

Für und Wider einer risikoorientierten Bemessung deutscher Talsperren

Friedhelm Garbe

Eine risikoorientierte Bemessung im Bauwesen verfolgt die Zielsetzung, Kosten und Nutzen von Bauwerken zu optimieren. International sind risikoorientierte Konzepte Teil der Talsperrenbemessungspraxis. Mit den Vorgaben der DIN 19700 (2004) zur Klassifizierung und Handhabung des verbleibenden Risikos wurden in Deutschland Elemente einer risikoorientierten Talsperrenbemessung eingeführt. Die Norm lässt jedoch offen, welche Verfahren und Kriterien zur Risikoanalyse und -bewertung heranzuziehen und in welchem Umfang Untersuchungen durchzuführen sind. Mit einer Umsetzung dieser Regelungen in die Praxis sind Erfordernisse sowie Für und Wider einer risikoorientierten Bemessung zu diskutieren.

Stichworte: Talsperrensicherheit, Risikoanalyse, Risikobewertung,
Risikoakzeptanz,

1 Einleitung

Eine risikoorientierte Bemessung im Bauwesen verfolgt die Zielsetzung, Kosten und Nutzen von Bauwerken zu optimieren. Bei der Festlegung zugehöriger Bemessungskonzepte gilt es einen annehmbaren Ausgleich zwischen Wirtschaftlichkeit und Sicherheit zu finden (Abb. 1). Mit der Anwendung einer risikoorientierten Bemessung sind neben Aufwand und Nutzen insbesondere die Akzeptanz und Handhabung von verbleibenden Risiken zu diskutieren.

International sind risikoorientierte Konzepte Teil der Bemessungspraxis für Talsperren (Garbe, 2009). In einer Vielzahl von Ländern bestehen konkrete Verfahren, das Gefährdungspotential bei einem möglichen Talsperrenversagen im Hinblick auf Leben und die Gesundheit von Menschen sowie Sach-, Vermögens- und Umweltschäden zu ermitteln und zu bewerten. In Abhängigkeit von den Ergebnissen der Risikoanalyse werden Sicherheitsgrade zur Bemessung (Klassifizierung) und die Erfordernis von Notfallkonzepten festgelegt. Hypothetische

Talsperrenbruch- und Überflutungsberechnungen sind Instrument dieser Analyse.

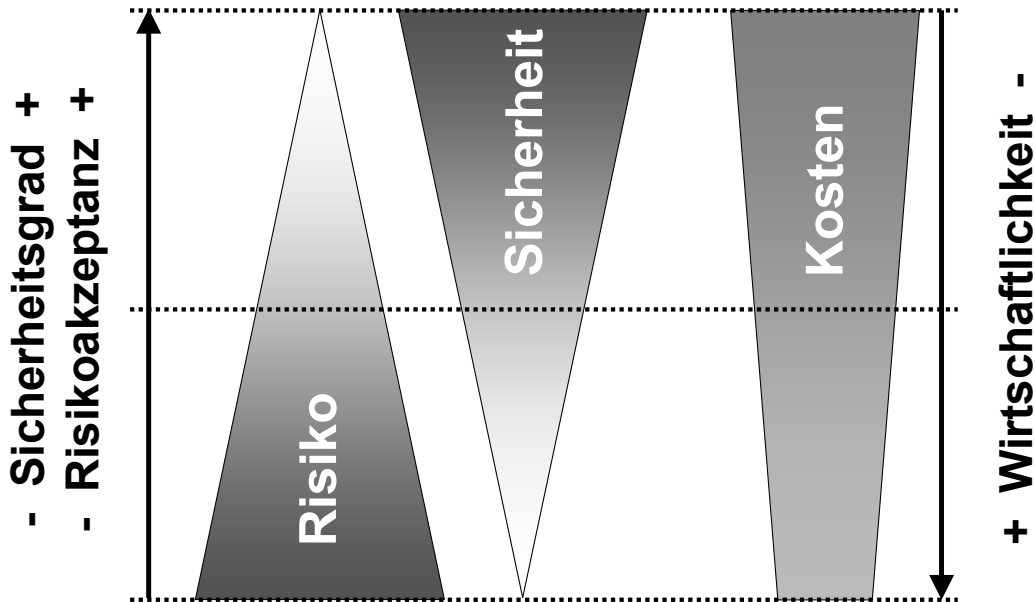


Abbildung 1: Wirtschaftlichkeit, Sicherheitsgrad und Risikoakzeptanz

Mit den Regelungen der *DIN 19700 (2004)* zur Klassifizierung und Handhabung des verbleibenden Risikos wurden in Deutschland Elemente einer risikoorientierten Talsperrenbemessung eingeführt. Die Norm lässt jedoch offen, welche Verfahren und Kriterien zur Risikoanalyse und -bewertung heranzuziehen und in welchem Umfang Untersuchungen durchzuführen sind.

2 Talsperrenbestand und –regelwerk in Deutschland

Nach bautechnischen Gesichtspunkten lässt sich die Entstehung des derzeitigen Talsperrenbestandes in Deutschland in drei Zeitabschnitte (Abb. 2) einteilen. Aus der Zeit vor 1891 existieren in Deutschland noch 23 Talsperren (Teichstaudämme), die vornehmlich im Zusammenhang mit dem Bergbau und der bergbaulichen Folgeindustrie im sächsischen Erzgebirge und im Oberharz gebaut worden sind. In der Zeit von 1891 bis 1950 wurden überwiegend Staumauern, meist Gewichtsstaumauern errichtet. Dieser Zeitabschnitt wurde mit der Inbetriebnahme der Eschbachtalsperre 1891 eingeleitet und durch Prof. Intze (1843 – 1904) geprägt. Der Bau von größeren Staudämmen begann in Deutschland - nach Vorliegen der theoretischen bodenmechanischen Kenntnisse und der Möglichkeit, rationelle Erdbaumaschinenteknik einzusetzen - in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts.

Die Entstehung des Regelwerks für Talsperren ist eng mit den genannten Bauphasen verknüpft. Bereits 1904 wurden in Sachsen erste Talsperrenvorschriften erlassen. Die Fortentwicklung von Wissenschaft und Technik hat in den Regelwerken schrittweise zu Festlegungen geführt, durch die die Beanspruchung und Beanspruchbarkeit von Talsperren differenzierter zu betrachten sind. Relevante zeitvariante Einwirkungen (Hochwasser, Erdbeben) sind nach der Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens zu ermitteln und im Bezug auf die Häufigkeit und Dauer ihres Eintretens miteinander zu kombinieren.

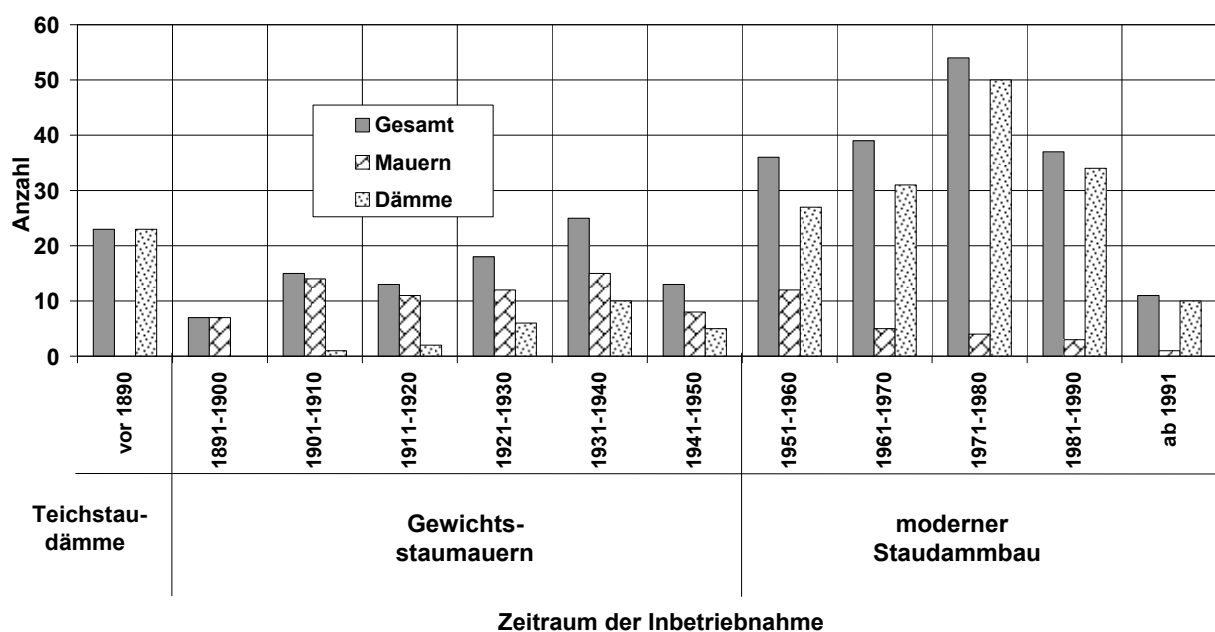


Abbildung 2: Entwicklung des Talsperrenbaus in Deutschland (nach *LAWA, 1998*)

Mit dem Erscheinen der *DIN 19700 (2004)* wurde ein Wandel der Sicherheitsphilosophie des deutschen Talsperrenregelwerks eingeleitet. Bisher bestand in Deutschland die Sicherheitsphilosophie, dass Stauanlagen "nach menschlichen Ermessen sicher sind" und ein Versagen "mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann". Mit Neufassung der Norm sind Restrisiken in Folge eines Überschreitens der Bemessungsgrenzen für Erdbeben und Hochwasser zu bewerten und ggf. zu vermindern.

Heute gibt es in Deutschland 291 Talsperren mit mehr als 300.000 m³ Speicherraum; davon sind 92 Mauern und 199 Dämme (*LAWA, 1998*). Der Gesamtstauraum dieser Sperren beträgt rd. 3.900 hm³. Die Sicherheitsanforderungen des Talsperrenregelwerks richten sich in Deutschland somit vornehmlich an bestehende Anlagen. Das Anpassungsgebot an gestiegene Sicherheitsanforderungen ist für den Talsperrenbestand durch landesgesetzliche Regelungen begründet (Anpassung an die allgemein anerkannten Regeln Technik).

3 Elemente einer risikoorientierten Talsperrenbemessung

Nach internationaler Praxis (Garbe, 2007 & 2009) umfasst eine risikoorientierte Talsperrenbemessung die Analyse, Einschätzung und Bewertung des Risikos. Dies geschieht im Bezug zum Gefährdungs- und Schadenspotential der Anlagen und im Hinblick auf das Leben und die Gesundheit von Menschen, Sach- und Vermögens- und Umweltwerte.

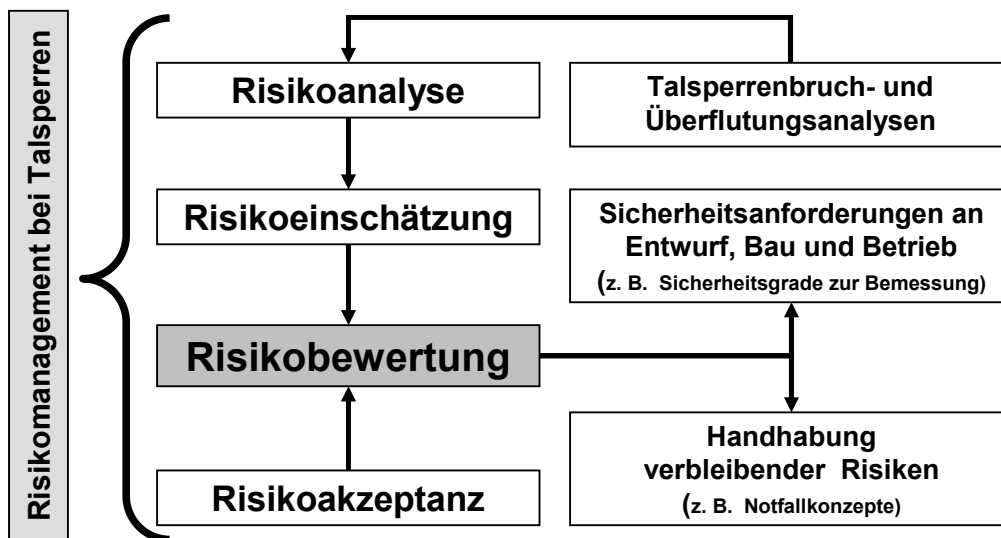


Abbildung 3: Elemente einer risikoorientierten Talsperrenbemessung

Im Zuge der Risikobewertung sind in Abhängigkeit zur Risikoakzeptanz, Sicherheitsanforderungen an Entwurf, Bau und Betrieb möglichst gestaffelt festzulegen und das verbleibende Risiko zu handhaben.

3.1 Risikoanalyse

Risikoanalysen untersuchen das Gefährdungs- und Schadenspotential von Talsperren bis hin zu einem mutmaßlichen Versagen und schätzen hierbei auch die Versagenswahrscheinlichkeit der Anlagen (DSC, 2010) ab. Wesentliches Instrument der Risikoanalyse sind als Worst Case – Szenario hypothetische Talsperrenbruch- und Überflutungsuntersuchungen, die sich realitätsbezogen nach möglichen Schadensursachen und –mechanismen der Absperrbauwerke richten. Mit der Wahl eines Ausgangszustandes, der Festlegung eines Bruchszenarios und der Durchführung von Überflutungsanalysen gliedern sie sich regelmäßig (Abb. 4) in drei Schritte (z. B. BWG, 2002; USBR, 1988; NVE, 2009).

Als Ausgangszustände werden international ein „Normalfall“ und ein „Hochwasserfall“ unterschieden. Mit der Wahl eines Bruchszenarios ist festzulegen, in

welcher Zeitspanne sich eine Bresche im Absperrbauwerk mit welcher Größe im Versagensfall wirklichkeitsnah ausbildet.

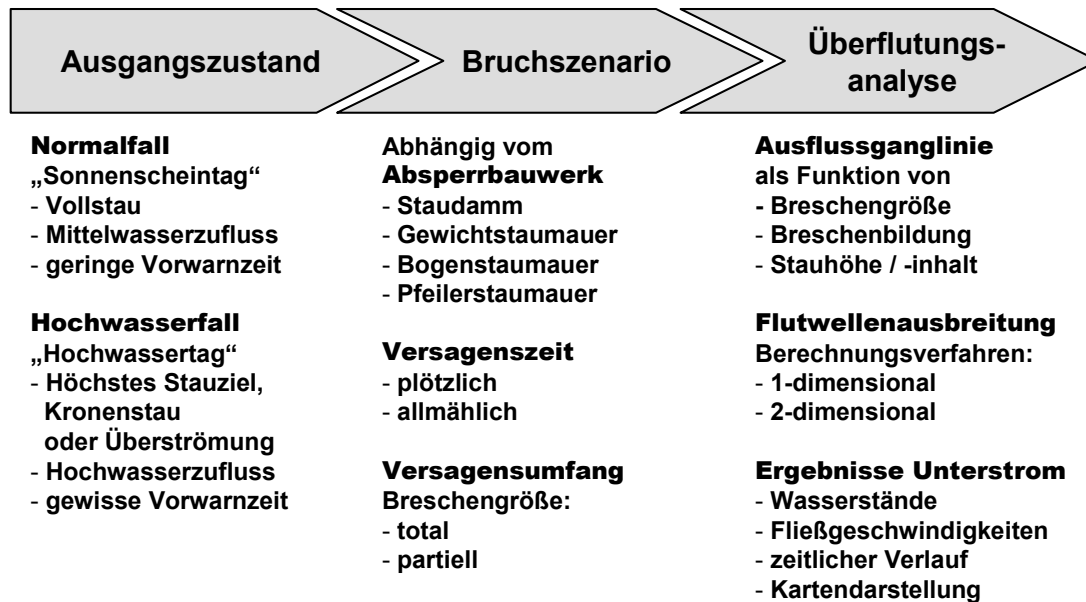


Abbildung 4: Schritte von hypothetischen Talsperrenbruch- und Überflutungsanalysen

Abschließender Untersuchungsschritt sind Überflutungsberechnungen für den Unterstrombereich. Ausgehend von einer Ausflussganglinie werden als Resultate der Flutwellenausbreitung die Fließgeschwindigkeit und der Wasserstand sowie deren zeitlicher Verlauf (Zeitspanne für Vorwarnzeiten, Überflutungsdauer) für relevante Gewässerabschnitte im Unterstrombereich ermittelt. Zur Risikoeinschätzung und für Maßnahmen des Katastrophenschutzes ist die Darstellung des Überflutungsbereiches in topographischen Karten vorzusehen (MAF, 1997). Darin sind Informationen zur Flächennutzung und zu möglichen Aufenthaltsorten von Personen einzubeziehen.

3.2 Risikoeinschätzung

Mit der Durchführung von hypothetischen Talsperrenbruch- und Überflutungsanalysen sind die Auswirkungen einer Überflutung für den betroffenen Unterstrombereich im Hinblick auf das Gefährdungs- und Schadenspotential für das Leben und die Gesundheit von Menschen, Sach- und Vermögenswerte sowie die Umwelt einzuschätzen.

Bei Sach- und Vermögenswerten sind dies insbesondere betroffene Gebäude (Wohnen, Gewerbe, Industrie), öffentliche und private Einrichtungen (Energie- und Wasserversorgung), Infrastruktur sowie nachgeordnet Agrar- und Forstflächen. Das Gefährdungspotential richtet sich nach der möglichen Schadenshöhe,

die sich im Bezug auf Überflutungsintensität und –dauer abschätzen und monetär bewerten lässt. Die Gefährdungseinschätzung für die Umwelt richtet sich nach der Bedeutung der Ökosysteme für die Tier- und Pflanzenwelt, die geschädigt werden könnten.

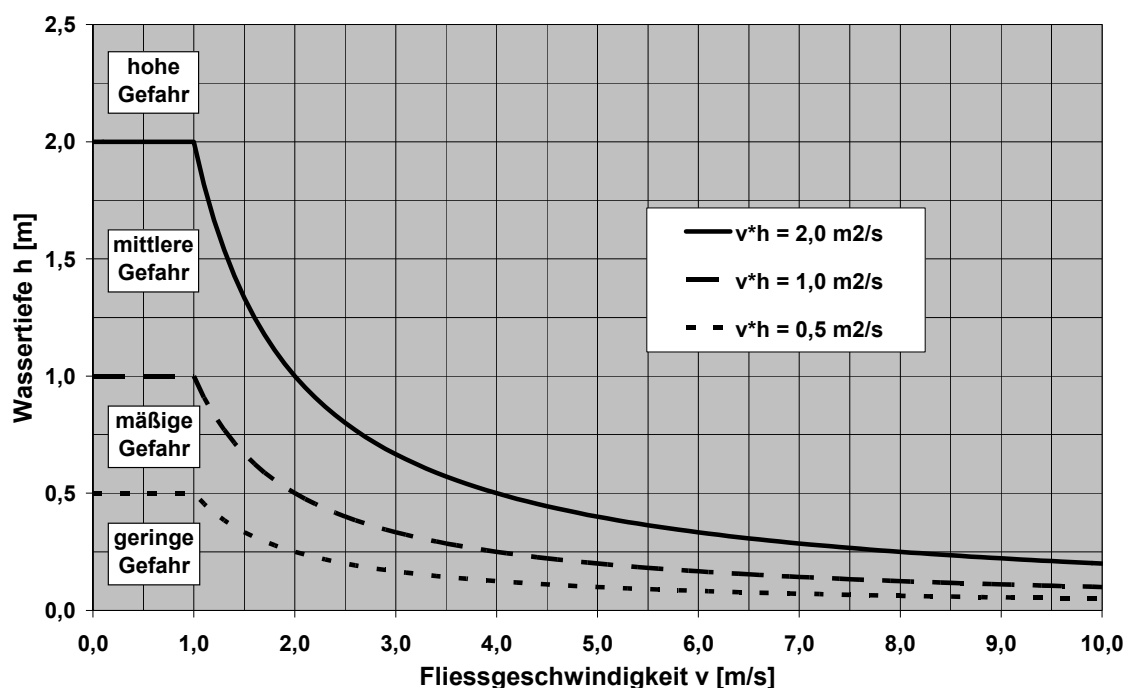


Abbildung 5: Gefährdungskriterium Überflutungsintensität (aus BWG, 2002)

Bestimmendes Kriterium zur Einschätzung des Gefährdungspotentials ist jedoch das Leben und die Gesundheit von Menschen. In der Regel sind Personen zu berücksichtigen, die bei einem Aufenthalt in Häusern (Wohnräume), in öffentlichen Einrichtungen (Schulen, Krankenhäuser), an Arbeitsplätzen (Arbeitsräume), an Versammlungsorten (Marktplätze, Sportstätten), auf Campingplätzen oder in Bereich stark frequentierter Verkehrswege (Straßen, Eisenbahnlinien) von einer Überflutung betroffen sein könnten. Für die Gefährdungsbewertung sind in Abhängigkeit von Aufenthaltsort die Wassertiefe und die Überflutungsintensität (als Produkt aus Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit) gebräuchliche Kennzahlen (BWG, 2002; USBR, 1988). In der Schweiz besteht eine Einteilung in vier Gefährdungsbereiche, die Schwellenwerte für eine hohe, mittlere, mäßige oder geringe Gefahr festlegt (Abb. 5).

3.3 Risikobewertung

Eine Risikobewertung im Sinne einer Risikoabwägung umfasst die Festlegung von Sicherheitsanforderungen und die Handhabung des verbleibenden Risikos unter Berücksichtigung der Risikoakzeptanz.

Die Festlegung der Sicherheitsanforderungen, insbesondere der Sicherheitsgarde relevanter Einwirkungen erfolgt durch eine Abstufung in Form von Risikoklassen (Gefährdungs- oder Folgenklassen). Ziel ist es, durch eine Klasseneinteilung eine begründete, möglichst objektive Staffelung der anzusetzenden Sicherheitsanforderungen zu schaffen. Grundlage der Klassifizierung sind die Ergebnisse der Risikoeinschätzung unter Berücksichtigung der Risikoakzeptanz. Relevant für die Talsperrenbemessung sind in der Regel die zeitvarianten Einwirkungen Hochwasser und Erdbeben. Für diese Größen ist maßgeblich eine Staffelung der Bemessungswerte durch Risikoklassen festzulegen.

Tabelle 1 Bemessungshochwasser – internationaler Stand der Technik

Gefährdungs- oder Folgenklasse ¹⁾	Anzahl gefährdeter Personen	ökonomische, soziale, ökologische Schäden	Bemessungshochwasser
1 sehr hoch	groß / $\geq N$ ²⁾	extrem	HQ _{10.000} - PMF
2 hoch	gering / $< N$ ²⁾	groß	HQ _{1.000} - %PMF ⁴⁾
3 niedrig	nicht erwartet / 0	mäßig	HQ ₁₀₀ - HQ _{1.000}
4 sehr niedrig	keine / 0	gering ³⁾	HQ ₁₀₀ ⁵⁾

¹⁾ zusätzlich zu dem natürlichen Ereignis auftretende mögliche Folgen eines Talsperrenversagens
²⁾ N zwischen 2 und 100, ³⁾ in der Regel beschränkt auf Schäden an der Talsperre
⁴⁾ 50 bis 100 Prozent des PMF
⁵⁾ Wirtschaftlichkeitsrisikoanalysen möglich; teilweise keine Festsetzung des Sicherheitsgrades

Eine generalisierte und vereinfachende Darstellung des internationalen Standes der Technik zur Festlegung des Bemessungshochwassers enthält Tabelle 1 (aus Garbe, 2009). Darin wird aufgezeigt, dass für die Talsperrenklasse mit den höchsten Sicherheitsanforderungen (im Versagensfall ist eine größere Anzahl von Menschenleben gefährdet) als Bemessungshochwasser ein HQ_{10.000} bzw. PMF gefordert wird. Mit der Abstufung bis hin zur Talsperrenklasse mit den geringsten Anforderungen (im Versagensfall entstehen Schäden, die in der Regel nur die Talsperre selbst betreffen) wird regelmäßig ein HQ₁₀₀ gewählt (teilweise erfolgt keine Festsetzung des Sicherheitsgrades). Für diese Talsperrenklasse sind Wirtschaftlichkeitsrisikoanalysen möglich.

Ein risikoorientiertes Bemessungskonzept schließt das Vorhandensein eines verbleibenden Risikos ein. Dies beinhaltet die Sicherheitsphilosophie, dass trotz hoher Anforderungen an Entwurf, Bau und Betrieb das Auftreten einer unvorhergesehenen Gefahrensituation bei Talsperren nicht vollständig ausgeschlossen werden kann. Hierbei werden international neben dem Überschreiten festgesetzter Bemessungsgrenzen durch Naturereignisse (Hochwasser, Erdbeben), technische Mängel, Alterung, Sabotageakte, Kriegseinwirkungen sowie Fehler beim

Entwurf, Bau oder Betrieb (menschliches Versagen) als mögliche Notfallursachen in Betracht gezogen (*Garbe, 2007; BWG, 2002*).

Im Rahmen der Risikobewertung ist zu befinden, ob mit Festlegung der Sicherheitsanforderungen, das verbleibende Risiko zu akzeptieren oder ggf. durch Maßnahmen bis auf ein akzeptiertes Maß zu reduzieren ist. In den USA (*UBSR, 2003*) und Australien (*DSC, 2010*) bestehen Richtlinien, die Orientierungsgrenzen von tolerierbaren und vernachlässigbaren Risiken festlegen. International sind für Talsperren mit einem Gefährdungspotential für das Leben und die Gesundheit von Menschen regelmäßig Notfallkonzepte als organisatorische Maßnahme vorzusehen (*Garbe, 2007*). Sie dienen der Vorsorge, um für den Fall eines Versagens der Talsperre Warnungen und Evakuierungsmaßnahmen der Bevölkerung im potentiellen Überflutungsbereich vornehmen zu können. Der wesentliche Teil der Konzepte sind Notfallpläne. Als formelle Dokumente (*FEMA, 2004*) dienen sie dem Talsperrenbetreiber und den Katastrophenschutzbehörden als Handlungsanleitung im Notfall (*CDA, 1999*). International kennzeichnend ist die vorzusehende Abstimmung der aufzustellenden Notfallpläne mit dem örtlichen Katastrophenschutz (*MAF, 1997*).

4 Diskussion zu einem risikoorientierten Bemessungskonzept

Zur Umsetzung der risikoorientierten Elemente der *DIN 19700 (2004)* in die Praxis besteht der Bedarf, diese Regelungen zu konkretisieren. Hierzu sind die Erfordernisse aber auch die Für und Wider eines risikoorientierten Bemessungskonzepts im Hinblick auf Aufwand, Nutzen und Akzeptanz zu diskutieren.

Eine risikoorientierte Bemessung ermöglicht eine Klassifizierung nach dem Gefährdungspotential und damit eine wirklichkeitsnahe Einstufung der Sicherheitsanforderungen und -grade nach den Gegebenheiten der Einzelanlagen und den Nutzungsverhältnissen im Unterstrombereich der Speicher.

Im Vergleich zu einer Klassifizierung nach geometrischen Größen ist diese gefährdungsbezogenen und quantitativ ausgerichtet. Sie entspricht dem internationalen Stand der Technik (*Garbe, 2007 & 2009*). Sie ermöglicht im Einzelfall eine begründete Revision von Sicherheitsanforderungen und damit ggf. eine Optimierung von Nutzen und Wirtschaftlichkeit.

Für eine Praxisanwendung besteht primär das Erfordernis, die einzelnen Elemente eines risikoorientierten Konzepts angepasst an die Verhältnisse der deut-

schen Talsperren methodisch festzulegen. Internationale technische Regelungen bieten hierzu konkrete Verfahrenweisen und Beispiele. Gerade für Talsperrenbruch- und – überflutungsberechnungen enthalten sie eine Reihe von technischen Ansätzen, die es gilt für eine einheitliche und praxisbezogene Anwendung in Deutschland zusammenzuführen.

Mit einer Risikoorientierung ist mit einem verbleibenden Risiko umzugehen. Für eine Risikoeinschätzung und -bewertung gilt es Risikokennwerte zu finden, die sich in das historisch gewachsene Sicherheitskonzept einfügen und damit in der Öffentlichkeit Akzeptanz finden. Internationale Regelungen bieten hierzu Orientierung. In einen solchen Prozess lassen sich die hohen Sicherheitsstandards von Talsperren im Bezug zu anderen technischen Risiken darstellen.

Eine risikoorientierte Bemessung mit den zuvor genannten Elementen ist mit einem planerischen und organisatorischen Aufwand verbunden, der über das bisherige Maß der Sicherheitsnachweise und -maßnahmen für deutsche Talsperren hinausgeht. Planerisch ist dieser Aufwand in der Risikoanalyse (Talsperrenbruch- und Überflutungsanalysen), Risikoeinschätzung (Gefährdungs- und Schadenspotential) und Aufstellung von Notfallplänen, organisatorisch in der Umsetzung von Notfallkonzepten (Katastrophenschutzplanung) zu sehen. Dieser Aufwand fällt für kleinere Talsperren mit geringer wasserwirtschaftlicher Bedeutung besonders ins Gewicht.

Mit der Umsetzung einer risikoorientierten Bemessung ist ein Wandel der Sicherheitsphilosophie verbunden. Mit diesem Wandel werden gerade bei der Anwendung von Notfallkonzepten verbleibende Risiken von Talsperren für die Öffentlichkeit transparent und wahrnehmbar dargestellt. Bezogen auf die bisher hohe gesellschaftliche Akzeptanz von Talsperren in Deutschland ist daher deutlich zu machen, dass mit diesem Wandel keine Minderung der Sicherheitsanforderungen verbunden ist. Vielmehr sollte vermittelt werden, dass das bestehende Sicherheitskonzept dem internationalen Stand der Technik folgend ergänzt und erweitert wird.

5 Literatur

- DSC (2010): Background to DSC Risk Policy Context, Dam safety Commite New South Wales. <http://www.damsafety.nsw.gov.au>.
- BWG (2002): Sicherheit der Stauanlagen, Richtlinien zur Sicherheit der Stauanlagen / Basisdokument zu den Unterstellungskriterien. Richtlinien / Berichte des Bundesamtes für Wasser und Geologie, Biel, November / Juni 2002.

- CDA (1999): Dam safety guidelines. Canadian Dam Association, Edmonton, January.
- FEMA (2004): Federal Guidelines for Dam Safety - Emergency action planning for dam owners. U.S. Department of Homeland Security, Federal Emergency Management Agency, Washington.
- Garbe, F. (2007): Internationaler Vergleich zur Handhabung verbleibender Risiken von Talsperren. 14. Deutsches Talsperrensymposium in Freising, Berichte des Lehrstuhls und der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft, TU München, Nr. 115.
- Garbe, F. (2009): Das Hochwassersicherheitskonzept deutscher Talsperren im internationalen Vergleich. In: Herrmann, R. A. und Jensen, J. (Hrsg.): Sicherung von Dämmen und Deichen und Stauanlagen. Handbuch für Theorie und Praxis, Vol. III Universitätsverlag Siegen.
- DIN 19700 (2004): Deutsche Norm, Stauanlagen – Teil 10: Gemeinsame Festlegungen und Teil 11: Talsperren. Deutsches Institut für Normung e. V., Normenausschuss Wasserwesen.
- LAWA (1998): Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken in der Bundesrepublik Deutschland mit mehr als 0,3 hm³ Speicherraum. Landesarbeitsgemeinschaft Wasser. Berlin, Kulturbuchverlag 1998.
- MAF (1997): Dam safety Code of Practice. Ministry of Agriculture and Forestry Finland, Department of Rural Areas and Natural Resources, MMM:n julkaisu 7b.
- NVE (2009): Retningslinje for flomberegninger - til § 4-5 i forskrift om sikkerhet og tilsyn med vassdragsanlegg. Norges vassdrags- og energidirektorat, utgave 3 (NVE).
- USBR (1988): Downstream hazard classification guidelines. Acer technical Memorandum No . 11. U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, Assistant Commissioner - Engineering and Research Denver, Colorado, December.
- USBR (2003): Guidelines for achieving Public Protection in Dam Safety Decisionmaking. U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, Colorado.

Autor:

Dipl. Ing. Friedhelm Garbe

Bezirksregierung Arnsberg
Hermelsbacher Weg 15
57072 Siegen

Tel.: +49 2931 82 5517

Fax: +49 2931 82 47658

E-Mail: friedhelm.garbe@bra.nrw.de