

## 4. Reaktorsicherheitsanalysen



Heinz Liemersdorf

→ Im ihrem Arbeitsfeld Reaktorsicherheitsanalysen befasst sich die GRS mit Aufgabenstellungen, die – anders als die in Kapitel 3 dargestellten Forschungen zu Grundlagen der Reaktorsicherheit – in erster Linie Bewertungen konkreter Betriebsereignisse zum Gegenstand haben. Diese Analysen dienen insbesondere der wissenschaftlichen Fachberatung von Aufsichts- und Genehmigungsbehörden. Sie führen darüber hinaus aber auch zu einer ständigen Verbesserung des Kenntnisstandes der GRS-Experten, indem sie die kontinuierliche Berücksichtigung aktueller Erkenntnisse über diejenigen Einflussfaktoren sicherstellen, die maßgebend das Sicherheitsniveau der deutschen Kernkraftwerke bestimmen.

### Reaktorsicherheitsanalysen

Übergeordnetes Ziel der Reaktorsicherheitsanalysen ist es, das Sicherheitsniveau von Kernkraftwerken zu erhalten und unter Berücksichtigung der Weiterentwicklungen zum Stand von Wissenschaft und Technik möglichst weiter zu verbessern. Dazu wertet die GRS vor allem nationale und internationale Betriebserfahrungen aus. Sie führt aber auch eigene Untersuchungen zu aktuellen sicherheitstechnischen Fragestellungen zum Verhalten der Anlage oder ihrer technischen Systeme im Kraftwerksbetrieb oder bei aufgetretenen oder theoretisch angenommenen sicherheitsrelevanten Ereignissen durch. Für diese Untersuchungen stehen Analyseinstrumente wie

z. B. der Analysesimulator oder anerkannte ingenieurtechnische Methoden zur Verfügung. Hier zeigt sich das besondere Verhältnis zwischen der Reaktorsicherheitsforschung und den hier dargestellten Reaktorsicherheitsanalysen: Einerseits kommen bei unseren anwendungsbezogenen Analysen auch Methoden zur Anwendung, die aus eigenen Forschungstätigkeiten resultieren und die zu einem weiterentwickelten Stand von Wissenschaft und Technik geführt haben; andererseits enthalten diese Analysen oftmals anwendungsbezogene Forschungstätigkeiten und geben wichtige Hinweise auf notwendige Entwicklungen in der Forschung. Dieses Zusammenwirken von Forschung, Anwendung und Bewertung ist einer der wesentlichen Gründe für die besondere Kompetenz der GRS im Bereich der Reaktorsicherheit (s. »ÜBERSICHT«).

## Reaktorsicherheitsanalysen – fachliche Grundlage für behördliche Aufsicht und Genehmigung

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen, die in der Regel im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) oder der Aufsichts- und Genehmigungsbehörden der Bundesländer durchgeführt werden, sind unterschiedlich dokumentiert. Dazu gehören insbesondere Weiterleitungsnachrichten sowie Gutachten, Stellungnahmen und generische Berichte.

### Weiterleitungsnachrichten

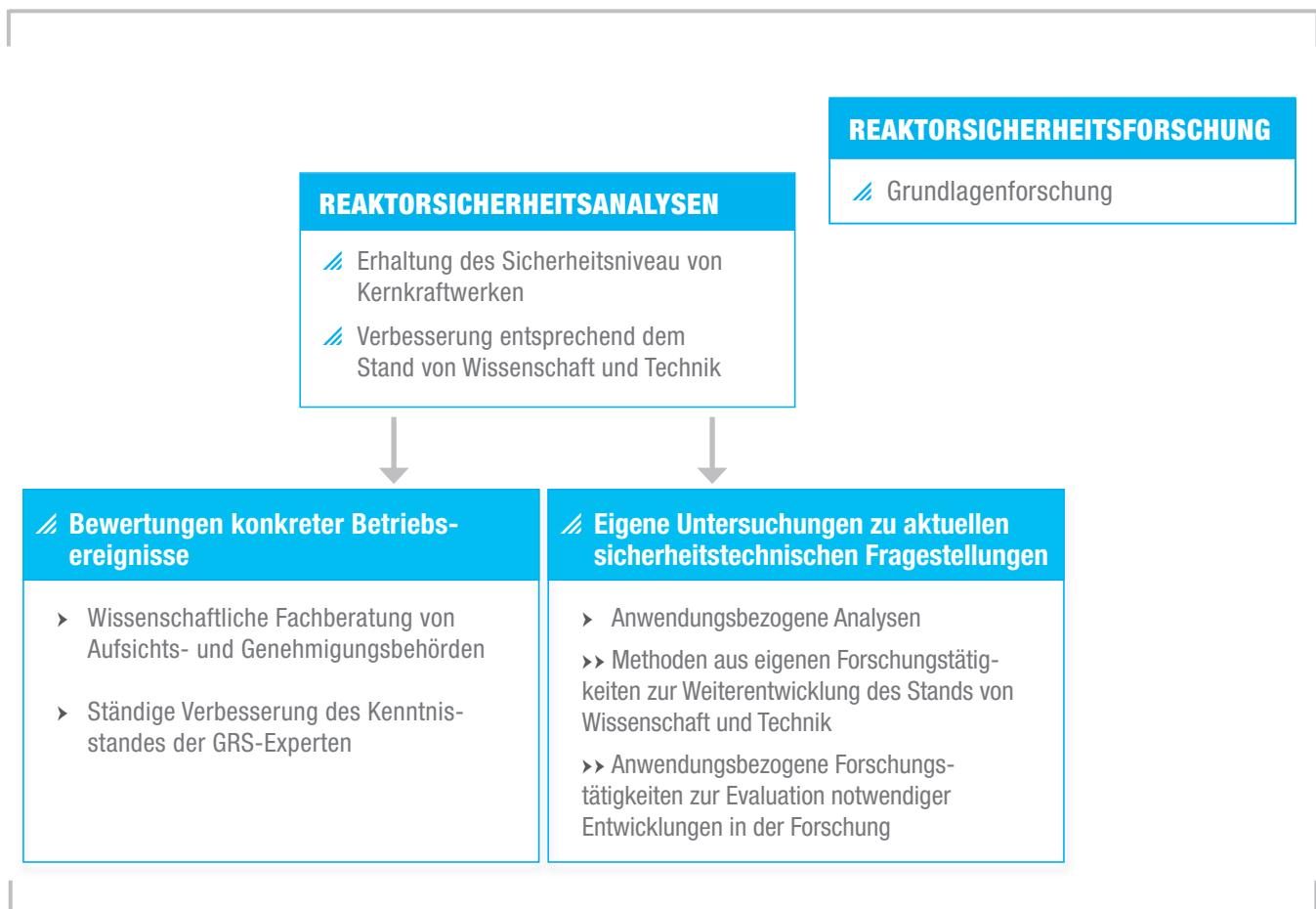
Mit sogenannten Weiterleitungsnachrichten informiert die GRS im Auftrag des BMU die deutschen Kernkraftwerksbetreiber und die Aufsichtsbehörden der Bundesländer sowie andere in der Nutzung des Erfahrungsrückflusses eingebundene Organisationen über besonders bedeutsame aktuelle sicherheitstechnische Erkenntnisse. Diese Erkenntnisse beruhen in erster Linie auf der Auswertung von Betriebsereignissen und auf neueren Forschungsergebnissen. Die Weiterleitungsnachrichten beinhalten Aussagen zur Übertragbarkeit der Erkenntnisse auf andere Anlagen und zur sicherheitstechnischen Bedeutung sowie Empfehlungen für notwendige sicherheitstechnische Maßnahmen. Im Verlauf eines Jahres werden ca. 10 bis 15 dieser Weiterleitungsnachrichten erstellt. Die Weiterleitungsnachrichten der GRS führen in der Regel zu erheblichen anlagenspezifischen Untersuchungen in den deutschen Kernkraftwerken und – je nach Prüfungsergebnis – auch zu vielfältigen technischen bzw. administrativen Verbesserungsmaßnahmen. Nachfolgend wird beispielhaft auf den Inhalt einiger Weiterleitungsnachrichten aus dem Berichtszeitraum näher eingegangen:

## Beispiele Weiterleitungsnachrichten

**Beispiel 1:** Bereits im letzten Jahresbericht der GRS wurde über das Ereignis »Brand eines Maschinentransformators im KKW Krümmel« aus dem Jahr 2007 berichtet. Aufgrund von Erkenntnissen aus vertieften Untersuchungen wurden jetzt Weiterleitungsnachrichten erstellt, die sich auf einzelne Aspekte des Ereignisses beziehen. Ein Aspekt betraf den Eintrag von Brandgasen in die Warte. Unsere Untersuchungen kamen zu dem Ergebnis, dass ähnliche Anlagengegebenheiten auch bei anderen deutschen KKW zu vergleichbarer Ereignisabläufen führen könnten. In der Weiterleitungsnachricht wurden Empfehlungen zur Vermeidung solcher Ereignisabläufe sowie zur Verbesserung des Lüftungskonzeptes in anderen Kernkraftwerken gegeben. Weitere Aspekte, die in der Weiterleitungsnachricht behandelt wurden, sind der Kurzschluss im Maschinentransformator, der Ausfall der betrieblichen Bespeisung des Reaktordruckbehälters und eine fehlerhafte Datenarchivierung: Hier hat die GRS u. a. den Einsatz moderner Prüf- und Überwachungsmethoden bei der Zustandseinschätzung von ölgefüllten Transformatoren, eine Verbesserung der Zuschaltung von Reaktorspeisepumpen und eine zuverlässigere Datenverarbeitung bei hohem Signalaufkommen (sog. Meldeschwall) empfohlen.

**Beispiel 2:** In einer anderen Weiterleitungsnachricht wird auf die Bedeutung einer ungewollten Beeinflussung von Sicherheitseinrichtungen durch elektromagnetische Einwirkungen hingewiesen. In dem zugrundeliegenden Fall hatten Elektroschweißarbeiten in der Umgebung eines Notstromdieselaggregates elektromagnetische Störimpulse ausgelöst. Diese Störimpulse führten zur Nichtverfügbarkeit dieses Aggregates während des Leistungsbetriebs der Anlage. Unsere Empfehlun-

## Die Kompetenz der GRS im Bereich der Reaktorsicherheit Zusammenwirken von Forschung, Anwendung und Bewertung



gen zielten darauf ab, Instandhaltungsmaßnahmen während des Leistungsbetriebes von Kernkraftwerken nur dann durchzuführen, wenn die Möglichkeit einer Störung von Sicherheitseinrichtungen durch eine elektromagnetische Beeinflussung zuverlässig vermieden werden kann.

**Beispiel 3:** Eine weitere Weiterleitungsnachricht betraf Rissbefunde in Gehäusen von sicherheitstechnisch wichtigen Armaturen aus Edelstahl, die bei Überprüfungen gefunden wurden. Ursache für die Entstehung dieser Rissbefunde war chloridinduzierte Spannungsrissskorrosion. Dabei handelt

es sich um einen für diese Werkstoffe bekannter Schadensmechanismus, der aber an den betroffenen Stellen zum ersten Mal beobachtet wurde. Die GRS empfahl, insbesondere vergleichbare Armaturen zu überprüfen, aber auch andere aus Edelstahl gefertigte sicherheitstechnisch wichtige Komponenten in ein Inspektionsprogramm aufzunehmen, dass sich auf das Auffinden speziell dieser Schäden konzentriert. Bei Befunden müssen geeignete Abhilfemaßnahmen getroffen werden, da die Barriere »druckführenden Umschließung des Reaktorkühlmittels« betroffen ist.

**Beispiel 4:** Eine ebenfalls hervorzuhebende Weiterleitungsnachricht behandelte Rissbefunde an Dampferzeugerheizrohren. Bemerkenswert ist, dass die Befunde erst mit einem neu eingesetzten Prüfverfahren entdeckt wurden. Mit bisher eingesetzten Prüfverfahren waren Befunde der vorgefundenen Art, nämlich umfangsorientierte Anzeigen, nur schwer zu erkennen. Die GRS empfahl auch in anderen Anlagen Prüfungen der Dampferzeugerheizrohre mit dem neuen Prüfverfahren durchzuführen. Die Prüfungen sollten sich auf Bereiche der Heizrohre konzentrieren, die besonders anfällig für diese Rissentwicklung sind.

### Gutachten, Stellungnahmen und generische Berichte

Die ausgearbeiteten Gutachten, Stellungnahmen und generischen Berichte der GRS betrafen im Berichtszeitraum größtenteils sicherheitstechnische Bewertungen in- und ausländischer Ereignisse. Arbeitsschwerpunkte waren die vertiefte ingenieurtechnische Auswertung nationaler und internationaler Betriebserfahrungen im Auftrag des BMU. Weiterhin wurden ereignis- und anlagenübergreifende generische Untersuchungen durchgeführt sowie in- und ausländischen Erkenntnissen zur nuklearen Sicherheit von Kernkraftwerken und Forschungsreaktoren gesammelt, datentechnisch aufbereitet und analysiert. Einige thematische Schwerpunkte dieser Arbeiten sind nachfolgend aufgeführt:

#### Beispiele Gutachten, Stellungnahmen und generische Berichte

**Beispiel 1:** Im Jahr 2008 gab es mehrere Ereignisse in Frankreich und Belgien, die vor allem aufgrund der Berichterstattung in den Medien Anlass zu fachliche Stellungnahmen bzw. Informationen

der GRS gaben. Von einem Ereignis abgesehen, waren Anlagen des Brennstoffkreislaufs bzw. eine Anlage zur Herstellung radioaktiver medizinischer Produkte betroffen, bei denen es zu einer Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung der Anlagen gekommen ist. Obwohl diese Ereignisse nicht unmittelbar die Reaktorsicherheit betrafen, erfolgten Untersuchungen hinsichtlich sicherheitstechnischer Erkenntnisse, die auf Kernkraftwerke übertragbar sein könnten.

Bei einem weiteren Ereignis am 23. Juli 2008 kam es im Block 4 des französischen Kernkraftwerkes Tricastin bei vollständig entladener Reaktor zu einer Freisetzung von Aktivierungsprodukten metallischer Werkstoffe (Co-58) des Primärkreislaufs aus einer Rohrleitung in das Reaktorgebäude. Bei der Leitung handelt es sich um Kunststoffrohre, die zum Evakuieren/Spülen des Reaktorkühlkreises benutzt wurden. Undichtigkeiten an Rohrverbindungen führten zur Aerosolfreisetzung ins Reaktorgebäude. Zum Zeitpunkt der Freisetzung wurden umfangreiche Instandhaltungsarbeiten durchgeführt. Dies führte zu Kontamination von Betriebspersonal, die allerdings deutlich unterhalb des zulässigen Jahresgrenzwertes von 20 mSv lag. Das Ereignis wurde der INES-Stufe 0 zugeordnet, weil das Ereignis weder Konsequenzen für das Personal noch für die Umgebung hatte.

**Beispiel 2:** Ebenfalls zu einem erhöhten öffentlichen Interesse führte auch eine Kühlmittelleckage im slowenischen Kernkraftwerk Krsko Anfang Juni 2008. Dieses Ereignis wurde aufgrund einer unsachgemäßen Reaktion der slowenischen Aufsichtsbehörde über das ECURIE-System (European Community Urgent Radiological Information Exchange) gemeldet und hatte deshalb zunächst Besorgnis ausgelöst. Tatsächlich war die sicherheitstechnische Bedeutung des Ereignisses, bei dem es an einem Ventil einer Temperaturmessleitung zu

einer Leckage von Reaktorkühlmittel in den Sicherheitsbehälter gekommen war, aber gering. Sicherheitssysteme wurden nicht angefordert. Nach der Reparatur der defekten Ventildichtung wurde die Anlage nach wenigen Tagen wieder angefahren.

**Beispiel 3:** In einer weiteren Stellungnahme der GRS wurde der Ausfall von sogenannten Schwungradgeneratoren der Kühlmittelumwälzpumpen in einem schwedischen und einem finnischen Siedewasserreaktor hinsichtlich der Übertragbarkeit auf deutsche Anlagen bewertet. In beiden Kernkraftwerken kam es zu einem Ausfall dieser Schwungradgeneratoren, die ein verlängertes Auslaufverhalten der Kühlmittelumwälzpumpen bei elektrischen Störungen gewährleisten sollen. Zu Schäden an Brennelementen ist es bei den Ereignissen nicht gekommen. In deutschen Kernkraftwerken sind vergleichbare Schwungradgeneratoren nicht eingesetzt. Die bei den Ereignissen aufgetretenen elektrischen Störungen sind allerdings auch für die Betriebserfahrung deutscher Kernkraftwerke relevant und werden im Rahmen von vertieften Untersuchungen weiter betrachtet.

**Beispiel 4:** Bezüglich spezieller Gutachtenstätigkeiten der GRS sind im Berichtszeitraum auch wieder Untersuchungen zur Beherrschbarkeit eines Kühlmittelverluststörfalls beim Eintrag von Isoliermaterial in den Sumpf des Sicherheitsbehälters zu nennen. Die GRS hat hinsichtlich der sicherheitstechnischen Anforderungen in den letzten Jahren mehrfach in fachlichen Stellungnahmen auf notwendige Entwicklungen hingewiesen. Aus Sicht der GRS wurde für DWR-Anlagen bisher kein geschlossener, »robuster« Nachweis der Beherrschung eines Kühlmittelverluststörfall mit nachfolgender Freisetzung von faserigem Isoliermaterial geführt. Deshalb hat die GRS im Jahr 2008 ein Konzept entwickelt und vorgestellt, dass unseres Erachtens dieser Zielsetzung genügt.

Zu den wesentlichen Anforderungen an die Beherrschung eines derartigen Kühlmittelverluststörfalls gehört die Forderung nach einem nahezu isoliermaterialfreien Kern. Die möglichen Auswirkungen einer vollständigen Kernverstopfung können weder durch Maßnahmen der Störfallbeherrschung noch durch Maßnahmen des anlageninternen Notfallschutzes ausreichend sicher begrenzt werden. Daraus ergibt sich die Anforderung, dass das Isoliermaterial und ggf. andere Stoffe spätestens am Sumpfsieb sicher zurückgehalten werden müssen. Eine merkliche Penetration insbesondere von faserförmigem Isoliermaterial durch das Sumpfsieb ist aus Sicht der GRS unbedingt zu vermeiden.

In ausländischen Experimenten wurden erhebliche Einflüsse chemischer Reaktionsstoffe auf den Druckverlust über die Sumpfsiebe in der Nachkühlphase eines solchen Störfalls festgestellt. Experimente mit den in deutschen DWR-Anlagen zu betrachtenden Stoffen sind unseres Erachtens noch nicht systematisch und im notwendigen Umfang erfolgt. Ein signifikanter Einfluss chemischer Reaktionsstoffe auf den Druckverlust über das Sumpfsieb und den Kern muss ausgeschlossen werden. Die Nachweisführung muss den gesamten Zeitraum einer möglichen Nachkühlphase bis zur Entladung der Brennelemente aus dem Kern berücksichtigen. Der zu untersuchende Zeitraum sollte mindestens mehrere Monate betragen.

Inzwischen wurde von den Betreibern der deutschen Kernkraftwerke eine Umrüstung der in Betrieb befindlichen deutschen DWR-Anlagen in Aussicht gestellt. Dabei sollen die Durchmesser der Sieböffnungen deutlich verringert werden, um den möglichen Eintrag faserförmiger Materials in den Kern sicher auf einen unkritischen Wert zu begrenzen.

### **Erstellung von Entscheidungsgrundlagen für behördliche Prüfung und Beurteilung**

Im Zusammenhang mit den Anträgen von drei Betreibern zur Übertragung von Reststrommengen von neueren auf ältere Kernkraftwerke wurde die GRS zusammen mit weiteren, vom BMU bestimmten Unterauftragnehmern mit einer vergleichenden Sicherheitsüberprüfung beauftragt. Bei diesem Auftrag handelt es sich um eine punktuelle Untersuchung einzelner Bewertungsgegenstände, die gemeinsam von BMU, GRS und den Unterauftragnehmern festgelegt wurden. Bewertungsmaßstab ist der aktuelle Stand von Wissenschaft und Technik. Auftragsgemäß werden neben dem Erfüllungsgrad von regulatorischen Sicherheitsanforderungen insbesondere auch die anlagenspezifischen Sicherheitsreserven in die Bewertung einbezogen. Im Berichtszeitraum wurden von der GRS Untersuchungen zum sicherheitstechnischen Vergleich der KKW Brunsbüttel und Krümmel durchgeführt. In Zusammenarbeit mit dem Ökoinstitut e.V. wurden dem Auftrag entsprechend Einzelberichte zu 12 Bewertungsgegenständen erstellt. Die Vorgehensweise entsprach im Wesentlichen der bei den vorangegangenen Sicherheitsvergleichen der Kernkraftwerke Biblis-A und Emsland sowie Neckarwestheim 1 und 2 entwickelten Vorgehensweise. ■