

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Pohl, Reinhard

Talsperren bei Überschreiten der Bemessungsannahmen nach DIN 19700

Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:
Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/103277>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Pohl, Reinhard (2017): Talsperren bei Überschreiten der Bemessungsannahmen nach DIN 19700. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Bemessung im Wasserbau - Klimaanpassung, Untersuchungen, Regeln, Planung, Ausführung. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 58. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 221-230.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Talsperren bei Überschreiten der Bemessungsannahmen nach DIN 19700

Reinhard Pohl

Der DWA-Fachausschuss „Talsperren und Flusssperren“ WW4 widmet sich erstmalig einem sehr sensiblen Thema: Der Stauanlagensicherheit und den möglichen Folgen einschließlich des Anlagenversagens beim Überschreiten der Bemessungsannahmen. Im vorliegenden Aufsatz werden die Grundzüge des diesbezüglichen Themenheftes 2/2017 vorgestellt.

Stichworte: Stauanlage, Bemessungsannahmen, Talsperrenversagen

1 Einführung

Bis in die Gegenwart hinein galt der oft zitierte Satz, dass die deutschen „Talsperren nach menschlichem Ermessen sicher“ sind. Das ist auch nicht falsch, wenn einerseits die umfangreichen und klaren Vorschriften zur Gewährleistung der Stauanlagensicherheit betrachtet werden und die Aussage andererseits so verstanden wird, dass die Sicherheit nicht 100% beträgt und somit ein gewisses Restrisiko verbleibt. Falsch ist sicherlich ein Verständnis, welches von einer vermeintlich 100%igen Sicherheit ausgeht und wenn die in der DIN 19700-11:2004-7 geforderte Beschäftigung mit dem verbleibenden Risiko unterbleibt.

Die Notwendigkeit der Befassung mit dem verbleibenden Risiko wird auch daraus deutlich, dass es in den letzten 4 Jahrtausenden zu zahlreichen, teils spektakulären und katastrophalen Talsperrenbrüchen gekommen ist. Auch wenn in Deutschland in den letzten 70 Jahren keine der z. Zt. etwas über 300 großen Talsperren ($H > 15$ m; $V > 10^6$ m³) gebrochen ist, zeigen die theoretischen Überlegungen in Tabelle 1, dass die Versagenswahrscheinlichkeit wegen der begrenzten Grundgesamtheit dennoch nicht Null ist. Bei mittleren Talsperren waren Versagensfälle zu verzeichnen. Nachdenklich stimmt auch, dass die empirische Wahrscheinlichkeit von Kernkraftwerkskatastrophen in der Größenordnung des Talsperrenversagens mittlerer Talsperren liegt, wobei die Folgen nicht vergleichbar sind.

Die Brand- und Katastrophenschutzgesetze mehrerer Bundesländer fordern von Eigentümern und Betreibern von Anlagen mit hohem Gefährdungspotenzial, dass diese über Unterlagen verfügen, die Aufschluss über den Gefährdungsbereich im Falle der Gefahrfreisetzung geben. Diese gesetzliche Forderung wird nach der

Beobachtung des Verfassers deutschlandweit unterschiedlich ausgelegt. Insbesondere zu der Frage, ob die Unterlagen unaufgefordert bereitzuhalten, eventuell zu übergeben oder erst auf Anforderung anzufertigen sind, existieren verschiedene Auffassungen. Auch die Frage, ob die EU- Hochwasserrisikomanagementrichtlinie diese „künstlichen“ Hochwasserereignisse miteinschließt, wird zuweilen diskutiert.

Tabelle 1 Empirische Talsperrensicherheit (einmalige Versagenswahrscheinlichkeit eines Absperrbauwerkes in einem beliebigen Jahr)

Empirische Talsperrensicherheit in Deutschland	Versagensfälle	Mittlere Anzahl der betreffenden Anlagen (über n Jahre als konstant angenommen)	n Jahre	P/a		P/a
Randbedingungen						
mittlere Talsperren 6 ... 15 m (über 40 Jahre: Annahme: mittlere Talsperren ca. dreimal so viel wie große Talsperren (z. Zt. 312 TS Kl. 1 - Dams in Germany 2001))	5	1000	40	0.000125	1:	8000
große Talsperren (> 15 m) seit 1947 (70 Jahre) kein Versagensfall (Obergrenze des Konfidenzintervalls mit der χ^2 -Funktion)	0	250	70	0.000040	1:	25253
große Talsperren (> 15 m) seit 1947 (70 Jahre) kein Versagensfall (adaptiertes Clopper-Pearson-Intervall mit Irrtumswahrscheinlichkeit 2,5%)	0	250	70	0.000250	1:	3994
große Talsperren (> 15 m) seit 1947 (70 Jahre) kein Versagensfall (adaptiertes Clopper-Pearson-Intervall mit Irrtumswahrscheinlichkeit 5%)	0	250	70	0.000211	1:	4744
große Talsperren (> 15 m) seit 1947 (70 Jahre) kein Versagensfall (Score-Methode)	0	250	70	0.000229	1:	4375
Kernkraftwerke weltweit	2	440	40	0.000114	1:	8800

Aus der Sicht des Verfassers lassen sich bei den Eigentümern und Betreibern vier Sichtweisen erkennen: Die Ersten haben Sondergefahrenkarten erstellen lassen und veröffentlicht, die Zweiten möchten die bereits erstellten und für eine Anforderung bereitliegenden Karten nicht veröffentlichen, um Fehlinterpretationen und Missverständnissen vorzubeugen. Die Dritten würden die Unterlagen auf Anforderung erstellen lassen und die Vierten gehen nicht davon aus, dass ihre Anlagen entsprechende Gefährdungspotenziale darstellen könnten.

Den Verfassern des DWA-Themenbandes „Stauanlagensicherheit und Folgen bei der Überschreitung der Bemessungsannahmen nach DIN 19700“ schien es an der Zeit, die im DWA-Fachausschuss „Talsperren und Flussperren“ entstandene Auffassung zu diesem Themenkreis der Fachöffentlichkeit mitzuteilen und so den Anwendern der deutschen Stauanlagennorm Überlegungen, Hinweise und Hilfestellungen zu diesen Fragen an die Hand zu geben.

2 Bemessung nach dem technischen Regelwerk

Die gegenwärtige Praxis verwendet im Bauwesen unter Bezugnahme auf die Normen und Regelwerke üblicherweise das semiprobabilistische Teilsicherheitskonzept. Nach DIN 19700:2004-07 und DIN EN 1990:2010-12 (Eurocode EC 0) ist bei Stauanlagen die Zuverlässigkeit der Tragwerke nachzuweisen, wobei folgender Ansatz gilt (Abb. 1):

Zuverlässigkeit = Tragfähigkeit + Gebrauchstauglichkeit + Dauerhaftigkeit

Die grundlegenden Anforderungen an die Zuverlässigkeit im vorgenannten Sinne werden entsprechend DIN 19700-10:2004-07 im Allgemeinen dann erfüllt, wenn

- stabile und widerstandsfähige Tragsysteme gewählt werden,
- geeignete Baustoffe zur Anwendung kommen,
- zutreffende Bemessungs- und Berechnungsverfahren gewählt werden,
- das Absperrbauwerk und zugehörige Einzelbauteile und -bauwerke zweckmäßig konstruiert werden und
- das Tragwerk überwacht und instandgehalten wird.

Bei der nach DIN 19700: 2004-08 noch zulässigen Anwendung des globalen (deterministischen) Sicherheitskonzeptes müssen die widerstehenden Kräfte größer sein, als die einwirkenden Kräfte multipliziert mit einem bestimmten Sicherheitsbeiwert (z. B. $\eta = 1,3$). Beim in jüngerer Zeit oft praktizierten und für bestimmte Bauwerke auch geforderten Teilsicherheitskonzept müssen die mit Teilsicherheitsfaktoren erhöhten Einwirkungen kleiner sein als die entsprechend abgeminderten Widerstände, woraus sich ein Auslastungsgrad < 1 ergibt. Weil durch die verschieden großen, willkürlichen Beiwerte auf beiden Seiten die klare Sicht auf den zumindest theoretisch berechenbaren Grenzzustand der Tragfähigkeit verwischt wird, hält der Verfasser des vorliegenden Beitrages diese semiprobabilistische Methodik aus erkenntnistheoretischer Sicht für weniger vorteilhaft, wenngleich sie für die Bemessung durchaus praktikabel erscheinen mag. Das DWA-Merkblatt M542/2016 beschreibt eine Vorgehensweise, die es ermöglicht, auch für Staumauern und Staudämme Tragfähigkeitsberechnungen unter Berücksichtigung von Teilsicherheitsbeiwerten entsprechend den Eurocodes durchzuführen, wobei die Ergebnisse bezüglich des Sicherheitsniveaus im Wesentlichen demjenigen bei Ansatz von globalen Sicherheiten wie bisher entsprechen.

In eine vollständig probabilistische Berechnung würden die Verteilungen aller Einwirkungen und Widerstände eingehen, so dass für jede potenzielle Versagensart und das Gesamtversagen eine sehr kleine Wahrscheinlichkeit z. B. $P < 10^{-3} \dots 10^{-6}$ ermittelt werden könnte. Aus psychologischen Gründen wird häufig die Zuverlässigkeit $1-P$ angegeben, die dann Werte von 99,9 ... 99,9999 % annimmt.

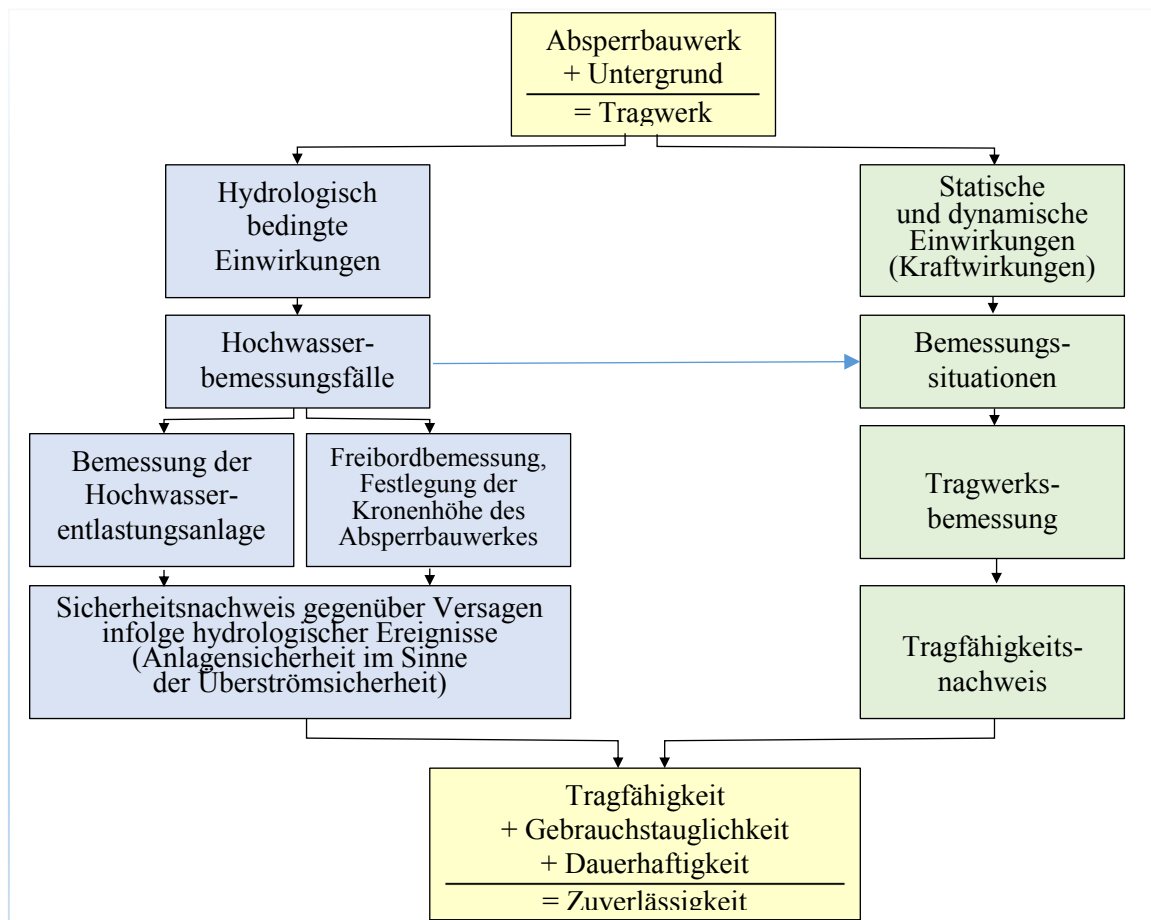


Abbildung 1: Zuverlässigkeitsnachweiskonzept für Stauanlagen gemäß DIN 19700-11:2004-07 (nach Sieber 2009) und DWA-Merkblatt 542)

3 Mögliche Einwirkungen jenseits der Bemessungsannahmen

Stauanlagen sind Einwirkungen ausgesetzt, die natürlichen Schwankungen (Unsicherheiten) unterliegen und vor Ansatz eines Bemessungswertes (meist langjährig) beobachtet oder erkundet werden müssen. Dies betrifft vor allem die Bemessungsabflüsse, Erdbebeneinwirkungen und Windlasten. Jenseits der Bemessungsannahmen sind insbesondere folgende Einwirkungen nicht auszuschließen:

- Extreme Abflüsse und Hochwasserstände
- Außerplanmäßige Überströmung des Absperrbauwerkes
- Kritische Überlastung von Betriebseinrichtungen
- Unvorhergesehene Hangrutschungen im Beckenbereich

- Extremerdbeben
- Unvorhergesehene Durch- und Unterströmung mit extremen hydraulischen Gradienten, grabende Tiere, Vegetation
- Extreme außerplanmäßige Verkehrslasten
- Fehlbetrieb, Fehlsteuerung von Anlagen
- Gewalteinwirkungen

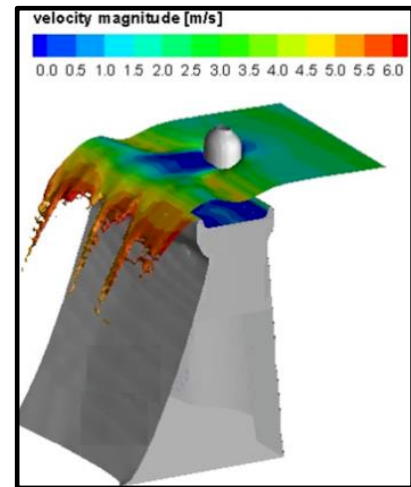


Abbildung 2: Überströmung einer Staumauer während eines Extremhochwassers jenseits der Bemessungsannahmen (HQ extrem > BHQ₂ ; Keul 2011)

Durch jede der vorgenannten Einwirkungen sind in der Vergangenheit Talsperrenbrüche mit großen Schäden hervorgerufen worden. Durch geeignete Maßnahmen, die eine zutreffende Bemessung ergänzen, können entweder Schwachstellen und Defizite erkannt, die Einwirkungen vermindert oder die Folgen reduziert werden:

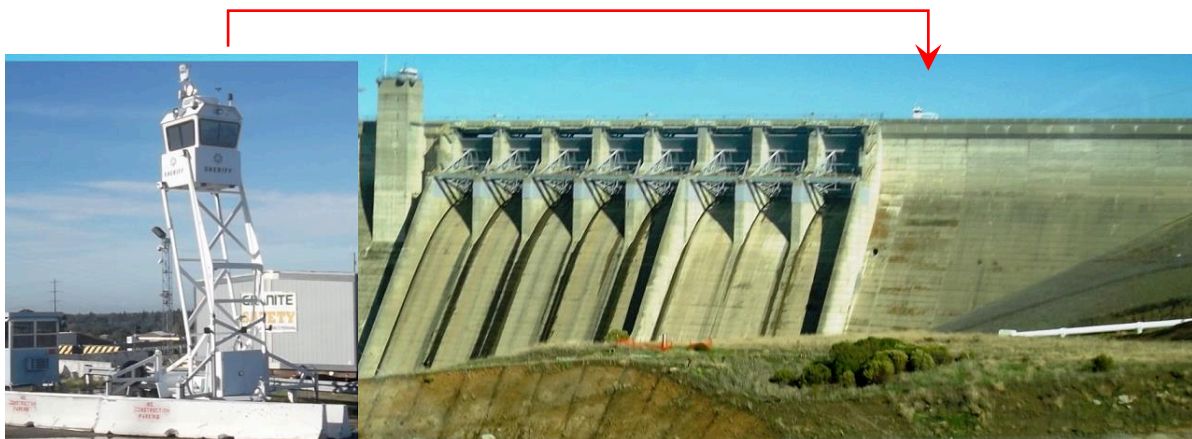


Abbildung 3: Überströmung einer Technische und personelle Maßnahmen zum Schutz von kritischer Infrastruktur: Wachturm (Sheriff) und Videoüberwachung, 3 zusätzliche Entlastungsöffnungen im Bild rechts (Folsom-Talsperre am American River oberhalb Sacramento, CA.) Fotos: Pohl)

- Regelmäßige visuelle Kontrolle der Bauwerke
- Sicherheitsberichte und vertiefte Überprüfungen
- Schwachstellenanalyse.
- Regelmäßige Wartung, Überprüfung, Funktionskontrollen
- Regelmäßige und ausreichende Messungen mit Auswertung
- Aus- und Weiterbildung des Personals, effektive Organisationsstruktur
- Baumaßnahmen an den Wasserwegen, Revisionsbetrieb in abflussarmen Zeiten

- Videüberwachung und Bewegungsmeldung, Alarm bei gewaltsamem Eindringen, einbruchhemmende Türen, Verstärkung von Bauteilen.
- Zugangskontrollen, Zugangssperren zu wichtigen Anlagenteilen.
- Sicherung der Übertragungswege (z. B. Kabel) für Daten und Signale.
- Zusammenarbeit von Betreibern mit Behörden (Orts-, Landes-, Bundespolizei) im Falle einer konkreten Gefährdungslage. Notfallpläne.

4 Ungünstige Bedingungen auf der Widerstandsseite

Während einerseits die Einwirkungen unerwartet hoch oder intensiv sein können, sind andererseits auch zu geringe Widerstände denkbar. Dazu können beispielsweise Materialparameter im Bauwerk und dessen Untergrund beitragen, die nicht die gestellten Erwartungen erfüllen (Materialfestigkeit (Druck, Zug, Abscheren), Bodenkennwerte (Reibungswinkel, Kohäsion, Durchlässigkeit, Frostbeständigkeit, Erosionsbeständigkeit)). Des Weiteren können Funktionsausfälle das Verhalten auf der Widerstandsseite extrem nachteilig beeinträchtigen (Verschlüsse der Wasserwege blockiert; Entwässerungsleitungen und Dränkörper verstopft/kolmatiert; Dichtungselemente im Bauwerk und/oder Untergrund beschädigt; Eisfreihaltungsanlagen, Betonkühlsysteme (insbesondere bei Bogenstau-mauern) ohne Funktion, Antriebe, Überlastabschaltung, Stromversorgung, Wasserstandsanzeigen, Grenzwertgebern, Stauzielbegrenzer, Überflutungsmelder, Prozessleit- und Meldesystemen defekt).

Nicht jede Überbeanspruchung führt zu einem Anlagenversagen (s. Abb. 4), weil in der Bemessung, den Nachweisverfahren, den Modellen, den Materialien, den Sicherheitszuschlägen, den Mindestfreiborden und den Einwirkungsgrößen gewisse Reserven stecken. Diese werden zunächst aktiviert und erst wenn diese aufgezehrt sind, wird der Grenzzustand erreicht. Teilweise sind auch gewisse Selbstheilungseffekte z. B. durch Lastumlagerungen oder Kolmation zu beobachten.

5 Operationelle Maßnahmen beim Auftreten von Besonderheiten und Notfallpläne

Falls Besonderheiten auftreten, müssen im Notfallplan als Teil der Betriebsvorschrift (als „Anweisung für das Verhalten im Gefahrenfall und die zu veranlassenden Meldungen“ gemäß DIN 19700-10: 2004-07 bzw. als „Melde- und Alarmpläne für Hochwasser und andere außerordentliche Ereignisse“ gemäß DIN 19700-11: 2004-07) Handlungsanweisungen vorgegeben sein. Wenn z. B. Risse,

Verformungen, Bauwerksbewegungen, Wasseraustritte, untypische Sickerwasserabflüsse o. ä. beobachtet werden, so ist ein Meldeplan abzuarbeiten. Dazu kann z. B. eine Information an den zuständigen fachkundigen Ingenieur gehören, der eine Erstbeurteilung durchführt und gegebenenfalls weitere Maßnahmen auslöst (z. B. Absenkung des Stauspiegels mit einer zulässigen Absenkgeschwindigkeit, Alarmmeldung, Information der Katastrophenschutzbehörde und der Unterlieger).

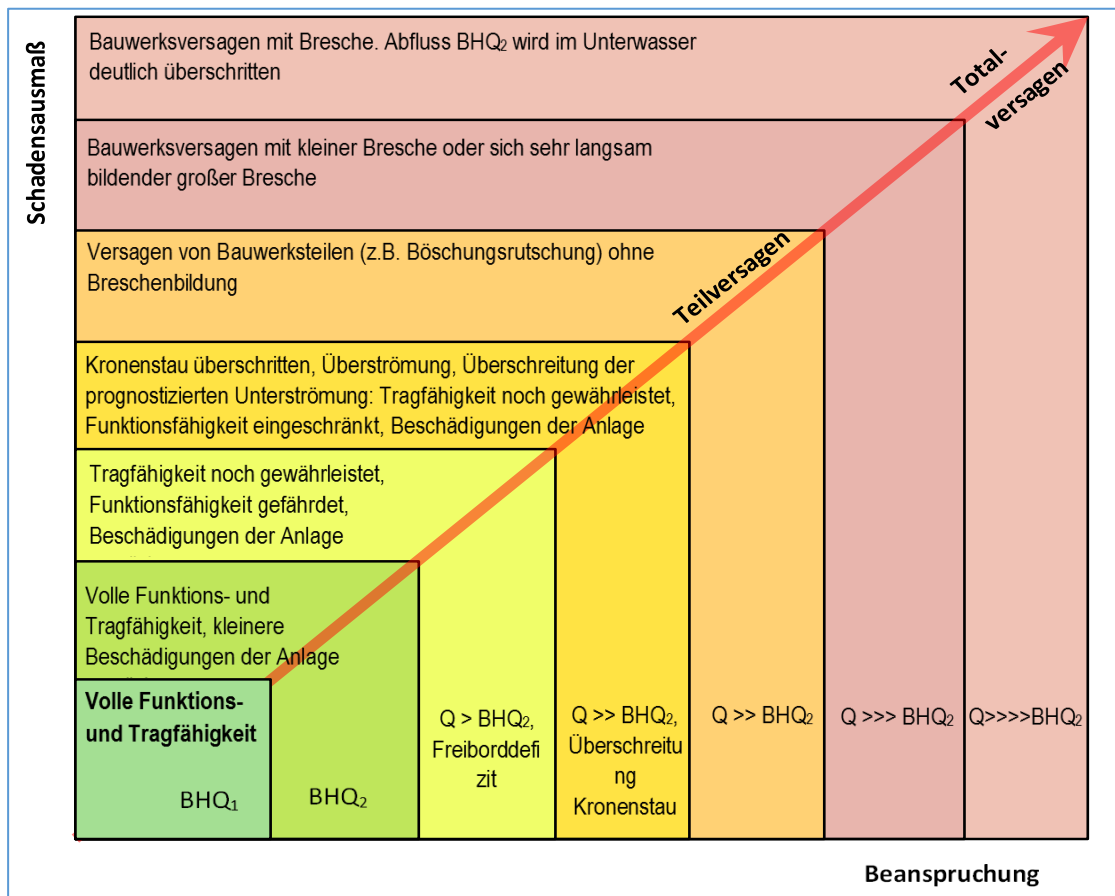


Abbildung 4: Abgestufte Betrachtung zum Versagen von Stauanlagen. Beispiele für die Beanspruchung und Überlastung durch Hochwasser (Pohl 2016).

Die Eigentümer und Betreiber von Stauanlagen sind wegen des meist sehr hohen Gefährdungspotenzials von großen Stauanlagen gesetzlich verpflichtet, die Katastrophenschutzbehörden der Bundesländer bei ihren Planungen sowie den Alarm- und Einsatzplänen zu unterstützen. Dazu gehört auch die Bereitstellung von Sondergefahrenkarten, die den Gefährdungsbereich als Überflutungsplan darstellen. Daraus sollten auch maximale Wasserstände, Wassertiefen, Wellenlaufzeiten, Flutausbreitungswege und Evakuierungspfade erkennbar sein.

Sobald für den Stauanlagenbetreiber erkennbar wird, dass die Versagensgefahr z. B. wegen des progressiven Schadensverlaufes nicht mehr aufzuhalten ist, muss

unmittelbar mit den Maßnahmen entsprechend dem Notfallplan begonnen werden. Besonders im Nahbereich mit den größten Auswirkungen und der kürzesten Vorwarnzeit muss schnell reagiert werden. Rechtzeitige Warnungen und Evakuierungen der potenziellen Überflutungsbereiche, klare Verhaltensanweisungen für die Bevölkerung und eine deutliche Ausweisung von Fluchtwegen helfen im Ernstfall Menschenleben zu retten. Zur Warnung der Unterlieger werden meist die folgenden Möglichkeiten genutzt:

- Audiotechnik (Sirenen und fest installierte oder mobile Lautsprecher)
- Rundfunk und Fernsehen
- Direktbenachrichtigung über Telefon oder persönliche Von-Tür-zu-Tür-Information.

Notfallübungen helfen bei der Vorbereitung auf den möglichen Fall eines Talsperrenversagens. Sie werden meist als Stabsübung des Stauanlagenbetreibers und seines Personals gemeinsam mit den Katastrophenschutzbehörden ohne Einbeziehung der Bevölkerung durchgeführt, um letztere nicht zu beunruhigen.



Abbildung 5: Modellierung eines hypothetischen Stauanlagenbruchs und seiner Folgen (Pohl 2008)

6 Talsperrenversagen und Folgenabschätzung

Wenn die potenzielle Gefahrenfreisetzung im unwahrscheinlichen Falle eines Anlagenversagens quantitativ untersucht werden soll, müssen mehrere Bearbeitungsstufen durchlaufen werden, die in Abb. 5 dargestellt sind.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass nicht jede außerplanmäßige Einwirkung auf das Absperrbauwerk jenseits der Bemessungsannahmen oder mit rechnerischem Überschreiten des Grenzzustandes zu einem Bauwerksversagen führt (Abb. 4 u. 6). Falls dies doch der Fall ist, sind die in Frage kommenden Versagensmechanismen und Bruchszenerarien zu beschreiben. Bei Dämmen kommen vor allem die Überströmung (overtopping) mit rückschreitender Erosion und die

Sickerröhrenbildung (piping) auf Grund innerer Erosion vor. Während erstere an ein meteorologisch-hydrologisches Ereignis geknüpft ist, kann die Durchströmung auch überraschend („aus heiterem Himmel“-„sunny day event“) auftreten.

Lastfall	Randbedingung	Bauwerksteil → Versagensmechanismus	Belastungswahrscheinlichkeit P_0	Bruchwahrscheinlichkeit bei eingetretener Belastung P_v^*	Gesamtwahrscheinlichkeit P_{abs}
1 Extremhochwasser	bordvoll + Überströmhöhe	Damm → Überströmung, Dambruch nach rückschreitender Erosion	10^{-4}	0,5	$5 \cdot 10^{-5}$
2 Betriebserdbeben $T_n = 100$	Vollstau	Damm → Böschungsbruch, Beschädigung der Dichtung, Sickerröhrenbildung mit weiterer Erosion, Kippen der Dichtwand, Breschenbildung.	10^{-2}	10^{-1}	10^{-3}
3 Bemessungserdbeben $T_n = 5000$	Vollstau	Damm → wie 2, aber Breschenentwicklung schneller und größer	$2 \cdot 10^{-4}$	0,5	10^{-4}
4 Schnelle Stauspiegelsenkung	unterhalb Betriebsstauziel	Damm/Massivbauwerk → Umkippen der Flügelmauern mit Beschädigung des Dichtungsanschlusses, Sickerröhrenbildung, weiter wie 2	$10^{-2} *$	10^{-2}	10^{-4}
5 Wasserdruck	Vollstau	Damm/Massivbauwerk → Versagen der Dichtung (Beginn im Anschlussbereich) bedarf eines Initials (Bauarbeiten, schwere Fahrzeuge)	1	10^{-4} unabhängig vom Erdbeben	10^{-4}
6 Extremhochwasser	bordvoll + Überströmhöhe	Massivbauwerk → Wasserdruck, klaffende Sohlfuge am Massivbauwerk, Verklauung, Kippen, plötzlicher Bruch, große Bresche	10^{-5}	0,5	$5 \cdot 10^{-6}$
7 Terroranschlag, andere Einwirkungen	Vollstau	Massivbauwerk → Sprengung, Kippen, Gleiten, plötzlicher Bruch, große Bresche	10^{-6}	1	10^{-6}

Abbildung 6: Auswahl von Bruchszenarien an einer Beispeltalsperre bestehend aus einem Damm mit Massivbauwerk im Bereich der Hochwasserentlastungsanlage (Pohl, Bornschein 2007)

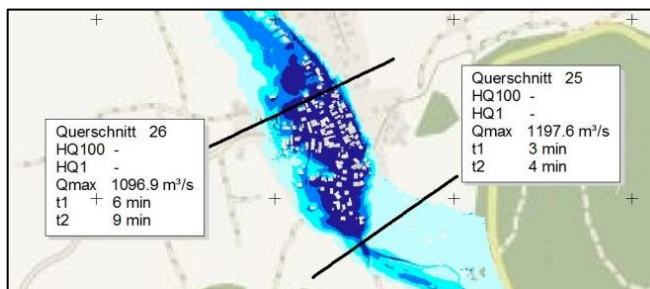


Abbildung 7: Beispiel für eine Sondergefahrenkarte (aus DWA T2/2017) mit Darstellung der maximalen Wassertiefen, der HQ₁₀₀ Überschwemmungsgrenze, der Abflusswerte an den Kontrollquerschnitten und der Zeiten für die Wellenankunft und den Wellenscheitel ab Dammbbruchbeginn. Zusätzlich

wäre noch eine Darstellung der Fließgeschwindigkeit oder der Intensität $h \cdot v$ möglich (Hintergrundkarte: OpenStreetMap)

Beide Verläufe erstrecken sich meist über einen Zeitraum von einer Stunde bis zu wenigen Stunden und können aus Erfahrungswerten oder mit bodenmechanischen Modellen beschrieben werden. Das Versagen von Staumauern erfolgt meist relativ schnell und umfasst entweder einzelne Bauabschnitte/Blöcke oder bei Bogen- und Gewölbestaumauern zuweilen das gesamte Bauwerk in kürzester Zeit. Aus

den Bruchscenarien und der progressiven Breschenentwicklung wird mit Hilfe von hydraulischen Modellen die Ausflussganglinie abgeschätzt, die dann die obere Randbedingung für eine hoch instationäre hydronumerische Berechnung dient. Diese wird in der Regel soweit nach flussab fortgeführt, bis die Wasserspiegellage natürliche Bemessungshochwasserstände erreicht. Die Berechnungsergebnisse werden in so genannten Sondergefahrenkarten dargestellt, aus denen Evakuierungspläne und Risikokarten abgeleitet werden können.

7 Zusammenfassung

Talsperren werden in Deutschland nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik bemessen, gebaut, betrieben und unterhalten und sind sehr sicher. Dennoch verbleibt ein sehr geringes Restrisiko, welches transparent gemacht und identifiziert werden soll, um bei entsprechenden Anzeichen oder Unregelmäßigkeiten in kurzer Zeit angemessen reagieren zu können. Das vorgelegte DWA-Themenheft 2/2017 soll einen Beitrag dazu leisten, für den sehr unwahrscheinlichen Fall des Eintretens des Restrisikos vorbereitet zu sein, das Ausmaß und die Versagensfolgen abzuschätzen und die richtigen Maßnahmen zur Risikominderung zu ergreifen. Gleichzeitig wird mit der nun vorgelegten Veröffentlichung die Tür zu einer risikobasierten Bemessung oder Überprüfung von Stauanlagen ein Stück weit geöffnet.

8 Literatur

Pohl, R., Aufleger, M., Bettzieche, V., Bieberstein, A., Carstensen, D., Kanne, S., Kast, K., Knallinger, M., Overhoff, G., Sieber, H.-U., Strasser, K.-H., Banzhaf, P.: Stauanlagensicherheit und Folgen bei Überschreitung der Bemessungsannahmen nach DIN 19700.- DWA-Themenheft T2/2017, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) Hennef 2017
(mit weiterführenden Literaturangaben)

Autor:

Prof. Dr.-Ing. habil. Reinhard Pohl

Institut für Wasserbau und Technische Hydromechanik
Technische Universität Dresden
August-Bebel-Straße 30a
01219 Dresden

Tel.: +49 351 46333837 Fax: +49 351 46335654
E-Mail: Reinhard.Pohl@TU-Dresden.de