt, die an der Unterkante der Dachdecke montiert sind. Die Vor-Ort-Betrachtungen zeigten, dass zwischen der Unterkante dieser Stahlwinkel und den Halterungen teilweise nur wenige Millimeter oder gar kein Spaltmaß vorlag. Somit konnten bereits geringe Relativbewegungen zwischen Wand und Decke zu Scherkräften auf den Bolzen führen, die nach derzeitigem Kenntnisstand zu den Befunden im Notspeisegebäude geführt haben.

Zudem wurde festgestellt, dass das in der technischen Dokumentation angegebene Maß von 15 cm für die Fuge zwischen Decke und Innenwänden im Notspeisegebäude nicht an jeder Stelle eingehalten wird.

Diese Erkenntnisse können auch für andere deutsche Anlagen relevant sein, da die zur Beherrschung von äußeren Einwirkungen (z. B. Erdbeben) oder Notstandsfällen (z. B. Flugzeugabsturz) bei der Auslegung vorgesehene Abstände zwischen entkoppelten Bauwerksteilen auch bei der Konstruktion und Anordnung daran befestigter Systeme

und Komponenten zu berücksichtigen sind. Im Rahmen eines anderen Vorhabens hat die GRS daher eine Weiterleitungsnachricht (WLN 2017/01) erstellt. Darin wird empfohlen zu ermitteln, wo in Gebäuden mit sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen bei der Auslegung entsprechende Abstände zwischen verschiedenen Bauwerksteilen vorgesehen wurden. Für die entsprechenden Bereiche soll überprüft werden, ob der Abstand auch durch an den jeweiligen Bauwerksteilen befestigte Elemente eingehalten wird. Bei Unterschreitungen sollen Abhilfemaßnahmen getroffen werden, wenn bei Lastfällen sicherheitstechnisch relevante Folgewirkungen auftreten können.

### **3.5 Brandschutz**

#### **3.5.1 Fehlerhafte Auslösung von Brandschutzklappen infolge einer Störung in einer Brandmeldeanlage einer SWR-Anlage**

In einer SWR-Anlage kam es zweimal zur Fehlauflösung von mehreren Brandschutzklappen in einem Gebäude mit Dieselaggregaten. In beiden Fällen wurden außerdem die Lüftungsanlagen im Gebäude abgeschaltet. Bis zur Wiederinbetriebnahme der Lüftungsanlagen stieg die Temperatur in den Dieselnräumen bei nicht laufenden Dieseln geringfügig an.

Als ursächlich erwies sich jeweils eine Störung der Brandmeldeanlage. Diese besitzt (in der im Einsatz befindlichen Variante) eine Prozessorbaugruppe mit zwei redundanten Prozessoren. Bei Fehlern in einem Prozessor soll selbsttätig auf den redundanten Prozessor umgeschaltet werden. Der automatische Neustart der Prozessorbaugruppe ist eine geplante Funktion der Brandmeldeanlage, die dann durchgeführt wird, wenn nicht behebbare Störungen im Prozessor auftreten und die Brandmeldeanlage in einen definierten Zustand überführt werden muss.

Bei beiden Ereignissen kam es zu einem solchen Neustart der Prozessorbaugruppe, ohne dass vorher eine Umschaltung auf den redundanten Prozessor stattgefunden hatte. Nach einem Neustart befanden sich die Ausgänge der digitalen Ausgangsbaugruppe der Brandmeldeanlage bis zur Initialisierung der Ausgänge in einem nicht definierten Zustand. Dieser nicht definierte Zustand dauerte einige Millisekunden an. Dadurch kam es zur Auslösung der angesteuerten Relais und damit zur oben beschriebenen Fehlauflösung von Brandschutzklappen.

Es konnte nicht geklärt werden, weshalb der Neustart der Prozessorbaugruppe ausgelöst wurde. Der Betreiber vermutet einen Softwarefehler. Der Hersteller hat die Produktunterstützung beendet und hält keine Prüfstände oder Diagnosesoftware für den betroffenen Typ mehr vor.

Diese Erkenntnisse können auch für andere deutsche Anlagen relevant sein, wenn sie erstens eine Brandmeldeanlage des betroffenen Typs einsetzen, zweitens in den entsprechenden Gebäuden ein Brandschutzkonzept mit einer automatischen Auslösung der Brandschutzklappen verwenden und drittens die Relais zur Ansteuerung der Brandschutzklappen oder anderer Brandschutzkomponenten im Ruhestromprinzip betreiben. Im Rahmen eines anderen Vorhabens hat die GRS daher eine Weiterleitungsnachricht (WLN 2016/09) erstellt. Darin wird für Anlagen, die den betroffenen Brandmeldeanlagen-typ zur automatischen Ansteuerung von Komponenten im Ruhestromprinzip verwenden, das Ergreifen von Maßnahmen zur Verhinderung einer fehlerhaften Ansteuerung bei einem automatischen Neustart empfohlen. Außerdem wird empfohlen, in allen Anlagen zu überprüfen, ob bei anderen Brandmeldeanlagen in Gebäuden mit sicherheitstechnisch relevanten Systemen ein vergleichbares fehlerhaftes Verhalten möglich ist, und ggf. Abhilfemaßnahmen zu ergreifen.

### **3.6 Organisation**

#### **3.6.1 Unregelmäßigkeiten bei wiederkehrenden Prüfungen in einer DWR- und in einer SWR-Anlage**

Im Rahmen der Aufarbeitung von meldepflichtigen Ereignissen wurden Täuschungen und Unregelmäßigkeiten der Arbeitsausführung bei wiederkehrenden Prüfungen (WKP) in einem Kernkraftwerk mit zwei Reaktoranlagen festgestellt. Bei dem ersten betrachteten Ereignis kam es zur Parameterverstellung an mehreren Geräten zur Überwachung der Aerosolaktivitätskonzentration in der Fort- und Raumluft. Durch die Messung der Aktivität eines Aerosolfilters sowie des zugeführten Volumenstroms wird die Aktivitätskonzentration kontinuierlich bestimmt. Für einen regelmäßig notwendigen Filterwechsel muss die Luftzufuhr unterbrochen werden. Das Messgerät erkennt diesen Wechsel automatisch anhand des Unterschreitens eines Grenzwertes durch den Volumenstrom. Im Zuge der Überarbeitung einer Prüfanweisung für eine solche Messstelle des einen Blocks wurde dieser Parameter „GW-Filterwechsel“ fehlinterpretiert und hochgesetzt. Daran anknüpfend wurden im anderen Block die Grenzwerte von 24 weiteren Messgeräten ohne Rücksprache und ohne Arbeitsauftrag während der WKP geändert.

Im Zuge der Aufarbeitung eines Ereignisses wurden Täuschungen bei der Durchführung von WKP erkannt, da bei Einsicht in die Dokumentation von WKP anderer Messstellen Unstimmigkeiten entdeckt wurden. Für eine WKP lag zwar ein ausgefülltes WKP-Protokoll vor, jedoch wurde weder das für die Prüfung notwendige Prüfpräparat ausgefasst, noch wurde ein durch die Prüfung verursachter Ausschlag mittels Signalaufzeichnung protokolliert. Es wurden neun weitere Fälle entdeckt. Bei 15 weiteren WKP konnten Termindiskrepanzen zwischen dem eingetragenen und dem realen Durchführungstermin nachgewiesen werden. Bei den daraufhin durchgeführten Wiederholungen der WKP wurde an einer Messstelle zudem ein falsch eingestellter Alarmierungswert erkannt. Dieser hätte bei den vorangegangenen WKP, bei denen ein von der Prüfanweisung abweichender Prüfstrahler verwendet wurde, bei korrekter Durchführung früher erkannt werden können.

Als wesentliche Ursachen wurden organisatorische Schwächen im WKP-Prozess und mangelnde Vorgesetztenkontrolle bestimmt.

Diese Erkenntnisse können auch für andere deutsche Anlagen relevant sein. Im Rahmen eines anderen Vorhabens hat die GRS daher eine Weiterleitungsnachricht (WLN 2016/12) erstellt. Darin wurde eine Reihe von Empfehlungen ausgesprochen. Da bei den Ereignissen die Eindeutigkeit von Prüfanweisungen nicht gegeben war und nur eingeschränkte Funktionskenntnisse über die Strahlenschutzinstrumentierung beim Personal vorhanden waren, wurden Empfehlungen zur Gestaltung der Prüfanweisungen der Strahlenschutzinstrumentierung, zur Unterweisung dort tätigen Personals und zu stichprobenartigen Überprüfungen früherer WKP gegeben. Weitere Empfehlungen beziehen sich auf mögliche Schwächen organisatorischer Maßnahmen und im WKP-Prozess.

### **3.7 IT-Sicherheit**

#### **3.7.1 Schadsoftwarefunde in einer SWR-Anlage**

In einer SWR-Anlage wurde auf einem Service-PC der Brennelement-Lademaschine eine Schadsoftware gefunden. Diese Schadsoftware wurde zunächst auf einem USB-Stick erkannt, mit dem zuvor Daten von diesem Service-PC ausgelesen worden waren. Aufgrund des Schadsoftwarefundes auf dem USB-Stick wurden weitere Rechner und USB-Sticks, u. a. die einzelnen Rechner der Brennelement-Lademaschine, hinsichtlich Schadsoftware untersucht. Dabei wurde u. a. die Infektion der Festplatte des Service-PCs festgestellt.

Für den Datenaustausch mit der Brennelement-Lademaschine ist es gemäß dem vorgeschriebenen Prozessablauf in der Anlage vorgesehen, nur einen dedizierten USB-Stick einzusetzen, der unmittelbar vor dem Einsatz mit einem Virenschutzprogramm mit aktueller Viren-Signatur zu überprüfen ist. Diese Prozessvorgabe wurde in dem hier vorliegenden IT-Sicherheitsvorfall nicht eingehalten.

Diese Erkenntnisse können auch für andere deutsche Anlagen relevant sein. Im Rahmen eines anderen Vorhabens hat die GRS daher eine Weiterleitungsnachricht (WLN 2016/08) erstellt. Darin wurde im Wesentlichen empfohlen, ein Konzept zum Umgang mit der Sicherungsmaßnahme „Air Gap“ (physische Trennung von einzelnen Rechnern) zu entwickeln und umzusetzen, um die Verbreitung von Schadsoftware über Wechseldatenträger sowie Service-/Programmiergeräte zu erschweren. Eine weitere Empfehlung bezieht sich auf die regelmäßige Prüfung verschiedener Rechner mit einem Virenschutzprogramm mit aktueller Viren-Signatur.



## **4 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.

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

/IAEA 06/ IAEA Safety Guide NS-G-2.11 „System for the Feedback of Experience from Events in Nuclear Installations“, Juli 2009

/NEA 16/ OECD Nuclear Energy Agency (NEA)  
NEA International Common-Cause Failure Data Exchange (ICDE) Project  
<https://www.oecd-nea.org/jointproj/icde.html>



## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Informationsfluss bei der Auswertung nationaler und internationaler Betriebserfahrung .....	6
Abb. 2	Überblick zur Auswertung von Betriebserfahrung (die grau hinterlegten Arbeiten sind nicht Gegenstand des Vorhabens 3615R01341) .....	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](http://www.grs.de)