

---

RSK-Stellungname

(509. Sitzung der Reaktor-Sicherheitskommission (RSK) am 27.03.2019)

## **Anforderungen bei einer passiven Kühlung der Brennelemente im Lagerbecken**

### **1 Beratungsauftrag des BMU und Beratungsgang**

Mit Schreiben vom 09.02.2018 [1] bat das BMU die RSK um Beantwortung der Frage:

*Welche Systeme sind nach Auffassung der RSK für die Sicherstellung der Kühlung der noch vorhandenen Brennelemente im Lagerbecken nach dem Wechsel in die Stilllegung erforderlich?*

*Neben den Kühl- und Nachspeisesystemen sollten dabei auch Systeme wie Lüftungsanlagen, Abschlussarmaturen und die Notstromversorgung betrachtet werden. Zu berücksichtigen sind dabei auch Gesichtspunkte der Robustheitsbetrachtungen, von Notstandsfällen und des auslegungsüberschreitenden Bereichs.*

In der 130. Sitzung des Ausschusses ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK (AST) am 28.03.2018 wurde der Beratungsauftrag des BMU beraten. Zur Vorbereitung der weiteren Beratungen hat sich am 26.04.2018 eine Ad-hoc-Arbeitsgruppe in Hannover zu dem vorliegenden Beratungsauftrag ausgetauscht und einen Stellungnahmeentwurf erarbeitet. Der Ausschuss AST hat diesen Entwurf in seiner 131., 132. und 133. Sitzung am 17.05.2018, am 05.07.2018 und am 13.09.2018 diskutiert. Am 26.09.2018 kam erneut die Ad-hoc-Arbeitsgruppe in Köln zusammen, um den Stellungnahmeentwurf zu überarbeiten, der Entwurf wurde in der 134. AST-Sitzung am 25.10.2018 verabschiedet. Die RSK beriet die Stellungnahme in der 506. bis 508. Sitzung und verabschiedete sie in ihrer 509. Sitzung am 27.03.2019.

### **2 Hintergrund**

Mit dem 13. Gesetz zur Änderung des Atomgesetzes (AtG) erlöschen für die Kernkraftwerke die Berechtigungen zum Leistungsbetrieb zur gewerblichen Erzeugung von Elektrizität spätestens zu den im Gesetz genannten Zeitpunkten. Mit der letztmaligen Abschaltung zur dauerhaften Beendigung des Leistungsbetriebs gehen die Anlagen in den Nachbetrieb über. Bis zur Erteilung der Stilllegungs- und Abbaugenehmigung (SAG) gemäß § 7 Abs. 3 AtG wird der Nachbetrieb der Anlagen gemäß geltender Betriebsgenehmigung und dabei insbesondere nach den Festlegungen zum Nichtleistungsbetrieb (Anlagenstillstand) durchgeführt. Mit Erteilung und Inanspruchnahme einer SAG beginnt der Restbetrieb. Für die weiterhin verwendeten Anlagenteile gilt i. d. R. zunächst die Betriebsgenehmigung. Der Restbetrieb kann in mehrere Phasen strukturiert sein, z. B. „Restbetrieb mit aktiver bzw. passiver Kühlbarkeit von Brennelementen“ bzw. „mit oder ohne Brennelemente/Brennstoff“.

---

### 3 Anforderungen kerntechnischer Regelwerke / Bewertungsmaßstäbe

Für den Restbetrieb (beginnend mit der Inanspruchnahme der Stilllegungsgenehmigung) und den Abbau ist insbesondere der „Leitfaden zur Stilllegung, zum sicheren Einschluss und zum Abbau von Anlagen oder Anlagenteilen nach § 7 des Atomgesetzes“ relevant.

*Dort heißt es: „Befinden sich noch Brennelemente in der kerntechnischen Anlage, so sind für geplante Abbaumaßnahmen die Rückwirkungsfreiheit dieser Maßnahmen auf den sicheren Betrieb der zur Einhaltung der Schutzziele erforderlichen Systeme und Komponenten darzustellen.“, und „Solange sich während der Stilllegung noch Kernbrennstoff über den in § 2 Absatz 3 AtG genannten Massen oder Konzentrationen in der Anlage befindet, müssen alle dafür erforderlichen Sicherheitsvorkehrungen weiter berücksichtigt und in die entsprechenden Betrachtungen einbezogen werden.“*

Der Leitfaden verweist für die sicherheitstechnische Bewertung von Ereignissen auf eine Orientierung an „den Vorgaben der §§ 46, 47 und 50 StrlSchV sowie an allen anderen Schutzvorschriften der StrSchV.“<sup>1</sup>

In Anlage 2 dieses Leitfadens sind die bisherigen Regelwerke bezüglich ihrer Anwendbarkeit bei Stilllegungsverfahren eingeordnet. Die „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ (SiAnf) sind mit ihren Interpretationen darin wie folgt eingeordnet:

*„Die Regel ist bei Stilllegungsverfahren unter Berücksichtigung des veränderten Gefährdungspotenzials und der im Vergleich zu Errichtung und Betrieb veränderten und in vieler Hinsicht verringerten Anforderungen schutzzielorientiert angepasst bzw. teilweise anwendbar.“*

Weiter heißt es in Anlage 3 dieses Leitfadens:

*„Die Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke sind auf die Belange der Stilllegung sinngemäß anzuwenden. Das Sicherheitsebenenkonzept, wie es in den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke dargestellt wird, ist auf die Stilllegung nicht übertragbar. Die beschriebenen technischen Anforderungen sind jedoch zur Einhaltung der angeführten Schutzziele und zur Einhaltung der radiologischen Sicherheitsziele anzuwenden, angepasst an die noch zu unterstellenden Ereignisse in der Phase der Stilllegung, sodass diese Ereignisse vermieden bzw. beherrscht werden können. Anforderung Nummer 3.11 (7)<sup>2</sup> ist stilllegungsgerichtet.*

*Befinden sich während des Stilllegungsverfahrens noch Brennelemente in der Anlage, so sind zusätzlich noch folgende Ereigniskategorien (in Anlehnung an die Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke) relevant:*

- *Verringerte Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken,*
- *Kühlmittelverlust aus dem Brennelementlagerbecken,*
- *Reaktivitätsänderungen im Brennelementlagerbecken und Kritikalitätsstörfall und*
- *Ereignisse bei Handhabung und Lagerung von Brennelementen.“*

---

<sup>1</sup> Mit der Novellierung des Strahlenschutzrechtes in 2018 haben sich die diesbezüglichen Anforderungen inhaltlich nicht geändert.

<sup>2</sup> „Kernkraftwerke müssen so beschaffen sein, dass sie unter Einhaltung der Strahlenschutzbestimmungen stillgelegt werden können. Es muss ein Konzept für eine Beseitigung nach der endgültigen Stilllegung unter Einhaltung der Strahlenschutzbestimmungen vorhanden sein.“

---

---

Die Anwendbarkeit der verschiedenen KTA-Regeln auf Restbetrieb und Abbau ist ebenfalls aufgeführt. Danach sind auch die Anforderungen der KTA-Regeln der KTA-Serie 3500, die KTA 3601, die KTA 3602 und die KTA-Serie 3700 im Rahmen der Stilllegung, solange sich noch Kernbrennstoff in der Anlage befindet, anzuwenden.

Schlussendlich definieren die „ESK-Leitlinien zur Stilllegung kerntechnischer Anlagen“ Schutzziele (Unterkritikalität und Abfuhr der Zerfallswärme) sowie Ereignisse und verweisen wiederum auf die SiAnf: „Soweit es sicherheitstechnisch erforderlich ist, sind hierzu auch die diesbezüglichen Anforderungen aus den „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ zu berücksichtigen.“

## **4 Beratungsergebnisse**

### **4.1 Betrachtungsumfang**

Der Beratungsauftrag [1] thematisiert den Restbetrieb mit noch vorhandenen Brennelementen (BE) oder Brennstäben im Lagerbecken. Für die Beantwortung der Frage in [1], welche Systeme für die Sicherstellung der Kühlung von noch vorhandenen Brennelementen erforderlich sind, ist es aus Sicht der RSK für die Beratung hilfreich, diese Phase des Restbetriebs in Abhängigkeit von der Höhe der noch abzuführenden Nachwärme zu unterteilen.

Diese Stellungnahme befasst sich mit der Teilphase des Restbetriebs, in der die abzuführende Nachwärme (infolge noch vorhandener Brennelemente und/oder noch vorhandener einzelner Brennstäbe) so weit reduziert ist, dass folgende Bedingung eingehalten ist:

Bei Ausfall der aktiven Systeme wird durch passive Kühlung eine Brennelement-Lagerbeckentemperatur von 60 °C dauerhaft nicht überschritten (entsprechend der Temperatur T2 aus der KTA 3303).

Für den Fall, dass in dieser Phase des Restbetriebs (nachfolgend Phase mit möglicher passiver Kühlung genannt) Änderungen der Verfügbarkeitsanforderungen an Systemen zur Nachwärmeabfuhr oder zur Nachspeisung des Lagerbeckens vorgenommen werden sollen, werden im Folgenden die dabei zu betrachtenden Ereignisse, die Schutz- und Nachweisziele, die Nachweiskriterien sowie Anforderungen an die Nachweisführung dargestellt und die Mindestanforderungen an Umfang und Art der noch vorzuhaltenden Systeme abgeleitet.

### **4.2 Schutzziele und zu betrachtende Ereignisse**

Für die in Abschnitt 4.1 definierte Phase mit möglicher passiver Kühlung sind die Schutzziele gemäß Abschnitt 2.3 der SiAnf

- Kontrolle der Reaktivität (R),
- Kühlung der Brennelemente (K),
- Einschluss der radioaktiven Stoffe (B),

---

und gemäß Abschnitt 2.5 der SiAnf

- die radiologischen Sicherheitsziele (S)

einzuhalten. Zur Überprüfung der Einhaltung dieser Ziele sind gemäß dem „Leitfaden zur Stilllegung, zum sicheren Einschluss und zum Abbau von Anlagen oder Anlagenteilen nach § 7 des Atomgesetzes“ (Anlage 3) (sofern sich noch Brennelemente oder Brennstoff in der Anlage befinden) folgende Ereigniskategorien zu betrachten (siehe obigen Abschnitt 3):

- verringerte Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken,
- Kühlmittelverlust aus dem Brennelementlagerbecken,
- Reaktivitätsänderungen im Brennelementlagerbecken und Kritikalitätsstörfall,
- Ereignisse bei Handhabung und Lagerung von Brennelementen.

Diese Ereigniskategorien sind auch für die in Abschnitt 4.1 definierte Phase mit möglicher passiver Kühlung zu betrachten.

Gemäß der Strahlenschutzverordnung sind der bestimmungsgemäße Betrieb und sicherheitstechnisch bedeutsame Ereignisse (Störfälle) zu betrachten. Dem Beratungsauftrag [1] folgend werden Betrachtungen zu Notstandsfällen sowie zur Robustheit und zum auslegungsüberschreitenden Bereich ergänzt.

### **4.3 Nachweisziele und Nachweiskriterien**

Die Nachweise für die in Abschnitt 4.2 genannten Ereigniskategorien

- Reaktivitätsänderungen im Brennelementlagerbecken und Kritikalitätsstörfall und
- Ereignisse bei Handhabung und Lagerung von Brennelementen

sind entsprechend den SiAnf zu führen. Der Nachweis der Unterkritikalität im BE-Lagerbecken ist für alle Anlagen auch bei Kernvollausladung zu erbringen. Dieser kann alternativ mit Borkredit oder unter Berücksichtigung eines tatsächlich vorhandenen Mindestabbrandes der BE im Lagerbecken erbracht werden und deckt die möglichen Zustände im Restbetrieb ab.

Für die radiologischen Sicherheitsziele S bei Ereignissen bei Handhabung und Lagerung von Brennelementen gelten die einschlägigen Grenzwerte der Strahlenschutzverordnung. Aufgrund des radioaktiven Zerfalls dosisrelevanter Nuklide ergeben sich für die Handhabung im Restbetrieb ggf. niedrigere systemtechnische Anforderungen gegenüber der Kernvollausladung nach Leistungsbetrieb.

Weiterhin ist für das Schutzziel B und die Sicherheitsziele S zu zeigen, dass durch die infolge von Verdunstung freigesetzte Aktivität die radiologischen Grenzwerte nicht verletzt werden.

In jedem Falle ist eine ausreichende Wasserüberdeckung und Kühlung der Brennelemente eine Voraussetzung für die Einhaltung des Schutzziels B und der Sicherheitsziele S. Ausgehend von den obigen Darlegungen

---

konzentriert sich die Stellungnahme im Folgenden auf das Schutzziel K „Kühlung der Brennelemente“ und die zugehörigen Ereigniskategorien

- verringerte Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken und
- Kühlmittelverlust aus dem Brennelementlagerbecken.

Das Schutzziel K ist gemäß SiAnf (Anhang 2 Tabelle 3.2) eingehalten, wenn auf der Sicherheitsebene 2 (SE 2) die Beckenwassertemperatur auf Werte begrenzt bleibt, die eine Begehbarkeit des Lagerbeckenbereichs mit betriebsüblichen Maßnahmen sicherstellen und wenn die Wasserüberdeckung ausreicht, um die Zulaufverhältnisse für die Beckenpumpen zu gewährleisten. Auf der SE 3 ist nachzuweisen, dass die Beckenwassertemperatur unterhalb der Auslegungstemperatur des Beckens bleibt und dass die Wasserüberdeckung ausreicht, um die BE ausreichend zu kühlen. Diese Ziele gelten als eingehalten, wenn spezifizierte Beckenwassertemperaturen nachgewiesen werden. Die Werte zulässiger Beckenwassertemperaturen sind in der KTA 3303 gestaffelt nach den Sicherheitsebenen (SE) aufgelistet und betragen 45, 60 bzw. 80 °C.

Sofern in der in Abschnitt 4.1 definierten Phase mit möglicher passiver Kühlung Änderungen der Verfügbarkeitsanforderungen an Systeme zur Nachwärmeabfuhr oder zur Nachspeisung des Lagerbeckens vorgenommen werden sollen, ist im Hinblick auf das Schutzziel K die Einhaltung folgender Nachweiskriterien zu zeigen:

- Im Normalbetrieb ist weiterhin eine maximale Beckenwassertemperatur von 45 °C sowie der betrieblich geforderte Mindestfüllstand im Lagerbecken einzuhalten (Einordnung in SE 1 nach SiAnf).
- Bei allen Ereignissen, die auf der Sicherheitsebene 2 nach SiAnf anzunehmen sind, ist zu zeigen, dass ohne die Verwendung jeglicher aktiver Einrichtungen („Passivkühlung“) die Nachweisziele der Sicherheitsebene 2 eingehalten werden. Damit ist eine maximale Beckenwassertemperatur von 60 °C einzuhalten.
- Für die einleitenden Ereignisse der Sicherheitsebene 3 laut SiAnf ist zu zeigen, dass der passive Wärmetransport unter Berücksichtigung der Anforderungen in Abschnitt 4.4 eine Überschreitung der Beckenwassertemperatur von 60 °C verhindert. Auch unter Berücksichtigung aller gemäß SiAnf anzusetzenden Randbedingungen zur Nachweisführung auf der SE 3 werden die Nachweiskriterien der SE 2 nicht überschritten.

Hinweise:

Mit der Einhaltung dieser Beckenwassertemperatur ist zudem eine grundsätzliche Begehbarkeit des Beckenflurs für die Durchführung von Maßnahmen gegeben<sup>3</sup>.

Die Forderung bezüglich der Zulaufverhältnisse für die Beckenpumpen ist im betrachteten Betriebszustand nicht relevant, da vom Betrieb der Beckenpumpen kein Kredit genommen wird.

---

<sup>3</sup> KTA 3303: „Für T2 wurde 60°C festgelegt, da bis 60 °C und entsprechenden Dampffechten davon ausgegangen werden kann, dass [...] ggf. erforderliche Arbeiten durchgeführt werden können.“

- 
- Die notwendige Wasserüberdeckung für die Kühlung ist gegeben, wenn die Brennstäbe vollständig mit Wasser bedeckt sind. Allerdings ist zur Sicherstellung der Begehbarkeit des Beckenflurs ein höherer Füllstand (Strahlungsabschirmung) erforderlich. Unter diesem Aspekt wird ein radiologisch erforderlicher Mindestfüllstand im Lagerbecken von ca. 3 m oberhalb der BE-Oberkante (ca. 2,7 m unterhalb der tiefsten Beckenanschlussleitung beim DWR) als geeignetes Nachweiskriterium bewertet<sup>4</sup>. Auf die Frage der Nachspeisung von Beckenwasser wird in Abschnitt 4.4 unter der Ereigniskategorie “Kühlmittelverlust aus dem Brennelementlagerbecken“ eingegangen.

#### 4.4 Spezifische Anforderungen für das Schutzziel K

##### Normalbetrieb

Die Einhaltung einer maximalen Beckenwassertemperatur von 45 °C<sup>5</sup> kann unter Nutzung aktiver Kühlsysteme (Beckenkühlsysteme, Umluftkühler und Lüftungssysteme) gezeigt werden. Verdunstungsverluste werden mit einem Nachspeisesystem ergänzt.

Für den Nachweis werden externe Randbedingungen gemäß KTA 3303 angesetzt (z. B. Außenluft-Temperatur, Feuchte).

##### Ereigniskategorie: Verringerte Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken

Es wird der Ausfall jeglicher aktiver Kühlsysteme postuliert. Für diesen Fall ist zu zeigen, dass die Nachzerfallsleistung bei max. 60 °C Beckenwassertemperatur passiv an die Umgebung abgegeben wird (durch Verdunstung, Konvektion, Wärmeleitung in und durch Beton zur Atmosphäre bzw. zum Erdreich). Für den Nachweis sind die Randbedingungen für die Wärmesenke entsprechend dem Abschnitt 4.3 der KTA 3303 zugrunde zu legen.

Das Wasservolumen des Beckens ist so groß, dass bei Berücksichtigung der für die hier betrachtete Restbetriebsphase zu unterstellenden maximalen Nachzerfallsleistung eine sicherheitstechnisch bedeutsame Abnahme des Wasserinventars durch Verdunstung in den für eine Ereignisbeherrschung zu betrachtenden Zeiträumen nicht zu besorgen ist. Die Verdunstungsverluste liegen, bei Ausfall oder gezielter Abschaltung der Lüftung, bei einer Beckentemperatur von 60 °C bei weniger als 5 m<sup>3</sup> pro Tag (ermittelt z. B. gemäß VDI 2089<sup>6</sup> [2] oder [3]). Die Luftfeuchte im Bereich des BE-Beckens steigt ohne aktive Lüftung schnell an und reduziert die Verdunstungsverluste. Damit ist eine Ergänzung von Verdunstungsverlusten zur Aufrechterhaltung des in Abschnitt 4.3 genannten radiologisch erforderlichen Mindestfüllstands erst sehr langfristig (im Bereich von Wochen) notwendig.

---

<sup>4</sup> Handbuch mitigativer Notfallmaßnahmen DWR 1300 MW: Für eine Kernvollaussladung mit Abklingzeit 300 Tage ergibt sich für einen Beckenfüllstand von ca. 3 m oberhalb der BE-Oberkante eine Dosisleistung am Beckenflur (Sichtkontakt BE) von kleiner 0,01 mSV/h.

<sup>5</sup> In der Praxis wird aus betrieblichen Gründen ein Wert von max. 30 °C angestrebt.

<sup>6</sup> Beispielrechnung: bei einer Lufttemperatur oberhalb des Brennelement-Lagerbeckens von 50 °C bei 80 % relativer Feuchte, einer 105 m<sup>2</sup> Becken- Oberfläche und einem konservativ hohen Verdunstungsbeiwert ( $\epsilon=15$ ) ergibt sich eine Verdunstungsmenge von 3,8 m<sup>3</sup> pro Tag.

---

---

Damit geht die Anlage bei dieser Ereigniskategorie passiv in einen kontrollierten Anlagenzustand gemäß [6] über. Damit ergeben sich keine Anforderungen an aktive Kühlsysteme oder an Nachspeisesysteme, die über die betrieblichen Anforderungen hinausgehen. In diesem Fall ist auch eine Notstromversorgung der hierfür nötigen Einrichtungen nicht erforderlich.

#### Ereigniskategorie: Kühlmittelverlust aus dem Brennelementlagerbecken

Ein Kühlmittelverlust ist über Anschlussleitungen des Beckenkühlsystems zu unterstellen (vgl. SiAnf-Ereignis B3-02) und für den Nachweis der Passivkühlung mit einem Ausfall aktiver Systeme zu überlagern. Ein Leck in diesen Leitungen führt maximal zu einem Füllstandsabfall bis zur Unterkante der Anschlussleitung. Damit ist ein ausreichender Füllstand (>3 m oberhalb der BE-Oberkante) zur Sicherstellung der Begehbarkeit im Bereich des BE-Beckens gewährleistet (Abschirmung der Strahlung). Auch für diesen Fall ist zu zeigen, dass die Nachzerfallsleistung bei max. 60 °C Beckenwassertemperatur passiv an die Umgebung abgegeben wird.

Die Karenzzeit für die Ergänzung von Verdunstungsverlusten zur Aufrechterhaltung eines radiologisch erforderlichen Mindestfüllstands reduziert sich infolge des leckbedingten Füllstandsabfalls. Aufgrund der für die hier betrachtete Restbetriebsphase mit passiver Kühlbarkeit begrenzten maximalen Nachzerfallsleistung im Becken ist eine Ergänzung von Verdunstungsverlusten zur Aufrechterhaltung des in Abschnitt 4.3 genannten radiologisch erforderlichen Mindestfüllstands aber auch für diesen Fall erst sehr langfristig (im Bereich von Wochen) notwendig. Damit ergeben sich keine Anforderungen an aktive Kühlsysteme oder an Nachspeisesysteme, die über die betrieblichen Anforderungen hinausgehen. In diesem Fall ist auch eine Notstromversorgung der hierfür nötigen Einrichtungen nicht erforderlich.

Ein relevanter Wasserverlust über tiefer liegende Leckpositionen muss durch Vorsorgemaßnahmen (VM) weiterhin ausgeschlossen werden. Im Hinblick auf den Fall einer Leckage in der Beckenauskleidung (Liner) ist die zuverlässige Füllstandsüberwachung sowie rechtzeitige Absperrbarkeit der Leckagesammelleitungen aufrecht zu erhalten.

#### Erdbeben

Für das auslösende Ereignis „Erdbeben“ ist ggf. infolge eines Versagens nicht erdbebenfester Leitungsabschnitte des vorhandenen Beckenkühlsystems ebenfalls von einem Füllstandsabfall wie in der vorhergehenden Ereigniskategorie sowie von einem Versagen des vorhandenen Nachspeisesystems auszugehen. In diesem Fall ist zusätzlich eine auch nach Erdbeben verfügbare Nachspeisemöglichkeit vorzusehen. Nach Ansicht der RSK können hierfür auch Ersatzmaßnahmen kreditiert werden (Einspeisung z. B. aus Notspeisebecken oder Feuerlöschsystem u. a. mit mobilen Pumpen an festinstallierte Leitungen, die zum Brennelementlagerbecken führen), sofern deren Wirksamkeit nach einem Erdbeben gezeigt ist. Wenn einer der vorhandenen, gegen Erdbeben ausgelegten Beckenkühlstränge zum Zweck der betrieblichen Beckenkühlung weiter genutzt wird, kann darüber hinaus ein Verlust der aktiven Beckenkühlung sowie der Nachspeisemöglichkeit bei der Ereigniskategorie Erdbeben vermieden werden. Für diesen Beckenkühlstrang ist eine notstromgesicherte Versorgung nicht erforderlich. Weitere Anforderungen an die Nachspeisung

---

ergeben sich aus Überlegungen zur Robustheit bzw. auslegungsüberschreitenden Ereignissen, siehe nächster Abschnitt.

Ein Integritätsverlust des BE-Lagerbeckens bei einem Erdbeben mit daraus resultierenden relevanten Wasserverlusten aus dem Becken ist gemäß der KTA 2502 durch Auslegung auszuschließen.

### Notstandsfälle

Die Einwirkungen von Notstandsfällen auf das Brennelement-Lagerbecken werden über die Auslegung des Reaktorgebäudes beherrscht bzw. führen nicht zu Anlagenzuständen mit einem größeren Füllstandsabfall als bei einem Kühlmittelverlust als einleitendes Ereignis. Im Hinblick auf die Nachspeisung können auch hier o. g. Ersatzmaßnahmen kreditiert werden.

## **4.5 Robustheitsbetrachtungen, auslegungsüberschreitender Bereich**

Im Hinblick auf die Robustheit bzw. den auslegungsüberschreitenden Bereich sind Einwirkungen auf das BE-Lagerbecken zu betrachten, die zu gravierenderen Wasserverlusten aus dem Becken führen könnten als in Abschnitt 4.4 angesetzt.

Bei den Robustheitsbetrachtungen zum Leistungsbetrieb der Anlagen sind mit Ausnahme des Absturzes eines BE-Transportbehälters in das BE-Lagerbecken bzw. in das Transportbehälterlagerbecken keine Einwirkungen von innen oder außen<sup>7</sup> auf das BE-Lagerbecken identifiziert worden, die zu gravierenderen Wasserverlusten führen würden als dies in der Ereigniskategorie "Kühlmittelverlust aus dem Brennelementlagerbecken" unterstellt wurde, bzw. zu deren Beherrschung die Gesamtheit der im Leistungsbetrieb vorhandenen Nachspeisesysteme für das BE-Lagerbecken erforderlich ist.

Im Hinblick auf den Absturz eines BE-Transportbehälters in das BE-Lagerbecken ist gemäß der RSK [4] für den DWR der „Verlust an Beckenwasser“ zu analysieren. Dabei ist die Überspeisbarkeit von auftretendem Verlust an Beckenwasser zu überprüfen, ggf. sind spezifische Notfallmaßnahmen zu schaffen. Alternativ ist detaillierter darzulegen, durch welche Maßnahmen ein Fallen oder Kippen eines BE-Transportbehälters in das BE-Lagerbecken so sicher verhindert wird, dass es (bzgl. Cliff-Edge-Effekten) ausgeschlossen werden kann. Die Erfüllung dieser RSK-Empfehlung ist daher auch unter den Bedingungen der Stilllegung zu zeigen. Beim SWR kann gemäß [4] der Absturz eines BE-Transportbehälters in das Lagerbecken ausgeschlossen werden.

Bei einem postulierten Absturz eines BE-Transportbehälters in das Transportbehälterbecken (TBB) gemäß [4] kann es beim DWR durch Leckagen maximal zu einem Füllstandsabfall bis zur Oberkante Trennwand (Schwelle) zwischen TBB und BE-Lagerbecken kommen. Eine Freilegung von Brennelementen tritt dabei nicht auf. In diesem Fall ergeben sich höhere Wasserverluste aus dem Lagerbecken als bei der Ereigniskategorie Kühlmittelverlust. Unter den Randbedingungen, die dieser Stellungnahme zu Grunde liegen, steht bis zu einer Füllstandsabsenkung durch Verdunstung, die zu einer Freilegung der Brennelemente führt, mindestens eine

---

<sup>7</sup> Im Hinblick auf einen auslegungsüberschreitenden Flugzeugabsturz verweist die RSK bezüglich der Konvoi-Anlagen auf die RSK-Stellungnahme [5] bzw. bzgl. Vorkonvoi und SWR 72 auf noch laufende Beratungen der RSK.



---

Woche Karenzzeit für Maßnahmen zur Verfügung. Die erforderlichen Maßnahmen zur Nachspeisung und Füllstandshaltung können in dieser Zeit vorgenommen werden. Zur Nachspeisung und Füllstandshaltung auf Höhe dieser Schwellenoberkante stehen die in Abschnitt 4.4 genannten Einspeisemöglichkeiten zur Verfügung. Hierbei ist zu beachten, dass der Füllstand im Becken auf bis nur noch ca. 35 cm oberhalb der Brennelemente abfallen kann, so dass aus diesem Grund mit erhöhten radiologischen Belastungen im Bereich des Beckenflurs zu rechnen ist.

Um langfristig die Nachspeisung in das BE-Becken sicherzustellen, ist aus Sicht der RSK eine Maßnahme zur Rückförderung von Leckagen aus dem RSB-Sumpf in das BE-Lagerbecken vorzusehen. Dabei sind ggf. vom Leistungsbetrieb abweichende Randbedingungen beim Anlagenabbau zu berücksichtigen (z. B. erhöhter Eintrag von Schmutz und Fremdkörpern in den RSB-Sumpf). Die Durchführbarkeit der Nachspeise- und Rückspeisemöglichkeiten ist daher auch unter diesen Randbedingungen zu zeigen.

Beim SWR können gemäß [4] aufgrund der Auslegung des TBB relevante Schäden mit der Folge von Leckagen ausgeschlossen werden.

#### **4.6 Übergeordnete Voraussetzungen**

Die obigen Beratungsergebnisse der RSK setzen voraus, dass

- die Anforderungen der KTA 3602, Abschnitt 4 – soweit für diese Phase zutreffend – eingehalten sind,
- alle im Zuge der Ereignisbeherrschung kreditierten Maßnahmen in schriftlichen betrieblichen Regelungen beschrieben sind,
- auch in der Phase der Stilllegung immer noch ausreichend fachkundiges Personal auf der Anlage verfügbar ist um sicherzustellen, dass die Ersatzmaßnahmen in der genannten Karenzzeit ausführbar sind,
- im Zuge der Stilllegung keine Tätigkeiten durchgeführt werden, die eine Rückwirkung auf die sichere Lagerung und Handhabung von Brennelementen im BE-Lagerbecken haben können,
- sich insbesondere die Handhabung von schweren Lasten im Restbetrieb nicht ändert, ggf. relevante Vorsorgemaßnahmen weiter aufrecht erhalten werden und daher die Handhabung von Großkomponenten über dem BE-Lagerbecken (z. B. Dampferzeugerdemontage) in diesem Anlagenzustand nicht erfolgen sowie das Prüfkonzept für die hierfür relevanten Anlagenteile fortgeführt wird und
- Leckagen am Beckenliner weiterhin absperrbar sind.

---

## 5      **Beratungsunterlagen**

- [1]      Beratungsauftrag des BMUB  
          (AZ RS I 3 (M) - 17018 / 1), 09.02.2018
  
- [2]      Richtlinie VDI 2089  
          Technische Gebäudeausrüstung von Schwimmbädern; Hallenbäder
  
- [3]      Methods for Calculation of Evaporation from Swimming Pools and Other Water  
          Surfaces  
          Energy and Buildings (Juni 2012), Published in ASHRAE Transactions, Volume 120,  
          Part 2.
  
- [4]      RSK-Stellungnahme (496. Sitzung der Reaktor-Sicherheitskommission (RSK)  
          am 06.09.2017), Bewertung der Umsetzung von RSK-Empfehlungen im Nachgang zu  
          Fukushima
  
- [5]      Zusammenfassende Stellungnahme der RSK zu zivilisatorisch bedingten  
          Einwirkungen, Flugzeugabsturz, Teilbericht: Festlegung der Lastannahmen und  
          Bewertung der Konvoi-Anlagen, RSK 499, 30.11.2017
  
- [6]      RSK-Stellungnahme (439. Sitzung der Reaktor-Sicherheitskommission (RSK)  
          am 07.07.2011), Regelungen zu Anlagenzuständen nach Eintritt eines Störfalls