

Däniken, 28.06.2011  
Dokument-Nr. BRI-D-52954  
Bearbeiter [REDACTED]  
EDMS/AK-Nr. 524290

ENSI EIN: 30. JUNI 2011

### Einschreiben/Rückschein

Eidgenössisches Nuklear-  
sicherheitsinspektorat  
Industriestrasse 19  
5200 Brugg



**Verfügung aufgrund der Ereignisse in Fukushima vom 18.03.2011**  
**Verfügung: Vorgehensvorgaben zur Überprüfung der Auslegung bezüglich Erdbeben und Überflutung vom 01.04.2011**

Sehr geehrte Damen und Herren

Mit der „Verfügung: Massnahmen aufgrund der Ereignisse in Fukushima vom 18.03.2011“ [1] hat das ENSI verfügt, dass das KKG die Auslegung bezüglich Erdbeben und Überflutung unverzüglich zu überprüfen hat. Mit der „Verfügung: Vorgehensvorgaben zur Überprüfung der Auslegung bezüglich Erdbeben und Überflutung vom 01.04.2011“ [2] hat das ENSI die Vorgehensvorgaben für die Überprüfung der Auslegung gegen Erdbeben und Hochwasser präzisiert und unter 3.2 gefordert, dass bis zum 30.06.2011 der deterministische Nachweis für die Beherrschung des 10'000-jährlichen Hochwassers zu erbringen und dem ENSI einzureichen ist. In Ihrer Verfügung [2] haben Sie weiterhin die Randbedingungen und Vorgaben für die Nachweisführung definiert. Gemäss der Verfügung [2] ist die Hochwassergefährdung entsprechend dem Rahmenbewilligungsgesuch der KKN AG und dem Gutachten des ENSI zum Rahmenbewilligungsgesuch [3] zugrunde zu legen.

In der Beilage erhalten Sie unseren Bericht „Sicherheitstechnischer Nachweis des Hochwasserschutzes – Verfügung des ENSI vom 1. April 2011“, BER-D-51283 (Beilage 1) mit der zugehörigen detaillierten technischen Dokumentation (Beilage 2) in zweifacher Ausführung.

Aufgrund der zwischenzeitlich eingegangenen „Verfügung: Neubewertung der Sicherheitsmargen des Kernkraftwerks Gösgen im Rahmen der EU-Stresstests vom 01.06.2011“ [4] haben wir unsere Analyse in Form einer Sicherheitsmargenanalyse gestaltet und dabei auch extreme Hochwassersituationen, die über die Anforderungen des 10'000-jährlichen Hochwassers hinausgehen, in die Überprüfung einbezogen. Unsere Prüfung hat gezeigt, dass unter den von Ihnen vorgegebenen Randbedingungen selbst bei einem Hochwasser, welches die Anforderungen des 10'000-jährlichen Hochwassers deutlich übersteigt, das Aufrechterhalten eines sicheren Anlagenzustandes ohne den Eintritt störfallinduzierter Brennstoffschäden gewährleistet werden kann. Die bei einem Hochwasser zu erwartende Strahlenexposition wurde in Übereinstimmung mit der ENSI Richtlinie G14 bestimmt und bleibt deutlich unter den gesetzlichen Grenzwerten.

Die in Ihrem Brief vom 9. Juni 2011 [5] angesprochenen Kommentare bezüglich der Hochwassergefährdung auf dem Kraftwerksareal haben wir berücksichtigt und unsere technische Dokumentation (Beilage 2) entsprechend ergänzt. Da wir unsere Analysen auf Basis der Anforderungen des kerntechnischen Regelwerks erstellt haben, sind wir insbesondere dem Hinweis nachgegangen, dass sich gemäss dem konventionellen Regelwerk für Stauanlagen eine andere Beurteilung der Gefährdung ergeben könnte. Die Überprüfung hat ergeben, dass sich bei Verwendung des konventionellen Regelwerks unter Berücksichtigung der im nicht kerntechnischen Bereich üblichen Berechnungsverfahren eine wesentlich geringere Gefährdung ergeben würde. Insbesondere würde es bei dem vom ENSI für das Kernkraftwerk Niederamt vorgegebenen Bemessungshochwasser [3] nicht zu einer Überdeckung des Kraftwerksareals des KKG kommen.

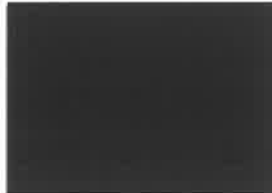
Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass in Übereinstimmung mit den Anforderungen der Verfügungen des ENSI vom 18.03.2011 und 01.04.2011 eine umfassende deterministische Bewertung des Hochwasserschutzes vorgenommen wurde. Es wurde nachgewiesen, dass ein sicheres Abfahren der Anlage auch bei einem extremen Hochwasser und bei Annahme eines lang andauernden Notstromfalls (über mindestens 72 Stunden) möglich ist. Die in dieser Situation zu erwartende Störfallfolgedosis für die Bevölkerung liegt deutlich unterhalb der gesetzlichen Grenzwerte. Ein Zugang von externen Einsatzkräften kann aus radiologischer Sicht ohne Einschränkungen erfolgen.

Referenzen

1. ENSI, Verfügung: Massnahmen aufgrund der Ereignisse in Fukushima vom 18.03.2011
2. ENSI, Verfügung: Vorgehensvorgaben zur Überprüfung der Auslegung bezüglich Erdbeben und Überflutung vom 01.04.2011
3. Gutachten des ENSI zum Rahmenbewilligungsgesuch der KKN AG, Neubauprojekt Kernkraftwerk Niederamt, Brugg September 2010
4. ENSI, Verfügung: Neubewertung der Sicherheitsmargen des Kernkraftwerks Gösgen im Rahmen der EU-Stresstests vom 01.06.2011
5. ENSI, Probabilistische Hochwassergefährdungsanalyse, Brief RAA/GUJ-17/10/044 vom 9. Juni 2011

Freundliche Grüsse

KERNKRAFTWERK GÖSGEN-DÄNIKEN AG



*Beilagen:*  
Im Text erwähnt

Betrifft

**Sicherheitstechnischer Nachweis des Hochwasserschutzes - Verfügung des ENSI vom 1. April 2011**

Dokument-Nr. **BER-D-51283**  
 EDMS-Nr. **518279**  
 AKZ  
 Anzahl Seiten **45**

Inhaltsübersicht

**Inhaltsübersicht** ..... 1  
**Änderungsübersicht**..... 2  
**Beschreibung der Änderung**..... 2  
**1 Einleitung** ..... 3  
**2 Konzept der Nachweisführung** ..... 4  
**3 Zusammenfassung wesentlicher Auslegungsmerkmale des KKG gegen Hochwasser** . 6  
 3.1 Entwicklung der Auslegungsgrundlagen ..... 6  
 3.2 Systemtechnische Auslegungsmerkmale ..... 8  
**4 Neubewertung der Hochwassergefährdung und Auswirkungen auf die Anlage** ..... 10  
 4.1 Hochwassergefährdung durch extreme Aarepegelabflüsse ..... 10  
 4.2 Beurteilung der Auswirkungen der geänderten Gefährdungsannahmen auf das Anlageverhalten ..... 15  
 4.3 Gefährdung durch Damnbrüche ..... 16  
 4.4 Zusammenfassung der zu unterstellenden Störfallszenarien und Nachweis der Aufrechterhaltung der Funktionstüchtigkeit der benötigten Sicherheitssysteme über 72 h ..... 19  
**5 Radiologischer Sicherheitsnachweis**..... 25  
**6 Sicherheitsmargenanalyse** ..... 27  
 6.1 Übersicht zum Vorgehen ..... 27  
 6.2 System- und Gebäudefunktionen mit sicherheitstechnischer Relevanz bei einem extremen Hochwasser ..... 29  
 6.3 Ermittlung der Widerstandswerte der Gebäude- und Systemfunktionen ..... 34  
 6.4 Ergebnisse der Sicherheitsmargenanalyse ..... 41  
 6.5 Probabilistische Einordnung der Ergebnisse der Sicherheitsmargenanalyse ..... 42  
**7 Zusammenfassende Bewertung** ..... 43  
**8 Referenzen** ..... 44

Geht an

Interner Verteiler gemäss Dokumentenprofil

ersetzt Dok.-Nr.				
Rev.		Datum	Name	Unterschrift
v1	erstellt	18.06.2011	██████████	██████████
	geprüft	19.06.2011	██████████	██████████
	genehmigt	21.06.2011	██████████	██████████

## Änderungsübersicht

Rev.	Seite	Beschreibung der Änderung
------	-------	---------------------------

## 1 Einleitung

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der sicherheitstechnischen Überprüfung des Hochwasserschutzes des KKG dargestellt. Anlass für diese Überprüfung sind die Ereignisse im japanischen Kernkraftwerk Fukushima, wo am 11.3.2011 ein schweres Erdbeben der Magnitude  $M_w=9.0$  in Kombination mit einem Tsunami zu einem Totalausfall der lokalen Infrastruktur und als Folge zu einem schweren Unfall geführt hat. Aufgrund der eingetretenen Kern- und Brennstoffschäden, die zur Freisetzung von radioaktivem Jod und Cäsium in die Umgebung des Kernkraftwerks geführt haben, wurde das Ereignis von der japanischen Aufsichtsbehörde als Ereignis der Kategorie 7 auf der siebenstufigen INES-Skala eingestuft. In Übereinstimmung mit der „Verordnung des UVEK über die Methodik und die Randbedingungen zur Überprüfung der Kriterien für die vorläufige Ausserbetriebnahme von Kernkraftwerken (SR 732.114.5)“ Art. 2 c wurde durch KKG unverzüglich eine Überprüfung der Übertragbarkeit der Ereignisse und der aus dem Ereignisablauf zu gewinnenden Erkenntnisse eingeleitet. Mit der „**Verfügung: Massnahmen aufgrund der Ereignisse in Fukushima**“ vom 18.03.2011 [1] hat das ENSI unter Pkt. 3.1 verfügt:

*„Gestützt auf Art. 2 Abs. 1 Bst. d der Verordnung des UVEK über die Methodik und die Randbedingungen zur Überprüfung der Kriterien für die vorläufige Ausserbetriebnahme von Kernkraftwerken verfügt das ENSI, dass das Kernkraftwerk Gösgen die Auslegung bezüglich Erdbeben und Überflutung unverzüglich zu überprüfen hat.“*

Zugleich wurden unter Punkt 3.5 der Verfügung Fragen zur sicherheitstechnischen Auslegung des Kernkraftwerks Gösgen gestellt. KKG hat die Ergebnisse der Überprüfung der Auslegung des KKG gegen Erdbeben und Hochwasser im Bericht „**ENSI: Ereignisse in Fukushima - Bewertung der sicherheitstechnischen Auslegung des KKG**“ [2] auf Basis der im Zusammenhang mit der Periodischen Sicherheitsüberprüfung 2008 erstellten Unterlagen und Analysen dargelegt. Dabei wurden die im Zusammenhang mit zusätzlichen Informationsanforderungen des ENSI erstellten Stellungnahmen des KKG berücksichtigt. Im Bericht [2] wurden auch die vom ENSI in der Verfügung vom 18.03.2011 unter Pkt. 3.5 gestellten Fragen beantwortet.

Mit der „**Verfügung: Vorgehensvorgaben zur Überprüfung der Auslegung bezüglich Erdbeben und Überflutung**“ v. 1.4.2011 [3] hat das ENSI die Vorgehensvorgaben für die Überprüfung der Auslegung gegen Erdbeben und Hochwasser präzisiert, wobei explizit auch die Kombination Erdbeben und Hochwasser (durch Dambruch) zu berücksichtigen ist. Gegenstand des vorliegenden Berichts ist der Nachweis des Hochwasserschutzes, der gemäss Pkt. 3.2 der Verfügung bis zum 30.6.2011 [3] zu führen ist. Die beim Hochwasser zu beachtenden Anforderungen sind in der Verfügung wie folgt formuliert (Zitat):

### 3.2 Hochwasser

*Der deterministische Nachweis für die zur Beherrschung des 10 000-jährlichen Hochwassers ist basierend auf den für die Rahmenbewilligungsgesuche neu bestimmten Hochwassergefährdungen (unter Berücksichtigung der ENSI-Forderungen aus den*

entsprechenden Gutachten) bis zum 30. Juni 2011 zu führen. Dafür gelten folgende Randbedingungen:

- Für den Nachweis der Beherrschung des 10000-jährlichen Hochwassers sind nur jene Ausrüstungen und Strukturen zu kreditieren, deren Hochwasserfestigkeit für die neuen Gefährdungsannahmen nachgewiesen wurde.
- Es ist der Ausfall der externen Stromversorgung zu unterstellen.
- Es ist der deterministische Nachweis zu führen, dass eine Verstopfung oder Schädigung der Flusswasser-Einlaufbauwerke ausgeschlossen werden kann. Falls nicht gezeigt werden kann, dass die Hochwasserentlastung der vorgelagerten Stauanlagen ausreichend dimensioniert ist, darf keine Rückhaltung von Geschiebe und Schwemmgut durch diese Stauanlagen kreditiert werden. Kann der deterministische Nachweis, dass eine Verstopfung oder Schädigung der Flusswasser-Einlaufbauwerke ausgeschlossen werden kann, nicht erbracht werden, ist der Ausfall der vom Hochwasser betroffenen Kühlwasserfassungen zu unterstellen.
- Es ist nachzuweisen, dass die Anlage in einen sicheren Zustand überführt werden kann und dieser Zustand ohne Zuhilfenahme externer Notfallschutzmittel während mindestens 3 Tagen stabil gehalten werden kann.
- Interne Notfallschutzmassnahmen können nur kreditiert werden, wenn sie vorbereitet sind, genügend grosse Zeitfenster zur Durchführung vorhanden sind und die dafür erforderlichen Hilfsmittel auch nach einem 10 000-jährlichen Hochwasser zur Verfügung stehen.
- Die Berechnung der aus dem Störfall resultierenden Dosis erfolgt aufgrund der während des Analysezeitraums emittierten radioaktiven Stoffe und richtet sich nach Richtlinie ENSI-G14.

## 2 Konzept der Nachweisführung

Die Nachweisführung für den Hochwasserschutz entsprechend der Verfügung folgt grundsätzlich dem Anlagendokument „Nachweisführung für den Hochwasserschutz des KKG gemäss der „Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen“ [4], welches dem ENSI im Dezember 2010 eingereicht wurde. Anpassungen an diesem Konzept erfolgen in dem Umfang, wie sie sich aus dem Text der Verfügung ergeben. Insbesondere wird berücksichtigt, dass ein deterministischer Sicherheitsnachweis zu führen ist. Die für die Ergebnisse der sicherheitstechnischen Beurteilung relevanten Anpassungen betreffen:

- Verwendung der Annahmen zur Hochwassergefährdung (Pegelabflüsse in die alte Aare) am Standort des KKG entsprechend den Gefährdungsannahmen aus dem Rahmenbewilligungsgesuch der Kernkraftwerks Niederamt AG (KKN).
- Unterstellung eines lang andauernden Notstromfalls von mindestens 72 h. Dies ist eine deutliche Verschärfung der Annahmen für den Sicherheitsnachweis gegenüber der vor den Ereignissen in Fukushima geltenden Genehmigungspraxis. Als Folge

dieser Forderung ergibt sich, dass zu prüfen ist, ob neben der Reaktoranlage auch andere Aufenthaltsorte des Brennstoffs (BE-Lagerbecken im Containment, Ladebecken) Freisetzungen von Aktivität innerhalb des Zeitfensters von 72 h verursachen können.

- Fokus auf die Beherrschung des „Zehntausendjährigen Hochwassers“. Das Anlagendokument [4] und die technische Dokumentation [10] berücksichtigten auch weniger wahrscheinliche Hochwasserszenarien.
- Zusätzliche Sicherheitsbeurteilung des Schutzes des KKG gegen Damm- und Wehrbrüche.
- Sicherheitsmargenanalyse zur Bestimmung der Auslegungsreserven des KKG bei Hochwasser.

Auf der Basis einer deterministischen Beurteilung des Hochwasserschutzes erfolgt die Bestimmung abdeckender Szenarien für das anlagendynamische Verhalten des KKG. Diese Szenarien werden mit Hilfe des Unfallsimulators MELSIM\_KKG (MELCOR 1.8.6) analysiert. Die daraus abgeleiteten Randbedingungen werden anschliessend der radiologischen Analyse zur Bestimmung der Strahlenexposition mit Hilfe des Rechenprogramms EXPOG14 V.2.1 zugrunde gelegt. Das Rechenprogramm beruht auf der in der ENSI Richtlinie G14 vorgegebenen Methodik. Nachweisziel ist die Einhaltung der radiologischen Grenzwerte (Störfallfolgedosis) für Störfälle der Kategorie 2 (Grenzwert 1mSv). Diese verfeinerten radiologischen Analysen ersetzen die in [4] und [10] angegebenen Berechnungsergebnisse.

Im Rahmen der sicherheitstechnischen Beurteilung wird zudem eine Überprüfung der Anlage auf vorhandene Sicherheitsmargen vorgenommen. Dabei wird überprüft, ob bei geringen Änderungen der Auslegungsannahmen „Cliff Edge“ Effekte auftreten, die zu einer drastischen Veränderung der sicherheitstechnischen Bewertung führen würden. Diese Untersuchungen beruhen auf dem in [4] dargestellten Nachweiskonzept und berücksichtigen zudem Erkenntnisse aus dem aktualisierten PSA Modell für Hochwasser [14]. Bei dieser Analyse werden zusätzlich extreme, die gesetzlichen Anforderungen überschreitende Hochwasserszenarien bis zum PMF (Probable Maximum Flood) betrachtet. Zur Einordnung der mit diesen extremen Hochwasserszenarien verbundenen Überschreitenshäufigkeit wird auf das im KKG verfügbare detaillierte probabilistische Vorhersagemodell zurückgegriffen [11], dessen grundlegende Annahmen mit Hilfe ergänzender Untersuchungen durch das RiskLab des Departements für Mathematik der ETH Zürich abgesichert wurden.

Die durchgeführten Untersuchungen und Analysen haben insgesamt den Charakter einer Sicherheitsmargenanalyse, weshalb die zu untersuchenden Abläufe entsprechend den tatsächlichen physikalischen Gegebenheiten (ohne Verwendung zusätzlicher deterministischer Postulate) aber mit konservativen Modellen abgebildet werden. Damit wird dem Anliegen der Verfügung des ENSI vom 01.06.2011 [21] betreffend der Beteiligung der Schweiz am Europäischen Stresstest und den dort formulierten Kriterien Rechnung getragen.



### 3 Zusammenfassung wesentlicher Auslegungsmerkmale des KKG gegen Hochwasser

#### 3.1 Entwicklung der Auslegungsgrundlagen

Das „Ereignis Hochwasser“ wurde bereits in der Planung des Kernkraftwerks Gösgen umfassend berücksichtigt (vgl. [5]). Um die möglichen Auswirkungen eines Hochwassers sowie die getroffenen Schutzmassnahmen nachvollziehen zu können, ist es sinnvoll die Lage des KKG an der alten Aare hinter der Wasserscheide am Wehr Winznau aufzuzeigen (Abbildungen 1 und 2).

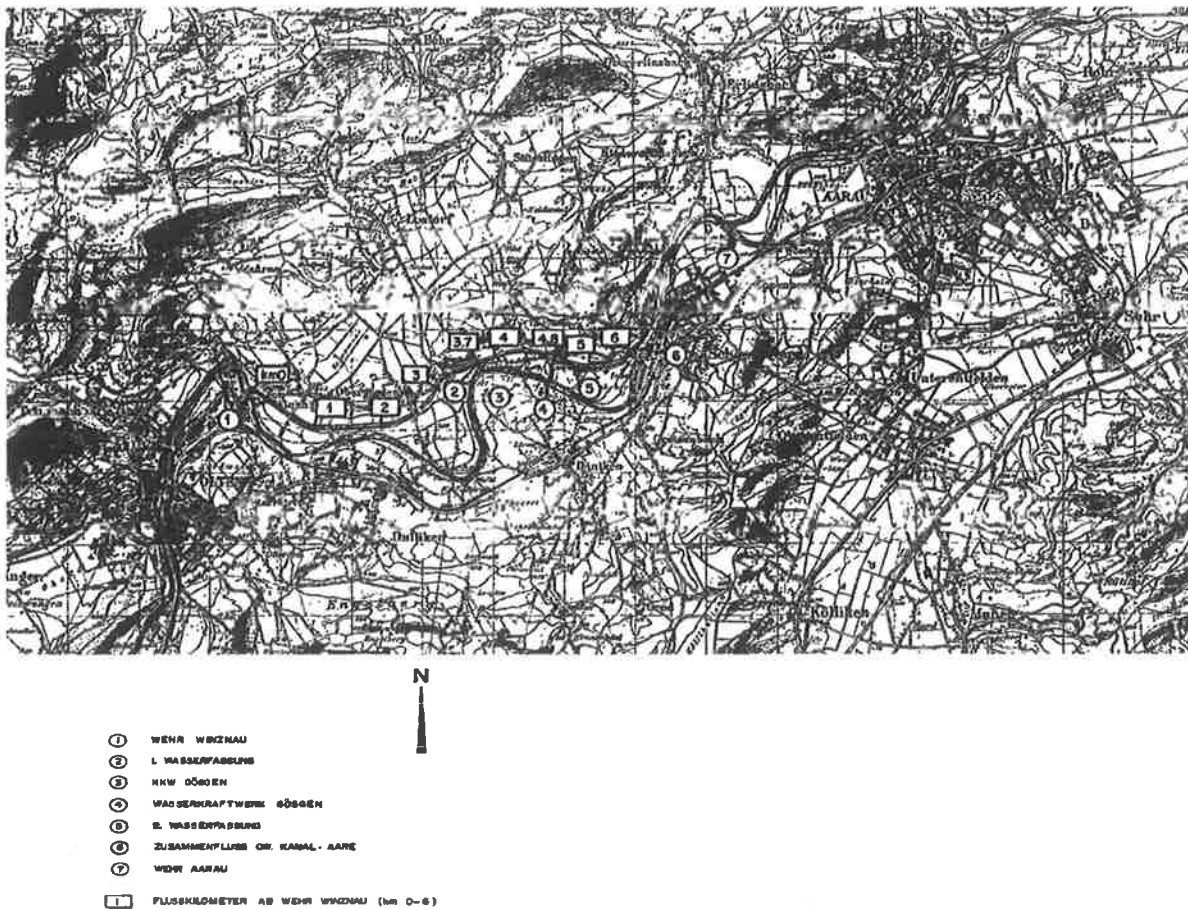


Abbildung 1 Lage des KKG (Übersicht)

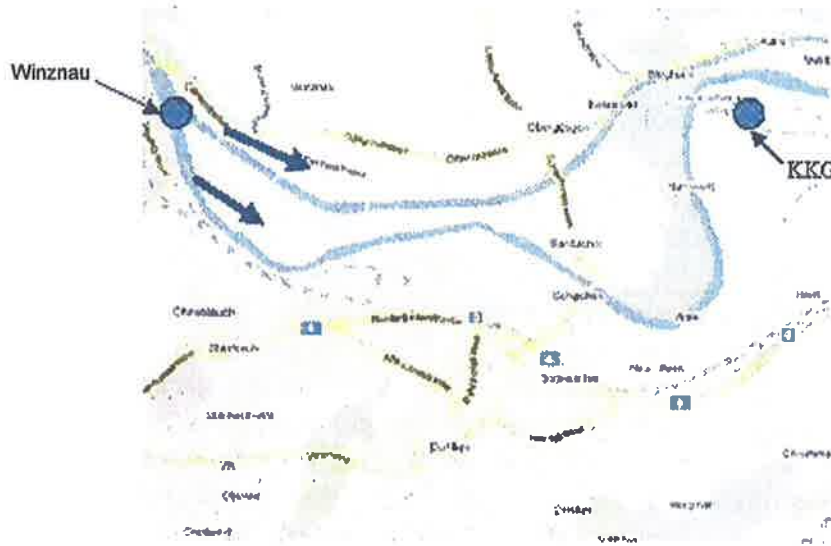


Abbildung 2 Lage des KKG (Detail)

Entsprechend den bei der Planung gültigen Gefährdungsannahmen wurden Damm- und Wehrbrüche entfernter Stauanlagen sowie meteorologisch bedingte Hochwasser bis zum „1'000-jährigen Hochwasser“ mit zusätzlichen Fehlerannahmen (Versagen des Wehrs Winznau, kein Abfluss in den Oberwasserkanal) berücksichtigt. Zudem wurde die Ereigniskombination Erdbeben mit Versagen des Oberwasserkanals bei der Auslegung der Nebenkühlwasserversorgung berücksichtigt [5]. Das Areal des Kraftwerks wurde während der Bauphase aufgeschüttet, wobei bei der Aufschüttung eine zusätzliche Sicherheitsmarge gegenüber den bei der Planung unterstellten Gefährdungsannahmen berücksichtigt wurde.

Aus der Darstellung in den Abbildungen geht hervor, dass ein Hochwasser am Standort des KKG aus den genannten Ursachen nur auftreten kann, wenn es zu einem signifikanten Wasseranstieg in der alten Aare kommt. Der Wasserabfluss in die alte Aare wird durch das Wehr in Winznau wirksam begrenzt. Bei einem Hochwasser wird somit die am Wehr Winznau eintreffende Wassermasse zunächst in den Oberwasserkanal des Wasserkraftwerkes Gösgen geleitet. Dort befindet sich die erste Wasserfassung des Kernkraftwerkes Gösgen. Von dort gelangt das Wasser nach Durchströmen der Turbinen des Wasserkraftwerkes in den Unterwasserkanal, wo sich die zweite Wasserfassung des Kernkraftwerkes Gösgen befindet.

Bis zum Umbau des Oberwasserkanals 2003/2004 befand sich am Eintritt in den Kanal eine Mauer mit Überlaufregelung zur Gewährleistung des Zuflusses zum Wasserkraftwerk. Die Überlaufregelung war auf einen Abfluss in den Oberwasserkanal von  $380 \text{ m}^3/\text{s}$  begrenzt. Als „1'000-jähriges“ Hochwasser wurde ein Abfluss in die alte Aare von  $1270 \text{ m}^3/\text{s}$  der Auslegung zugrunde gelegt. Im Idealfall war unter den während der ersten Betriebsjahre des KKG geltenden Bedingungen eine Verteilung der Wassermassen zwischen Oberwasserkanal und alter Aare möglich, die auch bei sehr grossen Zuflussmengen bis zum Wehr Winznau ein Hochwasser auf dem Kraftwerksareal praktisch ausschliessen liess. Bei funktionierender Überlaufregelung am Oberwasserkanal (ohne Annahme eines Zusatzfehlers) entsprach dieser

Auslegungswert einem Zufluss von 1650 m<sup>3</sup>/s am Wehr Winznau. Lediglich bei Annahme einer gleichzeitigen Verstopfung des Oberwasserkanals infolge des Ausfalls der Überlaufregelung reduziert sich der Bemessungswert der Hochwasserschutzmassnahmen auf einen Pegelabfluss von 1270 m<sup>3</sup>/s in die alte Aare. Die in der Bauphase vorgenommene Aufschüttung des Areals bis auf 382.1 m (Referenzpunkt am Notstandsgebäude) bot dabei eine zusätzliche Reserve von ca. 1 m gegenüber den für diesen Bemessungswert ermittelten Wasserständen. Das Wehr in Winznau wurde ursprünglich auf ein extremes (militärisches Hochwasser) ausgelegt (Staudruck).

Nach der Mitte der neunziger Jahre abgeschlossenen Umrüstung des Wasserkraftwerkes Gösgen von Francis- auf Kaplan-turbinen ist das Wasserkraftwerk selbst im abgestellten Zustand im „Segelbetrieb“ in der Lage, einen Minimaldurchfluss von 40 % der Konzessionswassermenge (diese beträgt zur Zeit 380 m<sup>3</sup>/s) durchzulassen. Da die neuen Turbinen wesentlich tiefer angeordnet sind, als die alten Turbinen (um ca. 4 m) ist die Gefahr einer Verstopfung durch oberflächennahes Geschwämm selb praktisch beseitigt. Zudem gestatten die neuen Turbinen das Turbinieren von wesentlich höheren allerdings nicht konzessionierten Wasserdurchflüssen. Dies hat dazu geführt, dass die am Oberwasserkanal befindliche Mauer mit der Überlaufregelung entfernt werden konnte, da diese als Schutz des Wasserkraftwerkes gedachte Massnahme nicht mehr notwendig war. Insgesamt führte diese Anlagenänderung zu einer zusätzlichen Sicherheitsmarge bezüglich des Hochwasserschutzes, da bei einem Hochwasser in jedem Fall eine grössere Wassermenge in den Oberwasserkanal geleitet werden kann, wobei gegebenenfalls die konzessionierte Wassermenge auch deutlich überschritten werden kann. Eine zeitweilige Überschreitung der Konzessionswassermenge des Wasserkraftwerkes in einem Notfall ist tolerierbar.

### 3.2 Systemtechnische Auslegungsmerkmale

Dem Schutz gegen externe Einwirkungen einschliesslich Hochwasser wurde bei der Auslegung durch die Sicherstellung diversitärer Kühlwasserfassungen und redundanter und partiell diversitärer Notstrom- und Notstandseinrichtungen Rechnung getragen [2]. KKG verfügt über insgesamt vier Kühlwasserfassungen:

- Die Kühlwasserfassung im Gebäude ZM0 im Oberwasserkanal der Aare,
- die erdbebensicher ausgeführte Kühlwasserfassung im Gebäude ZM5 unterhalb des Wasserkraftwerkes Gösgen
- sowie über zwei Grundwasserfassungen (Notstandsbrunnen, Brunnenwassersystem VX) im gegen extreme externe Auswirkungen geschützten Notstandsgebäude ZX.

Die räumliche Trennung der Wasserfassungen und ihre Diversität bilden einen wirksamen Schutz vor einem Common Mode Versagen infolge der Einwirkung eines externen Ereignisses.

KKG verfügt über vier Notstromdieselaggregate, die in zwei räumlich getrennten Gebäuden angeordnet sind. Die für den Betrieb der Notstromdieselaggregate erforderlichen

Hilfsfunktionen sind gegen Erdbeben ausgelegt und in Gebäuden, die gegen Erdbeben ausgelegt sind, angeordnet. Sie verfügen, infolge der Aufschüttung des KKG Areals bei der Errichtung des Kraftwerks, über einen hohen Schutzgrad gegen externe Überflutungen. Die für die von diesen Einrichtungen benötigte Kühlwasserversorgung bei externen Einwirkungen vorgesehene zweite Wasserfassung ZM5 wurde unter Berücksichtigung extremer Hochwasser- und Niedrigwasserszenarien geplant [5]. Sie bleibt selbst nach einem Erdbeben, welches zu einem Versagen des Oberwasserkanals und/oder des Wehrs in Winznau führt, verfügbar. Zusätzlich verfügt das KKG über das gegen spezielle externe Einwirkungen gesicherte Notstandssystem mit zwei Grundwasserfassungen (Brunnenwassersystem) mit zwei weiteren Dieselaggregaten, welche direkt zwei Notstandsspeisewasserpumpen antreiben und mit deren Hilfe auch die Notstandsbeckenkühlpumpen versorgt werden. Vom Notstand aus kann die verkürzte Nachkühlkette aufgebaut werden, mit deren Hilfe sowohl die Nachwärme aus dem Reaktorkühlkreis als auch aus dem im Containment befindlichen Brennelement-Lagerbecken abgeführt werden kann. Unter Berücksichtigung von Operateurmassnahmen vor Ort kann bei einem lang andauernden Notstromfall die Nachwärmeabfuhr aus der Reaktoranlage mittels Dampferzeugerbespeisung und aus dem Brennelement-Lagerbecken im Containment mit einem Strang des Notstandssystems durchgeführt werden. Alle dafür erforderlichen Handlungen können in gegen externe Einwirkungen (Erdbeben, Hochwasser) geschützten Bauwerken durchgeführt werden.

Der Bericht [2] gibt einen Gesamtüberblick über die sicherheitstechnische Auslegung des KKG mit speziellem Bezug zum Schutz gegen externe Einwirkungen.

Nach Inkraftsetzen der „Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen“, welche zu veränderten Anforderungen an die Gefährdungsannahmen betreffend Hochwasser geführt haben (Berücksichtigung des „Zehntausendjährigen“ Hochwassers) wurden durch KKG Massnahmen zur weiteren Verbesserung des Hochwasserschutzes umgesetzt. Diese Massnahmen resultierten aus einer detaillierten risikotechnischen Beurteilung des Störfalls „Hochwasser“ und dienten der Begrenzung der Folgen auslegungsüberschreitender Hochwasserszenarien. Diese Massnahmen umfassten:

- Einführung eines automatischen, zeitlich vorgelagerten Hochwasseralarms ab der Messstation Aare-Murgenthal bei einem Pegelabfluss von 1050 m<sup>3</sup>/s durch das automatische Alarmsystem des BAFU. Diese Alarmierung ist seit dem 1. November 2010 eingeführt und gewährleistet eine grosse Vorwarnzeit bis zum Erreichen eines Pegelabflusses, der zum Beginn einer Überflutung des Kraftwerksareals führen kann. Die Vorwarnzeit beträgt mehr als drei Stunden (Laufzeit und Pegelanstiegszeit bis zu einer möglichen Überflutung). Eine zusätzliche Vorwarnung, welche in den Vorschriften des KKG berücksichtigt ist, erfolgt zudem vom Kraftwerk Flumenthal.
- Anpassung des Notfallreglements, Berücksichtigung des Kapitels „Hochwasser“ in einem separaten Kapitel mit zugehörigen Massnahmen.
- Abdichten der Aussenhülle von Gebäuden in denen sich Ausrüstungen befinden, die für ein sicheres Abfahren der Anlage erforderlich sind, zur Minimierung möglicher Leckagemengen.

- Austausch von Türdichtungen an inneren Barrieren des Notstandsgebäudes (ZX00T217, ZX00T201).
- Abdichten der Dieselnostromgebäude (Lufteinlässe, Abdichten der Türen).
- Vorbereitung von Notfallmassnahmen zur Errichtung eines Dammschottes vor dem Materialtor des Notstandsgebäudes und eines inneren Schottes hinter der Personenschleuse (hinter ZX00T217).
- Überprüfung/Austausch der Dichtungen der Objektschutztüren der Gebäude ZB, ZC, ZV, ZM02 (14 Türen).
- Vorbereitung der Errichtung eines Dammschottes für das Schaltanlagegebäude.
- Installation von Flutklappen zum Verschliessen von Lüftungseinlässen in die zum Schaltanlagegebäude führenden Kanäle ZW8110, ZW8120, ZW8130, ZW8410.
- Anpassung der Schichtanweisung SA 58 für Massnahmen bei Hochwasser u. a. das vorgezogene Aufgebot des Notfallstabs, der Feuerwehr, die Besetzung des Notstandsgebäudes und der zweiten Wasserfassung, sowie vorbereitete Checklisten.

Die Feuerwehr verfügt über mobile Einsatzmittel (aufblasbare Schläuche, Sandsäcke) um kritische Bereiche über die Wasser in Gebäude eindringen könnte, abzusperren. Diese Mittel kommen in einem Hochwassernotfall zum Einsatz. Dafür stehen aufgrund der Vorwarnzeit sehr grosse Zeitfenster zur Verfügung.

#### **4 Neubewertung der Hochwassergefährdung und Auswirkungen auf die Anlage**

Entsprechend der Verfügung [4] steht der Nachweis für den Hochwasserschutz für das „Zehntausendjährige Hochwasser“ im Mittelpunkt, wobei als Grundlage die Gefährdungsstudie, welche als Bestandteil der Unterlagen des Rahmenbewilligungsgesuchs für den Standort des Kernkraftwerks Niederamt durchgeführt wurde und die vom ENSI begutachtet wurde [15], zu verwenden ist. Zugleich sind die gesetzlichen Rahmenbedingungen, insbesondere die „Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen“ (SR 732.112.2) zu beachten.

##### **4.1 Hochwassergefährdung durch extreme Aarepegelabflüsse**

Entsprechend der in Kapitel 3 dargelegten Situation kann eine Überflutung des Areals des KKG nur über die alte Aare erfolgen, d.h. es müssen sich unterhalb des Wehrs Winznau grosse Pegelabflüsse in die alte Aare ergeben. Die Gefährdungsstudie des KKN [9, 16] beruht auf den folgenden Annahmen:

- Basis für die Ermittlung der Pegelabflüsse in die alte Aare ist die vom BAFU zur Verfügung gestellte Datenreihe der Pegelabflüsse an der Station Murgenthal bis zum Jahr 2007.
- Zusätzlich statistisch berücksichtigt wurden Zuflüsse unterhalb der Station Murgenthal bis zum Wehr Winznau.
- Der Abfluss in den Oberwasserkanal wurde angesichts der für KKN geplanten langen Laufzeit (60 Jahre Betrieb + 15 Jahre Planungs- und Bauzeit, zu betrachtender Zeitrahmen bis ca. 2085) wegen der Unwägbarkeiten der Vorhersage eines zukünftigen Betriebs des Wasserkraftwerks Gösgen nicht berücksichtigt. Dies entspricht nicht der heutigen Situation, wie sie der Beurteilung der aktuellen Gefährdung des Kernkraftwerks Gösgen zugrunde zu legen ist (siehe Abbildungen 1 und 2).

Abbildung 3 zeigt die Ergebnisse der statistischen Analyse des KKN [9], die entsprechend den Annahmen der Analyse als Wasserzufluss zum Wehr Winznau zu interpretieren ist. Als am besten geeignetes probabilistisches Modell für die zur Verfügung stehenden Daten wurde eine drei-parametrische Lognormalverteilung bestimmt. Abbildung 3 zeigt zugleich einen Vergleich mit den Gefährdungsannahmen des Kantons Solothurn, die auf einer Extrapolation der vom BAFU zur Verfügung gestellten Datenreihen beruhen. Diesen Werten liegt im Unterschied zum Vorgehen des KKN keine detaillierte standortspezifische probabilistische Gefährdungsanalyse zugrunde.

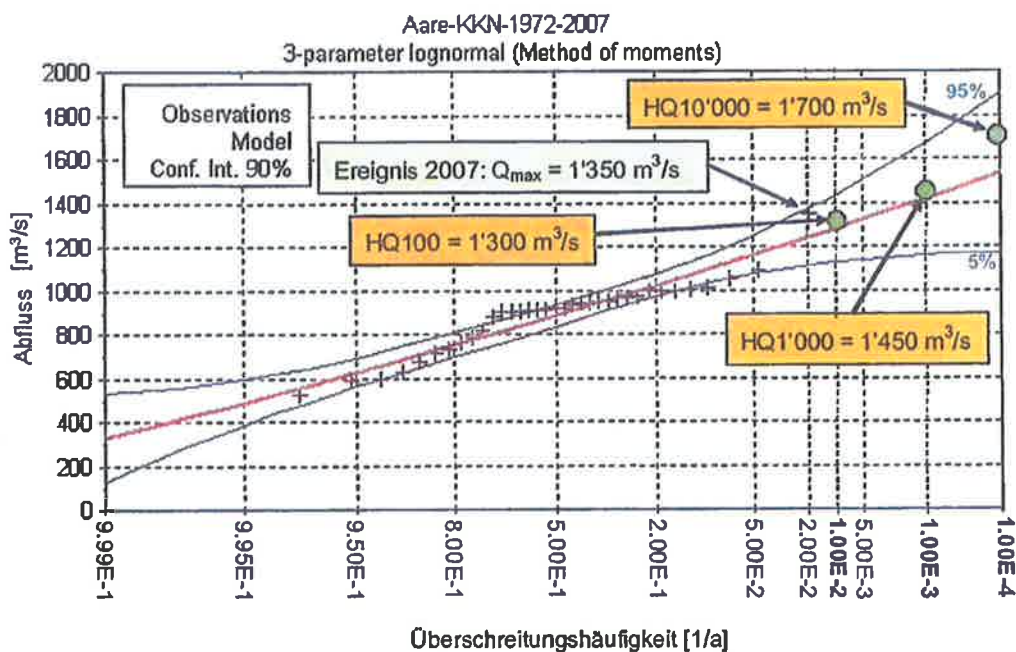


Abbildung 13: 3-Parameter log-Normal Verteilung der Jahresmaxima Standort KKN

### Abbildung 3 Gefährdungsbeurteilung für den Standort KKN (Abb. 13 in [9])

Ein Vergleich der Ergebnisse der probabilistischen Gefährdungsanalyse des KKN mit den Referenzwerten des Kantons zeigt, dass die von KKN ermittelte tatsächliche Gefährdung gemessen am Erwartungswert, deutlich niedriger als der Vorgabewert des Kantons ausfällt. Das von KKN ermittelte „Zehntausendjährige Hochwasserereignis“ entspricht einem Aarezufluss am Wehr Winznau von 1530 m<sup>3</sup>/s. Um möglichen Langzeittrendeffekten (in der von KKG durchgeführten detaillierten Hochwassergefährdungsstudie ([10] – [12]) wurden derartige Trends in der vom BAFU zur Verfügung gestellten Datenreihe nachgewiesen) vorzubeugen (Klimawandel, zivilisatorische Eingriffe) hat KKN als Bemessungshochwasser den auch vom Kanton Solothurn verwendeten konservativ abdeckenden Wert von 1700 m<sup>3</sup>/s gewählt. Dies stellt eine grosszügige Sicherheitsmarge gegenüber der tatsächlichen Gefährdung bei der Festlegung von Hochwasserschutzmassnahmen sicher und entspricht damit den Anforderungen der 2004 in Kraft gesetzten Kernenergieverordnung (SR 732.11) Paragraf 10 lit. g.

Bei der deterministischen Beurteilung der aktuellen Gefährdung des KKG ist gemäss „Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen“ (SR 732.112.2) das aus einer probabilistischen Gefährdungsstudie ermittelte Hochwasserereignis mit einer Überschreitenshäufigkeit von 10<sup>-4</sup>/a zu verwenden, wobei die tatsächlichen Standortbedingungen zu berücksichtigen sind.

Daraus ergeben sich die in der deterministischen Analyse zu berücksichtigenden Hochwasserszenarien:

- 1) „Zehntausendjähriger Zufluss“ zum Wehr Winznau mit Abfluss in den Oberwasserkanal bei Betrieb des Wasserkraftwerks Gösgen, wobei konservativ ein Betrieb bei Annahme der Konzessionswassermenge unterstellt wird.
- 2) „Zehntausendjähriger Zufluss“ zum Wehr Winznau mit Abfluss in den Oberwasserkanal bei abgestelltem Wasserkraftwerk Gösgen (Segelbetrieb), d.h. mit Minimalabfluss in den Oberwasserkanal ohne Einleitung von Gegenmassnahmen.
- 3) Szenarien mit Ausfall des Oberwasserkanals (Fehlerpostulat), wobei gemäss ENSI Richtlinie A01 die Fehlerwahrscheinlichkeit und die Auswirkungen eines derartigen Ausfalls zu bewerten sind.

Für das Szenarium 1) wird der vom Kanton Solothurn vorgegebene und vom Kernkraftwerk Niederamt übernommene konservative Wert für den Zufluss zum Wehr Winznau beim „zehntausendjährigen Ereignis“ von 1700 m<sup>3</sup>/s übernommen. Unter Berücksichtigung des Abflusses in den Oberwasserkanal entsprechend der konzessionierten Wassermenge von 380 m<sup>3</sup>/s ergibt sich ein Abfluss in die alte Aare von 1320 m<sup>3</sup>/s.

Beim Szenarium 2) ist zu berücksichtigen, dass der postulierte Betriebszustand des Wasserkraftwerkes (abgestellt, Segelbetrieb) während eines Betriebsjahres des KKG nur selten auftritt. Entsprechend der Richtlinie ENSI A01 – der Ausführungsrichtlinie des ENSI zur Verordnung über die Gefährdungsannahmen - darf gemäss Pkt. 4.1.1 b – bei der Bestimmung der Eintrittshäufigkeit die relative Zeitdauer des in der deterministischen Analyse betrachteten

Betriebszustands berücksichtigt werden. Die Verfügbarkeit des Wasserkraftwerkes Gösgen ist hoch. In Zukunft ist im Zusammenhang mit der aktuellen Energiepolitik der Schweiz zudem mit einer weiteren Stärkung der Zuverlässigkeit der Stromversorgung aus Wasserkraftwerken zu rechnen. Setzt man die Nichtverfügbarkeit des Wasserkraftwerkes konservativ mit 15 % an, ergibt sich für die resultierende Ereigniskombination des Szenariums 2 eine Überschreitenshäufigkeit von  $1.5 \cdot 10^{-5}/a$ . Ereignisse mit einer derartig niedrigen Häufigkeit sind gemäss Art. 5 lit.4 der „Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen“ (SR 732.112.2) nicht mehr zu berücksichtigen. In der vorliegenden Analyse wird dieses Szenarium dennoch nicht ausgeschlossen. Um zu einer realistischen Einschätzung der Gefährdung zu gelangen, wird für das Szenarium 2 der „zehntausendjährige Zufluss“ auf Basis des Erwartungswertes des probabilistischen Modells von KKN [9] bestimmt. Dieser Erwartungswert beträgt  $1530 \text{ m}^3/\text{s}$ . Diese Annahme wird auch dadurch gestützt, dass die verbleibende Laufzeit des Kernkraftwerks Gösgen deutlich geringer ausfällt als die einmal vorgesehene Betriebszeit des Kernkraftwerks Niederamt (bis ca. 2085). Der Abfluss in den Oberwasserkanal beim Segelbetrieb der Anlage beträgt 40 % der Konzessionsmenge, also  $152 \text{ m}^3/\text{s}$ . Daraus resultiert ein Pegelabfluss in die alte Aare für das „zehntausendjährige Ereignis“ von  $1378 \text{ m}^3/\text{s}$ . Eine weitere Besonderheit des Szenariums 2 aus systemtechnischer Sicht besteht darin, dass die im Notfallhandbuch des KKG vorgesehene Massnahme zur Wiederherstellung der Stromversorgung bei einem Notstromfall durch Einspeisung vom Wasserkraftwerk nicht möglich ist.

Für das Szenarium 3) ist der Fall zu diskutieren bei dem eine totale Verstopfung des Wasserkraftwerkes als unabhängiger zusätzlicher Einzelfehler postuliert wird. Derartige Fälle wurden im aktualisierten Risikomodel des KKG berücksichtigt [14], wobei für die Verstopfungswahrscheinlichkeit konservative subjektive Unsicherheitsverteilungen definiert wurden. Diese wurden so gewählt, dass sie insbesondere den Wertebereich extremer Pegelabflüsse an der Messstation bis jenseits des von KKN definierten PMF abdecken. Dieser Wertebereich ist bei der Beurteilung des „zehntausendjährigen Hochwassers“ hingegen nicht relevant, da die zu betrachtenden Pegelabflüsse deutlich geringer sind. Die Richtlinie A01 lässt für einen derartigen Einzelfehler im Rahmen deterministischer Sicherheitsbetrachtungen die Annahme einer Eintretenswahrscheinlichkeit zwischen 0.01 und 0.1 zu. Für die Diskussion der Wahl der Werte der Fehlerwahrscheinlichkeit ist es sinnvoll zwischen der Situation vor dem Umbau des Oberwasserkanals und nach dem Umbau des Oberwasserkanals zu unterscheiden. Vor dem Entfall der Überlaufregelung am Eintritt in den Oberwasserkanal ist als massgebender Fehler gemäss der Richtlinie A01 der Ausfall der Überlaufregelung anzusehen. Der Wert für die Fehlerwahrscheinlichkeit ist in dieser Situation mit Sicherheit mit 0.1 zu wählen, da der Ausfall der Überlaufregelung aufgrund der örtlichen Nähe zum Wehr Winznau einen zeitlich praktisch unverzögerten Einfluss auf die Abflussmenge in die alte Aare hat. Dies führt dazu, dass die Zuflussmenge zum Wehr Winznau, welche dem „tausendjährigen“ Hochwasser entspricht, als Pegelabfluss in die alte Aare zu postulieren wäre.



Nach den vorgenommenen Verbesserungen am Wasserkraftwerk und dem Entfall der Überlaufregelung ist hingegen die Annahme eines deutlich geringeren Wertes gerechtfertigt. Infolge des Tieferlegens der Turbinen ist aus deterministischer Sicht generell in Frage zu stellen, ob es zu einer vollständigen Verstopfung des Wasserkraftwerkes kommen kann. Wesentlich realistischer erscheint die Modellvorstellung einer fluktuierenden Strömung, bei der letztendlich immer noch ein Teilstrom des am Wehr Winznau in den Oberwasserkanal abfliessenden Wassers das Wasserkraftwerk passiert. Bei einem Aufstau der Strömung am Wasserkraftwerk ist zudem mit einem seitlichen Abfluss des Wassers zu rechnen. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass sich nach dem Umbau auch die Dynamik des Hochwasserablaufs deutlich verändert hat, was in stationären Überflutungsrechnungen (vgl. Abschnitt 4.2) nicht erfasst werden kann. Während ein Ausfall der Überlaufregelung im Zustand vor dem Umbau einen unmittelbaren Einfluss auf die Abflussmenge in die alte Aare hatte, stellt sich eine Beeinflussung der Abflussmenge in die alte Aare nach dem Umbau erst nach deutlicher zeitlicher Verzögerung (Laufzeit des ansteigenden Abflusses bis zum Wasserkraftwerk, Zeitdauer bis zur Ablagerung und zum Absetzen von Material bis in den Bereich des Turbineneintritts) ein. Zudem darf davon ausgegangen werden, dass in der Anfangsphase bis zur Verstopfung eine grössere Wassermenge in den Oberwasserkanal abfliesst, was die Stauhaltung am Wehr erleichtert. Erst der nach einer Verstopfung eintretende Rückstau beeinflusst die Abflussmenge in die alte Aare. Da wie in Abschnitt 4.2 gezeigt, die Hochwasserdauer sehr gering (1-2 h) und der Pegelabfluss am Wehr Winznau zeitlich nicht konstant ist, darf unterstellt werden, dass der Einfluss der Verstopfung der zu einer Erhöhung des Pegelabflusses führt, sich zeitlich erst in der Abklingphase des Hochwassers bemerkbar macht. Aus diesen Überlegungen heraus wird als Verstopfungswahrscheinlichkeit für den hier zu betrachtenden Bereich der Pegelabflüsse ein Wert von 0.03 verwendet. Bei Zugrundelegung des im PSA-Modell berücksichtigten Modells für die Ausfallwahrscheinlichkeit entspricht dies einem niedrigeren Fraktil (ca. dem 30 % Fraktil) der Datenverteilung, was angemessen ist, da hier der Wertebereich relativ niedriger Pegelabflüsse betrachtet wird. Demzufolge ist als Pegelabfluss in die alte Aare der „333-jährige“ Zufluss am Wehr Winznau zu betrachten, was gemäss Abbildung 3 einem (in diesem Fall aufgrund der besonderen Dynamik des Verlaufs des Pegelabflusses einem zeitlich gemittelten) Pegelabfluss von ca. **1370 m<sup>3</sup>/s** entspricht.

Das Szenarium 2) ist daher als das innerhalb der gesetzlichen Bestimmungen zu betrachtende, anforderungsbestimmende Störfallszenarium auszuwählen. Die Unsicherheiten bei der Wahl des bestimmenden Szenariums für die Überprüfung der Auslegung werden im Rahmen der Sicherheitsmargenanalyse bewertet. Die Unsicherheiten betragen ca. -58 bis +72 m<sup>3</sup>/s. Bei der Auslegungsüberprüfung werden sie dadurch kompensiert, dass KKG bei der Bestimmung der Wasserstände auf dem Kraftwerksareal das 2D-Programm der AF Colenco verwendet, welches im Vergleich zu dem für die Planung von Hochwasserschutzmassnahmen des Kantons Solothurn verwendeten Programm im Bereich des Kraftwerkareals deutlich höhere Werte vorhersagt (konservatives Vorgehen, vgl. Abschnitt 4.2).

Im Rahmen der Ermittlung von Sicherheitsmargen bei Extremhochwasser werden weitere Szenarien unter Einschluss des PMF (Probable Maximum Flood) betrachtet. Diese

weiterführenden, noch extremeren Szenarien liegen auch den im KKG eingeführten Notfallmassnahmen zugrunde.

#### 4.2 Beurteilung der Auswirkungen der geänderten Gefährdungsannahmen auf das Anlageverhalten

Für die Beurteilung der Auswirkungen der geänderten Gefährdungsannahmen auf das Anlageverhalten ist gemäss dem von KKG entwickelten Nachweiskonzept zu prüfen, ob die zu berücksichtigenden Pegelabflüsse zu einer Überflutung des Kraftwerkareals führen. Im Fall einer Überflutung ist zu ermitteln, welche Wasserstände erreicht werden und wie lange die Hochwassersituation andauert. Auf der Basis ermittelter Widerstandskurven (Leckagemenge in Abhängigkeit vom Wasserstand) und daraus ermittelter Widerstandskennwerte für Gebäudefunktionen [4] kann dann beurteilt werden, ob und innerhalb welcher Zeit, Ausfälle sicherheitstechnisch wichtiger Systemfunktionen nicht mehr auszuschliessen sind.

Für die Ermittlung von Überflutungskoten wurde seitens KKG das 2D-Modell von AF Colenco eingesetzt [4, 10]. Ein Vergleich mit dem für die Planung von Hochwasserschutzmassnahmen des Kantons verwendeten 1D-Programm [10] hat gezeigt, dass dieses Modell im Bereich des Kraftwerkareals des KKG generell zu den konservativeren Vorhersagen von Wasserständen führt. Demzufolge bestehen seitens des Kantons ungeachtet der Annahme einer höheren Gefährdung bezüglich des Pegelabflusses in die alte Aare (vgl. Abbildung 3, 1700m<sup>3</sup>/s), welche sich aus deterministischen Postulaten bezüglich des Ausfalls des Oberwasserkanals im nichtnuklearen Regelwerk ergibt, gegenwärtig keine Anforderungen an die Verbesserung des Hochwasserschutzes im Bereich des KKG, da das Areal nicht überflutet wird.

Die nachstehende Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Ergebnisse der Überflutungsanalysen gemäss [10]. Zugleich wird die aus Relativkennlinien (Prozentalkennlinien) historischer Hochwasser abgeleitete Zeitdauer der zugehörigen Hochwassersituation bestimmt. Das dazu verwendete Verfahren ist in [4] beschrieben. Als Referenzwert für den Beginn und das Ende eines Hochwassers wurde generell ein Pegelabfluss in die alte Aare von 1350 m<sup>3</sup>/s unterstellt. Dies ist eine konservative Annahme, die zu einer rechnerischen Erhöhung der Zeitdauer führt. Gemäss den Analysen der AF Colenco setzt eine Überdeckung des Kraftwerkareals bei einem Pegelabfluss von ca. 1380 m<sup>3</sup>/s ein. Gemäss dem vom Kanton Solothurn verwendeten Rechenmodell tritt selbst bei einem Pegelabfluss von 1700m<sup>3</sup>/s in die alte Aare keine Überflutung des Kraftwerksareals auf. Die ermittelten Werte für die Zeitdauer eines Hochwassers in Tabelle 1 für Pegelabflüsse grösser 1380 m<sup>3</sup>/s enthalten somit bei Verwendung der Ergebnisse der AF Colenco einen Sicherheitszuschlag von 1.1 h. Mit diesem Sicherheitszuschlag werden die möglichen Unsicherheiten der Extrapolation der Hochwasserdauer aus der geringen Zahl verfügbarer Ganglinien von Aarehochwässern in der Region berücksichtigt. Dabei ist zu beachten, dass die Unsicherheiten im Bereich relativ niedriger Pegelabflüsse (in der Nähe der verwendeten Referenzganglinien) geringer sind, diese bei Übergang zu den in der Sicherheitsmargenanalyse (Kapitel 6) verwendeten, nie beobachteten extremen Pegelabflüssen aber zunehmen.

Tabelle 1 Ergebnisse der Überflutungsanalysen

Abfluss in die alte Aare, m <sup>3</sup> /s	Maximaler Wasserstand, m (Differenz zur Referenzhöhenkote am Notstandsgebäude)	Mittlere Zeitdauer, [h]
1380	382.05 (-0.05)	1.1
1480	382.30 (+0.2)	2.9
1550	382.50 (+0.4)	3.6
1600	382.60 (+0.5)	4.2
1700	382.65 (+0.55)	10.1
2100	383.20 (+1.1)	11.8

Ein Vergleich der Ergebnisse in Tabelle 1 mit dem der deterministischen Analyse zugrunde zu legenden Szenarium 2 (1378 m<sup>3</sup>/s) zeigt, dass das Areal des KKG knapp nicht überflutet wird. Allerdings ist die bei der Planung der Anlage berücksichtigte Sicherheitsmarge praktisch aufgebraucht. Die relativ kurze zu erwartende Zeitdauer des Hochwassers lässt grössere Auswirkungen ausschliessen. Ein kausaler Zusammenhang zwischen einem derartigen Hochwasser und der gemäss Verfügung des ENSI [3] zu betrachtenden Situation eines 72 h ohne externe Unterstützung zu bewältigenden Notstromfalls lässt sich nicht herstellen. Bezüglich des in den radiologischen Sicherheitsanalysen zu berücksichtigenden Szenariums ergibt sich, dass das in der Verfügung des ENSI formulierte Postulat des Eintritts eines lang andauernden Notstromfalls anforderungsbestimmend ist. Ein Notstromfall ist ein Auslegungsstörfall, der zu einer Reaktorschnellabschaltung führt. Im hier zu betrachtenden Fall wären alle sicherheitstechnischen Einrichtungen des KKG durch das Hochwasser unbeeinträchtigt. Weiterführende Sicherheitsmargenanalysen sind im Kapitel 6 angeführt.

#### 4.3 Gefährdung durch Dammbürche

Ein Hochwasser kann auch als Folge des Bruchs von einem oder mehreren Staudämmen oder Wehren eintreten.

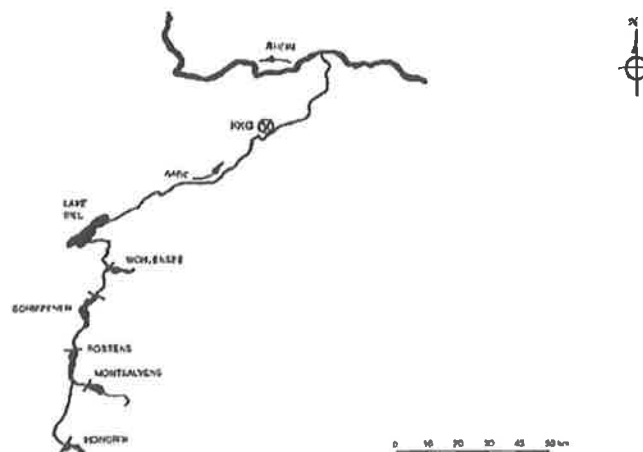
Die in der Schweiz zu berücksichtigende Eintrittshäufigkeit für Dammbürche (unabhängig von der Ursache für den Dammbbruch), wurde vom ENSI in der Richtlinie A05 festgelegt. Dort heisst es unter Pkt. 4.6.5 e) (Zitat):

Für die mittlere Versagenhäufigkeit eines Staudammes oder eines Wehres ist ein Wert von  $6,4 \cdot 10^{-5}$  pro Jahr (log-normale Verteilung mit einem Error-Faktor 10) anzunehmen. Für die Versagenskonsequenz gilt:

- Verlust von 100 % des Wasserinventars in 10 % der Versagensfälle
- Verlust von 50 % des Wasserinventars in 80 % der Versagensfälle
- Verlust von 20 % des Wasserinventars in 10 % der Versagensfälle

Daraus ergibt sich, dass Dammbüche gemäss der „Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen“ (SR 732.112.2) bei den Betrachtungen zum Hochwasserschutz im Rahmen der Auslegung nicht zu berücksichtigen sind, da die aus der Häufigkeit abgeleitete „mittlere Jährlichkeit“ **15625 Jahre** beträgt. Die Verfügungen [1] und [3] sind daher im Sinne einer Beurteilung von Sicherheitsmargen für auslegungsüberschreitende Szenarien zu interpretieren.

Unabhängig von den aktuell geltenden gesetzlichen Bestimmungen hat KKG in der Vergangenheit weitergehende Analysen zu den Auswirkungen von Damm- und Wehrbrüchen durchgeführt (vgl. Abbildung 4).



**Abbildung 4 Lage grosser Dämme und Wehranlagen bezogen auf den Standort des KKG**

Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse eindimensionaler Überflutungsrechnungen des Bundesamtes für Wasserwirtschaft [6], die wie eine Überprüfung gezeigt hat [7], für eine abdeckende Sicherheitsbetrachtung mit Ausnahme der Stauanlage Ruppoldingen weiterhin verwendet werden können. In allen Fällen erreicht die beim KKG ankommende Flutwelle in der alten Aare die Oberkante des KKG-Areals nicht.

**Tabelle 2 Überflutungsanalysen für Hochwasser durch Damnbrüche**

FLUTWELLEN INFOLGE TALSPERRENBRUCH  
ANKUNFTSZEITEN UND MAXIMALE ÜBERFLUTUNGSHÖHEN BEIM KKW GÖSGEN

FLUTWELLE	ENERGIELINIENHÖHE BEIM KKW GÖSGEN ELA IN m.Ü.M.	EINTRIFFZEIT DES FLUTWELLENKOPFS	BEMERKUNGEN
TALSPERREN:			
1. ROSSBENS	379.0	11 H	WEHRVRSCHLÜSSE DER AARE - KRAFTWERKE RECHTZETIG GEÖFFNET UND STAU ABGESENKT
2. SCHIFFENEN	380.0	11 H 25 MIN	
3. KOMBINATION HONGPIN-MONTSALVEN- ROSSBENS-SCHIFFENEN- WOHLENSEE	381.5	18 H AB HONGPIN	
AARE - WEHRE:			MOMENTANE VOLLSTÄNDIGE ZERSTÖRUNG ALLER SCHÜTZEN DES WEHRS. SÄMTLICHE UNTERLEGER- WEHRE GESCHLOSSEN. MAXIMALE ELA BEI:
4. PORT	379.8	4 H	HOCHWASSERABFLUSS
5. FLUMENTHAL	380.5	1 H	HOCHWASSERABFLUSS
6. BANNWIL	380.4	45 MIN	HOCHWASSERABFLUSS
7. WINZNAU	381.3	1 H 10 MIN	MINIMALABFLUSS
8. RUPPOLDINGEN (ALT)	379.5	20 MIN	HOCHWASSERABFLUSS
9. ULTEN-GÖSGEN	379.4	30 MIN	MINIMALABFLUSS

Für die in den neunziger Jahren neu gebaute Stauanlage Ruppoldingen wurden neue Überflutungsrechnungen mit dem konservativen 2D-Modell von AF Colenco durchgeführt [8]. Dabei wurden vier verschiedene Szenarien analysiert.

Bezüglich der unterstellten Randbedingungen wurde im Szenarium 1 angenommen, dass sich das Wasserkraftwerk Gösgen im Segelbetrieb befindet. Im Szenarium 2 wurde ein verzögerter Totalausfall des Wasserkraftwerkes (Verstopfungsszenarium) innerhalb einer halben Stunde, im Szenarium 3 ein gleichzeitiges Versagen des Wehrs Ruppoldingen und des Wehrs Winznau (simuliert ein Erdbebenversagen) und im Szenarium 4 ein gleichzeitiger Wehrbruch in Ruppoldingen und ein Versagen (Bruch) des Oberwasserkanals unterstellt. In den Analysen für die Szenarien 1, 2 und 4 wurde konservativ unterstellt, dass genau zum Zeitpunkt des Erreichens der von Ruppoldingen kommenden Flutwelle, das vorher als geschlossen angenommene wirksamste Wehrfeld am Wehr Winznau versagt und die Welle in die alte Aare gelangt. In allen Analysen wurde zugleich vom Vorliegen eines zweijährigen Hochwassers (Abflussregelziel der Stauhaltung, zugehöriger Pegelabfluss Murgenthal  $900 \text{ m}^3/\text{s}$ ) ausgegangen. Die betrachteten Ereigniskombinationen decken Ereignisszenarien mit einer Eintrittshäufigkeit von deutlich kleiner als  $10^{-4}/\text{a}$  ab. Damit werden auch die Konsequenzen erdbebeninduzierter Damnbrüche abgedeckt.

Bezüglich der anlagentechnischen Auswirkungen sind die Szenarien 2 und 4 führend. In jedem Fall ist jedoch sicher gestellt, dass es nicht zu einer Überflutung des Kraftwerkareals kommt und dass eine grosse Sicherheitsmarge besteht. Eine Hochwassergefährdung des KKG durch entfernt liegende Damnbrüche kann daher ausgeschlossen werden.

Die durchgeführten Analysen bestätigen die Annahmen und Ergebnisse der sicherheitstechnischen Untersuchungen die bezüglich der Sicherheit der Nebenkühlwasserversorgung während der Planung des KKG durchgeführt wurden [5].

Der Bruch des Oberwasserkanals (oder ein Versagen des Wehrs Winznau) wurde in der Auslegung des KKG als Folge eines Erdbebens berücksichtigt. In diesem Fall ist ein Ausfall der ersten Wasserfassung ZM0 zu unterstellen. Die am Unterwasserkanal des Wasserkraftwerks Gösgen befindliche zweite Wasserfassung ZM5 bleibt betriebsfähig [5]. Die Reinigungsanlagen im ZM5 stellen dabei einen wirksamen Schutz vor Verstopfungen dar.

Anlagendynamisch sind Dammbrechtszenarien durch das vom ENSI in der Verfügung [3] angeordnete Postulat eines 72 h andauernden Notstromfalls abgedeckt, wobei der Ausfall der ersten Wasserfassung zusätzlich zu unterstellen ist. Dies führt jedoch, bezüglich der für ein Abfahren der Anlage zu unterstellenden Szenarien, zu keinen anlagentechnisch relevanten Änderungen.

#### **4.4 Zusammenfassung der zu unterstellenden Störfallszenarien und Nachweis der Aufrechterhaltung der Funktionstüchtigkeit der benötigten Sicherheitssysteme über 72 h**

Entsprechend den durchgeführten Störfallbewertungen bezüglich der Auswirkungen eines innerhalb der geltenden gesetzlichen Anforderungen zu betrachtenden Hochwassers ergibt sich als anlagendynamisch abdeckender Fall ein lang andauernder Notstromfall (72 h) mit Ausfall der ersten Wasserfassung am Oberwasserkanal. Die zweite Wasserfassung ZM5 und die durch Notstrom und den Notstand versorgten Sicherheitseinrichtungen bleiben hingegen verfügbar. Damit bleibt die Nachkühlkette für ein Abfahren der Anlage verfügbar. Unter den betrachteten Bedingungen bleibt auch die Brennelementbeckenkühlung des Lagerbeckens im Containment uneingeschränkt verfügbar (drei Nachkühlstränge mit fünf Pumpen, zudem verkürzte Nachkühlkette) ohne dass die Notwendigkeit eines Rückgriffs auf Notfallmassnahmen zur Beckenkühlung besteht. Das Abfahren über die Nachkühlkette unter den genannten Randbedingungen wird nachfolgend als Szenarium 1 bezeichnet. Zusätzlich wird ein abdeckender Fall betrachtet, bei denen nur die Notstandseinrichtungen verfügbar bleiben (Szenarium 2). Ausgehend von den durchgeführten Störfallbetrachtungen ergeben sich anlagentechnisch die folgenden repräsentativen Abläufe, die zugleich repräsentativ für die in der Sicherheitsmargenanalyse betrachteten beiden Abfahrpfade sind:

##### **Szenarium 1 (Abfahrpfad 1 der Sicherheitsmargenanalyse)**

- Aufgrund der Hochwasserwarnung von der Station Murgenthal entscheidet der Notfallstab nach Abarbeitung der präventiven Sicherungsmassnahmen gemäss Schichtanweisung SA 58 (u. a. das vorgezogene Aufgebot des Notfallstabs, der Feuerwehr, die Besetzung des Notstandsgebäudes und der zweiten Wasserfassung, sowie die Abarbeitung vorbereiteter Checklisten) für ein Abfahren der Anlage durch

RESA-Auslösung mit 45 K/h Abkühltransiente mit Übergang in den Nachkühlbetrieb (schonendes Abfahren).

- Durch Ansprechen der Kühlwasserschutzlogik (bei Schaden am ZM0) erfolgt die Umschaltung von der Wärmeabfuhr über die Hauptwärmesenke (ZM0) zur Wärmeabfuhr über die zweite Wasserfassung (ZM5), der Abfahrvorgang wird fortgesetzt. Gegebenenfalls erfolgt ein Übergang von der Wärmeabfuhr über die FD-Umleitstation (fällt beim Notstromfall aus) sofern bei Beginn des Abfahrens verfügbar, zum Abfahren über die FD-Abblasestation.
- Durch das Abfahren über Dach wird in geringem Masse Aktivität abgegeben, die sich aus der Aktivitätskonzentration im Dampf im Frischdampfsystem ergibt (gemäss A08 wird die maximal zulässige Dampferzeuger-Heizrohrleckage entsprechend den Limiten der technischen Spezifikation unterstellt).
- Nach ca. 7 h erfolgt der Übergang auf den Nachkühlbetrieb, was zur Beendigung des Abblasevorgangs über Dach führt. Dieser Zeitraum schliesst den Zeitbedarf für die Durchführung der erforderlichen Personalhandlungen ein. Die Aktivitätsabgabe an die Umgebung ist beendet.
- Das Vorgehen der Betriebsmannschaft folgt bezüglich der Abarbeitung des Störfalls dem Vorgehen nach Eintritt einer Reaktorschnellabschaltung mit Eintritt eines Notstromfalls (Störfall-BHB Kapitel 3.0 mit Einstieg in das Kapitel 3.0.2 nach dem erfolgten Ausfall der Hauptkühlmittelpumpen), wobei die Schutzzielüberwachung durch den Pikettingenieur resp. den Notfallstab erfolgt. Bei zusätzlichen Fehlern erfolgt über die Schutzzielkontrolle der Einstieg in das Notfallhandbuch (NHB).
- Entsprechend dem Einzelfehler – und Instandhaltungskriterium der Richtlinie A01 wird für den deterministischen Sicherheitsnachweis der Ausfall von zwei Notstromdieseln postuliert. Damit stehen in dieser Situation weiterhin 2\*100 % Nachkühlstränge für die Nachwärmeabfuhr zur Verfügung.
- Die Wärmeabfuhr aus dem Brennelement-Lagerbecken kann z.B. über den dritten unabhängigen Beckenkühlstrang (TH74) oder mit Hilfe der vom Notstand versorgten Notstandsnachkühlpumpen TH17/TH37 erfolgen.

#### Szenarium 2 (Abfahrpfad 2 der Sicherheitsmargenanalyse)

- Aufgrund der Hochwasserwarnung von der Station Murgenthal entscheidet der Notfallstab nach Abarbeitung der präventiven Sicherungsmassnahmen gemäss Schichtanweisung SA 58 (u. a. das vorgezogene Aufgebot des Notfallstabs, der Feuerwehr, die Besetzung des Notstandsgebäudes und der zweiten Wasserfassung, sowie Abarbeitung vorbereiteter Checklisten) für ein Abfahren der Anlage durch RESA-Auslösung mit Übergang in den Anlagenzustand „heiss abgestellt“ (ohne sekundärseitiges Abfahren). Die Wärmeabfuhr erfolgt über die FD-Abblasestation, bei einem postulierten Ausfall der Abblasestation über die Sicherheitsventile der Dampferzeuger.

- Durch Ansprechen der Kühlwasserschutzlogik erfolgt die Umschaltung von der Wärmeabfuhr über die Hauptwärmesenke (ZM0) zur Wärmeabfuhr über die zweite Wasserfassung (ZM5), es wird der Ausfall von ZM5 postuliert.
- Der Zustand „heiss abgestellt“ wird über die gesamte Dauer des Notstromfalls aufrecht erhalten.
- Die Wärmeabfuhr aus dem BE-Becken kann mit Hilfe der vom Notstand versorgten Notstandsnachkühlpumpen TH17/TH37 erfolgen.

Szenarium 2 repräsentiert den anlagendynamisch abdeckenden Fall, wobei neben dem postulierten Ausfall der zweiten Wasserfassung auch die Nichtverfügbarkeit eines Stranges des Notstandssystems angenommen wird. Eine Wärmeabfuhr aus dem BE-Becken im Containment ist auch in diesem Fall mit Hilfe der verkürzten Nachkühlkette möglich. Dieses Szenarium deckt etwaige Unwägbarkeiten bei der Auswahl des Hochwasserszenariums in Abschnitt 4.2 auf konservative Art und Weise ab.

Für beide betrachteten Szenarien gilt, dass beim Auftritt einer Störung im Leistungsbetrieb die Wärmeabfuhr aus den Brennelement-Becken innerhalb der betrachteten Zeitdauer von mindestens 72 h auch bei sehr konservativen Annahmen bezüglich des Beladezustands nicht wiederhergestellt werden muss. Sie kann nach Ablauf dieser Zeit mit Hilfe vorbereiteter Notfallmassnahmen wiederhergestellt werden. Eine Wärmeabfuhr aus dem Brennelement-Lagerbecken im Containment ist jedoch, wie angemerkt, in beiden Fällen möglich. Eine Wärmeabfuhr aus dem Ladebecken (im postulierten Fall von zeitgleich ablaufenden Servicearbeiten) ist aufgrund der begrenzten Zahl von Brennelementen, die sich dort zeitgleich befinden können, und deren niedriger Leistung über eine Zeitdauer von 72 Stunden ebenfalls nicht erforderlich.

Zusätzlich ist der Fall des Eintritts des Hochwassers während eines Brennelement-Wechsels zu betrachten. Da jedoch alle Sicherheitseinrichtungen uneingeschränkt zur Verfügung stehen, sind keine Brennstoffschäden und keine radioaktiven Freisetzungen zu unterstellen. Von Vorteil ist ebenfalls die grosse Zahl verfügbarer qualifizierter Fachpersonen auf der Anlage. Daher ist der Eintritt des Hochwassers bei Leistungsbetrieb der zu den genannten beiden Szenarien führen kann, als anlagendynamisch bestimmend für alle Betriebszustände des KKG anzusehen.

Die identifizierten Störfallszenarien entsprechen grundsätzlich dem Verlauf von Auslegungsstörfällen, mit dem Unterschied, dass ein gegenüber Auslegungsannahmen wesentlich länger andauernder Notstromfall zu unterstellen ist. Daher ist zu überprüfen, ob die für eine Wärmeabfuhr notwendigen Systeme über 72 h betrieben werden können. Massgebend für die Beurteilung ist, dass ausreichende Dieselmotorkraftstoff- und Deionatvorräte zur Verfügung stehen. Beim Abfahren der Anlage (Szenarium 1) ist es zudem vorteilhaft das Kontraktionsvolumen des Reaktorkühlkreislaufs zu kompensieren. Dafür stehen mit dem Kühlmittelvorrat im Volumenausgleichsbehälter und den Flutbehältern sehr grosse Einspeisereserven zur Verfügung. Die Überprüfung kann daher auf eine Betrachtung der



Deionat- und Grundwasserbilanz und der Dieselkraftstoffbilanz beschränkt werden. Nachstehend wird diese Überprüfung für die beiden relevanten Szenarien durchgeführt.

### Deionatreserven

#### Szenarium 1:

KKG hat mit MELSIM\_KKG (MELCOR 1.8.6) eine Überprüfung früherer Angaben des Anlagenlieferanten bezüglich der notwendigen Deionatreserven im Zusammenhang mit den radiologischen Analysen [16] durchgeführt. In der Rechnung wurde die während des 7 h dauernden Abfahrvorgangs über Dach abgeblasene Frischdampfmenge bis zum Übergang auf den Nachkühlbetrieb ermittelt. Die berücksichtigte Zeitdauer von 7 h wurde dabei konservativ abdeckend gewählt um grössere Zeitreserven für die Durchführung von Personalhandlungen sicherzustellen (>30 Minuten). Der erforderliche Deionatvorrat entspricht der Abblasemenge abzüglich des Inventars der Dampferzeuger, welches aufgrund der niedrigeren Füllstandshaltung im Dampferzeuger (Sollwertabsenkung der Füllstandsregelung, zudem ist es für eine kontrollierte und mittels der Füllstandsanzeigen überwachbare Wärmeabfuhr ausreichend, das Niveau der Dampferzeuger knapp oberhalb von 5 m zu stabilisieren) nicht kompensiert werden muss. Bei der Überprüfung (Annahme: Bespeisung von zwei Dampferzeugern, Ausdampfen eines Dampferzeugers) wurde davon ausgegangen, dass insgesamt ca. 65 t des abgeblasenen Inventars nicht kompensiert werden müssen.

Entsprechend den MELSIM\_KKG Rechnungen [16] werden während des Störfallverlaufs bis zum Erreichen des Übergangs zum Nachkühlbetrieb 467.7 t Dampf abgeblasen. Es werden somit ca. 405 m<sup>3</sup> Deionat für das Abfahren benötigt. Das maximale Volumen des Speisewasserbehälters beträgt 470 m<sup>3</sup>, davon sind bei normalem betrieblichem Füllstand (2.8 m) 250 m<sup>3</sup> ohne Zusatzmassnahmen (z.B. Überbrücken von Abschaltsignalen der An- und Abfahrpumpen) verfügbar. Es besteht eine Nachspeisemöglichkeit von der Deionataufbereitung UD, die aber bei einem Notstromfall nicht verfügbar ist. Weiterhin stehen bei Annahme der Verfügbarkeit von zwei Notspeisepumpen zwei Notspeisebecken mit je 210 m<sup>3</sup> (baulich ausgeführt als zwei Beckenabschnitte in einem ausgekleideten Betonbecken, die miteinander verbunden werden können) mit einer betrieblichen Reserve von zusätzlich 140 m<sup>3</sup> Deionat zur Verfügung. Zudem können die Deionatvorräte durch Einspeisung von Feuerlöschwasser (Notfallmassnahme) über einen vorbereiteten Anschluss ergänzt werden.

Der nutzbare Deionatvorrat jedes der beiden Notstandsspeisebecken beträgt 530 m<sup>3</sup>. Die Becken können vom Brunnenwassersystem VX oder über Feuerlöschstutzen nachgespeisen werden.

Für ein Abfahren der Anlage stehen somit sehr grosse Deionatreserven zur Verfügung.

#### Szenarium 2

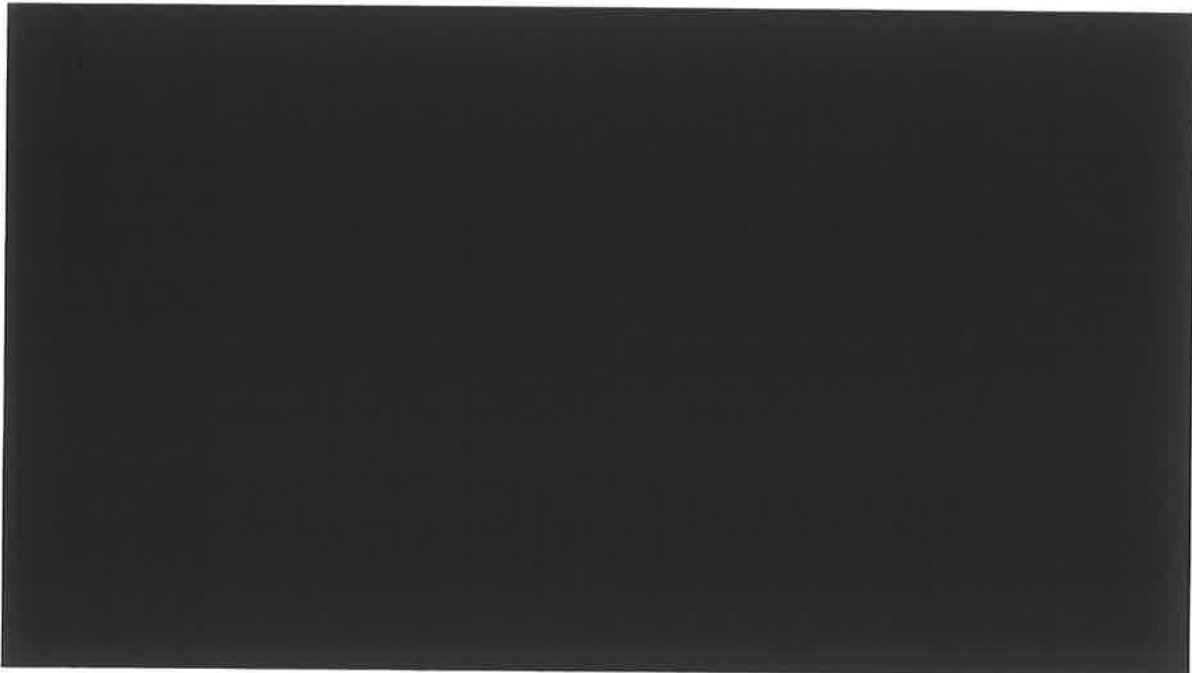
Der in den Analysen betrachtete abdeckende Fall ist die Bespeisung eines Dampferzeugers mit einer Notstandsspeisepumpe. Die über 72 h abgeblasene Dampfmenge beträgt [16]

1653.1 t. Unter Berücksichtigung des Ausdampfens zweier Dampferzeuger und der niedrigeren Füllstandshaltung im verbliebenen Dampferzeuger kann davon ausgegangen werden, dass davon ca. 100 t nicht kompensiert werden müssen. Demzufolge besteht ein Deionatbedarf von ca. 1555 m<sup>3</sup>. Da eine Redundanz des Notstandssystems über eine nutzbare Deionatreserve von 530 m<sup>3</sup> verfügt, muss Grundwasser in das Notstandspesebecken mit Hilfe des Brunnenwassersystems nachgespiesen werden. Der Aufbau des Notstandssystems gestattet es mittels Operateurhandlungen vor Ort einen Parallelbetrieb der Notstandsbespeisung eines Dampferzeugers kombiniert mit der Wärmeabfuhr aus dem Brennelementbecken über die verkürzte Nachkühlkette bei gleichzeitiger Ergänzung der Deionatvorräte über einen Teilstrom aus dem Brunnenwassersystem herzustellen. Die Notstandspesebecken verfügen zudem ebenfalls über einen vorbereiteten Anschlussstutzen mit Storzkupplung zur Einspeisung von Feuerlöschwasser.

#### **Bevorratung mit Dieselkraftstoff**

Tabelle 3 gibt einen Überblick über die auf der Anlage verfügbaren Dieselkraftstoffreserven.

**Tabelle 3 Dieselbevorratung**



<sup>1</sup> Ein Ersatz gegen einen bereits befüllten grösseren mobilen Tank (ca. 11'000l) ist beauftragt (Stand 12.6.2011)

<sup>2</sup> Heizöl kann als Dieseleratz verwendet werden

### Szenarium 1

Massgebend für das Szenarium 1 ist der Lastfall „Verlust der Eigenbedarfsversorgung“. Unter diesen Bedingungen beträgt der im Strang 2 auftretende maximale Leistungsbedarf bei Betrieb des dritten Beckenkühlstranges 2401kW [17]. Der Kraftstoffverbrauch der im KKG installierten Dieselmotoren beträgt 220 g/kW/h. Bei einer Dichte des Dieselkraftstoffes von 820 kg/m<sup>3</sup> (bei 15° C) ergibt sich somit ein maximaler Verbrauch des am stärksten belasteten EY-Diesels (EY21D001) im Szenarium 1 von 645 l/h. Somit läuft ein Diesel bei dem im Minimum im jeweiligen Dieselgebäude je Redundanz ohne Nachspeisung verfügbaren Dieselkraftstoff eine Zeitdauer von **29 Stunden**. Die Zeitdauer selbst eines extremen Hochwassers ist wesentlich geringer (vgl. Tabelle 1).

Die Dieselvorrattanks werden automatisch aus den zugehörigen Lagertanks PE03/04 mit Hilfe der Förderpumpen PE10/20D001 nachgespiesen. Diese Pumpen sind nicht notstromgesichert und müssen mit Hilfe eines mobilen Notstromaggregates (Leistung 1.5 kW, Zivilschutz oder Feuerwehr) bei einem lang andauernden Notstromfall (mindestens 72 h gemäss [3]) wieder in Betrieb genommen werden. Die zugehörige Schaltanlage befindet sich im gleichen Gebäude. Alternativ kann der im Notstandsgebäude verfügbare mobile Dieseltank für eine Ergänzung der Dieselvorräte der laufenden Diesel aus den Vorräten der ausgefallenen Diesel genutzt werden. Eine Nachfüllung mit dem mobilen Tank verlängert die Einsatzzeit eines Notstromdiesels bei maximaler Last um ca. 4.5 h. Zur Schonung der Dieselvorräte können zeitweilig nicht benötigte Verbraucher (z.B. zeitweiliger Unterbruch der Brennelement-Beckenkühlung, Übergang auf Nachwärmeabfuhr aus dem RKL mit einem Nachkühlstrang und wechselseitige Umschaltung zwischen den Redundanzen) abgeschaltet werden.

Die Leistungsaufnahme von VA (zweite Wasserfassung) bei einem Notstromfall beträgt 2350 kW. Dies bedeutet, dass bei Annahme der Minimalbevorratung von Vorrattank und Betriebstank (Minimalvolumen von 52850 l) ein Betrieb ohne Nachspeisung von rund **84 Stunden** gewährleistet werden kann. Bei Ausfall von Verbrauchern (gemäss dem Einzelfehlerkriterium und dem Instandhaltungskriterium) kann zudem von einem etwas reduzierten Leistungsbedarf ausgegangen werden. Die Anforderungen des ENSI aus der Verfügung [3] sind somit ohne Nachspeisung erfüllt.

### Szenarium 2

Für dieses Szenarium ist die maximale Leistungsaufnahme beim Notstandsfall zu unterstellen. Diese beträgt 722 kW [18]. Bei Annahme der Minimalbevorratung der Vorrattanks von 4'300 l genügt der vorhandene Dieselvorrat für rund **22 Stunden**. Bei einem zeitweiligen Unterbruch der Brennelementbeckenkühlung reduziert sich die benötigte Leistung um 125 kW (VX wird nur für die Ergänzung des Inventars in den Notstandsspeisebecken verwendet). In diesem Fall genügen die Dieselvorräte für ca. **27 Stunden**. Beide betrachteten Zeitfenster sind deutlich länger als die zu erwartende Zeitdauer selbst eines extremen Hochwassers (vgl. Tabelle 1). Somit ist eine Ergänzung der Dieselvorräte mit Hilfe des im Notstandsgebäude untergebrachten mobilen Tanks möglich.

Eine Wiederauffüllung des Tanks eines Diesels verlängert die Einsatzzeit des Notstandsdiesels um bis zu **18 Stunden**.

Zum Zeitpunkt der Berichtserstellung befindet sich eine Anlagenänderung in Realisierung, die den Ersatz des bisherigen mobilen 3000 l Tanks durch einen grösseren speziell angefertigten Dieseltank mit einem Volumen von ca. 11'000 l vorsieht. Dieser muss im Anforderungsfall über im ZX vorhandene Schlauchverbindungen mit dem vorhandenen Dieseltank verbunden werden. Es ist vorgesehen diesen Tank im befüllten Zustand im ZX aufzustellen und den kleineren mobilen Tank für Notfallmassnahmen gesichert aufzustellen. Die Erhöhung des Gesamtvolumens der Dieselvorräte im ZX auf mindestens 15300 l führt bei Betrieb eines Notstandsdiesels bei unterstelltem maximalen Leistungsbedarf zu einer möglichen Betriebsdauer von **ca. 79 Stunden**.

Aus der durchgeführten Analyse folgt, dass die in der ENSI-Verfügung [3] vorgegebene Randbedingung des Eintritts eines lang andauernden Notstromfalls über mindestens 72 h als Folge eines Hochwassers unter Berücksichtigung von Handeingriffen des Personals (vor Ort) für beide Störfallszenarien beherrscht werden kann. Die zu erwartende Zeitdauer selbst eines extremen Hochwassers ist wesentlich kürzer als die ohne Nachspeisung verfügbare Betriebszeit der Notstands- und Notstromdiesel inklusive der Diesel in der zweiten Wasserfassung. Im Szenarium 2 ist eine Ergänzung des Inventars der Notstandsspeisebecken erforderlich. Diese kann über das Brunnenwassersystem gegebenenfalls im Parallelbetrieb mit der Notstandsbespeisung und der Wärmeabfuhr aus dem Brennelement-Lagerbecken über die verkürzte Nachkühlkette auch während einer Hochwassersituation sichergestellt werden. Diese Fahrweise ist aber nicht erforderlich, da die Zeitdauer eines Hochwassers deutlich geringer ist, als der späteste mögliche Zeitpunkt für eine Ergänzung der Deionatvorräte, **ca. 24 Stunden**. Eine Ergänzung mit Hilfe der Einspeisung über einen Feuerlöschstutzen (für jedes Becken) ist ebenfalls möglich.

Eine weitere Voraussetzung für die Durchführbarkeit von Handlungen, die gegebenenfalls auf dem Areal des Kraftwerks auszuführen sind, ist, dass während des Störfallablaufs keine unzulässigen radiologischen Bedingungen auftreten. Die Überprüfung dieses Sachverhalts ist neben dem Nachweis der Einhaltung der Grenzwerte für die Strahlenexposition Zweckbestimmung der radiologischen Untersuchungen.

## 5 Radiologischer Sicherheitsnachweis

Für den Nachweis der Einhaltung der Störfallgrenzwerte der Strahlenexposition wurden durch KKG abdeckende radiologische Analysen unter Annahme der Einwirkung extremer externer Ereignisse durchgeführt [16]. Der Nachweis wurde entsprechend den Anforderungen der Richtlinie G14 unter Verwendung des Berechnungsprogramms EXPOG14 Version 2.1 durchgeführt. Es wurden die Randbedingungen für Störfälle der Kategorie 2 angesetzt. Die anlagendynamischen Randbedingungen wurden mit Hilfe des Unfallsimulationscodes

MELSIM\_KKG ermittelt. Bei den in Abschnitt 4.4 identifizierten anlagendynamisch bestimmenden Störfallszenarien kommt es zu keinen störfallinduzierten Brennstoffschäden.

Die Ergebnisse der Analysen werden an dieser Stelle zusammenfassend wiedergegeben. Die Störfallfolgedosis ist für alle Bevölkerungsgruppen deutlich unterhalb 1 mSv. Aus radiologischer Sicht gibt es keinerlei Einschränkungen für den Einsatz externer Einsatzkräfte auf dem Areal des KKG. Mit Ausnahme eines nach zwei Tagen zu erlassenen Ernte- und Weideverbots sind keinerlei externe Notfallschutzmassnahmen durch die zuständigen Behörden anzuordnen.

**Tabelle 4 Ergebnisse der radiologischen Berechnungen für das Szenarium 1**

Bevölkerungs-Gruppe	Gesamtdosis, Total, mSv			Wolkendosis, mSv			Bodendosis, mSv		
	Dosis,	Sektor/ Distanz, m	Ausbreitungs- klasse	Dosis	Sektor/ Distanz, m	Ausbreitungs- klasse	Dosis	Sektor/ Distanz, m	Ausbreitungs- klasse
Erwachsene	0.0254	67/ 200	F	0.0033	58/ 200	F	0.0220	67/ 200	F
Kleinkinder	0.0729	67/ 200	F	0.00380	58/ 200	F	0.0691	67/ 200	F
Kinder bis 10 Jahre	0.0357	67/ 200	F	0.00377	58/ 200	F	0.0324	67/ 200	F

**Tabelle 5 Ergebnisse der radiologischen Berechnungen für das Szenarium2**

Bevölkerungs-Gruppe	Gesamtdosis, Total, mSv			Wolkendosis, mSv			Bodendosis, mSv		
	Dosis	Sektor/ Distanz, m	Ausbreitungs- klasse	Dosis	Sektor/ Distanz, m	Ausbreitungs- klasse	Dosis	Sektor/ Distanz, m	Ausbreitungs- klasse
Erwachsene	0.0286	67/ 200	F	0.00823	59/ 200	F	0.0204	67/ 200	F
Kleinkinder	0.111	67/ 200	F	0.00968	58/ 200	F	0.102	67/ 200	F
Kinder bis 10 Jahre	0.0487	67/ 200	F	0.00886	59/ 200	F	0.0398	67/ 200	F

## 6 Sicherheitsmargenanalyse

Zweck der Sicherheitsmargenanalyse ist es, die Robustheit der getroffenen Massnahmen zur Sicherheitsvorsorge bei Hochwasser zu prüfen, indem extreme auslegungsüberschreitende Hochwasser-Szenarien postuliert werden. Zugleich werden diese Szenarien bezüglich Ihrer Eintrittshäufigkeit auf der Basis wahrscheinlichkeitstheoretischer Modelle bewertet, die dem Stand von Wissenschaft und Technik in Hydrologie und Mathematik entsprechen [11,12]. Hierzu werden die im Nachweiskonzept des KKG beschriebenen Methoden verwendet, ergänzt durch Untersuchungen des RiskLab des Departements für Mathematik der ETH Zürich.

### 6.1 Übersicht zum Vorgehen.

Bei einem extremen auslegungsüberschreitenden Hochwasser kann eine Überflutung des Kraftwerkareals nicht ausgeschlossen werden. Für eine Beurteilung der Auswirkungen eines derartig extremen Ereignisses sind die System- und daraus abgeleitet, die Gebäudefunktionen zu identifizieren, die bei einem Hochwasser mit gleichzeitigem Notstromfall zu einer Nachwärmeabfuhr aus der Reaktoranlage und zur Brennelement-Beckenkühlung beitragen.

Die Gebäudefunktion besteht bei einem Hochwasser darin, eine Beeinträchtigung der betrachteten Systemfunktion durch eine ausreichende Dichtheit der Aussenhülle auszuschliessen. Da bei einem Hochwasser, welches potenziell zu einer Überflutung des Kraftwerkareals führt, im KKG nicht a priori mit einer vollständigen Dichtheit der Gebäude gerechnet werden kann, ist für die jeweiligen Gebäudefunktionen ein zeitlicher Widerstandswert zu bestimmen. Dieser gibt an über welche Zeitdauer das innere Absorptionsvolumen der Gebäude in Kombination mit der vorhandenen Kapazität der Entwässerungspumpen genügt, um Funktionsausfälle der benötigten Sicherheitsfunktionen zu vermeiden. Bei dieser Betrachtung sind nur die Elemente der für die Nachwärmeabfuhr erforderlichen Funktionsketten zu berücksichtigen, die sich in den unteren Geschossen der Gebäude befinden. Einrichtungen, die sich in der zweiten Geschossebene oberhalb des Kraftwerkareals befinden, können als vor einem Hochwasser geschützt angesehen werden. Der Erhalt der Gebäudefunktion ist gegeben, wenn ein ausreichend hoher Widerstandswert (bezogen auf das betrachtete Hochwasserszenarium) nachgewiesen werden kann. Die Betrachtung von Gebäudefunktionen anstelle der einzelnen Systemfunktionen erlaubt eine Gefährdungs- und Risikobeurteilung bei Hochwasser an Hand der Einhaltung vorgelagerter Schutzfunktionen.

Die Ermittlung des Widerstandswertes  $W_t$  beruht auf der folgenden Gleichung:

$$Q_{Leck} W_t = V_{abs} + Q_{drain} W_t \quad (3)$$

Hierbei sind  $Q_{Leck}$  die in den Bereich des Aufstellungsorts (Gebäude/Raum) der für den Funktionserhalt kritischen Komponente eindringende Leckagemenge,  $V_{ab}$  die Absorptionskapazität des Gebäudes/Aufstellungsraumes und  $Q_{drain}$  die Entwässerungskapazität gegebenenfalls vorhandener Sumpfpumpen. Da die in ein Gebäude eindringende Leckagemenge vom Wasserstand auf dem Areal abhängt, ergeben sich unterschiedliche Widerstandswerte der Gebäudefunktion für unterschiedliche Hochwässer. Wenn die Entwässerungskapazität grösser oder gleich der Leckagemenge ist, ist der Widerstandswert theoretisch „unendlich“ respektive durch die Verfügbarkeitsdauer benötigter Hilfsmedien bestimmt. Da gemäss den Annahmen in der Verfügung des ENSI [3] zwingend vom Eintritt eines lang andauernden Notstromfalls auszugehen ist, ergibt sich in diesen Fällen ein Widerstandswert entsprechend der Verfügbarkeit der benötigten Diesel- und Kühlwasserreserven. Der Widerstandswert eines Gebäudes kann mit Hilfe von vorbereiteten Absicherungsmassnahmen (vor Eintritt des Hochwassers aufgrund einer Hochwasserwarnung) oder auch durch Notfallmassnahmen nach Einsetzen einer Überflutung erhöht werden. Derartige Massnahmen sind im KKG vorbereitet (vgl. Abschnitt 3.2). Ein Vergleich des berechneten Widerstandswertes mit der zu erwartenden Zeitdauer eines Hochwassers (in Tabelle 1) gestattet eine Bewertung in wie weit mit einer Verfügbarkeit der Gebäudefunktion und der zugehörigen Systemfunktion(en) zu rechnen ist. Der Minimalwert des Widerstandswertes in einer Funktionskette bestimmt somit den Widerstandswert der Funktionskette. Der Minimalwert der Widerstandswerte aller zu einem „Abfahrpfad“ (Abfahren in einen gesicherten Zustand) benötigten Funktionsketten bestimmt den Widerstandswert des Abfahrpfades. Der Maximalwert des Widerstandswertes aller Abfahrpfade bestimmt den Widerstandswert der Anlage. Das Verfahren der Sicherheitsmargenanalyse entspricht somit dem bewährten Konzept der Sicherheitsmargenanalyse bei Erdbeben. Wie bei Erdbeben (dort hängt der HCLPF Wert vom gewählten Reviewerdbeben ab) hängt die Bewertung von den als Referenz verwendeten Hochwasserszenarien ab. Um eine robuste Bewertung zu ermöglichen, werden in der KKG-Analyse die minimalen Widerstandswerte bei Annahme maximaler Leckeinströmmengen verwendet. Eine davon abweichende, detailliertere Betrachtung erfolgt für den Bereich sehr niedriger Wasserstände, um die Unsicherheiten bei der Bestimmung des Bemessungshochwassers (vgl. Abschnitt 4.1) genauer bewerten zu können. Die Widerstandswerte der Abfahrpfade werden sowohl für den Zustand mit als auch ohne Berücksichtigung von Notfallmassnahmen ermittelt. Von einem Erfolg der präventiven Massnahmen, die nach Anstehen der Hochwasseralarmierung von der Messstation Murgenthal vor Eintreffen des Hochwassers ausgelöst werden, wird hingegen aufgrund der sehr grossen Vorwarnzeiten ausgegangen.

Die berechneten Wasserstände werden generell mit dem konservativen 2D-Modell von AF Colenco berechnet. Die für die Planung von Katastrophenschutzmassnahmen des Kantons Solothurn verwendete Methode würde zu deutlich geringeren Wasserständen führen. Mit der Verwendung des konservativeren Modells werden mögliche epistemische Unsicherheiten (Kenntnisunsicherheiten bei der Wahl des Berechnungsverfahrens und der Auslegungsszenarien) abgedeckt.

## 6.2 System- und Gebädefunktionen mit sicherheitstechnischer Relevanz bei einem extremen Hochwasser

Aufgrund des gemäss ENSI Verfügung [3] zu postulierenden Eintritts des Notstromfalls ist von der Auslösung einer Reaktorschnellabschaltung auszugehen. In den nachfolgenden Analysen wird aufgrund der hohen Zuverlässigkeit des Reaktorschutzsystems des KKG ein Erfolg dieser Massnahme postuliert. Deshalb müssen in der nachfolgenden Betrachtung Systemfunktionen, die zur Sicherstellung der Unterkritikalität dienen (mit Ausnahme des vom Notstand angesteuerten Zusatzboriersystems TA81/82, welches bei einem Abfahren auch der Ergänzung des Kontraktionsvolumens dient) keine Berücksichtigung finden. KKG hat im Rahmen der Bewertung der Wirksamkeitsbedingungen der Sicherheitssysteme für die PSA auch Analysen durchgeführt, die zeigen, dass auch ein ATWS (Notstromfall mit Ausfall der Reaktorschnellabschaltung) bei Verfügbarkeit von beiden Strängen des Notstandssystems ohne Brennstoffschaden beherrscht werden kann. Dieser auslegungsüberschreitende Störfall stellt erhöhte Anforderungen an Deionat- und Dieselm Brennstoffbevorratung. Das Aufrechterhalten eines quasistabilen Anlagenzustandes über zumindest 24 h unter Berücksichtigung von Notfallmassnahmen zur Diesel- und Deionatergänzung ist jedoch möglich [19].

Da ein Hochwasser nicht zu einem sekundärseitigen Leck an einer Frischdampfleitung oder an einer Leitung des Reaktorkühlsystems führen kann, werden derartige Unfallszenarien und die dafür benötigten Sicherheitssysteme aus den weiteren Betrachtungen ausgeklammert.

Daraus ergeben sich die in Tabelle 6 zu betrachtenden System- und zugehörigen Gebädefunktionen. Die Verbindungskanäle zwischen den in der Tabelle genannten Gebäude-AKZ sind jeweils eingeschlossen. Bei der Bewertung wurde die gesamte Funktionskette inklusive Kabelführung berücksichtigt.

Bei der Bestimmung der Widerstandswerte werden Funktionen, die sich auf der zweiten Etage (zweite überirdische Höhenkote) befinden, nicht mehr betrachtet und als vom Hochwasser unbeeinflusst angesehen.

**Tabelle 6 Zuordnung der Gebädefunktionen zu Schutzziele und Systemfunktionen bei extremen Hochwasser**

Schutzziele	Sicherheitsfunktionen	Vorhandene Systemfunktionen und Notfallmassnahmen	Relevante Gebädefunktion (Hochwasser)	Kommentar / Erläuterung
1. Kontrolle der Reaktivität	Reduzierung der erzeugten Wärme; Sicherstellung der Unterkritikalität	Inhärente Rückkopplung	Keine	Bei Hochwasser sichergestellt.
		RESA (inklusive Steuerelement-Einwurf)	Keine	Sichergestellt



Schutzziele	Sicherheitsfunktionen	Vorhandene Systemfunktionen und Notfallmassnahmen	Relevante Gebäudefunktion (Hochwasser)	Kommentar / Erläuterung
		Boreinspeisung Volumenregelsystem TA	ZA/ZB, ZE, ZK01, ZK02, ZM5, ZM2	
		Boreinspeisung Zusatzboriersystem TA81/TA82	ZX, ZA/ZB	
		FD-Abschluss	ZX	
		Abschaltung der Hauptkühlmittelpumpen	Keine	Selbsttätig
<b>2. Kühlung der Brennelemente</b>				
<b>2.1 a Sicherstellung des Wasserinventars im Reaktorkühlkreislauf</b>	<b>Primärkühlmittelergänzung</b>	Einspeisung Volumenregelsystem TA	<u>Keine</u> (ZA/ZB, ZE, ZK01, ZK02, ZM5, ZM2)	Funktion bei Hochwasser nicht benötigt
		Einspeisung Zusatzboriersystem TA81/82	ZX, ZA/ZB	
		HD-Sicherheitseinspeisung	<u>Keine</u> (ZA/ZB, ZE, ZK01, ZK02, ZM5, ZM2)	Funktion bei Hochwasser nicht benötigt
		ND-Einspeisung aus Flutbehälter und/oder Sumpf	<u>Keine</u> (ZA/ZB, ZE, ZK01, ZK02, ZM5, ZM2)	Funktion bei Hochwasser nicht benötigt
		Druckspeichereinspeisung	<u>Keine</u>	Sichergestellt
		ND-Einspeisung vom Notstandssystem aus Flutbehälter oder Sumpf	<u>Keine</u> (ZX, ZA/ZB)	Funktion bei Hochwasser nicht benötigt
<b>2.1 b Sicherstellung des Wasserinventars im Sekundärkreislauf</b>	<b>Dampferzeugerbespeisung</b>	Bespeisung mit An- und Abfahrpumpen RR	ZF, ZA/ZB, ZE, ZK01, ZK02, ZM5, ZM2	Bespeisung nur bis zum Leerlaufen des Speisewasserbehälters möglich
		Bespeisung mit Notspeisepumpen	ZV, ZA/ZB, ZE, ZK01, ZK02, ZM5, ZM2	
		Bespeisung mit Notstandsnotspeisepumpen RX	ZX, ZA/ZB	

Schutzziele	Sicherheitsfunktionen	Vorhandene Systemfunktionen und Notfallmassnahmen	Relevante Gebäudefunktion (Hochwasser)	Kommentar / Erläuterung
		Notfallmassnahme Sekundärseitiges Feed & Bleed	ZV	Ein Wassereintritt im ZS6 kann toleriert werden
2.2 a Sicherstellung der Integrität des Reaktorkühlkreislaufes	Primärseitige Druckbegrenzung	Druckbegrenzung mittels Druckhaltersicherheitsventil (1 von 3)	ZX, ZA/ZB (für das erste Sicherheitsventil), Keine (für die beiden anderen Ventile)	Das erste SV wird aus dem gesicherten Reaktorschutz angesteuert
		Primärseitige Druckentlastung (PDE)	ZX, ZA/ZB	Betätigung von ZE aus verfügbar
		RDB Deckelentlüftung	ZA/ZB, ZE, ZK01, ZK02, ZM5, ZM2	
2.2 c Sicherstellung der Integrität des Sekundärkreislaufes	DE-Überspeisungsabsicherung	DE-Füllstandsregelung	ZA/ZB, ZE, ZK01, ZK02, ZM5, ZM2	Kurzfristig <sup>3</sup> über Batterie gestützte GS-Versorgung ohne Einschränkung verfügbar
		Notstandsnotspeiseregulung	ZX/ZA/ZB	Kurzfristig über Batterie gestützte GS-Versorgung ohne Einschränkung verfügbar
		Absperrung Notbespeisung RS	Keine	Bei Hochwasser nicht erforderlich, kurzfristig uneingeschränkt verfügbar
		Absperrung Notbespeisung RX	ZX, ZA/ZB	Bei Hochwasser nicht erforderlich, kurzfristig uneingeschränkt verfügbar
2.2 c Sicherstellung der Integrität der Sicherheitshülle	Druckbegrenzung in der Sicherheitshülle	FD-Abschluss	Keine (ZX, ZA/ZB)	Funktion bei Hochwasser nicht benötigt

<sup>3</sup> Kurzfristig bedeutet bis ca. 8 h bei einem Station Blackout

Schutzziele	Sicherheitsfunktionen	Vorhandene Systemfunktionen und Notfallmassnahmen	Relevante Gebäudefunktion (Hochwasser)	Kommentar / Erläuterung
		Absperrung DE-Bespelsung	<u>Keine</u>	Bei Hochwasser nicht erforderlich, kurzfristig uneingeschränkt verfügbar
		Nachkühlung (siehe primärseitige Nachwärmeabfuhr)	<u>Keine</u> (ZA/ZB, ZE, ZK01, ZK02, ZM5, ZM2)	Nachwärmeabfuhr ist erforderlich (Szenarium 1), Druckaufbau in der Sicherheitskette ist bei Hochwasser ohne lang andauernden SBO ausgeschlossen
		Gefilterte Druckentlastung des Containments (XL10)	<u>Keine</u>	Langfristig uneingeschränkt verfügbar (nach Rückgang der Pegelstände), Notfallmässig ist der relevante Bedienbereich begehbar.
		Wasserstoffbeherrschung: passives Durchmischungssystem der Containmentatmosphäre (XP50)	<u>Keine</u>	Selbsttätig, steht uneingeschränkt zur Verfügung
2.3 a Nachwärmeabfuhr aus dem Reaktorkühlkreislauf	Primärseitige Nachwärmeabfuhr	Wärmetransport über Naturumlauf oder im Dampf-Kondensations-Modus	<u>Keine</u>	Vom Hochwasser nicht beeinflusst
		Nachkühlung (Nachkühlbetrieb/Sumpfbetrieb)	ZA/ZB, ZE, ZK01, ZK02, ZM5, ZM2	
		Notstandsnachkühlung/ verkürzte Nachkühlkette	ZX, ZA/ZB	

Schutzziele	Sicherheitsfunktionen	Vorhandene Systemfunktionen und Notfallmassnahmen	Relevante Gebäudefunktion (Hochwasser)	Kommentar / Erläuterung
2.3 b Nachwärmeabfuhr aus dem Sekundärkreislauf	Sekundärseitige Wärmeabfuhr	Abfahren über FD-Abblaseregelventile von ZX	ZX, ZA/ZB	
		Abfahren über FD-Abblaseregelventile von ZE	ZA/ZB, ZE, ZK01, ZK02, ZM5, ZM2, ZX	Auslösung batterilegestützt
		100K/h (45 K/h) Abfahren von ZE	ZA/ZB, ZE, ZK01, ZK02, ZM5, ZM2, ZX	Auslösung batterilegestützt
		100K/h (45 K/h) Abfahren von ZX (manuelle Regelung)	ZX, ZA/ZB	
		Sekundärseitiges Feed & Bleed	ZV	Ein Wassereintrich im ZS6 kann toleriert werden
2.3 c Wärmeabfuhr aus dem BE-Lagerbecken im Containment	BE-Beckenkühlung	BE-Beckenkühlung über TH10/TH30 (Nachkühlpumpen)	ZA/ZB, ZE, ZK01, ZK02, ZM5, ZM2	Stränge 1 und 3
		BE-Beckenkühlung über den dritten unabhängigen Beckenkühlstrang TH74	ZA/ZB, ZE, ZK01, ZM5, ZM2	Strang 2
		BE-Beckenkühlung über die Notstandsnachkühlpumpen/ verkürzte Nachkühlkette	ZX, ZA/ZB	
		BE-Beckenkühlung über Einspeisen/Verdampfen	ZA/ZB	
2.3 d Wärmeabfuhr aus dem BE-Becken im Nasslager ZS07	BE-Beckenkühlung	Fremdenergieleose Kühlung über Naturumlauf	<u>Keine</u>	Vom Hochwasser unbeeinflusst
		BE-Beckenkühlung über vorbereitete Accident Management Anschlüsse, Kühlung über die Einhängenkühler im BE-Becken	<u>Keine</u>	Im zu berücksichtigenden Zeitfenster langfristig verfügbar

### 6.3 Ermittlung der Widerstandswerte der Gebäude- und Systemfunktionen

Für die Berechnung der Widerstandswerte der Gebäudefunktionen sind die erforderlichen Kenndaten der zu betrachtenden Gebäude aus der Anlagendokumentation und gegebenenfalls aus Anlagenrundgängen zu erfassen.

In Tabelle 7 sind die aus den Gebäudeschnitzzeichnungen abgeleiteten Absorptionsvolumina und die Kapazität des jeweils zugehörigen Gebäudeentwässerungssystems (Nominalwert) angegeben. Bei der Berechnung des Absorptionsvolumens wurde konservativ unterstellt, dass ein Wasserniveau von 25 cm in Räumen, in denen Ausrüstungen aufgestellt sind (auf der untersten Gebäudeebene (Untergeschoss)) ohne Funktionsausfall toleriert werden kann. Dies deckt die im KKG geltende Verlegepraxis von Kabeln und die praktizierte Aufstellung von Ausrüstungen auf Podesten konservativ ab. Es werden nur die Raumbereiche, die auf einem Leckeindringpfad liegen, berücksichtigt. Zudem wird in Tabelle 7 ebenfalls angegeben, ob das Gebäudeentwässerungssystem Notstrom versorgt ist. Da gemäss der Verfügung [3] deterministisch ein Notstromfall zu postulieren ist, fallen nicht notstromversorgte Gebäudeentwässerungssysteme aus.

Tabelle 7 Kenndaten der Gebäudefunktionen

Gebäudefunktion	Absorptionsvolumen, m <sup>3</sup>	Kapazität des Entwässerungssystems	Notstrom versorgt
ZX	195.6	Je Redundanz 2 x 5 l/s, UL41/42/D001/D002	Ja, von zugehöriger Notstandsschiene
ZE	87.5	UL21/22/23/24/25D001 zu je 3l/s	nein
ZK01	14.7	UL11/12D001 zu je 3 l/s	nein
ZK02	15.8	UL16/17D001 zu je 3 l/s	nein
ZA/ZB	171.3	Umwälzverfahren	
ZV	689.8	Nicht kreditiert (grosses Absorptionsvolumen)	
ZM02	35.8	UL71-74D001/002 zu je 10l/s	nein
ZM05	Ist für Extremhochwasser bemessen, Verfügbarkeit bis zu Pegelabflüssen von 1900 m <sup>3</sup> /s	Nicht kreditiert wegen Bemessung	

Die in die jeweiligen Gebäude eindringende Leckagemenge ist abhängig vom Wasserstand auf dem Areal (resp. vor dem Gebäude). Um den Widerstandswert ermitteln zu können, sind für jedes Gebäude die Leckagepfade zu identifizieren und die zugehörige Widerstandskennlinie zu bestimmen. Die Widerstandskennlinien werden mit Hilfe von Ähnlichkeitsbetrachtungen aus den durchgeführten Modellversuchen für das Notstandsgebäude abgeleitet [20]. Bei den Analogiebetrachtungen werden im ersten Schritt die „as found“ Gleichungen für das Materialtor (ohne Dichtungen) als bewusst konservativ gewählte Grundlage verwendet (mit dem Sensitivitätsfaktor  $FG=1.0$ ). Die verwendeten Modellgleichungen sind in [20] angegeben (Gleichungen (2), (3) und (6), (9), (10), basierend auf Tabelle 5 in [20]). Als Leckagemenge im Rahmen der Sicherheitsmargenanalyse wird der Maximalwert der Leckagen über den Bereich der Wasserstände bis zum PMF (Probable Maximum Flood), welches hier mit  $2100 \text{ m}^3/\text{s}$  angesetzt wird, verwendet. Diese Annahme führt zur Bestimmung des minimalen Widerstandswertes der betrachteten Gebäudefunktion.

In einem zweiten Schritt wird aufgrund der Bewertung der Versuche im ZX Gebäude, welche nach dem Umbau der Türdichtungen durchgeführt wurden [10], ein Reduktionsfaktor bezogen auf die maximale Leckagemenge im „as found“ Zustand bestimmt. Die Auswertung der Versuchsdaten hat ergeben, dass eine pauschale Reduktion der Leckagemengen um 40 % gerechtfertigt ist und den Effekt der Ertüchtigungsmassnahmen konservativ abbildet. Diese Reduktion wird nur bei den Gebäuden berücksichtigt, bei denen als „effektiv“ bewertete Massnahmen durchgeführt wurden. Die so ermittelten maximalen Leckagemengen entsprechen dem aktuellen Anlagezustand und werden bei der Bestimmung der Widerstandswerte verwendet. Abbildung 5 zeigt die für den ersten Bewertungsschritt verwendeten Referenzkennlinien für das Notstandsgebäude. Die anschliessenden Abbildungen zeigen die „as found“ Referenzkennlinien der anderen relevanten Gebäude.

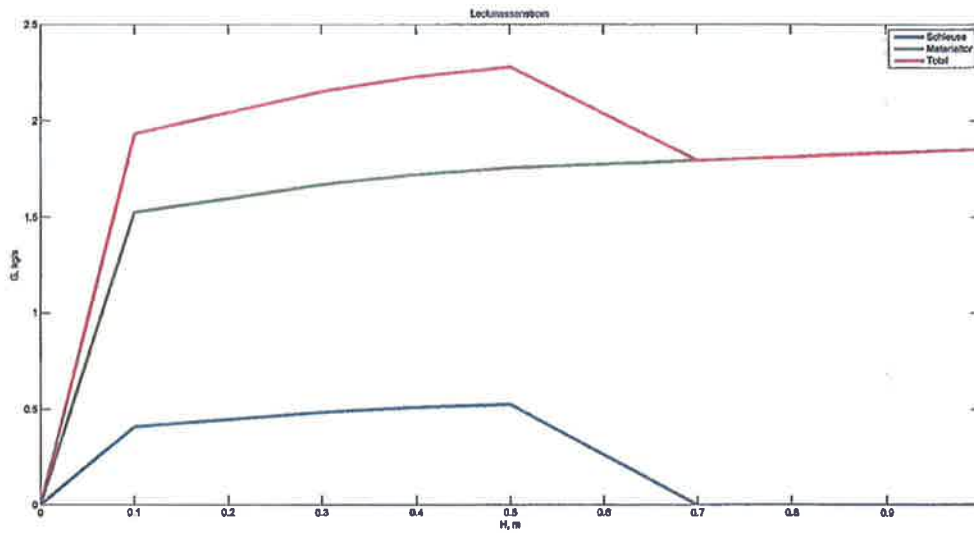


Abbildung 5 Referenzkennlinie für das Notstandsgebäude („as found“)

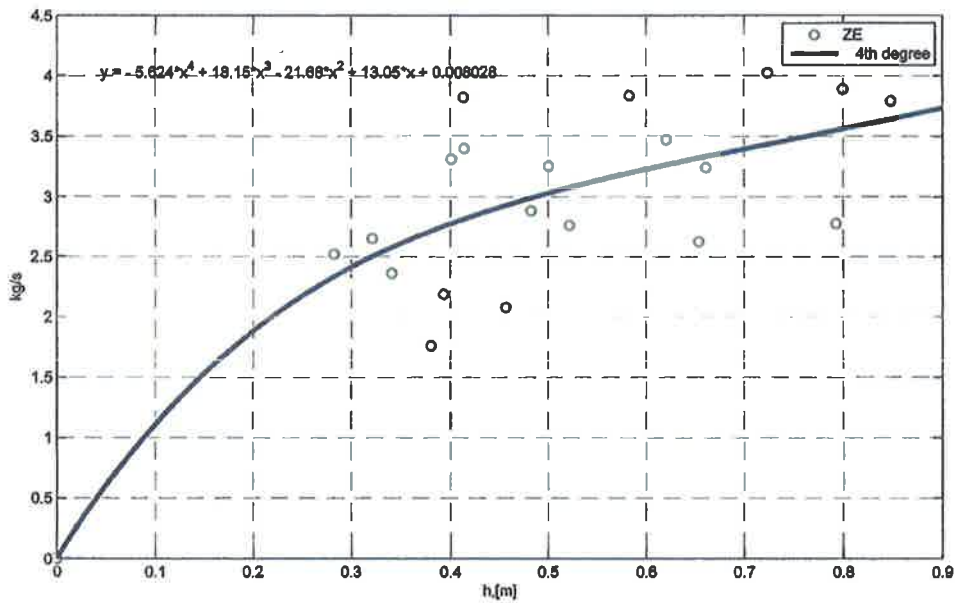


Abbildung 6 Referenzkennlinie des Schaltanlagegebäudes („as found“)

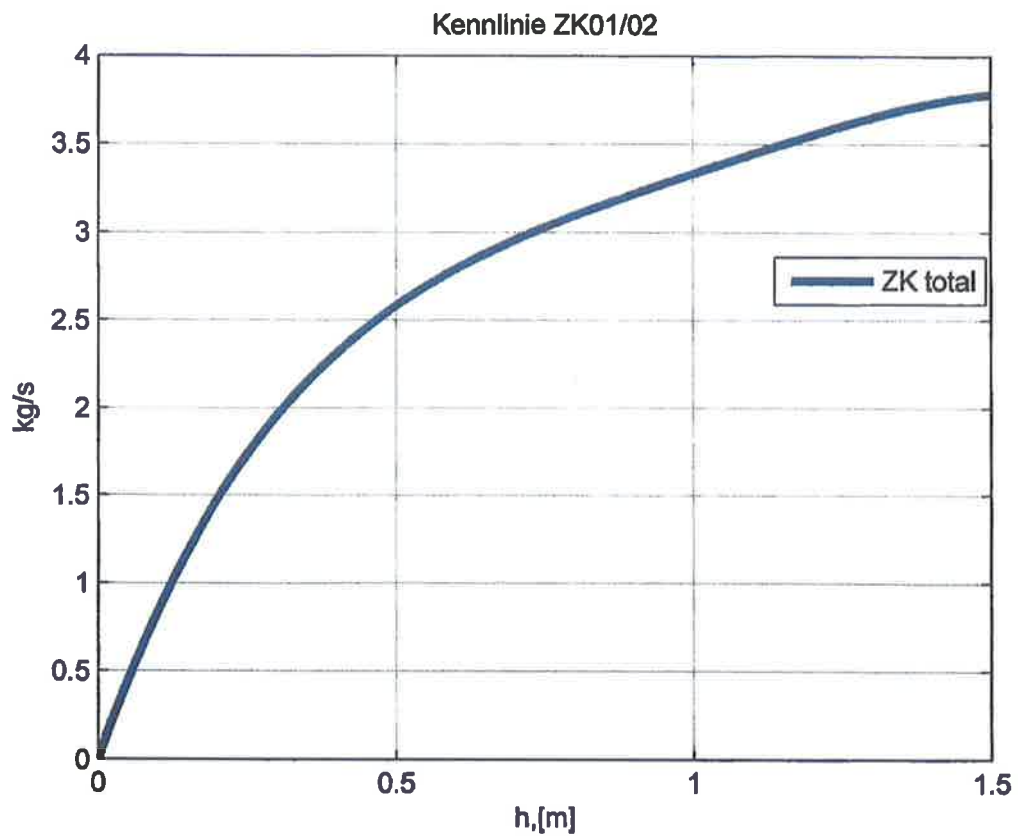


Abbildung 7 Referenzkennlinie der Dieselgebäude („as found“)



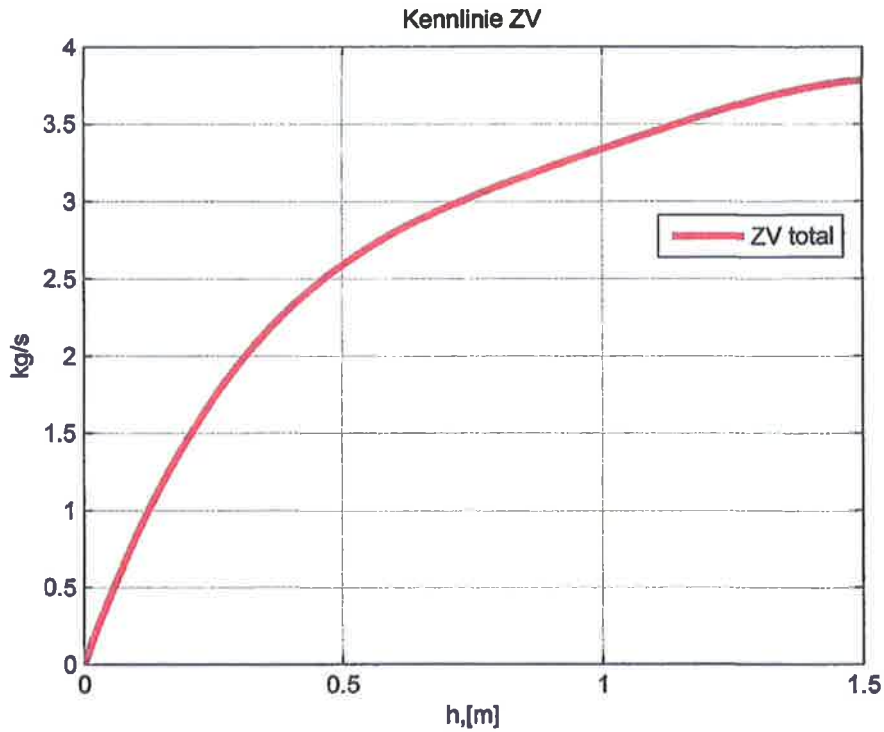


Abbildung 8 Referenzkennlinie Notspelsegebäude ("as found")

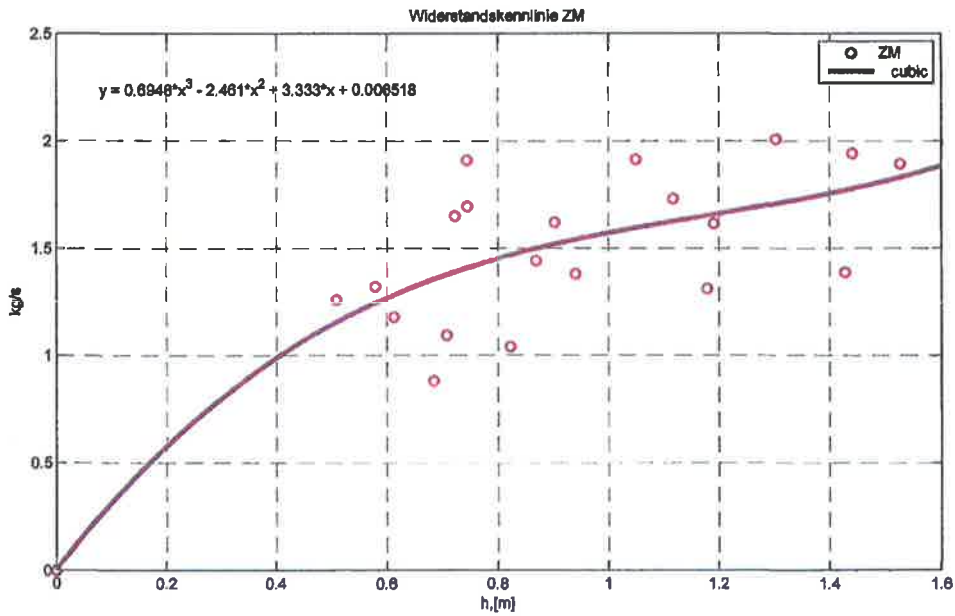


Abbildung 9 Referenzkennlinie ZM02 („as found“)

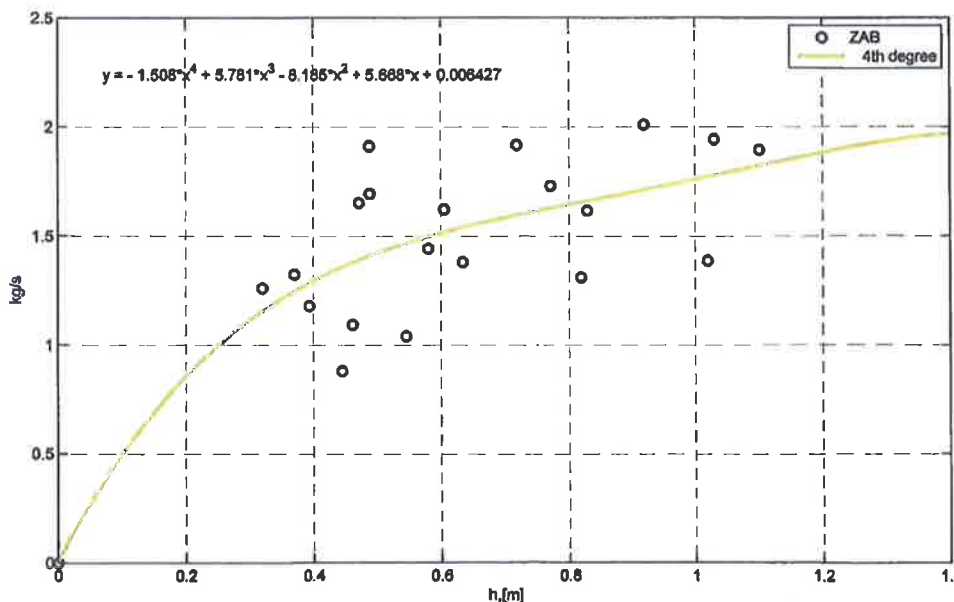


Abbildung 10 Referenzkennlinie Reaktorgebäude (h bezieht sich auf Referenzwasserstand von 0.25m (Schwelle), as found)

Bei streng nach Redundanz getrennten Systemen, die in einem gemeinsamen Gebäude untergebracht sind (ZK01/02, ZM02), sind das Absorptionsvolumen und die Leckagekennlinie jeweils auf eine Redundanz bezogen (auf die mit dem minimalen Absorptionsvolumen). Es wird somit von einem zeitlich synchronen Eindringen der Leckagemengen in die getrennten Redundanzbereiche ausgegangen.

Tabelle 8 fasst die Leckagepfade und die verwendeten Maximalwerte der Leckagemengen in einer Übersicht zusammen. Die referenzierten Maximalwerte beziehen sich stets auf die Summe aller Leckagepfade (Total aller Leckagen).

Tabelle 8 Zusammenstellung der Leckagepfade und der Leckagemengen

Gebäudefunktion	Leckagepfade / Aussenhülle	Maximalwert der Leckagemenge („as found“), kg/s	Maximalwert der Leckagemenge (nach Ertüchtigung), kg/s
ZX	Personenschleuse ZX00T218 und Materialtor ZX00T219 mit den inneren Barrieren ZX00T217 und ZX00T201	2.7	1.6
ZE	ZE00T219, ZE00T295, ZE00T231	4.2	4.2

Gebäudefunktion	Leckagepfade / Aussenhülle	Maximalwert der Leckagemenge („as found“), kg/s	Maximalwert der Leckagemenge (nach Ertüchtigung), kg/s
ZK01	ZK01T201/202, ZK01T203/204	3.8	2.3
ZK02	ZK02T201/202, ZK02T203/204	3.8	2.3
ZV00	ZV00T106, ZV00T107, ZV00T108	3.8	2.3
ZM02	ZM02T201, ZM02T202, ZM02T204, ZM02T205	3.0	2.0
ZA/ZB	ZB00T326 (Schwelle ca. 25cm) , ZB00T328	2	2

Die im KKG baulich vorbereiteten Notfallmassnahmen (die Feuerwehr und der Notfallstab werden aufgrund der langen Vorwarnzeit vor dem Eintritt des Notstromfalls aufgeboden) stellen die Zugänglichkeit zum Notstandsgebäude von aussen sicher (Dammbalken vor dem Materialtor und Abschottung im Bereich der Personenschleuse), und minimieren die Leckagemenge in das Schaltanlagegebäude (Dammbalken). Mittels der vorhandenen Einsatzmittel (aufblasbare Schläuche, Sandsäcke) kann zudem der Leckmassenstrom in die Dieselgebäude und das Gebäude der nuklearen Nebenkühlwasserversorgung gestoppt werden.

Es kann davon ausgegangen werden, dass diese Massnahmen bis zu mindestens einem Wasserstand von 0.55 m das Eindringen von Wassermengen, welche die Funktion der eingeschlossenen Systeme beeinträchtigen können, wirksam unterbinden. Bei grösseren Wasserständen wird auf Basis einer Abschätzung angenommen, dass das Versagen der eingeschlossenen Funktionen um ca. mehrere Stunden verzögert werden kann (Reduktion der Leckmenge durch die Gegenmassnahmen, Schwerpunkteinsätze der Feuerwehr in besonders gefährdeten Bereichen). In der Bewertung wird von einer Verzögerung des Funktionsausfalls von 5 Stunden ausgegangen. Damit ergibt sich ein minimaler Widerstandswert der Gebäudefunktionen als Summe der Dauer des Hochwassers bei einem Wasserstand von 0.55 m (vgl. Tabelle 1) zuzüglich von 5 Stunden. Bei dieser Bewertung wurde berücksichtigt, dass es für einen Erfolg der Gegenmassnahmen ausreichend ist, die Funktion von jeweils einer einzelnen Redundanz für jeden der identifizierten Abfahrpfade (Szenarium 1 und Szenarium 2) sicher zu stellen.

Bei der Bewertung der Ergebnisse zur Bestimmung der Widerstandswerte ist zusätzlich zu beachten, dass bei Wasserständen die Pegelabflüsse von kleiner 1450 m<sup>3</sup>/s entsprechen mit Ausnahme des Notstromgebäudes ZK02 keines der anderen Anlagegebäude von einer nennenswerten Leckage betroffen ist. In diesem Fall entspricht der Widerstandswert der maximal möglichen Betriebszeit ohne Ergänzung der Kühlwasser- und Dieselreserven. Für die Gebäude mit den kleinsten Absorptionsvolumina (ZK01/02, ZM02) wurde für diese Bedingungen eine realistischere Bewertung der Leckagemengen (ZK01/02, nach Ertüchtigung

ca. 1 kg/s, (vgl. Abbildung 7 bei Wasserstand +0.2 m, Leckagemenge zusätzlich reduziert um 40 %), ca. 0.6 kg/s für ZM02) vorgenommen, was zu einem deutlich höheren Widerstandswert führt. Tabelle 9 fasst die Ergebnisse zusammen, wobei in Klammern die Widerstandswerte für den Bereich sehr niedriger Wasserstände angegeben sind.

**Tabelle 9 Zusammenstellung der Widerstandswerte der Gebäudefunktionen**

Gebäudefunktion	Widerstandswert, h bei Notstromfall, vor Ertüchtigung	Widerstandswert, h bei Notstromfall, nach Ertüchtigung	Widerstandswert, h bei Notstromfall, nach Ertüchtigung mit Notfallmassnahmen
ZX	20.2	34 <sup>4</sup> (22 bis 24 ohne Ergänzung der Diesel- und Deionatvorräte)	34 <sup>4</sup> (22-27 ohne Ergänzung der Dieselvorräte), nach Installation des neuen mobilen Tanks 79h
ZE	5.8	5.8	15.1
ZK01	1.1	1.8 (4.4 bei niedrigen Wasserständen)	15.1
ZK02	1.15	1.9 (4.5 bei niedrigen Wasserständen)	15.1
ZV00	50.4	50.4	50.4
ZM02	3.3	5.0 (16.6)	15.1
ZA/ZB	23.8	23.8	23.8

#### 6.4 Ergebnisse der Sicherheitsmargenanalyse

Vergleicht man die ermittelten Ergebnisse aus Tabelle 9 mit der Hochwasserzeitdauer in Tabelle 1, so kann festgestellt werden, dass ein Abfahren der Anlage gemäss Szenarium 1 (Abfahrpfad 1) ohne zusätzliche Notfallmassnahmen bis mindestens zu einem Pegelabfluss in die alte Aare von 1480 m<sup>3</sup>/s sicher gestellt werden kann. Dies gilt selbst dann wenn man die Unsicherheiten bei der Bestimmung der Hochwasserdauer berücksichtigt, da eine grosse Sicherheitsmarge vorhanden ist und ein insgesamt konservatives Bewertungsverfahren gewählt wurde. Mit diesem Ergebnis der Analyse sind auch die bei der Festlegung des Bemessungshochwasserszenariums identifizierten Unsicherheiten abgedeckt. Ein Auslegungshochwasser kann somit generell mit Sicherheitsvorkehrungen auf der Sicherheitsebene 3 ohne Notfallmassnahmen beherrscht werden.

Ein Abfahren gemäss dem Szenarium 2 (Abfahrpfad 2) ist hingegen selbst beim unterstellten PMF von 2100 m<sup>3</sup>/s möglich, wobei noch weitere Auslegungsreserven vorhanden sind (untersucht bis zu einem Wasserstand von ca. 1.5 m). Da die erwartete Zeitdauer des PMF deutlich geringer ist, als die sich aus den Diesel- und Deionatvorräten (ohne Nachspeisung) ergebende zeitliche Begrenzung für den Betrieb des Notstandssystems, kann die Vorratergänzung zeitlich nach dem Hochwasser durchgeführt werden.

<sup>4</sup> Ohne Berücksichtigung der Entwässerungspumpen

Unter Berücksichtigung der Notfallmassnahmen ist es möglich die Anlage bis zu einem Pegelabfluss in die alte Aare von 1900 m<sup>3</sup>/s (Auslegungswert der zweiten Wasserfassung für Extremhochwasser) gemäss dem Szenarium 1 abzufahren. Unter diesen Bedingungen müssen gegebenenfalls auch Massnahmen zur Geschwämmselektierung in der zweiten Wasserfassung eingeleitet werden. Die Betriebserfahrung zeigt, dass derartige Massnahmen erfolgreich durchgeführt werden können [13]. Die Notfallmassnahmen für das ZX verändern den bereits sehr hohen Widerstandswert für das Szenarium 2 nicht grundsätzlich, gestatten jedoch wesentlich bessere Einsatzbedingungen für das Betriebspersonal und eine verbesserte Überwachung der Anlage. Unter Berücksichtigung der Notfallmassnahmen ist es somit möglich, ein Abfahren der Anlage in den Zustand „kalt abgestellt“ auch bei Annahme eines Totalausfalls des Oberwasserkanals unter Annahme des Bemessungshochwassers für das bis 2011 geplante Kernkraftwerk Niederamt (Pegelabfluss in die alte Aare – 1700 m<sup>3</sup>/s) sicherzustellen. Ein Abfahren der Anlage ist jedoch nicht notwendig, da der Zustand „heiss abgestellt“ aufgrund der Langzeitverfügbarkeit des Notstandssystems bei einem Notstromfall über die geforderte Zeitdauer von mindestens 72 h aufrecht erhalten werden kann.

Der Grenzwertwert der sicherheitstechnischen Auslegung der Anlage gegen Hochwasser kann mit „grösser als das PMF (Probable Maximum Flood)“ angegeben werden (Pegelabfluss >2100 m<sup>3</sup>/s, Wasserstand ca. 1.5 m). Entsprechend den Ergebnissen der radiologischen Analyse ist dabei mit einer Störfallfolgedosis bei Unterstellung eines 72 h andauernden Notstromfalls von deutlich weniger als 1 mSv zu rechnen (vgl. Abschnitt 5 und [16]).

## 6.5 Probabilistische Einordnung der Ergebnisse der Sicherheitsmargenanalyse

Die deterministische Bewertung der Folgen eines Hochwassers wurde entsprechend der Verfügung des ENSI [3] auf der Grundlage der Ergebnisse der Hochwassergefährdungsanalyse für den Standort des geplanten Kernkraftwerks Niederamt [9] durchgeführt. KKG hat im Zusammenhang mit der 2010 eingeleiteten Neuberteilung der Hochwassergefährdung ein detailliertes probabilistisches Modell für die Hochwassergefährdung erstellt [11], welches durch zusätzliche Untersuchungen des RiskLab des Departements für Mathematik an der ETH entsprechend dem Stand der Wissenschaft in der Mathematik abgesichert wurde [12]. Das von KKG verwendete Modell für die Modellierung der Datenreihe der Pegelabflüsse (Jahresreihe von 1916 bis 2009) beruht auf den Modellvorgaben der ENSI Richtlinie A05 und ist im Vergleich zu modernen mathematischen Verfahren konservativ. Dies zeigt ein Vergleich der „best-estimate“ Vorhersagen für Pegelabflüsse an der Station Murgenthal [14] in Tabelle 10.

**Tabelle 10 Vergleich der Vorhersagen der Pegelabflüsse an der Station Murgenthal KKG-Modell mit Modellen von RiskLab der ETH Zürich**

Pseudo <sup>5</sup> - Jährlichkeit	KKG, Gamma- Verteilung, Jahresreihe (1916-2009), m <sup>3</sup> /s	ETHZ, GPD, Declusterte Tagesreihe (1974- 2009), m <sup>3</sup> /s	ETHZ, r-largest order statistic, Declusterte Tagesreihe (1974- 2009), m <sup>3</sup> /s	ETHZ, Erwartungswert GEV, Jahres- reihe (1916- 2009) m <sup>3</sup> /s
100	1151.5	1201.06	1191.68	1128.9
1'000	1324.7	1286.41	1294.65	1244.4
10'000	1479.1	1333.27	1358.06	1317.9
100'000	1621.9	1359.00	1397.19	1364.8
1'000'000	1756.7	Maximum: 1388.9	Maximum: 1469.43	1387.7

Das von KKG entwickelte Modell wurde als Grundlage für die Beurteilung des Risikos externer Überflutungen in der PSA eingesetzt [14], wozu ein vollständig probabilistisches Modell unter Berücksichtigung möglicher Pegelabflüsse in den Oberwasserkanal bei konservativer Berücksichtigung von Verstopfungsszenarien erstellt wurde. Berücksichtigt man dieses Modell, so entspricht der Grenzwert der sicherheitstechnischen Auslegung gegen Hochwasser (Pegelabfluss in die alte Aare >2100 m<sup>3</sup>/s) bis zu dem ein sicheres Abfahren der Anlage ohne störfallinduzierte Brennstoffschäden durchgeführt werden kann, einer „Pseudojährlichkeit“ des Ereignisses von ca. 1 Milliarde Jahren (der entsprechende zugehörige Wert des Pegelabflusses in die alte Aare für diese „Pseudojährlichkeit“ ist 2137.1 m<sup>3</sup>/s).

## 7 Zusammenfassende Bewertung

In Übereinstimmung mit den Anforderungen der Verfügungen des ENSI vom 18.03.2011 und 01.04.2011 wurde eine umfassende deterministische Bewertung des Hochwasserschutzes vorgenommen. Es wurde nachgewiesen, dass ein sicheres Abfahren der Anlage auch bei einem extremen Hochwasser und bei Annahme eines lang andauernden Notstromfalls (über mindestens 72 Stunden) möglich ist. Die in dieser Situation zu erwartende Störfallfolgedosis für die Bevölkerung beträgt deutlich weniger als 1 mSv. Ein Zugang von externen Einsatzkräften kann aus radiologischer Sicht ohne Einschränkungen erfolgen.

<sup>5</sup> Die analysierten Datenreihen weisen eine Zeitabhängigkeit auf.

## 8 Referenzen

1. ENSI, FLP/SAN 17/11/014, Verfügung: Massnahmen aufgrund der Ereignisse in Fukushima. 18. März 2011
2. KKG, ENSI: Ereignisse in Fukushima - Bewertung der sicherheitstechnischen Auslegung des KKG, BER-D-50708, 29.3.2011
3. ENSI, SGE/FLP -17/11/014, Verfügung: Vorgehensvorgaben zur Überprüfung der Auslegung bezüglich Erdbeben und Überflutung, 1.4.2011
4. KKG, „Nachweisführung für den Hochwasserschutz des KKG gemäss der „Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen“, ALD-D-48800, 20.12.2010
5. Zusatzbericht Nr. 19 zum Sicherheitsbericht (FSAR), „Sicherheit der Nebenkuehlwasserversorgung, insbesondere Sicherheit der 2. Wasserfassung“, Motor-Columbus Ingenieurunternehmung AG, 1976
6. Bundesamt für Wasserwirtschaft, Sektion Talsperren, Brief an KKG vom 2. März 1992
7. Bundesamt für Wasser und Geologie, Sektion Talsperren, Brief an Colenco Power Engineering AG v. 24. Oktober 2003.
8. 2D- Modellierung der Flutwelle infolge Wehrbruch Ruppoldingen, Memo, AF Colenco, 8.06.2011
9. Kernkraftwerk Niederamt AG, Untersuchung der Hochwassersicherheit des Kernkraftwerk Niederamt (KKN), Fachbericht 1181/1400/01, AF Colenco, September 2008
10. KKG, Technische Dokumentation Hochwasserschutz, ROL-D-48860, Stand v. 17.12.2010
11. KKG, Probabilistische Gefährdungsanalyse Überflutung durch Hochwasser, BER-D-47216, 11.11.2010 (in [10] integriert)
12. RiskLab, ETH Zürich, Probabilistic Risk Analysis of Flood: Kernkraftwerk Gösgen-Däniken (KKG), December 15, 2010
13. KKG, Vorkommnis-/Folgemassnahmenbericht, Ansprechen der Überdruckklappe bei der M5-Prüfung, BER-D-48645 v. 22.2.2011
14. [REDACTED], [REDACTED], [REDACTED], [REDACTED], und [REDACTED], Beurteilung des Risikos externer Überflutungen für das Kernkraftwerk Gösgen, PSA'11, Probabilistische Sicherheitsanalysen in der Kerntechnik, TÜV Symposium, Heidelberg 26.-27.5.2011
15. ENSI, Gutachten des ENSI zum Rahmenbewilligungsgesuch der KKN AG, Brugg 2010.
16. KKG, Radiologische Analysen für den Nachweis der Einhaltung der Dosisgrenzwerte bei extremen externen Ereignissen.
17. AREVA, Leistungsbilanz, Ermittlung des Leistungsbedarfs in den Notstromanlagen, NLEE/2001/de/0065, 20.11.2007

18. AREVA, Ermittlung des Dieselleistungsbedarf der Notstrom-Notstandsanlagen, NLEE/2001/de/0105 v. 22.11.2007
19. KKG, Störfallanalysen: Kontrollrechnung ATWS mit Notstromfall, BER-D-45339, 2010
20. KKG, Modellierung des Eindringens von Wasser in das Notstandsgebäude bei Hochwasser- Teil II: Experimentelle Überprüfung, ANO-D-46464, 2010, in [10] enthalten.
21. ENSI, Verfügung: Neubewertung der Sicherheitsmargen des Kernkraftwerks Gösgen im Rahmen der EU-Stresstests. 1.6.2011