

## **Aspekte der Ermittlung des standortspezifischen Bemessungshochwassers**

### **1 Anlass der Beratung**

Vor dem Hintergrund neuerer internationaler Regelwerksentwicklungen, insbesondere in Frankreich im Nachgang zum Überflutungsereignis in Blayais an der Gironde im Dezember 1999 [1] sowie dem in Reaktion auf die Ereignisse in Fukushima neu erstellten Issue T der WENRA Reference Levels [2], hat der Ausschuss ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK (AST) über verschiedene Aspekte bei der Ermittlung des Bemessungshochwassers beraten und überprüft, inwieweit gegenüber den bestehenden diesbezüglichen Anforderungen im deutschen Regelwerk Konkretisierungen empfohlen werden sollten.

### **2 Beratungsgang**

Der Ausschuss AST wurde in seiner 80. Sitzung vom VGB über den Schutzzumfang deutscher Kernkraftwerke gegen Hochwasser [3], in der 81. Sitzung am 05.07.2012 über Häufigkeitskurven für Abflussmengen bei Hochwasser für Kernkraftwerksstandorte an Rhein und Neckar [4] und in seiner 83. Sitzung am 04.10.2012 von der GRS über neuere wissenschaftliche Untersuchungen [5] sowie Vorgehensweisen zur Ermittlung von Hochwasserständen in neuen französischen Regelwerken und amerikanischen Ansätzen unterrichtet [6, 7]. Der Ausschuss nahm die Beratungen zur Ermittlung des Bemessungshochwassers in seiner 91. Sitzung am 10.07.2013 wieder auf und hörte in seiner 94. Sitzung am 28.11.2013 einen Bericht über eine Studie der Universität Karlsruhe zur Herleitung des Bemessungshochwassers am Standort Neckarwestheim (GKN) [8]. Nach weiteren Beratungen des Ausschusses in seiner 95. und 104. Sitzung am 19.12.2013 und am 12.02.2015 berichtete das Institut für Wasser- und Gewässerentwicklung des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) in der 105. Sitzung des Ausschusses am 05.03.2015 über die Ermittlung von extremen Bemessungswerten für Sicherheitsbetrachtungen [9]. Der Ausschuss setzte die diesbezüglichen Beratungen in seiner 106. Sitzung am 16.04.2015 fort und schloss die Anhörungen mit einem Bericht des Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) zur Bestimmung des Bemessungshochwassers für französische kerntechnische Anlagen [10] in seiner 107. Sitzung am 28.05.2015 ab. In seiner 110. Sitzung am 03.09.2015 trat der Ausschuss anhand der Unterlagen [11] und [12] in die Beratung einer Empfehlung ein. Der Ausschuss verabschiedete in seiner 111. Sitzung am 15.10.2015 den Entwurf für eine RSK-Stellungnahme, die die RSK in ihrer 481. Sitzung am 10.02.2016 beriet und verabschiedete.

---

### 3 Beratungsergebnisse

Aus dem neu erstellten Issue T der WENRA Reference Levels [2] bzw. dem neuen einschlägigen französischen Regelwerk [1], ergeben sich hinsichtlich der Bestimmung des Bemessungshochwassers folgende Aspekte, die über den Konkretisierungsgrad der SiAnf [13] sowie der KTA Regel 2207 [14] hinausgehen. Dies betrifft die Forderungen nach

- einer systematischen Bewertung von Unsicherheiten im Rahmen der Hochwassergefährdungsanalyse sowie nach
- einem durchzuführenden Vergleich des ermittelten Bemessungshochwassers mit historischen Ereignissen.

Zudem wird im Folgenden auf den Aspekt „Berücksichtigung der Dauer von Hochwasserereignissen“ eingegangen.

#### **Ermittlung und Bewertung von Unsicherheiten**

In [2] (Reference Level T3.3) werden folgende Anforderungen gestellt: *„The methods and assumptions used shall be justified. Uncertainties affecting the results of the hazard assessments shall be evaluated.“* Die Anforderung des ersten Satzes für Binnenstandorte kann als implizit abgedeckt betrachtet werden, sofern die Hochwassergefährdungsanalyse dem im Anhang A 2 der KTA 2207 beschriebenen Verfahren (Extrapolation der Messdaten unter Verwendung der Pearson-III-Verteilung mit maximierter Schiefe) folgt. Dies ist nicht notwendigerweise der Fall, wenn von der Öffnungsklausel *„Standortabhängig sind im Einzelfall auch andere Verfahren anwendbar.“* in Absatz (2) des Anhangs A 1 der KTA 2207 Gebrauch gemacht wird. In diesem Fall ist die Verwendung des gewählten Verfahrens und der getroffenen Annahmen gesondert zu begründen.

Im zweiten Satz des zitierten Reference Level T3.3 wird die Bewertung der Unsicherheiten der Standortgefährdungsanalyse gefordert. Um diese Anforderung zu erfüllen, ist eine systematische Erfassung der aleatorischen<sup>1</sup> und epistemischen<sup>2</sup> Unsicherheiten in allen relevanten Schritten der Gefährdungsanalyse erforderlich. Insbesondere ist hierfür die Zuverlässigkeit der Datengrundlage zu diskutieren (hinsichtlich der Bewertung von Unsicherheiten bei der Ermittlung von hydrologischen und meteorologischen Einwirkungen siehe bspw. Specific Safety Guide SSG-18 der IAEA Abschnitt 2.34). Eine Konkretisierung hinsichtlich der Bewertung von Unsicherheiten ist in der KTA 2207 nicht explizit enthalten.

Im Zusammenhang mit der Anforderung zur Bewertung der Unsicherheiten sind zudem die DIN 19700-10:2004-07 und DIN 19700-11:2004-07 für Stauanlagen [15, 16] von Interesse. Größere Talsperren sind, wie Kernkraftwerke, gegen ein 10000-jährliches Hochwasserereignis auszulegen. Dabei geht die folgende Anforderung in [15] über die KTA 2207 [14] hinaus:

---

<sup>1</sup> vom Zufall abhängige

<sup>2</sup> erkenntnistheoretisch bedingte

---

*„Da die für die Bemessung von Stauanlagen gegenüber Hochwasser zu verwendenden extremen Hochwasserzuflüsse hinsichtlich der zur Verfügung stehenden Verfahren mit Unsicherheiten behaftet sind, ist es für die Abschätzung der Kenngrößen von außergewöhnlichen Hochwasserereignissen (Scheitelzuflüsse, Ganglinien, Füllen) notwendig, mehrere unterschiedliche Verfahren vergleichend anzuwenden“ (DIN 19700-10:2004-07, Abschnitt 5.3).*

D. h. die DIN 19700-10:2004-07 fordert, dass aufgrund der mit der Hochwassergefährdungsanalyse verbundenen Unsicherheiten mehrere unterschiedliche Verfahren anzuwenden und zu vergleichen sind. Anhand eines solchen Vergleichs kann die Streubreite der wissenschaftlich vertretbaren Extrapolationen und damit die Belastbarkeit des Ergebnisses der Hochwassergefährdungsanalyse besser bewertet werden.

Vor diesem Hintergrund leitet die RSK im Hinblick auf die Ermittlung und Bewertung von Unsicherheiten die folgende Empfehlung 1 ab:

Die aleatorischen und epistemischen Unsicherheiten der Hochwassergefährdungsanalyse sollten systematisch erfasst und hinsichtlich der Erfordernis ihrer Berücksichtigung für ein konservatives Ergebnis bewertet werden. Dies kann hinsichtlich der aleatorischen Unsicherheiten mittels der diesbezüglich üblichen statistischen Verfahren erfolgen. Zur Bewertung der epistemischen Unsicherheiten empfiehlt die RSK, dass mehrere unterschiedliche Verfahren (unter Verwendung standortspezifisch wissenschaftlich vertretbarer Extrapolationsfunktionen) zur Ermittlung des Bemessungshochwassers angewandt und deren Ergebnisse verglichen werden sollen.

### **Vergleich mit historischen Ereignissen**

Im Hinblick auf die Festlegung des Bemessungsereignisses (hier des Bemessungshochwassers) wird in [2] (Reference Level T4.3) ein Vergleich des ermittelten Bemessungsereignisses mit historischen Ereignissen gefordert: *„The design basis events shall be compared to relevant historical data to verify that historical extreme events are enveloped by the design basis with a sufficient margin.“* Die Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke [13] fordern, die folgenschwersten Einwirkungen von außen standortspezifisch zu unterstellen (SiAnf 4.2 (2)), eine Anforderung hinsichtlich der historischen Ereignisse sind jedoch weder in den SiAnf noch in der KTA 2207 explizit enthalten.

Auch in der DIN 19700-10:2004-07, Abschnitt 5.3 [15] wird empfohlen, zur Absicherung der Berechnungsergebnisse für das Bemessungshochwasser einen Vergleich mit historischen Ereignissen aus der Region bzw. mit einem maximierten Hochwasserereignis im Sinne einer Probable Maximum Flood vorzunehmen: *„Zur Absicherung der Berechnungsergebnisse für extrem seltene Hochwasserzuflüsse können auf der Grundlage maximierter Eingangsgrößen bestimmte Hochwasserzuflüsse (z. B. das „vermutlich größte Hochwasser“ (en: PMF, Probable Maximum Flood)) und/oder in der jeweiligen Region bekannte extreme historische Hochwasserereignisse herangezogen den.“* (DIN 19700-10:2004-07, Abschnitt 5.3)

---

Vor diesem Hintergrund leitet die RSK die folgende Empfehlung 2 ab:

Das bei der Ermittlung des Bemessungshochwassers erzielte Berechnungsergebnis sollte mit historisch belegten Hochwasserereignissen in der Region verglichen werden, um die Abdeckung zu überprüfen. Dabei ist die Übertragbarkeit der historischen Ereignisse auf die aktuellen Randbedingungen zu beachten.

### **Berücksichtigung der Dauer von Hochwasserereignissen**

Das deutsche Regelwerk [13] (Anhang 3, Nr. 4.1.3, Nr. 4.2.1.2 (1)) fordert übergeordnet, die Dauer von Einwirkungen von außen bei der Auslegung der Anlage zu berücksichtigen (siehe im internationalen Kontext hierzu Reference Level T5.3 in [17]). Die Berücksichtigung der Dauer bei der Bestimmung des Bemessungshochwassers wird auch im unterlegten KTA Regelwerk (KTA 2207 [14]) gefordert.

## **4 Zusammenstellung der Empfehlungen**

### Empfehlung 1:

Die aleatorischen und epistemischen Unsicherheiten der Hochwassergefährdungsanalyse sollten systematisch erfasst und hinsichtlich der Erfordernis ihrer Berücksichtigung für ein konservatives Ergebnis bewertet werden. Dies kann hinsichtlich der aleatorischen Unsicherheiten mittels der diesbezüglich üblichen statistischen Verfahren erfolgen. Zur Bewertung der epistemischen Unsicherheiten empfiehlt die RSK, dass mehrere unterschiedliche Verfahren (unter Verwendung standortspezifisch wissenschaftlich vertretbarer Extrapolationsfunktionen) zur Ermittlung des Bemessungshochwassers angewandt und deren Ergebnisse verglichen werden sollen.

### Empfehlung 2:

Das bei der Ermittlung des Bemessungshochwassers erzielte Berechnungsergebnis sollte mit historisch belegten Hochwasserereignissen in der Region verglichen werden, um die Abdeckung zu überprüfen. Dabei ist die Übertragbarkeit der historischen Ereignisse auf die aktuellen Randbedingungen zu beachten.

---

## Beratungsunterlagen

- [1] Protection des installations nucléaires de base contre les inondations externes.  
Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) Guides de L'ASN No. 13  
08.01.2013
  
- [2] Western European Nuclear Regulator Association (WENRA):  
WENRA Safety Reference Levels for Existing Reactors, Update in Relation to  
Lessons Learned from TEPCO Fukushima Dai-Ichi Accident,  
Report, September 2014
  
- [3] VGB Powertech  
80. Sitzung des RSK-AST „Schutzumfang deutscher Kernkraftwerke gegen  
Hochwasser“  
Bericht der Betreiber, Präsentation, 80. AST-Sitzung am 31.05.2012
  
- [4] Kurven zur Ermittlung des Bemessungshochwassers an Rhein und Neckar  
81. AST-Sitzung am 05.07.2012
  
- [5] Dr. G. Thuma  
Bemessungshochwasser  
Anforderungen nach KTA 2207 und neuere wissenschaftliche Entwicklungen  
Präsentation, 83. AST-Sitzung am 04.10.2012
  
- [6] Dr. G. Thuma  
Schutz von Kernkraftwerken gegen Hochwasser  
KTA 2207- NUREG/CR 7046-ASN-Entwurf  
Präsentation, 83. AST-Sitzung am 04.10.2012
  
- [7] U.S. NRC  
Design-Basis Flood Estimation for Site Characterization at Nuclear Power  
Plants in the United States of America  
NUREG/CR-7046 November 2011
  
- [8] Schwarz, 20.11.2013  
Bemessungshochwasser Standort GKN  
Präsentation, 94. AST-Sitzung am 28.11.2013
  
- [9] Dr.-Ing. Jürgen Ihringer, KIT- Institut für Wasser- und Gewässerentwicklung  
Ermittlung von extremen Bemessungswerten für Sicherheitsbetrachtungen  
Präsentation, 105. AST-Sitzung am 05.03.2015

- 
- [10] Laurent Guimier, IRSN, May 28 2015.  
Bestimmung des Bemessungshochwassers für französische kerntechnische Anlagen.  
Präsentation, 107. AST-Sitzung am 28.05.2015
- [11] „Für die Ermittlung des Bemessungshochwassers relevante Aspekte aus den WENRA Reference Levels und der DIN 19700“,  
Beitrag der GRS zu den Beratungen des RSK-Ausschusses ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK zum Thema „Bestimmung des Bemessungshochwassers für deutsche Kernkraftwerke“  
Köln, 26.08.2015; 110. AST-Sitzung am 03.09.2015
- [12] Pistner, Öko-Institut e. V.  
Beitrag zu einer RSK-AST-Beratungsunterlage zum Thema „Bestimmung von Auslegungsereignissen für externe Überflutung“  
110. AST-Sitzung am 03.09.2015
- [13] Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke, 03. März 2015, BAnz AT 30.03.2015 B2
- [14] Kerntechnischer Ausschuss (KTA):  
KTA 2207 Schutz von Kernkraftwerken gegen Hochwasser,  
Sicherheitstechnische Regel des KTA, Fassung 11/04, November 2004
- [15] Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN):  
DIN 19700-10, Stauanlagen Teil 10: Gemeinsame Festlegungen, Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN, Beuth Verlag, Juli 2004
- [16] Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN):  
DIN 19700-11, Stauanlagen Teil 11: Talsperren, Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN, Beuth Verlag, Juli 2004
- [17] WENRA RHWG:  
Guidance Document. Issue T: Natural Hazards. Head Document. 21 April 2015
- [18] Meteorological and Hydrological Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations  
Specific Safety Guide IAEA Safety Standards Series SSG-18  
Published: 2011