

Thomas M. Weber und Andreas Bieberstein

Erdbebensicherheit von Stauanlagen – Umgang mit neuen Erkenntnissen zur Erdbebengefährdung

DIN 19 700 [1] regelt den Nachweis der Erdbebensicherheit von Stauanlagen in Deutschland. Darin ist das zu berücksichtigende Niveau der seismischen Gefährdung festgelegt. Aber – im Vergleich zum Hochbau – fehlen genaue Beschleunigungswerte mit dem Hinweis auf das Erfordernis der Anfertigung standortspezifischer seismologischer Gutachten. Aktuelle Weiterentwicklungen im Bereich der Methodik der seismischen Gefährdungsanalyse können zu einer Änderung der Bewertung der seismischen Gefährdung führen. Damit ist beim Erdbebenachweis bestehender Anlagen umzugehen.

1 Einführung

DIN 19 700 [1] regelt in Grundzügen den Nachweis der Erdbebensicherheit von Stauanlagen in Deutschland. Darin ist das Niveau der seismischen Gefährdung anhand von Wiederkehrperioden des Bemessungs- bzw. des Betriebserdbebens in Abhängigkeit der Anlagenklassifikation festgelegt. Ferner sind Anforderungen zur Risikobetrachtung formuliert.

Genaue Angaben von Beschleunigungswerten und Antwortspektren fehlen jedoch in der DIN 19 700 [1] mit dem Hinweis auf das Erfordernis der Anfertigung von standortspezifischen seismologischen Gutachten (DIN 19 700-10 [1], Kap. 8.4). Die Erdbebenanregung der Tragwerksnorm für Hochbauten DIN EN 1 998-1 NA [2] kann für Stauanlagen nicht angewendet werden, da für Hochbauten in der Regel weit geringere Wiederkehrperioden der Erdbebenanregung gelten.

Häufig sind bestehende Stauanlagen in Deutschland trotz vorhandener seismischer Gefährdung aufgrund früherer Anforderungen aus der Planungs- bzw. Bauphase bislang nicht auf Erdbeben bemessen oder – im Vergleich zu den heutigen Anforderungen – mit zu geringen Erdbebenbeanspruchungen nachgewiesen. Spätestens im Rahmen einer Vertieften Überprüfung ist es dann erforderlich, den Erdbebenachweis von Stauanlagen gemäß anerkannter Regelwerke und gemäß

aktueller Erkenntnisse zur Erdbebengefährdung zu führen.

Standortspezifische seismologische Gutachten sind eine angemessene Vorgehensweise zur Bestimmung der seismischen Gefährdung. Diese bergen jedoch den Nachteil, dass unterschiedliche Gutachter anlagenspezifisch zu verschiedenen Ergebnissen kommen können. Ein einheitliches Vorgehen zur Ermittlung der seismischen Gefährdung von Stauanlagen sowie eine konsistente Datengrundlage existieren bislang nicht. Des Weiteren ist die Anfertigung von vielen einzelnen Standortgutachten verhältnismäßig aufwendig, was vor allem für die große Anzahl von kleineren Stauanlagen, z. B. Hochwasserrückhaltebecken, zutrifft.

Letztlich liegt es in der Verantwortung des jeweiligen Betreibers einer Stauanlage, die Bemessungsgrundlagen zu beschaf-

fen. In manchen Bundesländern werden diese direkt von den zuständigen Ämtern der Landesverwaltung zur Verfügung gestellt, während in anderen Bundesländern angefertigte seismologische Gutachten mit den Aufsichtsbehörden abgestimmt werden müssen.

Das Land Baden-Württemberg beabsichtigt, eine einheitliche Grundlage der seismischen Gefährdung für Stauanlagen zu schaffen. Hierdurch soll der Erdbebenachweis für die über 700 vor allem kleineren Stauanlagen in Baden-Württemberg deutlich vereinfacht werden (s. Bieberstein et al. [3] sowie Studer et al. [4]).

Grundlage dieser Vereinfachung bildete in den vergangenen Jahren die Studie des GeoForschungsZentrums Potsdam zur seismischen Gefährdung in Deutschland (Grünthal et al. [5]), worin

Tab. 1: Vergleich der horizontalen Spitzenbodenbeschleunigungen unterschiedlicher Gefährdungsstudien an einem Standort am Hochrhein für 2 500 Jahre Wiederkehrperiode

Studie	Scherwellengeschwindigkeit des Untergrundes v_{s30}	Horizontale Spitzenbodenbeschleunigung a_{gh}
Grünthal et al. [5]	800 m/s	0,150 g
SHARE [6]	800 m/s	0,256 g
SED [7]	1 105 m/s	0,092 g

seismische Gefährdungskarten für verschiedene Wiederkehrperioden mit Antwortspektren auf Fels für ganz Deutschland angegeben sind. In Baden-Württemberg wurden diese Ergebnisse der Erdbengefährdung für die Planung neuer Anlagen, z. B. des Pumpspeichers Atdorf und für Vertieften Überprüfungen verschiedener bestehender Anlagen zu Grunde gelegt.

Die Erdbebenwerte von Grünthal et al. [5] sind in Deutschland allerdings nicht bindend. Darüber hinaus gibt es zwischenzeitlich neuere und umfassende seismische Studien (z. B. SHARE [6]), die andere u. U. erheblich abweichende Beschleunigungswerte im Vergleich zu Grünthal et al. [5] publizierten.

Es ist wahrscheinlich, dass die Beurteilung der Erdbengefährdung in Deutschland während der Nutzungsdauer bestehender Stauanlagen aufgrund neuer Erkenntnisse und weiterentwickelter seismischer Analysemethoden einer weiteren Veränderung unterworfen sein wird. Die Bewertung unterschiedlicher seismologischer Gefährdungswerte stellt für Ingenieure, Betreiber und Aufsichtsbehörden somit eine ständige Herausforderung dar.

2 Vergleich unterschiedlicher Gefährdungsstudien an einem Beispielstandort

Am Beispiel eines Standortes am Hochrhein soll die Heterogenität unterschiedlicher Erdbengefährdungsstudien aufgezeigt werden. Für den Vergleich wurden exemplarisch die Gefährdungswerte von Grünthal et al. [5], der SHARE-Studie [6] sowie die neue Erdbengefährdung des Schweizerischen Erdbendienstes (SED) für die Schweiz [7] von 2015 verwendet. Aufgrund der Nähe des Standortes zur Schweiz hat sich die Einbeziehung der Daten des SED angeboten, wodurch die Datenbasis erweitert werden konnte.

Alle drei Studien basieren grundsätzlich auf der gleichen Methodik der probabilistischen seismischen Gefährdungsanalyse (Cornell [8], McGuire [9]). Die maßgebenden Parameter der Analyse sind dabei grundsätzlich die Seismizität der Region (u. a. Verteilung, Häufigkeit und Magnitude), der Übertragungsweg (Abminderungsbeziehung) sowie die geologischen Verhältnisse am jeweiligen Standort

(Felsuntergrund und Lockergesteinsverhältnisse).

Als Ergebnis geben die Studien u. a. Mittelwerte der Spitzenbodenbeschleunigung für unterschiedliche Wiederkehrperioden an (z. B. für 100, 500, 1 000 sowie 2 500 Jahre und teilweise darüber hinaus). Die Beschleunigungswerte können auf den Internetseiten der Institute unter Angabe der Standortkoordinaten on-line abgerufen werden (s. u. a. [5], [6], [7]).

In **Tabelle 1** sind für den Beispielstandort die ermittelten Spitzenbodenbeschleunigungen für 2 500 Jahre Wiederkehrperiode und die jeweils zu Grunde gelegte Scherwellengeschwindigkeit des Felsuntergrundes angegeben. Im Ergebnis zeigt sich, dass die Studien teilweise Unterschiede größerer Faktor zwei erbringen. Diese Streuung ist für den mit der Nachweisführung befassten Ingenieur in der Regel als unbefriedigend einzustufen, aber für individuelle Standortgutachten zur seismischen Gefährdung – auch im internationalen Vergleich – nicht gänzlich ungewöhnlich. Schließlich sind seismische Gefährdungsstudien komplex und beinhalten große Spielräume bei der Parameteridentifikation sowie bei deren Berechnung und Bewertung.

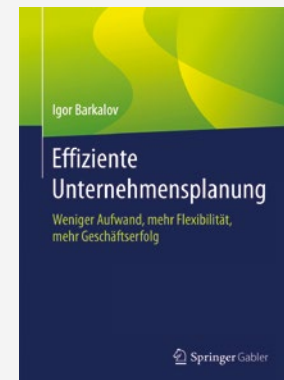
3 Aspekte zur Bewertung der Erdbengefährdung

Alle drei im Beispiel genannten Studien gehen grundsätzlich von Felsuntergrund aus, wobei der maßgebende Parameter des Felsuntergrundes dessen mittlere Scherwellengeschwindigkeit in den oberen 30 m ist. Dieser Parameter v_{s30} , der die dynamischen Eigenschaften des Felses beschreibt, wurde in den Studien teilweise in unterschiedlicher Größe angesetzt (Tabelle 1).

Die Eigenschaften des Standortes haben insgesamt einen großen Einfluss auf die Ergebnisse einer seismischen Gefährdungsberechnung. Es ist zu berücksichtigen, dass der Aspekt der Untergrundeigenschaften in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen hat und auch durch zukünftige Forschungsanstrengungen weiter präzisiert werden wird, um Ungenauigkeiten und Streuungen in den Gefährdungsberechnungen zu reduzieren.

Aktuell zeichnet sich ab, dass zumindest für die Anregung auf dem Felshorizont eine konsistente Datengrundlage geschaffen werden könnte. Beispielsweise

Erläutert den Aufbau eines effizienten Planungssystems



Igor Barkalov

Effiziente Unternehmensplanung
Weniger Aufwand, mehr Flexibilität,
mehr Geschäftserfolg

1. Aufl. 2016.

XVI, 175 S. 86 Abb. Brosch.

€ (D) 34,99 | € (A) 35,97 | *sFr 36,00

ISBN 978-3-658-06838-7 (Print)

€ (D) 26,99 | *sFr 28,50

ISBN 978-3-658-06839-4 (eBook)

- Mit zahlreichen Praxis-Beispielen für integrierte Business-Planung, vertikale und horizontale Integration, rollierende finanzielle Prognose, Planung mit Szenarien, Business Analytics in der Planung
- Geht auf branchenspezifische Besonderheiten ein

€ (D) sind gebundene Ladenpreise in Deutschland und enthalten 7 % MwSt.

€ (A) sind gebundene Ladenpreise in Österreich und enthalten 10 % MwSt.

Die mit * gekennzeichneten Preise sind unverbindliche Preisempfehlungen und enthalten die landesübliche MwSt. Preisänderungen und Irrtümer vorbehalten.

springer-gabler.de

A21514

existieren in Deutschland Bestrebungen, konsistente Erdbebenbeschleunigungen für große Wiederkehrperioden zu erarbeiten und der Fachwelt zur Verfügung zu stellen.

Die Betrachtung der Amplifikation der Erdbebanregung durch eventuell vorhandene, auf dem Fels aufliegende Lockergesteinsschichten muss zurzeit durch ein Standortgutachten behandelt werden. Im Einzelfall ist zu entscheiden, ob dieser Aspekt Teil des seismologischen Gutachtens sein soll. Auch in mittelfristiger Zukunft wird das dynamische Verhalten von Lockergesteinsschichten Untersuchungsgegenstand von Standortgutachten bleiben. Eine „normative“ Vereinheitlichung der Lockergesteinsstandorte – insbesondere für die erforderlichen großen Wiederkehrperioden – durch Baugrundklassen o. ä. erscheint unter Umständen möglich. Aufgrund der vorhandenen Heterogenität der geologischen Standortverhältnisse würden entsprechende Standortfaktoren in der Regel konservativ ausfallen. Eine direkte Übertragung der Baugrundklassen aus der Normgebung des Hochbaus [2] auf Stauanlagen ist aufgrund der unterschiedlichen Anregungsamplituden der Erdbeben – bedingt durch unterschiedliche Wiederkehrperioden – nicht angezeigt.

Des Weiteren sind die Identifikation tektonischer Störungen am Standort und in näherer Umgebung sowie die Beurteilung deren Auswirkungen auf die Stauanlage Bestandteil eines seismologischen Gutachtens. Bei den Auswirkungen handelt es sich vorrangig um einen möglichen Versatz in der Aufstandsfläche der Sperre bzw. im Reservoir und die Erschütterungswirkung bei seismischer Reaktivierung. Schwierig wird die Bewertung, wenn aktuell gemessene seismische Aktivitäten in Erdbebengebieten allgemein keinen bekannten und an der Oberfläche erkennbaren Verwerfungen zugeordnet werden können. Oberflächlich identifizierte Verwerfungen zeigen u. U. keine nachweisliche seismische Aktivität im Quartär.

Basierend auf identifizierten Störungen wird in manchen Fällen zur Bewertung der auf probabilistischem Wege erhaltenen Erdbebengefährdung zusätzlich eine Betrachtung deterministischer Erdbebenszenarien durchgeführt. Hierzu sind zwei Vorgehensweisen denkbar. Zum einen die Betrachtung extremer

Erdbebenszenarien mit Aktivierung maximal identifizierter Verwerfungslängen oder zum anderen der Ansatz von eher wahrscheinlichen Szenarien mit Brüchen von Teilflächen bekannter Verwerfungen. Deterministische Betrachtungen ergeben Erdbebenbeschleunigungen, denen direkt keine spezifischen Wiederkehrperioden zugeordnet werden können. Die Antwortspektren der probabilistischen seismischen Gefährdungsberechnungen decken deterministische Erdbebenszenarien zu einem großen Teil mit ab und beinhalten auch Erdbebenereignisse auf unbekanntem Verwerfungen. Das ICOLD-Bulletin 148 [10] gibt Hinweise in Hinsicht auf die Beurteilung der seismischen Aktivität von Verwerfungen in Bezug auf die Bemessung von Stauanlagen und empfiehlt, sich in Gebieten geringer bis moderater Seismizität auf probabilistische Gefährdungsbetrachtungen abzustützen.

4 Risikobetrachtungen

DIN 19 700 [1] fordert die Durchführung von Risikobetrachtungen für Erdbebenereignisse, die seltener als das Bemessungserdbeben auftreten. Die verbleibenden Risiken infolge Überschreitens des Bemessungserdbebens sind zu bewerten und durch flankierende Maßnahmen ausreichend zu mindern.

Rechnerische Tragsicherheitsbetrachtungen sind hieraus nicht zwangsläufig abzuleiten. Sollten im Einzelfall dennoch rechnerische Nachweise im Rahmen der Restrisikobetrachtung geführt werden, ist die Erdbebanregung größer dem Bemessungserdbeben festzulegen bzw. zu ermitteln. Darüber hinaus ist die Nachweismethodik abzustimmen, da in diesem Fall u. U. verformungsbasierte Betrachtungen erforderlich werden.

In Hinsicht auf die gemäß DIN 19 700 insgesamt erforderlichen Risikoabschätzungen sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass aktuell hierzu ein Themenheft durch den Fachausschuss WW 4 „Flussperren und Talsperren“ der DWA erarbeitet wird.

5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die probabilistische Gefährdungsermittlung für Erdbeben repräsentiert aktuell

den Stand der Technik. Aufgrund der Weiterentwicklung der Methodik inklusive der erforderlichen Grundlagendaten ist davon auszugehen, dass sich die standortspezifische Erdbebengefährdung in ihrer Bewertung zukünftig noch verändern kann. Gleichwohl ist ein Stand erreicht, auf dessen Basis die Erdbebenachweise für Stauanlagen angemessen geführt werden können. Hierbei sollten weniger die absoluten Zahlenwerte der Erdbebengefährdung im Vordergrund stehen. Vielmehr trägt ein robuster Stauanlagenentwurf wesentlich zur Erdbebensicherheit bei.

Bei turnusmäßig durchzuführenden Vertieften Überprüfungen von Stauanlagen ist in sinnvollen Zeitabständen die Überprüfung der Erdbebensicherheit auf Basis einer aktuellen Erdbebengefährdung durchzuführen. Damit kann einer sich ändernden Bewertung der seismischen Gefährdung in Deutschland Rechnung getragen werden, und die Erdbebensicherheit von Stauanlagen kann auch weiterhin langfristig gewährleistet werden. Hierzu mag es notwendig werden, bei erhöhten Erdbebanregungen auch moderne Berechnungsverfahren zur Analyse von Stauanlagen anzuwenden. Mit vereinfachten konservativen erstatzstatistischen Berechnungen kann bei erhöhter Erdbebanregung der Nachweis der Tragfähigkeit unter Umständen nicht erbracht werden, obwohl Tragreserven tatsächlich vorhanden sind.

In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass sich zukünftig mit der Einführung des Teilsicherheitskonzeptes gemäß EC 7 das Sicherheitsniveau von Stauanlagen in Hinsicht auf die Erdbebenbemessung ggf. verändern wird (s. DWA-Merkblatt 542 [11]).

Die Autoren regen an zu prüfen, ob eine seismische Gefährdungsabschätzung, wie z. B. Grünthal et al. [5] – ggf. weiterentwickelt –, für Stauanlagen bundesweit Anwendung finden kann. Vor dem Hintergrund, dass in verschiedenen Bundesländern bereits anderweitige Regelungen bzw. Vorgehensweisen zur behandelten Problematik bestehen, sollten Anstrengungen unternommen werden, ein bundesweit gültiges Regelwerk zu schaffen, um die Erdbebenbemessung von Stauanlagen national zu vereinheitlichen und damit ein vergleichbares Sicherheitsniveau aller Stauanlagen zu erzielen.

Autoren**Dr. sc. techn. Thomas M. Weber**

Studer Engineering GmbH
Thurgauerstrasse 56
8050 Zürich, Schweiz
thomas.weber@studer-engineering.ch

Dr.-Ing. Andreas Bieberstein

Karlsruher Institut für Technologie (KIT),
Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik
Engler-Bunte-Ring 14
76131 Karlsruhe
andreas.bieberstein@kit.edu

Literatur

- [1] Norm DIN 19 700: Stauanlagen – Teil 10: Gemeinsame Festlegungen, Teil 11: Talsperren, Teil 12: Hochwasserrückhaltebecken. Berlin: Beuth Verlag, 2004.
- [2] Norm DIN EN 1998-1/NA: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für den Hochbau. Berlin: Beuth Verlag 2011.
- [3] Bieberstein, A.; Studer, J. A.; Weber, T. M.; Grünthal, G.: Erdbebenbemessung von Stauanlagen gemäß DIN 19 700 – Arbeitshilfe für Baden-Württemberg. In: Wasserwirtschaft 100 (2010), Heft 4, S. 68-70.
- [4] Studer, J. A.; Weber T. M.; Bieberstein, A.: Arbeitshilfe zum Nachweis der Erdbebensicherheit von Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken in Baden-Württemberg. Entwurfsfassung, 2015.
- [5] Grünthal, G.; Bosse, D.; Stromeyer, D.: Die neue Generation der probabilistischen seismischen Gefährdungseinschätzung der Bundesrepublik Deutschland. Version 2007 mit Anwendung für die Erdbeben-Lastfälle der DIN 19 700:2004-07 „Stauanlagen“. Scientific Technical Report STR 09/07, Deutsches Geoforschungszentrum, Potsdam, 2009.
- [6] Giardini, D.; Woessner, J. et al.: Seismic Hazard Harmonization in Europe (SHARE), 2013 (www.efehr.org:8080/jetspeed/portal/HazardSpectra.psm1; Aufruf: 22.04.2016).
- [7] Schweizerischer Erdbebendienst (Hrsg.): Erdbebengefährdung der Schweiz 2015, 2015 (www.efehr.org:8080/jetspeed/portal/HazardSpectra.psm1; Aufruf: 22.04.2016).
- [8] Cornell, C. A.: Engineering Seismic Risk Analysis. In: Bulletin of the Seismological Society of America 58 (1968), Nr. 5, S. 1 583-1 606.
- [9] McGuire, R.: FORTRAN computer program for seismic risk analysis. United States Department of the Interior Geological Survey (Hrsg.): Open-File Report 76-67, 1976.
- [10] International Commission on Large Dams (Hrsg.): Selecting seismic parameters for large dams. In: ICOLD-Bulletin (2012), Nr. 148.
- [11] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hrsg.): Nachweis-konzept mit Teilsicherheitsbeiwerten für Staudämme und Staumauern. In: DWA-Merkblätter (2015), Nr. 542 – Entwurf.

Thomas M. Weber and Andreas Bieberstein

Earthquake Safety of Dams – Dealing with new Insight of Seismic Hazard

DIN 19 700 [1] regulates the verification of earthquake safety of dam structures. The level of seismic hazard is defined but site specific values of earthquake acceleration are not given. It is recommended to prepare a site specific seismic hazard assessment. The further development of methods of seismic hazard assessment and the preparation of site studies by different experts lead to a changing or inconsistent appraisal of seismic hazard respectively. Engineers, owners and authorities will have to deal with a changing evaluation of seismic hazard and requirements of the verification procedure of dam structures.



Weitere Empfehlungen aus www.springerprofessional.de:

Erdbebensicherheit

Bettzieche, V.; Lehmann, K.: Die Einbindung der Ennepetalsperre in das Erdbebenalarmsystem NRW. In: WasserWirtschaft, Ausgabe 01-02/2014. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2014.

www.springerprofessional.de/link/3418112

Bieberstein, A. et al.: Erdbebenbemessung von Stauanlagen gemäß DIN 19 700 – Arbeitshilfe für Baden-Württemberg. In: WasserWirtschaft, Ausgabe 04/2010. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2010.

www.springerprofessional.de/link/5012316

 Springer Gabler

Mutige Ansätze und Hebel für starke Führung



F. Baumann-Habersack
Mit neuer Autorität in Führung
Warum wir heute präserter, beharrlicher
und vernetzter führen müssen

Mit einem Vorwort von Arist von Schlippe
Springer Gabler
2015. XV, 150 S.
10 Abb. Brosch.
€ (D) 34,99 | € (A) 35,97 | *sFr 37,00
ISBN 978-3-658-02145-0
€ 26,99 | *sFr 29,50
ISBN 978-3-658-02146-7 (eBook)

- Neue Autorität: So gelingt Führung heute
- Praxiserprobtes Modell zum Führungsverhalten

€ (D) sind gebundene Ladenpreise in Deutschland und enthalten 7 % MwSt. € (A) sind gebundene Ladenpreise in Österreich und enthalten 10 % MwSt. Die mit * gekennzeichneten Preise sind unverbindliche Preisempfehlungen und enthalten die landesübliche MwSt. Preisänderungen und Irrtümer vorbehalten.

springer-gabler.de

A26967