

Volker Bettzieche

Das Restrisiko eines Talsperrenbruchs aus Betreibersicht

Das Restrisiko des Versagens einer Talsperre ist nach DIN 19 700 für zwei Gefahrensituationen zu betrachten: für extreme Erdbeben und extreme Hochwasserereignisse. Während der Hochwasserschutz im Flussbau aus wirtschaftlichen Gründen häufig nur auf 100-jährliche Ereignisse ausgelegt wird, überstehen Talsperren selbst 10 000-jährliche Ereignisse ohne Sicherheitsprobleme. An den Beispielen der Henne- und Möhnetalsperre wird gezeigt, dass bei vielen Talsperren gemäß DIN kein Restrisiko eines Talsperrenbruchs besteht, da die Anlagen Sicherheitsreserven besitzen, die in der Bemessung meist nicht aktiviert werden.

1 Einleitung

Die Veränderung des Klimas infolge des menschlichen Eingriffs in die Natur ist inzwischen grundsätzlich in der Fachwelt unstrittig und der Öffentlichkeit bewusst. Die zu erwartenden Auswirkungen dieser Klimaänderungen werden nicht nur auf fachlicher Seite diskutiert, sondern finden ihre Beachtung zunehmend auch in politischen Entscheidungen und gesetzlichen Regelungen, die Vorsorge gegen schädliche Auswirkungen der Klimaveränderung treffen wollen. Eine wesentliche Auswirkung der zukünftigen Klimaveränderung in Deutschland wird die Umverteilung des Niederschlages sein. Insbesondere im Bereich der deutschen Mittelgebirge ist in den Wintermonaten mit länger andauernden Niederschlägen und im Sommer mit kurzen Extremniederschlägen zu rechnen. Die hieraus entstehenden Abflüsse werden voraussichtlich zu einer Häufung von Hochwassern an den Flüssen führen. Von der EU-Ebene bis zu den Ländern wurden und werden daher Rege-

lungen sowie Richtlinien erlassen, die die Anpassung von Hochwasserschutzmaßnahmen an Flüssen an die zu erwartenden größeren Hochwasserabflüsse berücksichtigen [3], [4].

Die Dimensionierung von Hochwasserschutzmaßnahmen an Flüssen beinhaltet auch immer wirtschaftliche Abwägungen, da aufgrund der Länge der zu schützenden Flussabschnitte Erhöhungen des Schutzgrades zu extremen Kostensteigerungen führen. Demgegenüber haben Staudämme und Staumauern vergleichbar geringe Bauwerkslängen. Hier sind wesentlich höhere Sicherheiten möglich und aufgrund des Energiepotenzials einer Talsperre auch geboten. Der Bruch einer Talsperre ist nach menschlichem Ermessen ausgeschlossen.

2 Das Hochwasserrisiko im Flussbau

Im Flussbau wurde der Hochwasserschutz bis zum Ende des letzten Jahrhunderts am

HHW, dem höchsten bis dato bekannt gewordenen Hochwasser, ausgerichtet. Die aktuellen Richtlinien und Regelwerke klassifizieren Hochwasserereignisse und die hiernach bemessenen Schutzziele häufig nach der Auftretenswahrscheinlichkeit. Die Bandbreite reicht hierbei vom Schutz nur für geringe Jährlichkeiten, wie z. B. 5-jährlich für landwirtschaftlich genutzte Flächen, hin zu selteneren Ereignissen mit Jährlichkeiten von 100 für geschlossene Siedlungen und darüber [2], [3], [4].

Im Rahmen von Hochwasservorsorgeplänen werden in neuerer Zeit auch seltene Hochwasserereignisse, wie das 200-jährliche Hochwasser, oder sogar noch größere Jährlichkeiten beachtet. Bei der Betrachtung der Hochwassersicherheit an Flussläufen und hier beispielsweise an Flussdeichen stellt sich indes die Frage, was passiert, wenn ein Hochwasser mit noch größerer Jährlichkeit und somit höherem Wasserstand auftritt. Für diesen Fall sieht z. B. das DWA-Merkblatt M 507 „Deiche an Fließgewässern“ vor, die Folgen von Damnbrüchen und so entstandenen Schäden im Bereich der Hochwasserschutzmaßnahmen zu untersuchen. Hierzu können die Ausarbeitungen von Überflutungsplänen gehören. In Folge dieser Überflutungspläne wären dann Hochwassermanagementpläne und ggf. Evakuierungspläne für beispielsweise im Überflutungsgebiet wohnende Personen oder landwirtschaftliche Betriebe zu erarbeiten. Von besonderer Bedeutung bei der so angesetzten Bemessung von flussbaulichen Hochwasserschutzanlagen ist, dass die Wahrscheinlichkeit, dass der Bemess-

„Die verbleibenden Risiken (Restrisiko) für die Stauanlagensicherheit infolge Überschreitung des Bemessungshochwasserzuflusses BHQ_2 bzw. des Hochwasserstauzieles 2 (ZH₂) sowie des Bemessungserdbebens sind zu bewerten und in Abhängigkeit von den lokalen Bedingungen durch flankierende konstruktive, bewirtschaftungsseitige und/oder organisatorische Maßnahmen ausreichend zu vermindern.“

(DIN 19700-10, Abs. 8.4)

Bild 1: Definition des Restrisikos in der DIN 19 700-10 „Stauanlagen – Gemeinsame Festlegungen“

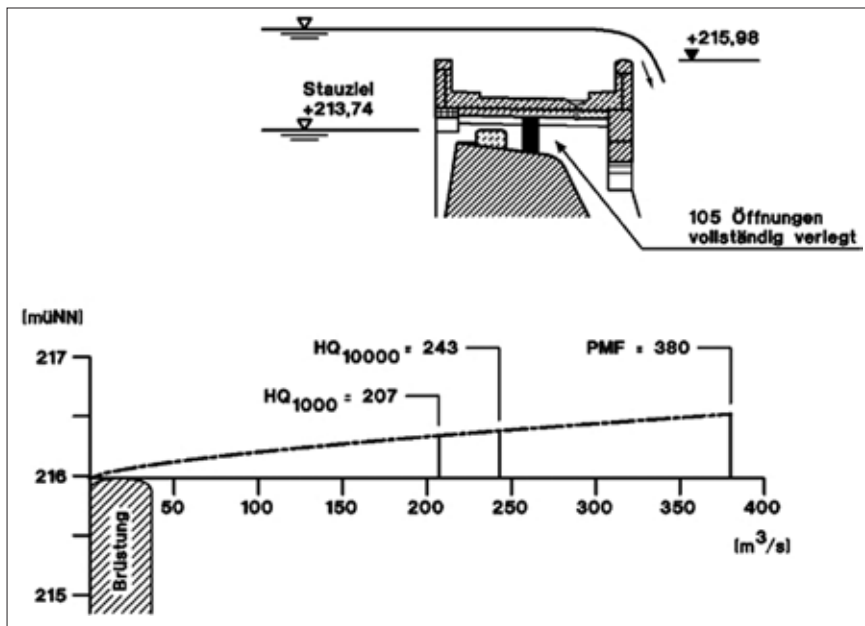


Bild 2: Abfluss über die Krone der Mohnestaumauer bei verlegter Hochwasserentlastung und vollständigem Versagen aller Entnahmeeinrichtungen

sungswert z. B. eines 100-jährlichen Hochwassers überschritten wird, vergleichsweise hoch und damit realistisch ist.

Der gewählte Schutzgrad entspringt letztendlich der politischen Willensbildung, die wiederum auf wirtschaftliche und technische Möglichkeiten Rücksicht nimmt. Ein größerer Hochwasserschutz wäre oft technisch machbar, jedoch in vielen Fällen aufgrund der Länge der Flussabschnitte, die vor Hochwasser zu schützen wären, nicht oder kaum finanzierbar. Hier führt der gesellschaftliche Konsens, dass ein Restrisiko verbleibt und in Kauf genommen werden muss, zu einer Begrenzung der technisch eingesetzten Mittel. Dies auch vor dem Hintergrund, dass Hochwasser an Flüssen im Allgemeinen mit einer gewissen Vorwarnzeit einhergehen, so dass Schutz- und Evakuierungsmaßnahmen frühzeitig und somit erfolgreich eingeleitet werden können.

3 Das Hochwasserrisiko im Talsperrenbau

Mit diesen Hochwasserschutzmaßnahmen an Flüssen nicht zu vergleichen ist die Situation an Talsperren. Schon die Bauhöhe einer Staumauer oder eines Staudamms wie auch das dahinter gespeicherte Wasservolumen erfordern eine grundsätzlich andere Betrachtung der Sicherheit als es beispielsweise bei Flussdeichen üblich ist. Diese wesentlich höheren Anforderungen

finden ihren Niederschlag in einem umfassenden Normen- und Regelwerk, das beim Bau und Betrieb von Talsperren zu beachten ist. Fundament dieser technischen Vorschriften ist die in 2004 neu überarbeitet erschienene Normenreihe der DIN 19 700 [1]. Diese Normenreihe entstand auch unter dem Eindruck der großen Hochwasserschadensfälle während des Elbehochwassers 2002.

Während im Flussbau mit Hochwasserbemessungswerten von 100-jährlichen oder 200-jährlichen Hochwassern gerechnet wird, werden Talsperren auf ein 1 000-jährliches oder ein 10 000-jährliches Hochwasser bemessen. Im Verlauf des Elbehoch-

wassers wurde in Sachsen an sechs Talsperren das 10 000-jährliche Hochwasser erreicht, ohne dass gravierende, sicherheitsrelevante Schäden auftraten [6].

Die DIN 19 700 geht jedoch bei den Anforderungen für die Sicherheit von Talsperren noch über diese Grenzwerte hinaus und fordert die Gewährleistung der Sicherheit der Talsperre auch für Hochwassersituationen, die über diese Bemessungshochwasser hinausgehen. Das verbleibende Risiko, dass ein Hochwasser auftritt, welches größer als eines der beiden Bemessungshochwasser der Norm ist, wird als Restrisiko bezeichnet. Für dieses Restrisiko ist die Sicherheit der Anlage zu bewerten und dieses in Abhängigkeit von den lokalen Bedingungen durch flankierende konstruktive, bewirtschaftungsseitige oder organisatorische Maßnahmen ausreichend zu vermindern. Zusätzlich wird in ähnlicher Form in der Norm das Restrisiko eines besonders starken Erdbebens betrachtet. Im Sinne der Talsperrensicherheit betrachtet die Norm also zwei konkrete Restrisikofälle: ein extremes Hochwasser oder ein extremes Erdbeben (**Bild 1**).

Zusätzlich zu diesen Risikobetrachtungen ist das Sicherheitskonzept für Talsperren in der DIN 19 700 so angelegt, dass risikovermindernde Faktoren jenseits der Bemessungsgrenzen konzeptimmanent sind [7]. Solche Faktoren sind beispielsweise:

- rechnerisch nachzuweisende Tragreserven in allen Bemessungssituationen,
- regelmäßige messtechnische und visuelle Überwachung des Zustandes und des Verhaltens sowie vertiefte Überprüfungen der Talsperren,

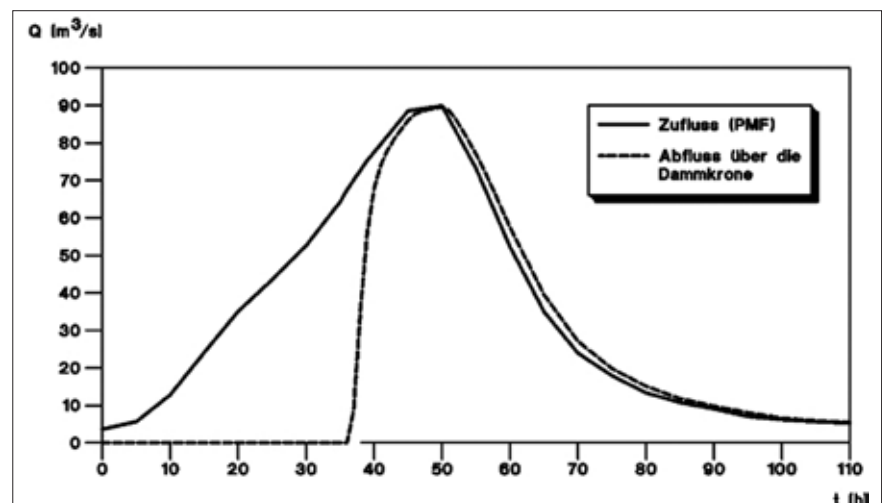


Bild 3: Abfluss über die Dammkrone der Hennetalsperre bei vollständigem Versagen aller Entnahme- und Entlastungseinrichtungen ohne Breschenbildung

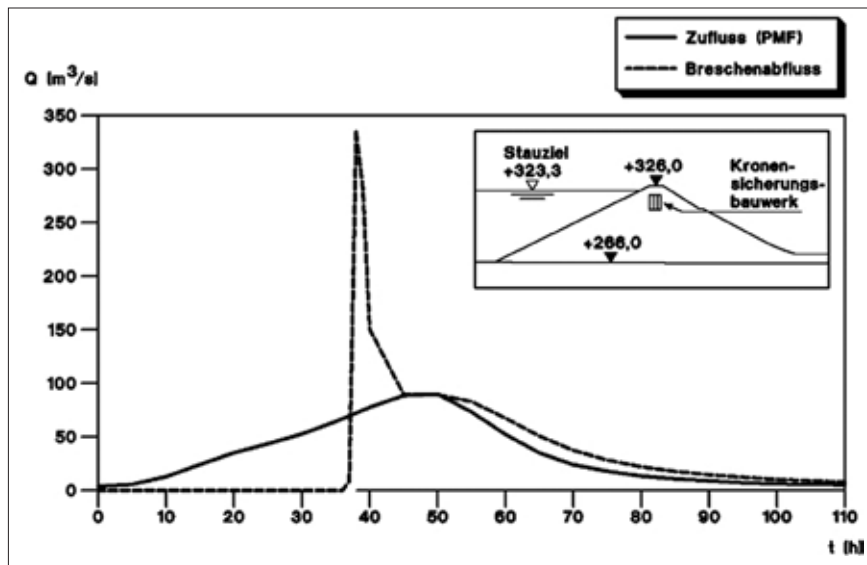


Bild 4: Abfluss über die Dammkrone der Hennetalstauer bei vollständigem Versagen aller Entnahme- und Entlastungseinrichtungen mit Breschenbildung

- technische Vorkehrungen zur Vermeidung von Überbeanspruchungen (z. B. Hochwasser-Notentlastungen),
- Reserven aus der Bewirtschaftung der Talsperre und
- qualitätssichernde Maßnahmen in Bezug auf Planung, Bauausführung und Betrieb von Talsperren.

Wird eine Talsperre nach diesen grundsätzlichen Vorgaben ausreichend geplant, gebaut und überwacht, so ist im Sinne der DIN die Sicherheit der Talsperre ausreichend gewährleistet. Als verbleibende Restrisiken sind nur die Situationen „extremes

Hochwasser“ oder „extremes Bemessungsereignis“ im o. g. Sinne zu betrachten. Somit sind im Umkehrschluss Restrisiken im Sinne der DIN ausgeschlossen, wie sie z. B. durch Materialfehler, Fehler beim Bau der Talsperre oder fehlerhaften Betrieb denkbar wären.

4 Das Risiko eines Talsperrenbruchs

Das Sicherheitskonzept der Norm führt letztlich auch in der Öffentlichkeit zu dem

Bewusstsein, dass Talsperren in Deutschland nach menschlichem Ermessen sicher sind. An vielen Talsperren in Deutschland liegen mittlere und größere Städte in kurzer Entfernung unterhalb dieser Stauanlagen. Die Bewohner dieser Städte sind sich der Talsperre bewusst und genießen neben den technischen Leistungen der Talsperre (Hochwasserschutz, Wasserversorgung, Energiegewinnung) die hierdurch möglichen Freizeitaktivitäten. Das Bewusstsein, dass die Talsperre u. U. eine potenzielle Gefahrenquelle für Leib und Leben darstellen könnte, ist zwar vorhanden, jedoch wird das Restrisiko akzeptiert.

Der theoretisch mögliche Bruch von Talsperren und insbesondere die hierdurch entstehenden Flutwellen sind jedoch Gegenstand der Forschung. Das Versagen einer Staumauer oder eines Staudamms wird hierbei meist mit Hilfe von sechs Schritten dargestellt und bewertet:

1. Berechnung extremer Hochwasserzuflüsse zur Talsperre.
2. Ermittlung von Versagenswahrscheinlichkeiten für den Bruch der Staumauer oder des Staudamms.
3. Berechnung einer Breschenbildung in der Staumauer und im Staudamm.
4. Simulation eines Ablaufes des Wassers durch die Bresche und der Bruchwelle im Unterlauf.
5. Hochrechnung der Folgen der Überflutungen im Unterlauf.
6. Bewertung des Risikos.

Die Berechnung von extremen Hochwasserereignissen zur Simulation von Talsperrenversagen erfolgt hierbei meist auf der Grundlage von extremen Niederschlagsereignissen, wie sie z. B. im Maximierten Gebietsniederschlag (MGN) für alle Bereiche Deutschlands ermittelt wurden. Die berechneten maximal möglichen Hochwasserzuflüsse (PMF) zu den Talsperren beruhen hierbei auf maximierten hydrologischen Annahmen, die extreme Niederschlagsereignisse und Abflussbedingungen zusammenführen.

Im zweiten Schritt wird die Wahrscheinlichkeit des bautechnischen Versagens der Staumauer oder des Staudamms betrachtet und hieraus im dritten Schritt die Bildung einer Bresche im Damm oder in der Staumauer berechnet. Gerade in diesen beiden Schritten besteht jedoch noch erhöhter Forschungsbedarf. Wie oben gezeigt, kann basierend auf dem Sicherheitskonzept der DIN 19 700 ein Talsperrenbruch ausgeschlossen werden. Um dennoch Berechnungen zum Hochwasserab-



Bild 5: Bruch der Möhnestauer im Mai 1943 (Quelle Fotoarchiv Ruhrverband)

fluss durchführen zu können, werden in der Forschung Dammbrechungszenarien zugrunde gelegt, die auf sogenannten Worst-Case-Betrachtungen beruhen. Eine übliche Variante ist es, den plötzlichen Bruch einer Talsperre ohne Betrachtung der Versagensursachen zugrunde zu legen. Weitere Szenarien betrachten eine detaillierte Breschenbildung, wobei die Mechanismen zur Brescheninizierung und Breschenentwicklung noch mit großen Unsicherheiten belegt und im Bereich der Forschung anzusiedeln sind [5].

5 Möhnestaumauer und Hennedamm

Wie sieht die Situation aber in der Realität an konkreten Talsperren aus? Als Beispiel für eine Extremlast einer Talsperre sei zunächst die Möhnetalsperre des Ruhrverbands erwähnt.

Die Staumauer der Möhnetalsperre hat eine Kronenlänge von 650 m. In der Mauer befinden sich 105 Öffnungen der Hochwasserentlastung zu je 2,05 m Breite. Die Talsperre ist damit in der Lage, gemäß DIN 19 700 in der Bemessungshochwassersituation BHQ_2 ein 10 000-jährliches Hochwasser von $243 \text{ m}^3/\text{s}$ schadlos abzuführen.

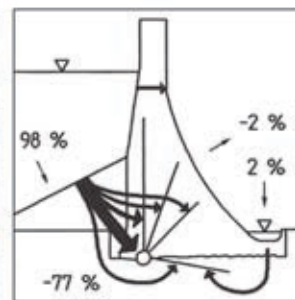
Im Sinne einer Katastrophenfallbetrachtung wurde die Situation der Talsperre betrachtet, in der ein maximal mögliches Hochwasser (PMF) auf eine gefüllte Talsperre trifft und zudem die praktisch unmögliche Situation angenommen wird, dass sämtliche 105 Hochwasseröffnungen z. B. durch Schwemmgut verstopft bzw. verlegt wären. In diesem Fall würde der Abfluss des Hochwassers über die Brüstung der Mauerkrone erfolgen. Aufgrund der Kronenlänge von 650 m würde es hierbei zu einem Überstau von etwa 50 cm über die Brüstung kommen (**Bild 2**). Auch in dieser Extremsituation ist die Standsicherheit der Möhnestaumauer nachgewiesen. Da an der Möhnetalsperre zudem nicht mit Erdbeben gerechnet werden muss, besteht gemäß den Anforderungen der DIN 19 700 für die Staumauer der Möhnetalsperre kein Restrisiko.

Als zweites Beispiel sei der Staudamm der Hennetalsperre betrachtet. Dieser hat eine Kronenlänge von 376 m und eine Höhe von 60 m. Das Wasser der Talsperre wird im Regelfall durch eine Grundablassleitung und eine Kraftwerksleitung entnommen. Auch hier ist die Hochwasserentlastung ausreichend dimensioniert, um ein 10 000-jährliches Hochwasser und sogar das PMF abführen zu können.

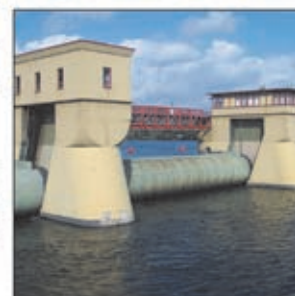
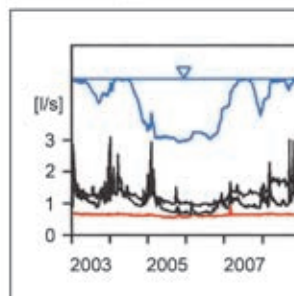
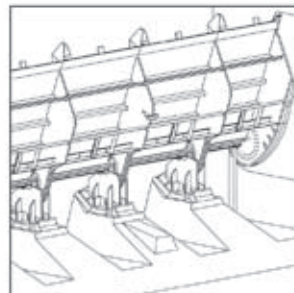
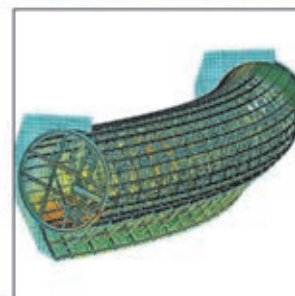
Als Extremszenario sei auch hier die vollständige Verlegung der Hochwasserentlastung betrachtet, kombiniert mit einer bis zum Stauziel gefüllten Talsperre und einem PMF. Ohne Inanspruchnahme der o. g. Rohrleitungen würde allein durch das Rückhaltevermögen der Talsperre ein Zeitraum von 36 Stunden zur Verfügung stehen, bevor das Wasser die Dammkrone erreicht (**Bild 3**). Schon das Öffnen der beiden o. g. Rohrleitungen mit einer Abflusskapazität von insgesamt $50 \text{ m}^3/\text{s}$ innerhalb der ersten 24 Stunden würde dazu führen, dass ein Überströmen des Damms verhindert wird.

Sollte dennoch die Dammkrone überströmt werden, so befindet sich 7 m unterhalb der Krone im Körper des Damms ein massives Betonbauwerk, das einen vollständigen Bruch verhindert. Ein denkbarer Abfluss des Hochwassers über den Damm der Hennetalsperre und eine dadurch hervorgerufene Schädigung des Damms durch Erosion und Breschenbildung würde also nur zu einer begrenzten Bresche in der Dammkrone führen.

Unsere Leistungen für Ihre Talsperren ...



- Jährliche Sicherheitsberichte
- Vertiefte Überprüfungen
- Geologische Untersuchungen
- Hydraulische Nachweise
- Standsicherheitsnachweise
- Talsperrenüberwachung
- Sanierungsplanung und Bauleitung



RWG

Ruhr-Wasserwirtschafts-Gesellschaft mbH

Ein Unternehmen des Ruhrverbands

Kronprinzenstraße 37
45128 Essen
Tel. 0201 / 178-1315
www.rwg-mbh.com

Volker Bettzieche

The Residual Risk of a Dam Failure from the Owners View

The residual risk of a dam failure has to be valued according to the German guideline DIN 19 700 within the safety calculation of dams by two hazard scenarios: for extreme earthquakes and extreme floods. As in river engineering the flood protection for economic reasons is designed taking into account the 100-years-flood, reservoirs are able to resist 10 000-years events. By the examples of the dams from the Henne-Reservoir and the Möhne-Reservoir it is shown, that many dams are even able to withstand floodwaters with larger discharges. According to DIN 19 700 there exists no residual risk of a dam break at these dams, since the plants possess reserves of safety, which are usually not taken into account in the dimensioning.

Фолькер Беттцихе

Остаточный риск обрушения плотины с точки зрения эксплуатационника

Согласно DIN 19 700, остаточные риски отказа плотины можно рассматривать для опасных ситуаций двух типов: землетрясение большой силы и катастрофические наводнения. Защита от наводнения при строительстве речных гидротехнических сооружений по экономическим причинам часто рассчитывается лишь для событий с периодичностью в 100 лет. Тем не менее, без ущерба для безопасности, плотины выдерживают и события с периодичностью в 10000. На примерах плотин Хенне (Hennetalsperre) и Мёне (Möhnetalsperre) показывается, что на многих плотинах - согласно DIN - не существует остаточных рисков обрушения плотины, так как эти сооружения обладают такими резервами безопасности, которые, как правило, намного превышают те нагрузки, по которым проводились замеры.

Die Reaktionszeit von mehr als 36 Stunden und der begrenzte Abfluss (**Bild 4**) würden es ermöglichen, Maßnahmen zu treffen, um Schäden eingrenzen zu können.

Trotzdem leben und arbeiten im betreffenden Bereich wieder Menschen, wissend, dass eine Wiederholung nach menschlichem Ermessen ausgeschlossen ist.

6 Bruch der Möhnestauwand 1943

Die Betrachtung eines Restrisikos an der Möhnetalsperre erfordert auch die Berücksichtigung des Bruchs der Stauwand nach einem britischen Bombenangriff in der Nacht vom 16. auf den 17. Mai 1943 (**Bild 5**). Derartige, durch Kriege oder Attentate verursachte Ereignisse, entziehen sich jedoch statistischen oder Wahrscheinlichkeitstheoretischen Berechnungen. Die Gefahrenabwehr für auf diese Weise verursachte Katastrophen an großtechnischen Anlagen liegt in Deutschland in der Verantwortung des Katastrophenschutzes oder der Bundeswehr.

Die Bruchwelle der Möhnetalsperre kostete mehr als 1 000 Menschenleben.

7 Zusammenfassung und Fazit

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Talsperren, die nach den deutschen Normen und Vorschriften geplant sowie errichtet wurden und auch betrieben werden, umfangreiche Sicherheitsreserven besitzen, die weit über die Sicherheitsreserven von Hochwasserschutzmaßnahmen an Flussläufen hinausgehen. Im Sinne der DIN 19 700 braucht ein Restrisiko an Talsperren daher nur für sehr extreme Hochwasserereignisse oder Erdbeben betrachtet werden. Ein vollständiges Versagen, also ein Bruch, ist bei vielen Stauwänden oder Staudämmen aufgrund der konservativen Bauweise und technischen Randbedingungen nicht denkbar, eine Folgenabschätzung somit unnötig.

Auch die Möhnestauwand und der Staudamm der Hennetalsperre sind sicher, was im Bewusstsein der im Unterlauf lebenden Bevölkerung tief verankert ist.

Autor

Dr.-Ing. Volker Bettzieche

Ruhrverband
Kronprinzenstr. 37
45128 Essen
vbe@ruhrverband.de

Literatur

- [1] Norm DIN 19700-10: Stauanlagen – Teil 10: Gemeinsame Festlegungen. Berlin: Beuth-Verlag, 2004.
- [2] DWA (Hrsg.): Deiche an Fließgewässern. In: DWA-Merkblatt M 507 (Gelbdruck), 2007.
- [3] Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken. In: Amtsblatt der Europäischen Union, L288/27, 6.11.2007.
- [4] Landesamt für Umwelt, Messungen und Naturschutz (Hrsg.): Abflusskennwerte in Baden-Württemberg. Karlsruhe, 2007.
- [5] Niemeyer, M.; Huber, N. P.; Köngeter, J.; Polczyk, H.: Unsicherheitsanalyse zur Brechenbildung im Risk Assessment für Talsperren. In: Wasserwirtschaft 97 (2007), Heft 10, S. 48-50.
- [6] Sieber, H.-U.: Auswirkungen des Extremhochwassers vom August 2002 auf die Sicherheit von Speichereinrichtungen der sächsischen Landestalsperrenverwaltung – eine erste Einschätzung. In: Wasserwirtschaft 93 (2003), Heft 1-2, 30-35.
- [7] Sieber, H.-U.: Die Berücksichtigung von Risikoaspekten in den Sicherheitsnachweisen für Talsperren nach der novellierten DIN 19700. In: Wasserbauliche Mitteilungen des Institutes für Wasserbau und THM der TU Dresden (2004), Heft 27.



Anzeigen-Service
(0611) 7878 338