

## **Empfehlungen der RSK zur Robustheit der deutschen Kernkraftwerke**

### **Einleitung**

Ein Schwerpunkt der Überprüfung der RSK in ihrer Sicherheitsüberprüfung (RSK-SÜ) vom Mai 2011 [1] hinsichtlich der Robustheit aller Einrichtungen und Maßnahmen lag darin, eine eintretende abrupte Verschlechterung im Ereignisablauf (cliff edges) zu erkennen und ggf. Maßnahmen zu deren Vermeidung abzuleiten.

Die RSK ist insbesondere der Frage nachgegangen, ob bei auslegungsüberschreitenden Einwirkungen und Annahmen solche Ausfälle in Sicherheitseinrichtungen auftreten können, dass Schutzziele verletzt werden und es zu Abläufen mit sprunghaft zunehmenden, erheblichen Auswirkungen in der Umgebung kommen kann.

Die Überlegungen betrafen mögliche Ausfälle in Sicherheitseinrichtungen infolge

- A. auslegungsüberschreitender Einwirkungen auf die Sicherheitseinrichtungen bei
  - a. naturbedingten Ereignissen (Kap. 6.2 der RSK-SÜ)
  - b. unterstelltem Versagen von Vorsorgemaßnahmen gegen interne Einwirkungen (Kap. 6.4)
  - c. zivilisatorisch bedingten Ereignissen (Kap. 6.6)
  
- B. auslegungsüberschreitender Annahmen zu übergreifend unterstelltem Versagen in Sicherheitseinrichtungen nicht aufgrund der vorstehend genannten Einwirkungen, sondern aufgrund nicht spezifizierter Ursachen - „GVA<sup>1</sup>-Postulat“ (Kap. 6.3).

Bezüglich der auslegungsüberschreitenden Einwirkungen wurde auf Basis vorliegender Informationen überwiegend festgestellt, dass eine Robustheit der Sicherheitseinrichtungen in unterschiedlichem Grad zwar plausibel ist, aber für eine nachweisliche Bestätigung insbesondere höherer Robustheitslevel/-grade noch zusätzliche Informationen erforderlich sind. Für die Weiterentwicklung des Notfallschutzkonzepts in Hinsicht auf Robustheit ist zu betrachten, bei welchem auslegungsüberschreitenden Ausmaß der Einwirkungen eine ausreichende Wirksamkeit von Sicherheitseinrichtungen nicht mehr zu erwarten ist, aber die zur Einhaltung der Schutzziele benötigten vitalen Sicherheitsfunktionen durch modifizierte oder ergänzende Notfallmaßnahmen abgesichert werden könnten. Wegen der Abhängigkeit von entsprechenden weiteren Betrachtungen oder Untersuchungen wurden in der RSK-SÜ im Mai 2011 insoweit noch keine Empfehlungen zu konkreten Maßnahmen formuliert.

---

<sup>1</sup> GVA = **G**emeinsam **v**erursachter **A**usfall

---

Bezüglich der auslegungsüberschreitenden Annahmen zu GVA-Postulaten war keine Analyse der Folgeschäden von Einwirkungen erforderlich, so dass Empfehlungen zu konkreten Maßnahmen formuliert werden konnten (Kap. 6.5).

Des Weiteren sollte die Durchführbarkeit von Notfallmaßnahmen bei ungünstigen Randbedingungen überprüft werden.

Die Weiterentwicklung des Notfallschutzkonzepts soll aus Sicht der RSK somit Aspekte sowohl hinsichtlich auslegungsüberschreitender Einwirkungen als auch auslegungsüberschreitender Annahmen zu Systemausfällen berücksichtigen und die daraus jeweils abgeleiteten Anforderungen aufeinander abstimmen.

Im Folgenden werden die Aspekte weiter erläutert und konkretisiert.

Wie oben angesprochen wurden in der RSK-SÜ bei der Vergabe von Robustheitsleveln bzw. Schutzgraden gegenüber unterstellten auslegungsüberschreitenden Szenarien zwei Ansätze verfolgt:

- A.** Bei auslegungsüberschreitenden externen und internen Einwirkungen sollen die vitalen Sicherheitsfunktionen vorrangig durch vorhandene Sicherheits- oder Notstandseinrichtungen erfüllt werden, wobei die Auslegungsreserven bei diesen Einrichtungen kreditiert werden können.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit - falls ab einer bestimmten Einwirkungsgröße die Funktionsfähigkeit erforderlicher Einrichtungen nicht mehr angenommen werden kann - die entsprechenden Ausfälle durch geeignete Notfallmaßnahmen (NFM) zu kompensieren, um die vitalen Sicherheitsfunktionen abzusichern.

- B.** Unabhängig von der Frage einwirkungsbedingter Ausfälle (Ansatz A) sind auch auslegungsüberschreitende, übergreifend postulierte Ausfälle in Sicherheits- oder Notstandseinrichtungen zu betrachten, z.B. Station Blackout (SBO) > 2h<sup>2</sup>.

Die RSK hat im Nachgang zu ihrer Stellungnahme vom Mai 2011 die Beratungen zur Bewertung der Robustheit fortgeführt. Auf Basis dieser weiteren Beratungen aktualisiert und ergänzt die RSK ihre Empfehlungen zur Robustheit der deutschen Kernkraftwerke.

Die RSK empfiehlt zum Ansatz A eine systematische Analyse. Die dabei zu verfolgende Vorgehensweise ist in Teil 1 dieser Stellungnahme beschrieben.

Die aus Sicht der RSK zusätzlich zu den Analysen gemäß Ansatz A empfohlenen Herangehensweisen und Maßnahmen für Ansatz B sind im Teil 2 dargestellt. Dabei wird insbesondere auf die ersten Empfehlungen zur Weiterentwicklung des Notfallschutzkonzepts in [1], Abschnitt 6.5 „Generische Schwerpunkte“, eingegangen und diese präzisiert.

---

<sup>2</sup> Hiermit sollen insbesondere GVA-Mechanismen abgedeckt werden, die in einer Einwirkungsanalyse nicht hinreichend abgebildet und auch nicht aufgrund von Vorkehrungen als praktisch ausgeschlossen eingestuft werden können. Typischerweise kommen dafür bei komplexeren Systemen systeminterne GVA-Mechanismen infrage.

---

Die RSK hat ihre Beratungen zur Robustheit der deutschen Kernkraftwerke bis auf die Themen „Absturz von Verkehrsflugzeugen“ und „Extreme Wetterbedingungen“ abgeschlossen. Aus den noch ausstehenden Beratungen können sich noch weitere Empfehlungen ergeben.

Hinsichtlich der Einwirkung von außen (EVA) „Explosionsdruckwelle“, für die für alle Anlagen in [1] der Schutzgrad 1 bestätigt wurde, bei Vorlage entsprechender Unterlagen aber auch Schutzgrade bis 3 für möglich gehalten wurden, besteht aus Sicht der RSK über die in der Stellungnahme [1] empfohlene Überprüfung der Aussagen zu den Sicherheitsabständen hinaus kein Bedarf für weitere Analysen bzw. zusätzliche Notfallmaßnahmen.

Die Ergebnisse der weiteren Untersuchungen entsprechend Teil 1 sowie die bereits festgelegten Maßnahmen in Teil 2 sind in die Weiterentwicklung der Notfallmaßnahmen einzubeziehen.

### **Teil 1: Robustheitsanalyse zur Überprüfung der Wirksamkeit der vitalen Sicherheitsfunktionen bei auslegungsüberschreitenden Einwirkungen von außen oder innen**

1. Zur Absicherung der vitalen Sicherheitsfunktionen bei auslegungsüberschreitenden Einwirkungen von außen (EVA) oder innen (EVI) sollte eine systematische Analyse durchgeführt werden, um Potentiale zur angemessenen Anhebung der Robustheit zu identifizieren, für die ggf. ergänzende Maßnahmen konzipiert werden sollten (siehe Anhang 1).

Dabei ist es zielführend, die Auswirkungen auch unwahrscheinlicher, aber noch nicht praktisch ausgeschlossener Einwirkungen auf Sicherheits- oder Notstandseinrichtungen - ggf. unter Berücksichtigung standort- und anlagenspezifischer Merkmale - zu analysieren und abzuschätzen. Dabei sind jedoch Szenarien mit der Überlagerung

- einer Einwirkung > Bemessungseinwirkung
- mit einem davon unabhängigen (d. h. nicht induzierten), redundanzüberschreitenden Ausfall von Sicherheits- oder Notstandseinrichtungen

aus Sicht der RSK nicht zu unterstellen, da diese Kombinationen als „praktisch ausgeschlossen“<sup>3</sup> eingestuft werden können.

2. Somit sind die Auslegungsreserven in den vorhandenen Sicherheits- oder Notstandseinrichtungen dahingehend zu bewerten, ob und ab wann bei erhöhten (auslegungsüberschreitenden) Annahmen zu externen und internen Einwirkungen die benötigte Sicherheitsfunktion von Sicherheits- oder Notstandseinrichtungen gefährdet sein kann. Diese Analysen können mittels ingenieurmäßiger Bewertungen erfolgen.

---

<sup>3</sup> IAEA SSR 2/1 Specific Safety Requirements "Safety of Nuclear Power Plants: Design", January 2012, 2.11: „The possibility of certain conditions occurring is considered to have been practically eliminated if it is physically impossible for the conditions to occur or if the conditions can be considered with a high degree of confidence to be extremely unlikely to arise.”

---

Dabei ist auch zu bewerten, inwieweit bestehende Vorsorgemaßnahmen zur Vermeidung auslegungsüberschreitender Zustände auch bei den erhöhten Einwirkungen wirksam bleiben. In die entsprechenden Bewertungen sind alle Komponenten einzubeziehen, die für das Absichern der vitalen Sicherheitsfunktionen benötigt werden. Werden z. B. Ausfälle bei sicherheitstechnisch wichtigen elektrischen Einrichtungen im Kontext auslegungsüberschreitender EVAs oder EVIs betrachtet, muss auch die Widerstandsfähigkeit der ganzen Kette vom Dieselaggregat über Schaltanlagen, Kabeltrassen etc. gegenüber der jeweiligen auslegungsüberschreitenden Einwirkung betrachtet werden, um zu beurteilen, ob diese unter den zu Grunde gelegten Bedingungen noch mit ausreichender Wahrscheinlichkeit zur Verfügung stehen.

3. Auf der Basis von 2. ist dann zu bewerten, ob eine Erhöhung der Robustheit möglich ist
  - entweder durch angemessene Maßnahmen zur Ertüchtigung vorhandener Sicherheits- oder Notstandseinrichtungen
  - oder durch vorhandene oder zusätzliche Notfallmaßnahmen zur Absicherung vitaler Sicherheitsfunktionen bei zu erwartendem Ausfall von Sicherheits- oder Notstandseinrichtungen. Diese Notfallmaßnahmen dürfen ihre Funktionsfähigkeit nicht durch diejenigen Einwirkungen verlieren, die in den Analysen zum Funktionsausfall von Sicherheits- oder Notstandseinrichtungen geführt haben.
4. Mit den auf diese Weise konzipierten Notfallmaßnahmen zur Absicherung der vitalen verfahrenstechnischen Sicherheitsfunktionen kann dann auch die Aufgabenstellung für Hilfsfunktionen abgeleitet werden und damit für geeignete Notfallmaßnahmen zur Kompensation von ggf. auftretenden Ausfällen in den sicherheitstechnischen Hilfsfunktionen (insbesondere elektrische Energieversorgung und Nebenkühlwasserversorgung).

Die RSK hält es für angemessen, dass im Ergebnis mindestens Robustheitslevel 1 bzw. mindestens Schutzgrad 2 (zivilisatorische Einwirkungen) angestrebt wird.

Im Folgenden sind zu einzelnen Einwirkungen weitere Erläuterungen für die Durchführung einer Analyse im Sinne eines pragmatischen Vorgehens zusammengestellt:

### **Einwirkungen von außen (EVA)**

#### **Erdbeben**

Wie in [1] dargestellt, weisen die deutschen Kernkraftwerke aus Sicht der RSK signifikante Auslegungsreserven für bemessungsüberschreitende Erdbeben auf. Zur Absicherung dieser Einschätzung wird empfohlen:

- a) Für Anlagen, für die Ergebnisse von probabilistischen seismischen Sicherheitsanalysen vorliegen, ist die Robustheit gegenüber auslegungsüberschreitenden Erdbebeneinwirkungen zu bewer-

---

ten. Die Bewertung soll auf Basis der HCLPF (High Confidence of Low Probability of Failure<sup>4</sup>) Werte der zur Gewährleistung der vitalen Sicherheitsfunktionen erforderlichen Bauwerke und Einrichtungen erfolgen.

- b) Für Anlagen, für die keine Ergebnisse von probabilistischen seismischen Sicherheitsanalysen vorliegen, kann der Weg gewählt werden, eine Übertragbarkeitsbetrachtung (evtl. unterstützt über eine Begehung der Anlage durch eine Expertenkommission) ausgehend von Ergebnissen gemäß a) zur Bewertung der Robustheit gegenüber auslegungüberschreitenden Erdbebeneinwirkungen vorzunehmen.

Im Sinne der Robustheit ist eine Überlagerung kurzzeitiger, während des Nichtleistungsbetriebes anstehender Betriebszustände mit einem Erdbeben über die bisherigen Regelwerksvorgaben hinaus zu betrachten. Dieser Fall ist bislang auch nicht im Rahmen der RSK-SÜ behandelt worden. Zur Analyse der Robustheit ist zu zeigen, dass das Bemessungsbeben bei kurzzeitig anstehenden Betriebszuständen nicht zu erheblichen Auswirkungen in der Umgebung führt.

Dabei sind insbesondere Situationen zu betrachten, in denen vitale Sicherheitsfunktionen dadurch beeinträchtigt werden können,

- dass veränderte Massenverteilungen (z. B. gefüllter Reaktorraum bei Umladung) im Reaktorgebäude zu höheren Erdbeben bedingten Belastungen sicherheitsrelevanter Einrichtungen und Gebäudestrukturen führen als im Leistungsbetrieb.
- dass bestimmte Einrichtungen ausschließlich (z. B. Flutkompensator beim SWR) oder in einer spezifischen Betriebsweise (z. B. Brennelement-Wechselmaschine außerhalb der Parkposition) im Nichtleistungsbetrieb eingesetzt werden, für die keine spezifischen oder keine abdeckenden Auslegungsnachweise gegen Erdbeben vorliegen.
- dass Einrichtungen (z. B. Brennelement-Transportbehälter, schwere Komponenten) und Betriebsmittel (Schmieröle und Lösungsmittel), die im Nichtleistungsbetrieb in die Anlage eingebracht bzw. gehandhabt werden, Erdbeben bedingt zu Schäden an sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen und Gebäudestrukturen führen.
- dass sicherheitsrelevante Maßnahmen und Einrichtungen bei Erdbeben im Nichtleistungsbetrieb nur eingeschränkt zur Verfügung stehen (z. B. Freischaltung von Nachkühlsträngen, kurzfristige Handmaßnahmen), die für die Beherrschung der Erdbebenfolgen benötigt werden.

Für Anlagen, die sich dauerhaft im Nichtleistungsbetrieb befinden, ist der Robustheitsnachweis für länger andauernde Zustände auch bei auslegungüberschreitenden Erdbeben gemäß a) und b) (siehe oben) zu führen.

---

<sup>4</sup> IAEA, "Seismic Evaluation of Existing Nuclear Power Plants"; Safety Reports Series, No 28, April 2003  
IAEA, "Evaluation of Seismic Safety for Existing Nuclear Installations; Safety", Guide No. NS-G-2.13; 2009

---

## Hochwasser

Sofern ein Pegelstand, bei dem eine Gefährdung vitaler Sicherheitsfunktionen zu besorgen ist, nicht aufgrund der standortspezifischen Gegebenheiten ausgeschlossen werden kann, sind die Kriterien aus der Sicherheitsüberprüfung [1] für mindestens Level 1 heranzuziehen. Alternativ kann standortspezifisch begründet dargelegt werden, dass eine postulierte Abflussmenge, die durch Extrapolation vorhandener probabilistischer Kurven auf eine Eintrittshäufigkeit von  $10^{-5}/a$  ermittelt wird, nicht zum Verlust vitaler Sicherheitsfunktionen führt. Für Tidestandorte gilt eine analoge Vorgehensweise. Die hierbei angewandte Methodik ist nachvollziehbar darzulegen.

Die Auftriebssicherheit von Kanälen und Gebäuden ist dabei zu berücksichtigen.

## Einwirkungen von Innen (EVI)

### Ringraum-Überflutung

Die RSK hat im Rahmen der RSK-SÜ [1] ein Potenzial für „cliff edge“ Effekte infolge einer auslegungsüberschreitenden Ringraumüberflutung gesehen.

Es sollten folgende Sachverhalte dargestellt bzw. geklärt werden

- Darstellung der bei einer Überflutungshöhe von 2 m auf der unteren Ringraumebene ausfallenden sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen. Hierbei ist insbesondere zu prüfen, welche Auswirkungen sich durch die Überflutung von Messumformern und weiteren elektrischen und leittechnischen Einrichtungen im Ringraum auf die Nachwärmeabfuhr und die Borierung des Primärkühlmittels ergeben können. Hierbei ist darzustellen, ob Maßnahmen behindert, verhindert oder fehlerhaft ausgelöst werden können.
- Unter Berücksichtigung dieses Punktes ist darzustellen, welche Maßnahmen je nach Betriebsphase im Einzelnen gesichert zur Verfügung stehen, um unter den Randbedingungen einer auslegungsüberschreitenden Überflutung des Ringraums bis zu einer Fluthöhe von 2 m einen unzulässig langen Ausfall vitaler Sicherheitsfunktionen zu vermeiden. Insbesondere ist darzustellen, mit welchen Maßnahmen
  - o bei auslegungsüberschreitenden Überflutungen ausgehend vom Leistungsbetrieb kurzfristig die sekundärseitige Wärmeabfuhr sowie darüber hinaus ein Abfahren in den kalten drucklosen, unterkritischen Zustand gewährleistet sind und welche Einrichtungen hierfür kreditiert werden müssen und zur Verfügung stehen.

- 
- bei auslegungsüberschreitenden Überflutungen sowohl im Leistungsbetrieb als auch im Nichtleistungsbetrieb im erforderlichen Zeitrahmen die Kühlung des Brennelement-Beckens sichergestellt werden kann.
  - bei auslegungsüberschreitenden Überflutungen im Nichtleistungsbetrieb mit abgesenktem Füllstand in den Hauptkühlmittelleitungen kurzfristig und mittelfristig eine Ergänzung des verdampften Inventars erreicht werden kann (dabei ist z. B. zu belegen, dass die Druckspeicher-Einspeisung gesichert verfügbar ist und aktiviert werden kann).

Ferner ist aufzuzeigen, wie in Betriebsphasen mit geflutetem Reaktorbecken Szenarien mit Wasserverlusten in den Ringraum aus dem verbundenen System (RDB – Reaktorraum – Brennelement-Lagerbecken) unter allen Betriebsbedingungen der Brennelement-Beckenkühl- und Beckenreinigungssysteme (incl. Lecks verursacht durch Fehlhandlungen oder Fehlanregungen von RS-Schutzsignalen) verhindert und bei Versagen der dafür ggf. vorgesehenen Vorsorgemaßnahmen beherrscht werden.

### **Lastabsturz**

Ergänzend zur RSK-SÜ [1] sieht die RSK beim Versagen von Vorsorgemaßnahmen gegen Lastabsturz ein Potential für „cliff-edge“ Bedingungen. Es wird daher empfohlen:

- Die Auswirkungen des Absturzes eines Brennelement-Transportbehälters in das Brennelement-Lagerbecken sind im Hinblick auf einen Verlust an Beckenwasser zu analysieren. Die Überspeisbarkeit von auftretendem Verlust an Beckenwasser ist zu überprüfen, ggf. sind spezifische Notfallmaßnahmen zu schaffen.
- Ebenso sind die Auswirkungen des Absturzes von Lasten in den RDB oder auf die im Nichtleistungsbetrieb vorhandene Verbindung von RDB und BE-Lagerbecken zu analysieren. Ggf. sind abhängig von den Folgewirkungen spezifische Notfallmaßnahmen zu schaffen.
- Bezüglich der Handhabung von Lasten im Umfeld von sicherheitstechnisch erforderlichen Einrichtungen ist zu analysieren, ob sich nach einem postulierten Absturz einer Last unzulässigen Rückwirkungen auf die Druckführende Umschließung ergeben oder redundanzübergreifende Schäden resultieren, die zu „cliff-edge“ Bedingungen in der Anlage führen können.

---

## Teil 2: Maßnahmen im Hinblick auf postulierte Ausfälle

Als ein Ergebnis der RSK-SÜ hat die RSK im Mai 2011 in Kapitel 6.5 von [1] erste Empfehlungen zur Erhöhung der Robustheit der deutschen Kernkraftwerke hinsichtlich postulierter Ausfälle formuliert. Die RSK hat im Nachgang dazu ihre Beratungen zur Bewertung der Robustheit fortgeführt. Auf Basis dieser weiteren Beratungen konkretisiert und ergänzt die RSK ihre Empfehlungen aus Kapitel 6.5 in [1] vom Mai 2011 wie folgt:

1. Die sicherheitstechnische Zielsetzung der im Teil 2 angesprochenen Notfallmaßnahmen soll auch bei bzw. nach naturbedingten Bemessungseinwirkungen von außen (EVA) erreicht werden. Dabei sind insbesondere folgende Aspekte bei/nach diesen EVA zu berücksichtigen:
  - ggf. anzunehmende Einschränkungen der Zugänglichkeit des Kraftwerksgeländes und von Kraftwerksgebäuden,
  - die Funktionsfähigkeit der Notfallmaßnahmen,
  - die Verfügbarkeit der Ausweichstelle.
2. Die Verfügbarkeit von Drehstrom ist notwendige Voraussetzung für die überwiegende Anzahl der Maßnahmen, mit denen vitale Sicherheitsfunktionen abgesichert bzw. wiederhergestellt werden können.
  - a. Es ist zu zeigen, dass die für die vitalen Sicherheitsfunktionen benötigte Drehstromversorgung selbst dann gegeben ist, wenn bis zu einer Woche keine Netzanbindung verfügbar ist.

Der langandauernde Notstromfall mit Unverfügbarkeit der Netzanschlüsse bis zu einer Woche wird als Folge der EVA mit entsprechenden Zerstörungen in der Infrastruktur außerhalb der Anlage angesetzt. Soweit für die Drehstromversorgung nach Netzausfall die anlageneigenen Notstromaggregate kreditiert werden, sind die Treibstoffvorräte für diese Aggregate so zu lagern, dass sie auch unter Berücksichtigung derartiger Einwirkungen verfügbar bleiben. Bei Kreditierung externer Ressourcen (Treibstoff, Schmiermittel, mobile Aggregate) ist zu zeigen, dass sie auch unter Berücksichtigung derartiger Einwirkungen verfügbar bleiben und zum Einsatzort gebracht werden können.

- b. Bei einem unterstellten Station Blackout sollen die erforderlichen vitalen Sicherheitsfunktionen erhalten bleiben oder rechtzeitig vor Erreichen von „cliff-edge“ Effekten wiederhergestellt werden können. Dies umfasst:
  - Die für die vitalen Sicherheitsfunktionen benötigte Gleichstromversorgung soll selbst dann gegeben sein, wenn bis zu 10 h eine Drehstromversorgung nicht verfügbar ist. Ein autarkes Ladeaggregat zum Wiederaufladen von relevanten Batterien, welches EVA-geschützt vor-

---

gehalten ist, kann kreditiert werden, wenn die Karenzzeiten für Anschluss und Nutzung eines solchen Ladeaggregats sicher ausreichen.

- Des Weiteren ist zu zeigen, dass eine Drehstromversorgung im Rahmen einer anlagenspezifisch ermittelten Karenzzeit mit Ersatzaggregaten wiederhergestellt werden kann. Hierzu zählen aus Sicht der RSK:
  - EVA-geschützte Anordnung von standardisierten Einspeisepunkten außerhalb der Gebäude zur Versorgung der für den Erhalt der vitalen Sicherheitsfunktionen notwendigen Systeme. Durch eine entsprechende Ausführung der Einspeisepunkte soll gewährleistet werden, dass die dafür erforderlichen Notstromschienen bzw. die Notspeisenotstromschienen versorgt werden können, ohne den Schutzzustand der entsprechenden Gebäude (z. B. Lüftungsabschluss und Hochwasserschutz) gegenüber den betreffenden EVA zu beeinträchtigen. Die Einspeisepunkte sind rückwirkungsfrei auszuführen.
  - mindestens ein EVA-geschützter mobiler Notstromgenerator mit einer Leistung für eine Nachkühlredundanz.
  
- 3. Überprüfung des Notfallschutzkonzepts im Hinblick auf Einspeisemöglichkeiten zur Kühlung der Brennelemente und zur Sicherstellung der Unterkritikalität. Dabei sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:
  - EVA-geschütztes Vorhalten mobiler Pumpen und von sonstigem Einspeiseequipment (Schläuche, Anschlussstücke, Kupplungen etc.) sowie von Bor mit einer Vorgabe von Karenzzeiten für die Bereitstellung einschließlich Antransport.
  - Gewährleistung einer auch nach EVA verfügbaren Wasserentnahmestelle.
  - Wassereinspeisemöglichkeiten in den Dampferzeuger, das Reaktorkühlsystem und ggf. die Kondensationskammer sowie den Reaktorsicherheitsbehälter (hierbei auch unter Berücksichtigung höherer Gegendrücke), ohne dass ein Betreten von Bereichen mit hohem Gefährdungspotential (Dosisleistung, Trümmerlast) erforderlich ist und um örtliche Zerstörungen kompensieren zu können (z. B. durch festverlegte und räumlich getrennte Einspeisewege).

Im Hinblick auf den postulierten Ausfall der primären Wärmesenke finden sich Ausführungen in [2].

- 4. Die Einrichtungen zur gefilterten Druckentlastung sind so abzusichern, dass die Druckentlastung auch bei bzw. nach naturbedingtem Bemessungs-EVA und bei Station Blackout wiederholt durchgeführt werden kann. Zudem ist die Wirksamkeit der Einrichtungen zum Wasserstoffabbau im Sicherheitsbehälter entsprechend abzusichern.

---

5. Stärkere Berücksichtigung der Nasslagerung von Brennelementen im Rahmen des Notfallschutzkonzepts unter Beachtung folgender Aspekte:

- Wassereinspeisemöglichkeiten in das Brennelement-Nasslager, ohne dass ein Betreten von Bereichen mit hohem Gefährdungspotential (Dosisleistung, Trümmerlast) erforderlich ist und um örtliche Zerstörungen kompensieren zu können (z. B. durch festverlegte und räumlich getrennte Einspeisewege).
- Zur Absicherung der Verdampfungskühlung: Nachführung der Nachweise für Brennelement-Lagerbecken, Flutraum, Absetzbecken, Flutkompensator auf Siedetemperatur.

Weiterhin sieht die RSK es als erforderlich an, dass die Einführung der Severe Accident Management Guidelines (SAMG) kurzfristig erfolgt.

---

## **Beratungsunterlagen**

- [1] RSK-Stellungnahme  
Anlagenspezifische Sicherheitsüberprüfung (RSK-SÜ) deutscher Kernkraftwerke unter Berücksichtigung der Ereignisse in Fukushima-I (Japan)  
Anlage zum Ergebnisprotokoll der 437. Sitzung der RSK am 11. - 14.05.2011

- [2] [RSK-Stellungnahme](#)  
[Ausfall der primären Wärmesenke](#)  
[Anlage 1 zum Ergebnisprotokoll der 446. Sitzung der Reaktor-Sicherheitskommission \(RSK\) am 05.04.2012](#)

### **Schema für die Analyse bei auslegungsüberschreitenden Annahmen**

<p><b>Welche vitalen Sicherheitsfunktionen werden benötigt, um Brennelementschäden mit erheblichen Auswirkungen auf die Umgebung zu vermeiden? (abhängig von Ausgangszustand der Anlage)</b></p>
<p><b>Welche Sicherheits- und Notstandseinrichtungen sind nach erhöhten (auslegungsüberschreitenden) Annahmen zu externen oder internen Einwirkungen noch verfügbar, um diese vitalen Sicherheitsfunktionen bereit zu stellen bzw. welche Ausfälle wären zu erwarten?*</b></p>
<p><b>Wie weit sind solche Ausfälle entweder durch Ertüchtigungen vermeidbar oder durch geeignete Notfallmaßnahmen kompensierbar, um die vitalen Sicherheitsfunktionen zu erhalten?</b></p>
<p><b>Wann werden welche Hilfsfunktionen mit welcher Kapazität benötigt, um Einrichtungen für die vitalen Sicherheitsfunktionen rechtzeitig zu versorgen?</b></p>
<p><b>Welche der auslegungsgemäß vorhandenen Einrichtungen für die Hilfsfunktionen sind nach den entsprechenden Einwirkungen noch verfügbar und ausreichend?*</b></p>
<p><b>Welche Anforderungen müssen Notfallmaßnahmen erfüllen, um erforderlichenfalls Ausfälle in den Hilfsfunktionen auszugleichen?</b></p>
<p><b>Wie lassen sich entsprechende Notfallmaßnahmen für vitale Sicherheitsfunktionen und Hilfsfunktionen realisieren?</b></p>
<p>*Keine Betrachtungen für praktisch auszuschließende Szenarien</p>