Bild: Arkelin / Wikimedia Commons

GUTACHTERLICHE STELLUNGNAHME ZUR AKTUELLEN DISKUSSION UM DEN SACHVERHALT DER BEHERRSCHUNG VON BRÜCHEN IM SPEISEWASSERSYSTEM DES KKW GÖSGEN

im Auftrag der
Schweizerischen Energie-Stiftung SES

Prof. Dr.-Ing. habil. Manfred Mertins

21. November 2025

Gutachterliche Stellungnahme zur aktuellen Diskussion um den Sachverhalt der Beherrschung von Brüchen im Speisewassersystem des KKW Gösgen[1]

Inhalt

1 Erläuterung des Auftrags von SES 3

2 Erläuterungen zum Anlagenstatus des KKW Gösgen im Speisewassersystem 5

2.1 Überblick über das Speisewassersystem im KKW Gösgen 5

2.2 Schutzanforderungen bezüglich des Speisewassersystems 9

2.3 Bedeutung gedämpfter Rückschlagklappen 11

3 Vergleichende Betrachtungen zu Anlagen der KWU aus den 1970-ger und 1980-ger Jahren 12

4 Zur Frage der Definition des „Standes der Nachrüsttechnik“ bezüglich einer Nachrüstung mit gedämpft wirkenden Rückschlagklappen 22

5 Zusammenfassende Betrachtung 25

6 Literatur 27

[1] Autor: Prof. Dr.-Ing. habil. M. Mertins, manfred.mertins@th-brandenburg.de, +49 1723847051

1 Erläuterung des Auftrags von SES[2]

In einer Mitteilung von ENSI[3] vom 12. 09. 2025 wird darauf verwiesen, dass beim KKW Gösgen (KKG) eine „mutmassliche Auslegungsschwachstelle im Speisewassersystem“ entdeckt wurde. Um nach einem Bruch einer Speisewasserleitung Folgeschäden an weiteren Rohrleitungsstücken entgegenzuwirken, können robuste Rohrleitungshalterungen oder gedämpfte Rückschlagklappen montiert werden“. ENSI teilt weiterhin mit, dass „das KKW Gösgen im Rahmen der technischen Modernisierung den Austausch von Rückschlagklappen im Speisewassersystem vorgesehen hat.“

Nach Meinung von ENSI[4] gibt es zwei Möglichkeiten, druckstossbedingte Überlastungen in den Rohrleitungen des Speisewassersystems zu vermeiden:

„1. Die Rohrleitungshalterungen werden ausreichend robust ausgeführt, um so den Druckstoss ohne Schäden aufnehmen zu können.

2. Gedämpfte Rückschlagklappen, die durch eine Verzögerung des Schliessvorgangs die Höhe des Druckstosses abmildern, kommen zum Einsatz.“

Im Unterschied zu anderen Anlagen desselben deutschen Lieferanten KWU sind im KKW Gösgen (der Bau des Kraftwerks begann 1973, und es wurde 1979 in Betrieb genommen) keine gedämpften Rückschlagklappen eingebaut worden.

In vergleichbaren Anlagen, die von der Kraftwerks Union (KWU) in Deutschland errichtet wurden, waren gedämpfte Rückschlagklappen bereits Bestandteil der Anlagenauslegung. Dazu zählen z.B. das KKW[5] Neckarwestheim 1 (GKN-1, 1972 begannen die Bauarbeiten, Betriebsbeginn 1.12.1976). Ebenso auch bei den nach GKN-1 folgenden

---

[2] SES: Schweizerische Energie-Stiftung

[3] https://ensi.admin.ch/de/2025/09/12/beherrschung-von-bruechen-im-speisewassersystem-des-kkw-goesgen/

[4] ENSI: Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat

[5] KKW: Kernkraftwerk

sogenannten Vor-Konvoi-Anlagen Grafenrheinfeld in Bayern, Grohnde in Niedersachsen, Brokdorf in Schleswig-Holstein und Philippsburg 2 in Baden-Württemberg (von der KWU zwischen 1982 und 1986 errichtet)[6].

Im schweizerischen KKW Beznau mit Druckwasserreaktoren von Westinghouse (Projektbeginn1965, kommerzieller Betrieb Dez.1969) wurden im Block 2 in 1992 gedämpfte Rückschlagventile am Dampferzeugereintritt in die Speisewasserleitung nachgerüstet (im Block 1 1993).

Die damalige Aufsichtsbehörde in der Schweiz, HSK[7], hat im Ergebnis der Auswertung einer Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) in 1999 verfügt, dass das KKG den sicherheitstechnischen Nachweis zu erbringen hat, dass gedämpfte Speisewasser Rückschlagklappen nicht erforderlich sind /HSK 1999/. Nach /ENSI 2008/ wurden in diesem Zusammenhang acht DN450-Rohrhalterungen in der Hauptrevision 2003 ertüchtigt, worauf die HSK die Pendenz am 26. August 2003 formell für erledigt erklärte.

Im Rahmen einer technischen Modernisierung hat das KKW Gösgen den Austausch von Rückschlagklappen im Speisewassersystem aktuell vorgesehen. Das ENSI hat die vom KKW Gösgen kommunizierte Betriebsunterbrechung bis voraussichtlich Ende Februar 2026 zur Kenntnis genommen.[8]

Mit Schreiben vom 15. 09. 2025 bittet SES um eine sicherheitstechnische Einordnung der aktuellen Situation im Bereich des Speisewassersystems des KKW Gösgen.

---

[6] Alle ehemals in Deutschland in Betrieb befindlichen KKW sind mittlerweile endgültig abgeschaltet worden.

[7] HSK: Bis Ende 2008 war die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) die in der Schweiz verantwortliche technische Aufsichtsbehörde für kerntechnische Anlagen.

[8] https://ensi.admin.ch/de/2025/08/27/laengerer-betriebsunterbruch-beim-kkw-goesgen/

2 Erläuterungen zum Anlagenstatus des KKW Gösgen im Speisewassersystem

2.1 Überblick über das Speisewassersystem im KKW Gösgen[9]

Das nukleare Dampferzeugungssystem umfasst den Reaktorkühlkreislauf mit den Hauptkühlmittelpumpen, den Dampferzeugern, dem Druckhalter, dem Reaktor und den verbindenden Rohrleitungen und sekundärseitig das Frischdampf- und Speisewassersystem bis zu den äusseren Containmentisolationsarmaturen.

Die Hauptspeisewasserleitung teilt sich vor der Speisewasserstation in drei Leitungen auf, die in die getrennten Kammern der Speisewasserstation geführt werden. Durch den Ringraum und die Stahlhülle sind die drei Leitungen in Doppelrohren geführt. Nach der Durchführung durch den Splitterschutzzylinder ist in jeder Leitung eine Rückschlagklappe angeordnet. Zwischen diesen Rückschlagklappen und den Dampferzeugern münden die Notspeise- und Notstandspeiseleitungen ein. Im Unterschied zu anderen Anlagen des gleichen Lieferanten KWU werden im KKG keine gedämpften Rückschlagklappen verwendet.

Die sicherheitstechnisch bedeutsamen Aufgaben des nuklearen Dampferzeugungssystems bestehen einerseits in der Abfuhr der Reaktorleistung resp. der Nachwärme und andererseits dem Einschluss des Reaktorkühlmittels im Reaktorkühlkreislauf resp. von Wasser und Dampf im Sekundärkreislauf während des Normalbetriebs und bei Störfällen.

Das Speisewassersystem RL ist ab den Gebäudeabschlussarmaturen (GBA-Schieber) in den Armaturenkammern bis zu den Dampferzeugern sicherheitsklassiert (eingestuft in SK2/EK I)[10], wobei das Notspeisesystem RS und das Notstandspeisesystem RX innerhalb des Sicherheitsbehälters (SHB) in die Leitungen des Speisewassersystems einbinden. Die übrigen Systembereiche des RL-Systems, wie auch das An- und Abfahrsystem RR, sind unklassiert.

[9] Die Angaben in Kapitel 2.1 gründen sich weitgehend auf /HSK 1999/ sowie auf /ENSI 2023/

[10] SK: Sicherheitsklasse, EK: Erdbebenklasse

Das Kernkraftwerk Gösgen verfügt u.a. über folgende Systeme und Einrichtungen zur Sicherstellung der sekundärseitigen Nachwärmeabfuhr bei Ausfall oder Störungen der betrieblichen Hauptwärmesenke (Speisewassersystem und Turbine mit Kondensator und Hauptkühlwassersystem):

− An- und Abfahrsystem RR,

− Notspeisesystem RS,

− Notstandspeisesystem RX.

Der Aufbau des Speisewassersystems RL ist schematisch aus Abb. 1 ersichtlich.

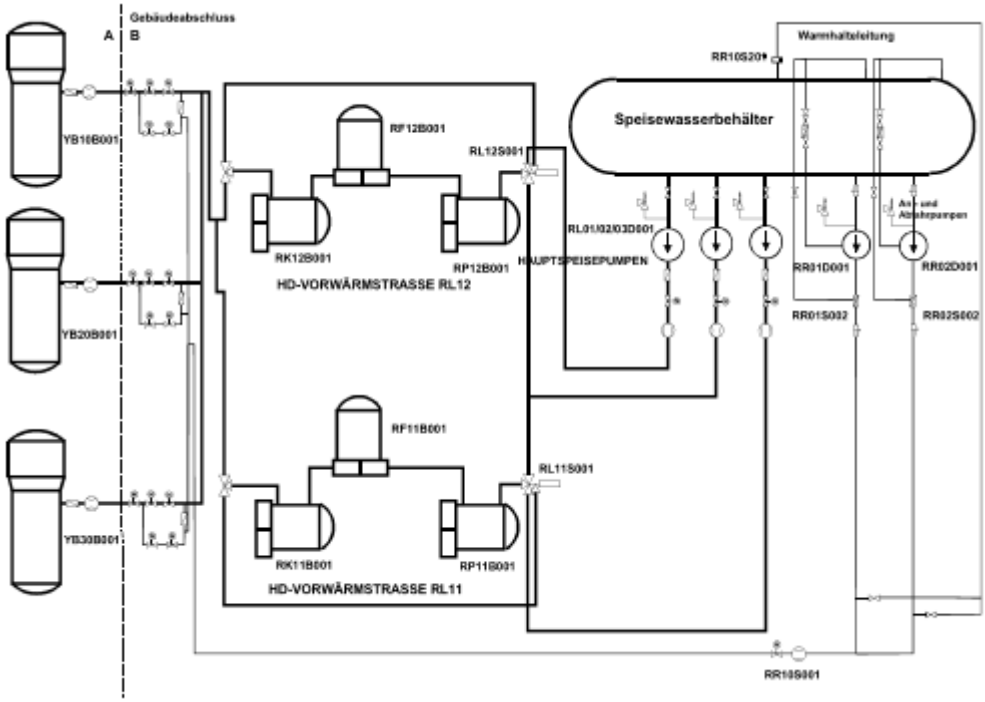

Abb. 1: Hauptspeisewassersystem RL und An- und Abfahrsystem RR im KKG (schematische Darstellung)

Aufgaben des An- und Abfahrsystems sind

- beim An- und Abfahren der Anlage unterhalb ca. 3% Reaktorleistung die Bespeisung der Dampferzeuger sicherzustellen,

- im Notstromfall, bei Ausfall der Speisewasserpumpen und auch bei Speisewasserleckagen im Bereich der Hochdruckvorwärmer die Bespeisung der Dampferzeuger zur Abfuhr der Nachzerfallswärme zu übernehmen.

Aufgaben des Notspeisesystems sind die Sicherstellung der Dampferzeugerbespeisung bei

- systemeigenen Störfällen des Wasser-Dampfkreislaufes (z.B. bei bestimmten Speisewasserlecks und Ausfall der Speisewasser- und An-/Abfahrpumpen),
- Kühlmittelverluststörfällen ohne betriebliche Bespeisung mit den Speisepumpen bzw. den An-/Abfahrpumpen,
- bei Störfällen infolge Erdbeben.

Das Notspeisesystem (Abb. 2) verfügt über drei Notspeisestränge, die fest jeweils einem Dampferzeuger zugeordnet sind und über einen vierten Notspeisestrang, der auf jeden der drei Dampferzeuger aufgeschaltet werden kann.

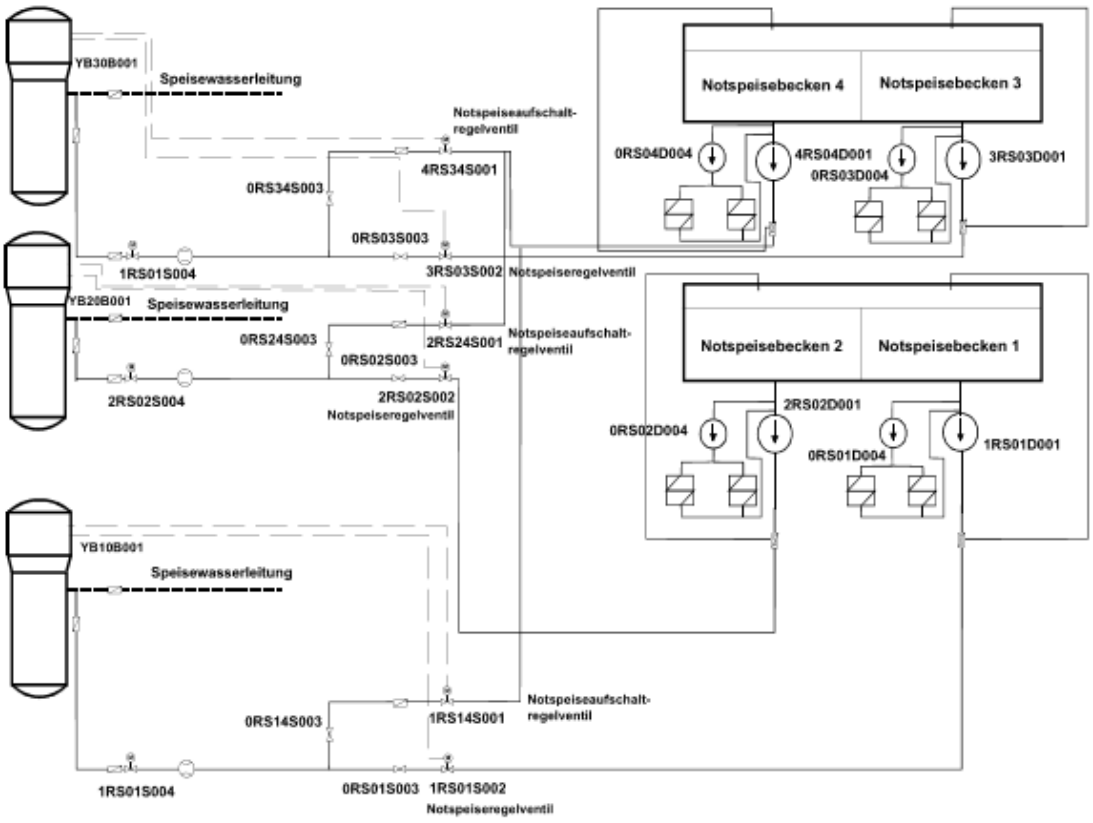

Abbildung 2: Notspeisesystem RS im KKG (Prinzipdarstellung)

Die Aufgabe des zweisträngig aufgebauten Notstandspeisesystems RX (Abb. 3) besteht in der Sicherstellung der Nachwärmeabfuhr aus dem Reaktorkühlkreislauf bei allen Störfällen, in denen die normale Nachwärmeabfuhr infolge von extremen äusseren Einwirkungen (z.B. Flugzeugabsturz oder Einwirkungen durch Dritte) ausgefallen ist.

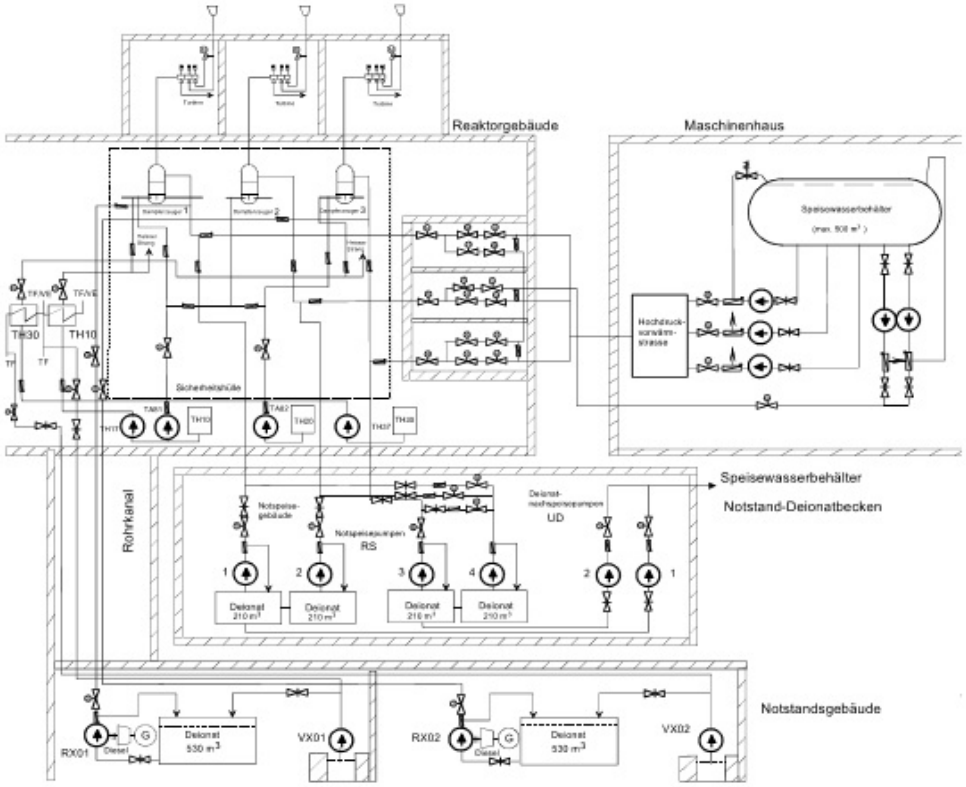

Abbildung 3: Schematische Übersicht über das Zusammenwirken von Notstandssystem RX, Notspeisewasser RX und Speisewassersystem RL im KKG (schematische Darstellung)

2.2 Schutzanforderungen bezüglich des Speisewassersystems

Im Rahmen der baulichen Auslegung von Strukturen, Systemen und Komponenten in einem KKW muss sichergestellt werden, dass die Gesamtheit der, bei den zu berücksichtigenden Ereignissen, möglichen Lasten abgetragen werden können.

Dabei sollen bspw. bei Erdbeben unterschiedlicher Stärke bei solchen Gebäuden, in denen sicherheitstechnisch wichtige Anlagenteile enthalten sind, die Standsicherheit sichergestellt sein. Weiterhin muss die Aufstellung und Befestigung von Anlagenteilen innerhalb der Gebäude gewährleisten, dass durch auftretende Erschütterungen die Funktionsfähigkeit der zur Ereignisbeherrschung erforderlichen Systeme nicht gefährdet wird.

ENSI schreibt u.a. im Zusammenhang mit der aktuellen Diskussion um die Beherrschung von Brüchen im Speisewassersystem des KKW Gösgen: „Falls Rohrleitungshalterungen versagen, kann dies Folgeschäden bewirken, wodurch die Kühlung des Reaktors und damit die Beherrschung des Auslegungsstörfalls «Brüche einer Speisewasserleitung» in Frage gestellt sein könnte."

Nach Darstellung von ENSI kann eine solche Situation durch ein abruptes Schließen der installierten, ungedämpft wirkenden Rückschlagklappen im Speisewassersystem hervorgerufen werden: „Die Rückschlagklappen des Speisewassersystems schließen nach einem Leitungsbruch aufgrund der Umkehr der Strömungsrichtung des Speisewassers automatisch. Wenn sie zu schnell schließen, kann durch das abrupte Abbremsen der Strömung für Sekundenbruchteile ein Druckstoß in den intakten Teilen der Rohrleitungen verursacht werden, der möglicherweise zu Überlastungen und damit zu Schäden an einzelnen Rohrleitungshalterungen führt." Weitere Ausführung zur Bedeutung gedämpfter Rückschlagklappen sind in Kapitel 2.3 gegeben.

Dieses Defizit erhöht die Wahrscheinlichkeit dafür, dass „die Kühlung des Reaktors und damit die Beherrschung des Auslegungsstörfalls «Brüche einer Speisewasserleitung» in Frage gestellt sein könnte" und es zu Unfallabläufen mit schweren Kernschäden, einschließlich Kernschmelzen kommt, deutlich.

Die HSK benennt im Rahmen der Auswertung der in den Jahren 1995/1996 vom KKG eingereichten Dokumentation zur PSÜ solche Ereignisse, die potenziell zu einem Hochdruckkernschaden führen können /HSK 1999/. Dazu gehören solche Ereignisse wie:

- Speisewasserleitungsbruch unter Annahme von Zusatzfehlern,

- ATWS-Fall – Totalausfall der Hauptspeisewasserversorgung unter Annahme von Zusatzfehlern,
- Station Blackout,
- Notstandsfall.

In der sicherheitstechnischen Stellungnahme von ENSI /ENSI 2008/ zu den Ergebnissen der Periodischen Sicherheitsüberprüfung des KKG aus 2008 sind detaillierte Angaben zu Verläufen von Auslegungsstörfällen, auslegungsüberschreitenden Anlagenzuständen und Notstandsfällen, den Sekundärkreislauf betreffend, angegeben.

Bei den Analysen dieser Ereignisse kann man bei den zu berücksichtigen Anfangs- und Randbedingungen der deterministischen Auslegung von einer sachgerechten Anwendung ausgehen. Jedoch sind mögliche Konsequenzen bezüglich der von ENSI mitgeteilten „mutmasslichen Auslegungsschwachstelle im Speisewassersystem“ dort nicht konkret angegeben. Diese „Auslegungsschwachstelle im Speisewassersystem“ wäre in den jeweiligen Ereignisanalysen als ein zusätzlicher Fehler zu berücksichtigen und würde letztlich die Infragestellung der Kühlung des Reaktors und damit der Beherrschung des Auslegungsstörfalls[11] «Brüche einer Speisewasserleitung» betreffen.

Nach /TRAS 2025/ entspricht das KKG zusätzlich zur aktuellen Diskussion um eine mögliche Nichtbeherrschbarkeit des Auslegungsstörfalles „Rohrleitungsbruch im Speisewassersystem“ in zahlreichen weiteren Punkten nicht dem Stand von Wissenschaft und Technik, wie er Ende der 1990-ger Jahre ins Design des Europäischen Druckwasserreaktors (EPR) Eingang fand. Die entsprechenden Sicherheitsanfordergerungen wurden durch die französische Behörde Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN)[12] in /ASN 2014/ veröffentlicht. Defizite bestehen demnach bei der Eindämmung von Kernschmelzunfällen, dem Notkühlwasservorrat, den Notstands-, Sicherheits- und Versorgungssystemen sowie beim Schutz gegen Flugzeugabstürze. Dabei bezieht sich /TRAS 2025/ auf die ENSI-Stellungnahme zur letzten PSÜ für das KKW-Gösgen /ENSI 2023/. In /TRAS 2025/ wird mit Bezug auf /ENSI 2023/ weiterhin ausgeführt, dass Verbesserungen beim KKG mit dem Ziel der Beseitigung von Abweichungen zum EPR „nicht bzw. nur mit unverhältnismäßigem Aufwand nachrüstbar“ wären.

[11] Ein Auslegungsstörfall wird durch Ausfälle oder Schäden an Strukturen, Systemen und Komponenten oder schwere Naturereignisse mit Folgeausfällen ausgelöst und ist mit speziell geschützten Sicherheitssystemen zu beherrschen. Dabei darf es nicht zu einer Kernschmelzsituation am Reaktorkern kommen. Die hierzu erforderlichen Nachweise sind auf deterministischer Grundlage zu führen.

[12] Aktuelle Bezeichnung: Autorité de Sûreté Nucléaire et de Radioprotection (ASNR)

2.3 Bedeutung gedämpfter Rückschlagklappen

Der Nutzen gedämpfter Rückschlagklappen im Speisewassersystem von Kernkraftwerken liegt vor allem in der Sicherstellung eines kontrollierten Strömungsverhaltens und dem Schutz der Rohrleitungen und Komponenten.

Herkömmliche Rückschlagklappen, die abrupt schließen, können durch die plötzliche Stauung des Wassers zu starken Druckstößen führen. Gedämpft wirkende Klappen sind so konstruiert, dass sie das Schließen des Klappenelements langsam und kontrolliert erfolgen lassen. Dies geschieht durch hydraulische oder mechanische Dämpfungselemente, die die Energie des zurückströmenden Wassers abfangen und so einen sanften Stopp ermöglichen.

Gedämpft wirkende Rückschlagklappen in KKWs dienen dem Schutz und der Funktionssicherheit der Speisewassersysteme, insbesondere vor Druckstößen, Rückschlägen von Wasser und den damit verbundenen Kavitationsschäden. Sie verhindern ein Zurückströmen des Wassers.

Zweck und Funktion

- Verhinderung von Druckstößen:

Beim Abschalten von Speisepumpen kann es zu Druckstößen kommen, wenn das Wasser zurückfließt. Gedämpfte Rückschlagklappen absorbieren diese Druckstöße und schützen so die Komponenten des Systems vor Beschädigung.

Bei einem postulierten Rohrbruch werden die zu erwartenden Druckstosskräfte von den zum Reaktor verlaufenden Speisewasserleitungen und deren Leitungsfestpunkten aufgenommen.

- Schutz der Speisepumpen:

Die Klappen verhindern ein Zurückströmen des heißen Wassers in die kalten Speisepumpen, was deren Lebensdauer verlängert und Schäden durch Kavitation verhindert.

- Stabilität des Speisewassersystems:

Durch das Dämpfen von Druckschwankungen und das Verhindern von Rückflüssen sorgen die Klappen für einen ruhigeren, stabileren Betrieb des Speisewassersystems.

- Geräuschreduktion:

Die Dämpfung der Druckschwankungen führt auch zu einer deutlichen Reduzierung von Geräuschen im System, die sonst durch den abrupten Stopp des Wassers entstehen würden.

Zusammenfassend sind gedämpft wirkende Rückschlagklappen ein wichtiger Bestandteil der Sicherheit und Zuverlässigkeit von Kernkraftwerken, da sie die Speisewassersysteme vor schädlichen Druckstößen und Rückflüssen schützen und so einen Beitrag zu einem zuverlässigen Betrieb gewährleisten.

3 Vergleichende Betrachtungen zu Anlagen der KWU aus den 1970-ger und 1980-ger Jahren

Sicherheitsrelevante Strukturen, Systeme und Komponenten in KKW sind in einer Weise auszulegen und zu betreiben, dass sie die ihnen zugeordneten Funktionen bei unterschiedlichsten Lastannahmen und Umgebungsbedingungen zuverlässig und wirksam erledigen können.

Es zeigt sich jedoch, dass bei vergleichbaren Anlagen desselben Herstellers KWU - KKG in der Schweiz und GKN-1[13] in Deutschland[14] - hierzu deutliche Unterschiedlichkeiten in der Auslegung festzustellen sind:

- Thema Rückschlagklappen in den Speisewasserleitungen

Wie bereits im Kapitel 1 beschrieben, sind im Unterschied zu anderen Anlagen des Lieferanten KWU im KKW Gösgen (der Bau des Kraftwerks begann 1973, und es wurde 1979 in Betrieb genommen) keine gedämpften Rückschlagklappen eingebaut worden.

---

[13] „Am 16. März 2011 hat das baden-württembergische Umweltministerium in Abstimmung mit dem Bundesumweltministerium angeordnet, den Leistungsbetrieb des Atomkraftwerks einzustellen. Denn aufgrund der erforderlichen Untersuchungen im Hinblick auf unerkannte oder falsch eingeschätzte Risiken war ein Zustand anzunehmen, aus dem sich Gefahren ergeben können." (https://um.baden-wuerttemberg.de/de/umwelt-natur/kernenergie/kerntechnische-anlagen/kernkraftwerke-in-baden-wuerttemberg/neckarwestheim/neckarwestheim-gkn-i)

[14] Beide Anlagen wurden von der Kraftwerk Union (KWU) im Zeitraum der 1970-ger Jahre hergestellt. Bei beiden Anlagen handelt es sich um 3-loop Druckwasserreaktoren der sogenannten zweiten Generation.

In zu KKG vergleichbaren Anlagen der KWU in Deutschland waren gedämpfte Rückschlagklappen Bestandteil der Anlagenauslegung. Dazu zählen z.B. das KKW GKN-1 (1972 begannen die Bauarbeiten, Betriebsbeginn 1.12.1976). Ebenso auch bei den danach folgenden sogenannten Vor-Konvoi-Anlagen Grafenrheinfeld in Bayern, Grohnde in Niedersachsen, Brokdorf in Schleswig-Holstein und Philippsburg 2 in Baden-Württemberg (von der KWU zwischen 1982 und 1986 errichtet) [15].

Bemerkenswert jedoch ist auch, dass nach /HSK 2004/ im KKW Beznau[16] 1992, Block 2, gedämpfte Rückschlagventile am Dampferzeugereintritt innerhalb des Containments nachgerüstet wurden. Eine vergleichbare Nachrüstung erfolgte auch im Block 1.

Zu der in Kapitel 1 angesprochenen Pendenz (P 126) in /HSK 1999/ berichtet ENSI in /ENSI 2008/ wie folgt:

„Das KKG hatte den sicherheitstechnischen Nachweis zu erbringen, dass gedämpfte Speisewasser Rückschlagklappen nicht erforderlich sind.
Für den Nachweis hatte das KKG verschiedene Berechnungen für die zu unterstellenden Lastfallannahmen bei einem Bruch der Speisewasserleitungen der HSK zur Bewertung vorgelegt. Aufgrund der Ergebnisse der Bewertungen hat das KKG anschließend festgelegt, dass die am höchsten beanspruchten Stoßbremsen einschließlich Verankerungen im Speisewassersystem zu ertüchtigen sind. Nach Freigabe durch die HSK wurden acht DN450-Rohrhalterungen in der Hauptrevision 2003 ertüchtigt, worauf die HSK die Pendenz am 26. August 2003 formell für erledigt erklärte."

Es stellt sich nun die Frage, warum die bekannte Schwachstelle der ungedämpften Rückschlagklappen im Speisewassersystem im KKG nicht bereits zu diesem Zeitpunkt durch Nachrüstung, wie im KKW an Beznau in beiden Blöcken geschehen, beseitigt wurde?

---

[15] Sicherheitstechnische Merkmale der Vor-Konvoi-Anlagen sind nebst der üblichen Redundanz der aktiven Sicherheitssysteme ein von Beginn an vorhandenes (nicht wie bei älteren Anlagen nachgerüstetes) Notstandsgebäude mit einem viersträngigen Notspeisesystem, das vor allem auch bei Einwirkungen von außen (z. B. Erdbeben) mit besonderen Sicherheitsanforderungen die Anlage herunterkühlen und bis 72 Stunden in einem stabilen Zustand halten kann. Ebenfalls ins Gebäude integriert ist eine Notsteuerstelle, von wo aus die wichtigsten Funktionen beim Herunterfahren kontrolliert und gesteuert werden können, auch wenn der normale Kommandoraum nicht zur Verfügung steht.

[16] Das KKW Beznau besteht aus zwei identischen Blöcken mit Druckwasserreaktoren von Westinghouse.

Die Frage nach erforderlichen Anpassungen bestehender KKW an den aktuellen Stand der Anforderungen an die Sicherheit von KKW wird in der Schweiz dahingehend beantwortet, dass es nach Art. 22, Absatz 2g /KEG 2021/ zu den allgemeinen Pflichten des Bewilligungsinhabers gehört, „die Anlage soweit nach[zu]rüsten, als dies nach der Erfahrung und dem Stand der Nachrüstungstechnik notwendig ist, und darüber hinaus, soweit dies zu einer weiteren Verminderung der Gefährdung beiträgt und angemessen ist".

KKW wären in der Schweiz demnach in einem Umfang nachzurüsten, dass sie möglichst weitgehend an den Stand von Wissenschaft und Technik angenähert sind. Dabei soll die Nachrüstungsforderung jedoch nur soweit greifen als dies nach der Erfahrung und dem Stand der Nachrüsttechnik notwendig wäre.[17]

Festzustellen ist, dass sowohl nach der Erfahrung als auch nach dem Stand der Nachrüsttechnik die Nachrüstung mit gedämpften Nachrüstklappen bereits seit längerer Zeit, genau genommen seit der Inbetriebnahme Nov. 1979, erforderlich war. Es ist nicht nachvollziehbar weshalb, trotz der vorhandenen Gefährdung, die erforderliche Nachrüstung bisher nicht erfolgte.

ENSI teilt unter der Überschrift „Beherrschung von Brüchen im Speisewassersystem des KKW Gösgen"[18] u.a. mit:
„Beim KKW Gösgen wurde eine mutmassliche Auslegungsschwachstelle im Speisewassersystem entdeckt. ……. Die dabei nach dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik eingesetzten neuen Berechnungsmethoden zeigten eine «mögliche Auslegungsschwachstelle im Speisewassersystem». Diese mutmassliche Auslegungsschwachstelle hat Auswirkungen auf die Beherrschung von Brüchen einer Speisewasserleitung."

Und weiter heißt es:
„Im Rahmen der PSÜ 2018, beziehungsweise der sicherheitstechnischen Stellungnahme zu dieser PSÜ, identifizierten weder das KKW Gösgen noch das ENSI bei der Auslegungsüberprüfung des Speisewassersystems Abweichungen.

---

[17] Sh. hierzu Ausführungen von ENSI zur Frage 2 „Anforderungen an Sicherheit" im Technischen Forum Kernkraftwerke", Januar 2013

[18] https://ensi.admin.ch/de/2025/09/12/beherrschung-von-bruechen-im-speisewassersystem-des-kkw-goesgen/

Neue Erkenntnisse erlangte das KKW Gösgen im Rahmen eines Änderungsvorhabens im Speisewassersystem, bei dem fortgeschrittene Berechnungsverfahren eingesetzt wurden. Ein wesentliches Merkmal dieser neu angewendeten Berechnungsverfahren ist die Kopplung, das heisst die gleichzeitige Berücksichtigung von fluid – und strukturmechanischen Phänomenen.

Ziel dieser Untersuchungen war, die Wirksamkeit eines Armaturenersatzes in Bezug auf den Lastfall «Rohrbruch der Speisewasserrohrleitung» zu verifizieren. Die Untersuchungen zeigten, dass es im Lastfall «Rohrbruch einer Speisewasserrohrleitung» im unklassierten Bereich ausserhalb des Reaktorgebäudes an einigen Stossbremsen des Speisewassersystems innerhalb des Reaktorgebäudes zu deutlichen Überlastungen kommen kann. Diese mutmassliche Auslegungsschwachstelle stellt ein meldepflichtiges Vorkommnis dar, das das KKW Gösgen dem ENSI im März 2025 meldete."

Wie ist die von ENSI beschriebene Situation aus sicherheitstechnischer Sicht zu bewerten?

Im Genehmigungsverfahren ist es üblich, von konservativen, d,h, für die Wirksamkeit der betreffenden Sicherheitsfunktion pessimistischen Annahmen bei der Berechnung der jeweiligen Nachweiskriterien auszugehen. Konservative Annahmen werden in der Regel für Auslegungszwecke verwendet. Nach Stand der Technik werden, um die Entwicklung der Störfälle zu bewerten und ihre Auswirkungen zu quantifizieren, "best-estimate" Ansätze[19] durchgeführt.

Konservative Ansätze wurden in der Frühzeit der Sicherheitsanalysen aufgrund der beschränkten Kenntnis physikalischer Phänomene und der begrenzten Modellierungsfähigkeit vereinfachend eingeführt. Im Rahmen einer traditionellen konservativen Sicherheitsanalyse werden der angenommene Anlagenzustand sowie die physikalischen Modelle ausreichend konservativ festgelegt. Diese Festlegungen sind im Weiteren Gegenstand der Prüfungen im Genehmigungsverfahren.

[19] Best-Estimate-Ansätze haben zum Ziel in Berechnungen und Simulationen möglichst realistische Ergebnisse zu erreichen. Best-Estimate-Ansätze werden i. d. R. quantitativ durchgeführt. Im Rahmen dieser Best-Estimate-Ansätze kommen auch Unsicherheits- und Sensitivitätsanalysen zum Einsatz. (https://www.grs.de/sites/default/files/publications/grs-512.pdf)

Die Entwicklung bei der Computerrechenleistung sowie der Computercodes hat in den letzten Jahren die Möglichkeit zur Berechnung von realistischen Simulationsergebnissen stark verbessert. Deswegen werden konservative Genehmigungsberechnungen auch von "best-estimate" Analysen begleitet. Der "best-estimate" Ansatz zusammen mit der Bewertung der Unsicherheiten ermöglicht den Vergleich der Ergebnisse der Berechnungen mit den Nachweiskriterien, überwindet die Defizite eines konservativen Ansatzes und liefert realistische Information über das physikalische Verhalten einer Anlage und über die existierenden Margen zwischen den Ergebnissen der Berechnungen und den Nachweiskriterien. Aus diesem Grund sind "best-estimate" Ansätze besonders nützlich für Szenarien, in denen die Margen zwischen den Ergebnissen der Berechnungen und den Nachweiskriterien niedrig sind. In der Praxis wird erwartet, dass die durch den konservativen Ansatz eingeführten Margen durch den „best-estimate“ Ansatz nachgewiesen werden.

Nach IAEA SSG-2 (Fassung 2009)[20] kann man für "best-estimate" Berechnungen für KKW fünf Hauptkategorien von Computercodes benennen:

- System thermohydraulic codes, die das Primärsystem, die Schnittstelle mit dem Sekundärsystem, die Behälter und andere sicherheitsrelevante Systeme der Anlage modellieren können.
- Core physics codes, die detaillierten kernphysikalischen Berechnungen wie z. B. Berechnung des Neutronenflusses, der Kritikalität, des langfristigen Abbrandes etc. durchführen können.
- Component specific and phenomenon specific codes, die sich auf die Bewertung von stationären oder transienten Zuständen von Komponenten des nuklearen Dampferzeugungssystems oder von einzelnen Phänomenen fokussieren, wie z. B. kritische Wärmeströme, dynamische Belastungen von Komponenten im Zusammenhang mit dem Auftreten von Brüchen, etc.
- computational fluid dynamic codes, die Gleichungen bezüglich der Massen-, Impuls- und Energieerhaltung von verschiedenen Medien mit einem hohen Detailierungsgrad lösen können.

[20] Deterministic Safety Analysis for Nuclear Power Plants for protecting people and the environment No. SSG-2 Specific Safety Guide, IAEA 2009, aktuell ersetzt durch Specific Safety Guide No. SSG-2 (Rev. 1), IAEA 2019

- Coupled codes, die z. B. Struktur-Thermohydraulik, Spannung und Bruchmechanik kombinieren.

Prof. F. Mayinger[21] von der TU München stellt bereits in 1982 die Ergebnisse durchgeführter best-estïmate-Analysen von Kernzuständen bei eingeschränkter Notkühlung bei einer 1300 MWe Anlage vor. Er konnte zeigen, daß die für die Anlagenauslegung gewählten konservativen Annahmen sowohl für große als auch für kleine Lecks pessimistisch sind. Die bei der best-estimate-Analyse ausgewiesenen Margen fallen deutlich höher aus im Vergleich zu der konservativen Analyse.

Es zeigt sich, dass das Instrumentarium zur Durchführung deterministischer Sicherheitsanalysen und Bewertung erzielter Ergebnisse schon lange vor der Jahrtausendwende zur Verfügung stand. Es ist auch aus diesem Grunde die o.g. Feststellung von ENSI, dass noch bis 2018 die „mutmaßliche Auslegungsschwachstelle“ nicht entdeckt wurde, kritisch zu hinterfragen. Das betrifft insbesondere die Feststellung, dass mit dem Einsatz „fortgeschrittener Berechnungsverfahren“ deutliche Überlastungen im Speisewassersystem gegenüber der (konservativen) Auslegung festgestellt wurden.

Die Rohrleitungsberechnung wird nach ASME[22], KTA[23], DIN EN[24] 13480, EUROCODE[25] oder speziellen Kraftwerksregeln durchgeführt.

Mittels Fluid-Struktur-Interaktion (FSI, Coupled codes) ist man aktuell in der Lage, das dynamische Verhalten von Rohrleitungen bei fluiddynamischer Belastung realitätsnah zu berechnen. Bei dieser Methode (FSI) wird die gegenseitige Beeinflussung von Rohrleitungs- und Mediumsbewegung berücksichtigt. So können neben den statischen

---

[21] Tagung Reaktorsicherheitsforschung GRS Mai 1982

[22] ASME: American Society of Mechanical Engineers, eine US-amerikanische Berufs- und Standardisierungsorganisation, die technische Normen entwickelt, um die Sicherheit, Qualität und Zuverlässigkeit im Maschinenbau und verwandten Disziplinen zu gewährleisten.

[23] KTA: Kerntechnischer Ausschuss: Eine deutsche Einrichtung, die sicherheitstechnische Regeln für kerntechnische Anlagen erstellt und deren Anwendung fördert.

[24] "DIN EN" steht für die Kombination aus deutschen und europäischen Normen, wobei die Abkürzungen für das Deutsche Institut für Normung (DIN) und die europäische Norm (EN) stehen. Wenn ein Standard mit "DIN EN" gekennzeichnet ist, bedeutet dies, dass eine europäische Norm (EN) von Deutschland in das nationale Normenwerk übernommen wurde.

[25] Eurocodes sind eine Reihe von europäischen Normen für Tragwerksplanung und Bemessung im Bauwesen. Sie legen europaweit einheitliche Regeln für die Stabilität, Festigkeit, Dauerhaftigkeit und Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken fest.

Lastfällen wie Eigengewicht, Innendruck und behinderter Wärmedehnung auch dynamische Probleme wie Erdbeben, Flugzeugabsturz und Explosionsdruckwelle sowie die verschiedensten fluiddynamischen Anregungen berechnet und in ihrer Auswirkung bewertet werden.

Gegenüber der getrennten Berechnung von Fluidbelastung und Rohrleitungsanalyse können damit für die Rohrleitung und deren Halterungen geringere, realitätsnähere Belastungen bestimmt werden.

Es ergeben sich nun Fragen

- Sind die deterministischen (konservativen) Auslegungsanalysen für den Einsatz ungedämpfter Rückschlagklappen (Änderung der ursprünglichen KWU Auslegung) im Speisewassersystem sachgerecht durchgeführt und geprüft worden?
- Nach Aussagen von ENSI wird nach den Ergebnissen aktueller Analysen eine Überlastung im Speisewassersystem festgestellt. Bestand diese Überlastungssituation bereits seit der Inbetriebnahme der Anlage KKG?
- Wurde KKG seit der Inbetriebnahme mit einem erhöhten Risiko der Nichtbeherrschbarkeit von Rohrleitungsbrüchen im Speisewassersystem und damit eines Auslegungsstörfalles betrieben?
- Welche Begründungen können angegeben werden für die Feststellung einer „mutmaßlichen Auslegungsschwäche“ erst nach einem Betrieb von mehr als 40 Jahren? Gibt es Defizite im Umfang der deterministischen, konservativen Auslegung des KKG?
- Ist die Anlage hinsichtlich vergleichbarer weiterer Auslegungsfehler untersucht worden?

In der o.g. Mitteilung von ENSI wird zur Beseitigung der festgestellten „Auslegungsschwäche“ angeführt:

„Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten, die genannten Überlastungen zu verhindern:

- Die Rohrleitungshalterungen werden ausreichend robust ausgeführt, um so den Druckstoss ohne Schäden aufnehmen zu können.
- Gedämpfte Rückschlagklappen, die durch eine Verzögerung des Schliessvorgangs die Höhe des Druckstosses abmildern, kommen zum Einsatz.“

Hierzu einige Anmerkungen:

Im KWU 3-Loop DWR-Konzept war der Einbau gedämpfter Rückschlagklappen vorgesehen. Nach Informationen des Betreibers von KKG[26] ist ein Betrieb für eine Dauer von ca. 60 Jahren vorgesehen, also über einen Betrieb von mehr als 40 Jahren hinweg, was seitens der IAEA als Auslegungsgrenze[27] für solche „frühen" Anlagen wie KKG eingestuft wird.

Wichtige Kriterien der verfahrens- und sicherheitstechnischen Auslegung von Rohrleitungssystemen betreffen Maßnahmen, die zu einer wirtschaftlich optimalen und sicheren Lösung führen. Neben den Punkten der Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit sind dabei auch die Aspekte der Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit von Bedeutung. Den Maßnahmen zur Vermeidung oder Verminderung von Druckstößen im Rohrleitungssystem kommt eine große Bedeutung zur Sicherstellung der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit, über deren Lebensdauer hinweg, zu. Bezüglich der zur Diskussion stehenden Nachrüstoptionen im Speisewassersystem des KKG,

- Verstärkung von Rohrhalterungen, sodass sie dem Druck standhalten, oder
- Installation gedämpfter Rückschlagklappen, die den Stoss abfangen

wäre der Nachrüstoption - Installation gedämpfter Rückschlagklappen - der Vorrang einzuräumen.

Angesichts des bereits erreichten Alterungszustandes ist für einen weiteren Betrieb von KKG der Einbau gedämpft wirkender Rückschlagklappen dringend angeraten.

- Thema Überlagerung von Lasten aus Erdbeben mit denen der ungedämpften Rückschlagklappen im Ereignisfall

Im Ereignisfall Erdbeben sollen die Integrität der Gebäude und deren Barrierenfunktion erhalten bleiben, damit die Rückhaltung radioaktiver Stoffe gewährleistet werden kann.

---

[26] https://www.kkg.ch/de/technik/unsere-anlage/allgemeine-informationen.html

[27] „The nuclear power plants built in this period (period of the nineteen-sixties to eighties), will reach the end of their planned life in the near future. Since these plants were initially designed for 30–40 years of operation, utilities operating such NPPs will now have to consider whether they will shutdown, decommission, and replace the plants reaching the end of their planned life, or refurbish the plants and extend their original design life." (Cost drivers for the assessment of nuclear power plant life extension, IAEA-TECDOC-1309, IAEA September 2002)

Im Falle für die von /WENRA 2021, Issue TU: External Hazards/ geforderte Berücksichtigung auslegungsüberschreitender äußerer Einwirkungen ist es dabei von besonderer Bedeutung, ob das Reaktorgebäude und der darin enthaltene Sicherheitsbehälter mit allen sicherheitsrelevanten Strukturen, Systemen und Komponenten den dadurch induzierten Erschütterungen standhalten. U.a. ist insbesondere im Falle eines auslegungsüberschreitenden Ereignisses die Abfuhr der Restwärme aus dem Reaktorkern und den abgebrannten Brennelementen sicherzustellen (Ref.-Level F4.7).

ENSI teilt am 30. Januar 2025 mit, dass das KKW Gösgen Erdbeben der Störfallkategorie 3 standhält[28]:

„Das Kernkraftwerk Gösgen hat aufgezeigt, dass es seinen Reaktor bei bzw. nach einem sehr schweren Erdbeben in einen sicheren und stabilen Zustand überführen kann. Bei Erdbeben, die nur alle 10'000 Jahre zu erwarten sind, wird der einzuhaltende Dosiswert von 100 Millisievert nicht überschritten."

In der Schweiz gilt bezüglich des Spektrums der extern ausgelösten Ereignisse Art. 8 Abs. 3 KEV: „Als Störfälle mit Ursprung ausserhalb der Anlage gelten insbesondere Störfälle, die ausgelöst werden können durch Erdbeben, Überflutung, unfallbedingten Absturz von zivilen und militärischen Flugzeugen auf die Anlage, Sturmböe, Blitzschlag, Druckwelle, Brand, Verlust der externen Stromversorgung und Beeinträchtigung oder Unterbruch der externen Kühlwasserzufuhr." Weiter präzisiert in Art. 8 Abs 4bis „Für die Auslegung einer Kernanlage ist bei den durch Naturereignisse ausgelösten Störfällen nach Absatz 3 jeweils von einem Naturereignis mit einer Häufigkeit von 10^{-3} pro Jahr sowie einem Naturereignis mit einer Häufigkeit von 10^{-4} pro Jahr auszugehen. Zusätzlich zum auslösenden Naturereignis ist ein unabhängiger Einzelfehler anzunehmen."

Im Vergleich dazu findet man in /BMU 2011/ für die mit Gösgen vergleichbare Anlage GKN-1 folgende Angabe: "the plant is designed to withstand an earthquake of I_{site} = VIII (exceedance probability < 10^{-6}/a)".

In der aktuellen Fassung der deutschen KTA 2201.1 /KTA 2011/ wird für die Auslegung ein Erdbeben mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 10^{-5} pro Jahr gefordert.

[28] https://ensi.admin.ch/de/2025/01/30/das-kkw-goesgen-haelt-erdbeben-der-stoerfallkategorie-3-stand/

Es handelt sich dabei um das größte in dieser Region zu unterstellende Erdbeben, das ungefähr alle 100.000 Jahre auftritt.

Offensichtlich weicht auch hier die Auslegung des KKG gegen Erdbebenlasten von der des KKW GKN-1 ab.

Es stellt sich hier nun die Frage des Nachweises der Beherrschbarkeit des durch Erdbeben ausgelösten Rohrleitungsbruches im Sekundärkreis (Auslegungsfall) unter den aktuellen Bedingungen?

Wie eingangs gesagt, soll nach /WERA 2021/, Issue TU: External Hazards, die Anlage auch bei auslegungsüberschreitenden Zuständen in einem sicheren Zustand verbleiben können. Inwieweit sich im Falle einer auslegungsüberschreitenden Erdbebenlast (Häufigkeit < 10^{-4}/a) mit (angenommenen) gleichzeitigen Leitungsbrüchen im Speisewassersystem, verbunden mit Druckstössen in Sekundenbruchteilen infolge Auslösung von Rückschlagklappen, beim KKG relevante Beanspruchungsgrenzen bei sicherheitsrelevanten Strukturen, Systemen und Komponenten erreicht und überschritten werden kann wegen fehlender weitergehender Informationen nicht abschließend beurteilt werden. Man muss jedoch davon ausgehen, dass eine Kühlung des Reaktorkerns unter derartigen Bedingungen nur noch durch den Einsatz anlageninterner Notfallschutzmaßnahmen ermöglicht werden kann, Kernschäden können nicht ausgeschlossen werden.

4 Zur Frage der Definition des „Standes der Nachrüsttechnik“ bezüglich einer Nachrüstung mit gedämpft wirkenden Rückschlagklappen

Es stellt sich die Frage, ob sich eine Nachrüstung mit gedämpft wirkenden Rückschlagklappen aus der Sicht des Standes der Nachrüsttechnik hätte ergeben müssen.

In /IAEA 2006, Principle 5/ wird gefordert: „Protection must be optimized to provide the highest level of safety that can reasonably be achieved.“ In der Vienna Declaration von 2015 /IAEA 2015/ wird weiterhin gefordert, dass als Maß für die Sicherheit in Betrieb befindlicher AKW die Anforderungen an die Sicherheit neuer AKW herangezogen werden sollen. Im Falle von Abweichungen sollen Aktivitäten mit dem Ziel deren Beseitigung durchgeführt werden („Reasonably practicable or achievable safety improvements are to be implemented in a timely manner.“). In den Safety Requirements SSR 2/1 (Rev. 1) /IAEA 2016/ in Kapitel 1.1 heißt es: “Requirements for nuclear safety are intended to ensure “the highest standards of safety that can reasonably be achieved” for the protection of workers, the public and the environment from harmful effects of ionizing radiation that could arise from nuclear power plants and other nuclear facilities. It is recognized that technology and scientific knowledge advance, and that nuclear safety and the adequacy of protection against radiation risks need to be considered in the context of the present state of knowledge.”

Das wesentliche Ziel bei Auslegung und Betrieb von KKW besteht darin, das Leben, die Gesundheit und Sachgüter vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlen zu schützen. Der Grad der Vorsorge gegen mögliche Schäden solcher Art gilt dann als erreicht, wenn der jeweils geltende Stand von Wissenschaft und Technik als erfüllt nachgewiesen ist.

Es bleibt somit festzustellen, dass sicherheitsbezogene Anforderungsprofile für in Betrieb befindliche KKW behördlicherseits vorrangig (schutz-) zielorientiert definiert und anzuwenden sein sollten.

Dagegen wird in der Schweiz als zu erreichendes Ziel der Sicherheit bei in Betrieb befindlichen KKW auf den „Stand der Nachrüsttechnik“ verwiesen. Die Frage nach erforderlichen Anpassungen bestehender KKW an den aktuellen Stand der Anforderungen an die Sicherheit von KKW wird dahingehend beantwortet, dass es nach Art. 22, Absatz 2g /KEG 2021/ zu den allgemeinen Pflichten des Bewilligungsinhabers gehört, „die

Anlage soweit nachzurüsten, als dies nach der Erfahrung und dem Stand der Nachrüstungstechnik notwendig ist, und darüber hinaus, soweit dies zu einer weiteren Verminderung der Gefährdung beiträgt und angemessen ist“.

Selbst das ENSI findet keine klare Antwort auf die Frage hinsichtlich einer Definition des „Standes der Nachrüsttechnik“ /ENSI 2020/:

„Definition des Begriffs der Nachrüsttechnik

Schlussfolgerung der Arbeitsgruppe des ENSI

- Es ist dem ENSI angesichts der Unterschiedlichkeit der einzelnen KKW und der jeweiligen Standortbedingungen nicht gelungen, den Begriff generisch und praxistauglich zu definieren.

Konkretisierung in der Richtlinie ENSI-G02

- Das ENSI verzichtet deshalb darauf, den Begriff des Stands der Nachrüstungstechnik generisch zu definieren. Stattdessen wird in der Richtlinie ENSI-G02 der Stand der Nachrüstungstechnik für die jeweiligen Einsatzgebiete konkretisiert und festgelegt.“

Der Verweis auf die Richtlinie ENSI-G02 ist in diesem Zusammenhang nicht zielführend, da die Angaben dort in einem statischen Kontext verfasst sind. Die Implementierung neueren Wissens aus der Sicherheitsforschung oder aus der generischen Betriebserfahrung mit der Konsequenz sicherheitserhöhender Forderungen würde eine Änderung der Richtlinie erfordern, was eben zeitintensiv ist und der diesbezüglichen Entwicklung deutlich „nachhinken“ würde.

Im Übrigen wird vom ENSI in /ENSI 2014/ ausgeführt: “Der Stand der Nachrüstungstechnik ist ein dynamischer Begriff. Das ENSI ist unter Berücksichtigung des in der Botschaft zum Kernenergiegesetz zum Ausdruck gebrachten Willens des Gesetzgebers und der bisherigen Praxis zum Schluss gekommen, dass es angesichts der Unterschiedlichkeit der einzelnen Kernkraftwerke und der jeweiligen Standortbedingungen nicht sicherheitsgerichtet ist, den Begriff generisch zu definieren. Das ENSI hält es hinsichtlich nuklearer Sicherheit für zielführender, im Einzelfall sorgfältig abzuwägen, welche Nachrüstungen notwendig sind.“

Allein die Tatsache, dass in zu KKG vergleichbaren Anlagen der KWU in Deutschland[29] gedämpfte Rückschlagklappen Bestandteile der Anlagenauslegung waren und im KKW Beznau 1992, Block 2, gedämpfte Rückschlagventile am Dampferzeugereintritt innerhalb des Containments, wie auch im Block 1, nachgerüstet wurden, lässt doch den Schluss zu, dass zum „Stand der Nachrüsttechnik“ der Einbau gedämpft wirkender Rückschlagklappen zu zählen ist.

Die Nachrüstung des KKG mit den gedämpft wirkenden Rückschlagklappen im Speisewassersystem war somit längst erforderlich.

[29] Dazu zählen das KKW GKN-1 (1972 begannen die Bauarbeiten, Betriebsbeginn 1.12.1976). Ebenso auch die folgenden sogenannten Vor-Konvoi-Anlagen Grafenrheinfeld in Bayern, Grohnde in Niedersachsen, Brokdorf in Schleswig-Holstein und Philippsburg 2 in Baden-Württemberg (von der KWU zwischen 1982 und 1986 errichtet).

5 Zusammenfassende Betrachtung

- Im Unterschied zu anderen Anlagen des Lieferanten KWU, z.B. den in Deutschland bereits stillgelegten, sind im KKW Gösgen keine gedämpft wirkenden Rückschlagklappen im Speisewassersystem eingebaut worden.

- Gedämpft wirkende Rückschlagklappen in KKWs dienen dem Schutz und der Funktionssicherheit der Speisewassersysteme, insbesondere vor Druckstößen, Rückschlägen von Wasser und den damit verbundenen Kavitationsschäden.

- Durch das abrupte Abbremsen der Strömung durch ungedämpfte Rückschlagklappen wird für Sekundenbruchteile ein Druckstoß in den intakten Teilen der Rohrleitungen verursacht, der zu Überlastungen und damit zu Schäden an einzelnen Rohrleitungshalterungen führen kann. Die Nichtbeherrschbarkeit des Auslegungsstörfalles (Rohrleitungsbrüche im Speisewassersystem) wäre damit die Folge. Schäden am Reaktorkern bis hin zur Kernschmelze sind in einem solchen Ereignis zu erwarten.

- Aus sicherheitstechnischer Sicht als besonders brisant ist eine Situation einzuschätzen, bei der die Wirkung der ungedämpften Rückschlagklappen in Verbindung steht mit erdbebenbedingten Rohrleitungsbrüchen bis hin zu Erdbeben jenseits der Auslegungsgrenzen. Es ist davon ausgehen, dass eine Kühlung des Reaktorkerns unter derartigen Bedingungen nur noch durch den Einsatz anlageninterner Notfallschutzmaßnahmen ermöglicht werden kann, Kernschäden sind wahrscheinlich.

- Sowohl nach der Erfahrung als auch nach dem „Stand der Nachrüstung“ wäre die Nachrüstung mit gedämpften Nachrüstklappen im Speisewassersystem des KKG bereits seit längerer Zeit erforderlich. Die Auslegungsschwachstelle im Speisewassersystem - und somit die Gefährdungssituation für die Kernkühlung im KKG - besteht seit Inbetriebnahme dieser Anlage im Jahre 1979.

- Kritisch zu hinterfragen ist die Feststellung von ENSI, dass mittels neuer Analysemethoden (FSI Analyse, mit der man aktuell in der Lage ist, das dynamische Verhalten von Rohrleitungen bei fluiddynamischer Belastung realitätsnah zu berechnen.) deutliche Überlastungen im Speisewassersystem festgestellt wurden. Diese Feststellung ist im Abgleich mit der konservativen Auslegung der Anlage zu bewerten, also sollten somit die konservativen Auslegungsgrundlagen in Frage gestellt sein?

- Nach /TRAS 2025/ entspricht das KKG zusätzlich zur aktuellen Diskussion um eine mögliche Nichtbeherrschbarkeit des Auslegungsstörfalles „Rohrleitungsbruch im Speisewassersystem“ in zahlreichen Punkten nicht dem Stand von Wissenschaft und Technik, wie er Ende der 1990-ger Jahre ins Design des Europäischen Druckwasserreaktors (EPR) Eingang fand. Verbesserungen beim KKG mit dem Ziel der Beseitigung von Abweichungen zum EPR seien „nicht bzw. nur mit unverhältnismäßigem Aufwand nachrüstbar“.

6 Literatur

ASN 2014: Technical guidelines for the design and construction of the EPR, ASN 2014

BMU 2011: EU Stresstest, National Report of Germany, Implementation of the EU Stress Tests in Germany, BMU 2011

ENSI 2008: Sicherheitstechnische Stellungnahme zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung 2008 des Kernkraftwerks Gösgen, Brugg, 23. August 2012

ENSI 2014: Periodische Sicherheitsüberprüfung von Kernkraftwerken, Ausgabe Oktober 2014, Erläuterungsbericht zur Richtlinie ENSI-A03/d

ENSI 2020: TFK, Frage 42: Langzeitbetrieb, Brugg 11. 09. 2020

ENSI 2023: Sicherheitstechnische Stellungnahme zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung 2018 des Kernkraftwerks Gösgen, Brugg, Dez. 2023

HSK 1999: Periodische Sicherheitsüberprüfung für das Kernkraftwerk Gösgen-Däniken Zusammenfassung, Ergebnisse und Bewertung, Würenlingen, November 1999

HSK 2004: KKW Beznau II: Gutachten zum Gesuch der NOK um Aufhebung der Befristung der Betriebsbewilligung, Würenlingen, März 2004

IAEA 2006: FUNDAMENTAL SAFETY PRINCIPLES, IAEA SAFETY STANDARDS SERIES No. SF-1, Vienna 2006

IAEA 2015: Vienna Declaration on Nuclear Safety. On principles for the implementation of the objective of the Convention on Nuclear Safety to prevent accidents and mitigate radiological consequences. INFCIRC/872, CNS/DC/2015/2/Rev.1, February 2015

IAEA 2016: Specific Safety Requirements, No. SSR-2/1 (Rev. 1), Safety of Nuclear Power Plants: Design, IAEA, Vienna 2016

KEG 2021: Kernenergiegesetz (KEG) der Schweiz vom 21. März 2003 (Stand am 1. Januar 2021)

KEV 2019: Kernenergieverordnung (KEV) vom 10. Dezember 2004 (Stand am 1. Februar 2019)

KTA 2011: KTA 2201.1 Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen Teil 1: Grundsätze, 2011

TRAS 2025: Grenzenloses Risiko: Gefährdung Deutschlands durch schwere Unfälle in Schweizer Atomkraftwerken, TRAS Juni 2025

UBA 2002: Verfahren Betriebsbewilligung KKW Beznau II, Bericht an die Österreichische Bundesregierung sowie an die Landesregierung von Vorarlberg, Umweltbundesamt Wien 2002

WENRA 2021: Report: WENRA Safety Reference Levels for Existing Reactors 2020, WENRA, 17th February 2021