



CH-5200 Brugg, ENSI

BKW FMB ENERGIE AG  
Kernkraftwerk Mühleberg  
3203 Mühleberg



Ihr Zeichen:

Unser Zeichen:

Sachbearbeiter/in:

Brugg, 4. Juli 2012

## **Fukushima-Aktionsplan: Extreme Wetterbedingungen**

Sehr geehrte Damen und Herren

### **1. Anlass**

Mit seiner Verfügung vom 1. Juni 2011 /1/ hat das ENSI die Kernkraftwerke aufgefordert, an einer umfassenden und transparenten Sicherheitsbewertung (EU-Stresstest) für die europäischen Kernkraftwerke teilzunehmen. Der Umfang und die Modalitäten dieser Prüfung wurden von den Aufsichtsbehörden der EU-Mitgliedsstaaten (European Nuclear Safety Regulator Group ENSREG) festgelegt und verabschiedet /2/. Die ENSREG hat neben den Untersuchungen zu den auslösenden Ereignissen Erdbeben und externe Überflutung festgelegt, auch die Gefährdung durch extreme Wetterbedingungen untersuchen zu lassen.

Im Rahmen des Schweizer Länderberichtes zum EU-Stresstest /3/ kommt das ENSI zu dem Schluss, dass nachvollziehbare Gefährdungsanalysen für extreme Wetterbedingungen und zugehörige Nachweise der Beherrschung nicht durchgehend vorhanden sind. Die werkspezifischen PSA enthalten Studien zu extremen Winden und Tornados. Auch wurden mit den Betreiberberichten zum EU-Stresstest teilweise weitere Gefährdungsstudien, beispielsweise zu Starkregen auf dem Anlagenareal oder extremen Lufttemperaturen, eingereicht.

Von besonderer Relevanz für die Kraftwerksstandorte sind aus Sicht des ENSI (im hier betrachteten Kontext) die Gefährdungen durch extreme Winde, Tornados, extreme Luft- und Flusswassertemperaturen, Starkregen auf dem Anlagenareal, Schneelasten sowie Überlagerungen von verschiedenen extremen Wetterbedingungen. Im Länderbericht der Schweiz zum EU-Stresstest stellte das ENSI ebenfalls fest, dass der Abschätzung potentieller Auswirkungen des Klimawandels grössere Aufmerksamkeit geschenkt werden muss.



Im Überprüfungsbericht zum schweizerischen Länderbericht /4/ wurde explizit das Fehlen eines durchgängigen Nachweises der Konformität der Auslegungsgrundlage mit dem schweizerischen Regelwerk für extreme Temperaturen mit einer Häufigkeit von  $10^{-4}$  pro Jahr hervorgehoben. Weiterhin wurde im Überprüfungsbericht als zusätzliche Empfehlung abgegeben, die Sicherheitsmargen für extreme Wetterereignisse auszuweisen.

Die bezüglich der Analyse „Extreme Wetterbedingungen“ gewonnenen Erkenntnisse aus dem EU-Stresstest sind bereits vorgängig in den Aktionsplan /5/ eingeflossen. Mit diesem Schreiben werden, wie im Aktionsplan unter Punkt 4.3 dargelegt, die Anforderungen an die fehlenden Randbedingungen für die Nachweisführung präzisiert.

## 2. Erwägungen

Die Gefährdungen mit einer Häufigkeit grösser gleich  $10^{-4}$  pro Jahr, ausgelöst durch Naturereignisse, sind gemäss der Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen (SR 732.112.2) mit Hilfe einer probabilistischen Gefährdungsanalyse zu bestimmen. Hierzu zählen neben Erdbeben und Überflutung auch die extremen Wetterbedingungen. In der Richtlinie ENSI-A05 sind die relevanten wetterbedingten Gefährdungen sowie deren Kombinationen aufgelistet und die Anforderungen an die Bestimmung der Gefährdungen geregelt. Der IAEA Specific Safety Guide SSG-18 /6/ „Meteorological and Hydrological Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations“ nennt weitere Gefährdungen durch extreme Wetterbedingungen wie Hagel, vereisender Regen und Schneelast, die aus Sicht des ENSI in diesem Zusammenhang ebenfalls zu betrachten sind.

Die Verordnung des UVEK (SR 732.112.2), Art. 5 Absatz 3, fordert, dass bei der Gefährdungsbestimmung auch die aus aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen gewonnenen historischen Daten sowie absehbare Veränderungen der massgebenden Einflussgrössen zu berücksichtigen sind. Klimatische Schwankungen (Klimawandel) können einen Einfluss auf das Auftreten von extremen Wettersituationen haben und müssen damit bei der Bestimmung der Gefährdungen berücksichtigt werden.

Die Nachweise des ausreichenden Schutzes gegen Gefährdungen durch extreme Wetterbedingungen mit einer Häufigkeit grösser gleich  $10^{-4}$  pro Jahr sind gemäss der Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen (SR 732.112.2) ebenfalls zu führen. Der ausreichende Schutz der Anlage ist gegeben, wenn die grundlegenden Schutzziele nach Art. 1 Absatz d eingehalten sind. Die Einhaltung der Schutzziele ist nachzuweisen anhand der Dosisgrenzwerte nach Art. 7 und der technischen Kriterien nach Art. 8 bis 11.

Für die Nachweise ist nach Art. 5 Absatz 1 d der Verordnung des UVEK (SR 732.112.2) das Versagen von nicht gegen extreme Wettersituationen ausgelegten Gebäuden sowie Hilfs- und Versorgungssystemen zu unterstellen.

Im Anhang 1 sind detailliert die Anforderungen an die probabilistischen Gefährdungsanalysen aufgeführt. In diesem werden die zu untersuchenden Gefährdungen definiert, Anforderungen an die probabilistische Gefährdungsanalyse genannt wie auch die vom ENSI akzeptierten Methoden. Im Anhang 2 sind die Anforderungen an die Nachweise des ausreichenden Schutzes der Anlage für die in Anhang 1 zu bestimmenden Gefährdungen festgehalten.

## 3. Entscheid

Mit Schreiben /8/ haben die Schweizer Kernkraftwerke ihren Beschluss mitgeteilt, eine umfassende gemeinsame Studie zur Beurteilung der Gefährdung durch extreme Wetterbedingungen in der Schweiz durchzuführen. Das ENSI begrüsst diesen Entscheid, erachtet aber den anvisierten Zeitrahmen von 2,5 Jahren für die Durchführung dieses Projektes als zu lang. Hingegen anerkennt das ENSI



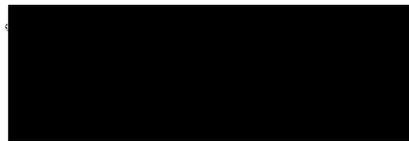
die Notwendigkeit, aufgrund des erheblichen Umfangs der Analysen den Zeitrahmen für die Nachweise zu verlängern. Gestützt auf die Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen (SR 732.112.2) fordert das ENSI (Geschäftsnummer 11/12/023):

Bis Ende 2012 ist ein detailliertes Konzept zum Nachweis des ausreichenden Schutzes gegen extreme Wetterbedingungen mit einer Häufigkeit grösser gleich  $10^{-4}$  pro Jahr einzureichen. Die probabilistischen Gefährdungsanalysen (entsprechend den Anforderungen des Anhang 1) und die Nachweise des ausreichenden Schutzes der Anlage (Anhang 2) sind dem ENSI bis Ende 2013 einzureichen. Die vorhandenen Margen gegenüber der Auslegung sind auszuweisen.

In diesem Zusammenhang bereits vom ENSI akzeptierte Unterlagen der Betreiber (Werksstudien) können in den Nachweisen herangezogen werden, sofern sie den Anforderungen in den Anhängen 1 und 2 genügen.

Freundliche Grüsse

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI





### Referenzen:

- /1/ ENSI, Verfügung: Neubewertung der Sicherheitsmargen des Kernkraftwerks Mühleberg im Rahmen der EU-Stresstests, 1. Juni 2011 (Verfügung 4)
- /2/ ENSREG, EU „Stress-Tests“ Specifications, 13. Mai 2011
- /3/ ENSI, EU Stress Test Swiss National Report - ENSI Review of the Operators Report, 31. Dezember 2011
- /4/ ENSREG, Peer Review Country Report – Stress Test Performed on European Nuclear Power Plants- Switzerland, April 2012
- /5/ ENSI, Aktionsplan Fukushima 2012, 28. Februar 2012, ENSI-AN-7844
- /6/ IAEA, *Meteorological and Hydrological Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations*, Specific Safety Guide No. SSG-18, November 2011
- /7/ U.S. NRC, *Design-Basis Tornado and Tornado Missiles For Nuclear Power Plants*, Regulatory Guide 1.76, März 2007
- /8/ GSKL-Brief FGK-12.050.KKG, Gruppe der schweizerischen Kernkraftwerksleiter, Analyse extremer Wetterbedingungen für Schweizer Kernkraftwerke, 27. Juni 2012



## Anhang 1: Anforderungen an die probabilistischen Gefährdungsanalysen

### 1. Umfang der zu betrachtenden Gefährdungen

Für die folgenden Gefährdungen ist eine quantitative Gefährdungsanalyse durchzuführen:

- extreme Winde,
- Tornados,
- extreme Luft- und Flusswassertemperaturen,
- Starkregen auf dem Anlagenareal sowie
- Schneehöhen

Die Gefährdungen

- Hagel,
- Vereisender Regen,
- Trockenheit (d. h. niedrige Fluss- und Grundwasserpegel),
- Waldbrand,
- Vereisung hervorgerufen durch niedrige Aussen- bzw. Flusswassertemperaturen und
- Kombinationen von
  - ausserordentlich rauen Winterbedingungen mit Schnee(verwehungen), niedrigen Temperaturen und Vereisung sowie
  - ausgeprägt harte Sommerbedingungen mit hohen Temperaturen, Trockenheit, Waldbrand und niedrigen Fluss- bzw. Grundwasserspiegeln

können qualitativ behandelt werden, sofern die Auswirkungen auf die Anlage nicht zu einer Anforderung von Sicherheitssystemen führen oder die Auswirkungen durch Ereignisse abgedeckt sind, die eine höhere Eintrittshäufigkeit haben. Falls dieser Nachweis nicht möglich ist, ist für die entsprechende Gefährdung eine quantitative Analyse durchzuführen.

### 2. Quantitative Gefährdungsanalyse

Bei der Untersuchung der Gefährdungen sind Unsicherheiten zu berücksichtigen.

#### Extreme Winde:

Bei der Gefährdungsbestimmung sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Anforderungen gemäss der Richtlinie ENSI-A05
- Datengrundlage
  - Die Datenreihe der Windböengeschwindigkeiten (1-Sekunde-Windböen) am Kernkraftwerkstandort auf dem Referenzniveau 10 m ist als Datengrundlage zu verwenden.
  - Langzeit-Messwerte sind auf Basis mindestens einer weiteren Messstation mit ähnlichen oder vergleichbaren Standorteigenschaften heranzuziehen.
- Bestimmung der Gefährdungskurve
  - Als Methoden akzeptiert das ENSI die Block Maxima Methode (BMM mit Blocklänge 1 Jahr), bei der die Reihe der jährlichen Maxima anhand einer GEV-Verteilung<sup>1</sup> (GEV: Generalized Extreme Value), extremwertstatistisch ausgewertet werden, sowie die „Peak over Threshold“ Methode (POT), bei der die Daten über einen gewissen Schwellenwert extremwertstatistisch anhand einer verallgemeinerten Pareto-Verteilung (Generalized Pareto Distribution: GPD) ausgewertet werden.

<sup>1</sup> Die Gumbel-Verteilung (siehe ENSI-A05) als Spezialfall der GEV kann auch angewendet werden.



- Es ist die Gefährdungskurve für die Mittelwerte zu bestimmen. Zur Berücksichtigung der Unsicherheiten ist die Mittelung der Ergebnisse aus der BMM und zweier POT-Analysen (d. h. für zwei verschiedene Schwellwerte) ein aus Sicht ENSI akzeptabler Ansatz. Bei der Verwendung der „POT-Methode“ ist nur ein Wert pro Sturmereignis anzusetzen.
- Darlegung der Resultate
  - Die auszuweisenden Windgeschwindigkeiten sind auf das Referenzniveau 10 m über der Höhe des Kraftwerksareals umzurechnen und auf die über 1 Sekunde gemittelten Böengeschwindigkeiten zu beziehen.
  - Die Gefährdungskurve für diese Windgeschwindigkeiten ist bis zu einer Überschreitungshäufigkeit von  $10^{-7}$  auszuweisen.
  - Aus der Gefährdungskurve ist das entsprechende  $10^{-4}$  pro Jahr Ereignis abzuleiten.
  - Die Plausibilität der Ergebnisse ist anhand der vorliegenden Erfahrungen, historischer Ereignisse sowie vor dem Hintergrund des Klimawandels zu diskutieren.
  - Die ausgewiesenen Windlasten in der SIA-Norm 261 für eine 50-jährliche Wiederkehrperiode sind mit den Ergebnissen der Gefährdungskurve zu vergleichen und zu bewerten.

#### Tornados:

Bei der Gefährdungsbestimmung sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Anforderungen gemäss Richtlinie ENSI-A05
- Bestimmung der Gefährdungskurve:

Die Tornadoauftreffshäufigkeiten am Kernkraftwerkstandort für die definierten Fujita-Klassen sind gemäss den Vorgaben der Richtlinie ENSI-A05 zu berechnen, insbesondere:

  - Bei der Ermittlung der Tornadoauftreffshäufigkeit am Kernkraftwerkstandort sind der Schadenszug des Tornados und die Fläche des Kernkraftwerksareals zu berücksichtigen.
  - Die vom ENSI akzeptierten Verfahren beruhen auf geometrischen Betrachtungen: Berechnung der Wahrscheinlichkeit, dass ein Tornado die Trefferfläche (Kernkraftwerk) erreicht – Durchquerung der Schadenszugsfläche mit der Fläche des Kernkraftwerksareals.
- Eine Tornadogefährdungskurve ist anhand der maximal zu erwartenden Windgeschwindigkeiten der definierten Fujita-Klassen zu bestimmen.
- Darlegung der Resultate
  - Aus den Analysen ist das  $10^{-4}$  pro Jahr Tornadosereignis abzuleiten. Die Windspitzengeschwindigkeiten und der Druckabfall im Zentrum des Wirbels sind auszuweisen.

#### Extreme Lufttemperaturen:

Bei der Gefährdungsbestimmung sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Datengrundlage
  - Die Datenreihe der instantan aufgetretenen Temperaturen (maximal sowie minimal) am Kernkraftwerkstandort ist als Datengrundlage zu verwenden.
  - Langzeit-Messwerte sind auf Basis mindestens einer weiteren Messstation mit ähnlichen oder vergleichbaren Standorteigenschaften heranzuziehen.
  - Die Messwerte sind auf das Referenzniveau 10 m über der Höhe des Kraftwerksareals zu beziehen.
- Bestimmung der Gefährdungskurve
  - Für die Extremwertauswertung akzeptiert das ENSI folgende Methoden: Block Maxima (BMM) mit Blocklänge 1 Jahr, sowie „Peak over Threshold“ (POT).
  - Es ist die Gefährdungskurve für die Mittelwerte zu bestimmen.
- Darlegung der Resultate
  - Die Gefährdungskurve ist für die instantan maximalen sowie minimalen Temperaturen bis zu einer Überschreitungshäufigkeit von mindestens  $10^{-4}$  auszuweisen.



- Aus der Gefährdungskurve ist das entsprechende  $10^{-4}$  pro Jahr Ereignis abzuleiten.
- Die Plausibilität der Ergebnisse ist anhand der vorliegenden Erfahrungen, historischer Ereignisse sowie vor dem Hintergrund des Klimawandels zu diskutieren.

#### Extreme Flusswassertemperaturen:

Bei der Gefährdungsbestimmung sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Datengrundlage
  - Die Datenreihe der instantan aufgetretenen Flusstemperaturen am Kernkraftwerkstandort ist als Datengrundlage zu verwenden.
  - Langzeit-Messwerte sind auf Basis mindestens einer weiteren Messstation mit ähnlichen oder vergleichbaren Standorteigenschaften heranzuziehen.
- Bestimmung der Gefährdungskurve
  - Für die Extremwertauswertung akzeptiert das ENSI folgende Methoden: Block Maxima mit Blocklänge 1 Jahr, sowie POT.
  - Es ist die Gefährdungskurve für die Mittelwerte zu bestimmen.
- Darlegung der Resultate
  - Die Gefährdungskurve ist für die instantan maximalen Temperaturen bis zu einer Überschreitenshäufigkeit von mindestens  $10^{-4}$  auszuweisen.
  - Aus der Gefährdungskurve ist das entsprechende  $10^{-4}$  pro Jahr Ereignis abzuleiten.
  - Die Plausibilität der Ergebnisse ist anhand der vorliegenden Erfahrungen, historischer Ereignisse sowie vor dem Hintergrund des Klimawandels zu diskutieren.

#### Starkregen auf dem Anlagenareal:

Bei der Gefährdungsbestimmung sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Datengrundlage
  - Die Niederschlagsdaten am Kernkraftwerkstandort sind als Datengrundlage zu verwenden.
  - Langzeit-Messwerte sind auf Basis mindestens einer weiteren Messstation mit ähnlichen oder vergleichbaren Standorteigenschaften heranzuziehen.
- Bestimmung der Gefährdungskurve
  - Für die Extremwertauswertung akzeptiert das ENSI folgende Methoden: Block Maxima mit Blocklänge 1 Jahr, sowie POT.
  - Es ist die Gefährdungskurve für die Mittelwerte zu bestimmen.
- Darlegung der Resultate
  - Die zu erwartenden maximalen Niederschlagshöhen für die Zeitperioden 10 min, 30 min, 1 h und 2 h sind zu bestimmen.
  - Die maximalen Niederschlagshöhen sind bis zu einer Überschreitenshäufigkeit von mindestens  $10^{-4}$  auszuweisen.
  - Aus der Gefährdungskurve ist das entsprechende  $10^{-4}$  pro Jahr Ereignis abzuleiten.
  - Die Plausibilität der Ergebnisse ist anhand der vorliegenden Erfahrungen, historischer Ereignisse sowie vor dem Hintergrund des Klimawandels zu diskutieren.

#### Schneehöhen:

Bei der Gefährdungsbestimmung sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Datengrundlage
  - Die 1-Tages und 5-Tages Neuschneedaten sind als Datengrundlage zu verwenden.
  - Langzeit-Messwerte sind auf Basis mindestens einer weiteren Messstation mit ähnlichen oder vergleichbaren Standorteigenschaften heranzuziehen.



- Bestimmung der Gefährdungskurve
  - Für die Extremwertauswertung akzeptiert das ENSI folgende Methoden: Block Maxima mit Blocklänge 1 Jahr, sowie POT.
  - Es ist die Gefährdungskurve für die Mittelwerte zu bestimmen.
- Darlegung der Resultate
  - Die zu erwartenden maximalen 1-Tages und 5-Tages Schneehöhen sind zu bestimmen.
  - Die maximalen Schneehöhen sind bis zu einer Überschreitenshäufigkeit von mindestens  $10^{-4}$  auszuweisen.
  - Aus der Gefährdungskurve ist das entsprechende  $10^{-4}$  pro Jahr Ereignis abzuleiten.
  - Die Plausibilität der Ergebnisse ist anhand der vorliegenden Erfahrungen, historischer Ereignisse sowie vor dem Hintergrund des Klimawandels zu diskutieren.
  - Die ausgewiesenen Schneelasten in der SIA-Norm 261 sind mit den Ergebnissen der Gefährdungskurve zu vergleichen und zu bewerten.

Bei der Bestimmung der maximalen Schneelast ist zu beachten, dass die resultierende Last auf die Gebäude eine Funktion der Gesamtschneehöhe und deren Packungsdichte (Neuschnee oder Nassschnee) ist.



## **Anhang 2: Anforderungen an die Nachweise des ausreichenden Schutzes der Anlage**

Die Nachweise des ausreichenden Schutzes gegen extreme Wetterbedingungen mit einer Häufigkeit grösser gleich  $10^{-4}$  pro Jahr müssen die Randbedingungen aufgrund der in Abschnitt 2 ausgeführten rechtlichen Grundlagen berücksichtigen und die in Anhang 1 genannten Gefährdungen sowie deren Überlagerung beinhalten.

Es sind die Auslegungswerte der Strukturen (Gebäude) und Ausrüstungen (beispielsweise Abgaskamine der Notstromdieselanlagen, Lufteinlässe etc.), die zur Beherrschung der betrachteten Gefährdung benötigt werden, darzulegen und aufzuzeigen, dass diese den zu erwartenden Lasten standhalten. Sind die resultierenden Lasten durch andere Lastfälle abgedeckt, so können diese für den Nachweis herangezogen werden und müssen angegeben werden. Die vorhandenen Margen gegenüber der Auslegung sind auszuweisen.

Es ist für jede Gefährdung durch extreme Wetterereignisse nachzuweisen, dass die getroffenen technischen und organisatorischen Schutzmassnahmen wirksam sind. Für den Nachweis ist der Notstromfall (Ausfall der externen Stromversorgung wie auch der Verlust des Abfangens auf Eigenbedarf), mit Ausnahme der qualitativ behandelten Gefährdungen zu unterstellen. Weiterhin ist ein Einzelfehler anzunehmen, wenn für die Beherrschung des Ereignisses Sicherheitssysteme notwendig sind.

Im Einzelnen sind dabei zusätzlich die nachfolgend aufgeführten Hinweise zu beachten bzw. Randbedingungen anzunehmen.

### Extreme Luft- und Flusswassertemperaturen:

Bei der Analyse der Auswirkungen extremer Lufttemperaturen ist insbesondere auch der Leistungsnachweis für die Lüftungsanlagen, welche die benötigten Ausrüstungen kühlen, zu erbringen. Ferner ist die Funktionstüchtigkeit der Notstrom- und Notstandsdieselmotoren inkl. Hilfssystemen nachzuweisen. Lokale Gegebenheiten (Aufheizung durch Asphalt und Betonstrukturen) sind in Form von Zuschlägen bei der Bestimmung der Temperaturen zu berücksichtigen. Weiterhin ist der Einfluss der Luftfeuchtigkeit zu bewerten.

Analog ist für den Fall hoher Flusswassertemperaturen der Nachweis der Funktionalität der benötigten Strukturen und Ausrüstungen, welche direkt oder indirekt mit Flusswasser gekühlt werden, zu erbringen. Insbesondere sind die zugrunde gelegten Kühlleistungen der benötigten Kühler und die bei der mechanischen Auslegung zugrunde gelegten Temperaturen anzugeben.

Weiterhin ist zu zeigen, dass bei niedrigen Temperaturen die mögliche Vereisung der Kühlwasserfassungen oder andere Teile der Anlage, im speziellen der Lüftungen und der Dieselanlagen, sicher beherrscht wird oder ausgeschlossen ist.

### Tornados:

Eine Gefährdung der Anlage wird durch den plötzlichen Druckabfall im Zentrum des Wirbels, Druckspitzen auf Gebäude durch starke Windböen und sogenannte „Wind Missiles“ hervorgerufen. Als konservativ abdeckend können die gemäss U.S. Regulatory Guide 1.76 //1/ anzunehmenden Lasten für das Ereignis Tornado angesehen werden.

### Starkregen auf dem Anlagenareal:

Es sind die vorhandenen Drainagekapazitäten darzulegen und aufzuzeigen, dass diese ausreichend dimensioniert sind. Ist das Drainagesystem kurzzeitig nicht in der Lage, die anfallenden Regenmengen zu entwässern, ist aufzuzeigen, wie diese beherrscht werden.



Schneelasten:

Neben der Darlegung der zu beherrschenden Lasten ist zusätzlich aufzuzeigen, dass während einer Periode mit extremen Schneehöhen die Zugänglichkeit der Anlage gewährleistet bleibt.