Umbau von Hochwasserentlastungsanlagen

Autor(en): **Fankhauser, A.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **94 (2002)**

Heft 5-6

PDF erstellt am: **25.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-939634

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Umbau von Hochwasser-entlastungsanlagen

A. Fankhauser

Eine kontrollierte und unschädliche Ableitung eines auftretenden Hochwassers ist eine entscheidende Voraussetzung zur Gewährleistung der Sicherheit einer Stauanlage. Diese Aufgabe wird durch die Hochwasserentlastungsanlage wahrgenommen, welche, aus Einlauf-, Transport- und Energievernichtungsbauwerk bestehend, selbstverständlich in genügender Weise auf diesen ausserordentlichen Lastfall «Hochwasser» bemessen sein soll. Dass dem aber nicht immer so ist, zeigt die Statistik der weltweit erfassten Talsperrenbrüche, welche die Überströmung der Talsperre in etwa der Hälfte aller aufgetretenen Fälle als Ursache für deren Bruch nennt. Im Folgenden soll nun auf die hauptsächlichsten Gründe und Möglichkeiten für die Durchführung sowie die in der Schweiz durchgeführten, sicherheitsbedingten Umbauten von Hochwasserentlastungen näher eingegangen werden.

1. Rolle der Hochwasserentlastung und Gründe für deren Umbau

Die Hochwasserentlastung hat die Funktion, die Sicherheit der Talsperre unter dem Lastfall «Hochwasser» zu garantieren. Sie soll ein unkontrolliertes Überströmen der Talsperre verhindern und somit ein, für die Talsperre und die Unterlieger unschädliches, Ableiten der in den Speicher eintretenden Hochwasser ermöglichen. Wie jedoch Bild 1 zeigt, ist dies nicht immer der Fall: Von den zwischen 1900 und 1992 erfassten 93 Talsperrenbrüchen weltweit [1] können rund die Hälfte (47 %) auf ein unkontrolliertes Überströmen der Talsperre zurückgeführt werden. Die restlichen 53 % der erfassten Talsperrenbrüche sind zu 29 % auf einen Kollaps des Sperrenkörpers und zu 24 % auf ein Versagen im Fundamentbereich zurückzuführen.

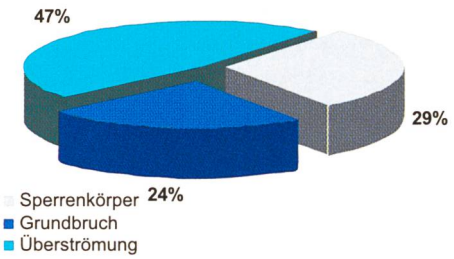


Bild 1. Hauptursachen der weltweit bis 1992 erfassten Talsperrenbrüche [1].

Die aufgetretenen Überströmungen können, neben der Nichtbetätigung oder Blockierung der Entlastungsschützen oder der sonstigen mangelhaften Ausführung der Konstruktionen, in den meisten Fällen der Unterschätzung des Hochwasserzuflusses zugeschrieben werden (Bild 2).

Wie diese Statistiken zeigen, genügt es also nicht, die Forderung nach ausreichender Hochwassersicherheit ausschliesslich im Rahmen der Projektierung zu beachten. Eine periodische Kontrolle der Hochwassersicherheit ist unausweichlich, da sich oft die zugrunde gelegten Rahmenbedingungen verändern. Während es sich dabei in den meisten Fällen um Änderungen der Bemessungsgrundlagen handelt, kann unter Umständen auch eine beschlossene Änderung der Speicherbewirtschaftung die Hochwassersicherheit in Frage stellen. Zudem können die erstellten Hochwasserentlastungsanlagen konstruktive Mängel aufweisen, welche die Funktionstüchtigkeit der Anlage erheblich beeinträchtigen können. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass ein Anspringen der Hochwasserentlastung von den Betreibern – aus verständlichen Gründen – möglichst vermieden wird und somit die Erfahrungen über die konstruktive Funktionsfähigkeit meist inexistent sind, scheint eine Kontrolle in dieser Hinsicht doppelt empfehlenswert. Solche periodisch durchzuführende Sicherheitsüberprüfungen sollten also die in Bild 3 gezeigten Bereiche betreffen und können, falls negativ ausfallend, eine Anpassung oder einen Umbau der bestehenden Hochwasserentlastungen zur Folge haben.

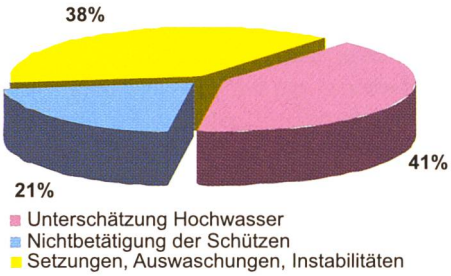


Bild 2. Weltweit bis 1992 erfasste Talsperrenbrüche durch Überströmen [1].

Zusätzlich zu den aus Sicherheitsüberlegungen erforderlichen Umbauten der Hochwasserentlastungsanlage können solche natürlich auch im Zusammenhang mit einem allgemeinen Umbau oder mit einer Sanierung der Gesamtanlage (z.B. einer Mauererhöhung) notwendig werden. Die folgenden Ausführungen beschränken sich jedoch auf die Umbauten zur Verbesserung der Sicherheit der Stauanlage.

2. Umbaumöglichkeiten bei Hochwasserentlastungen

Sollte nun, zur Gewährleistung oder Verbesserung der Hochwassersicherheit, eine Anpassung der Entlastungsanlage notwendig werden, kommen in der Regel die folgenden Massnahmen zum Einsatz:

- Vergrösserung der Retentionswirkung des Speichers durch Höherstau oder Stauzielabsenkung;

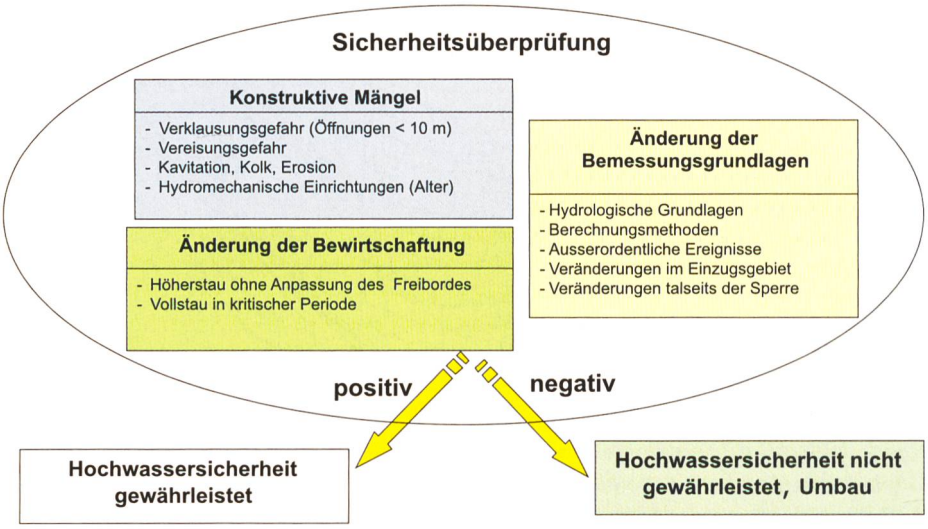


Bild 3. Periodische Sicherheitsüberprüfung der Hochwasserentlastungsanlage.

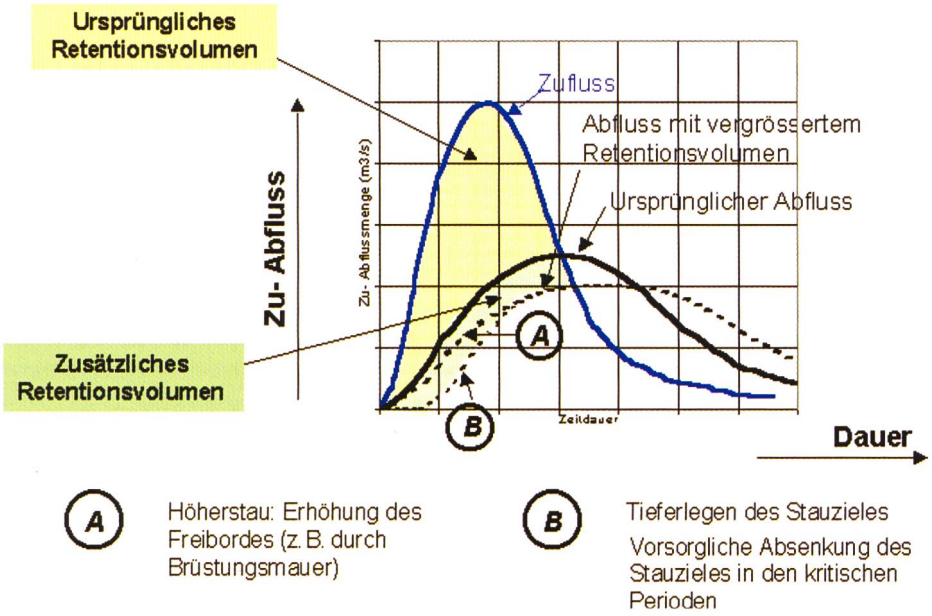


Bild 4. Erhöhung der Retentionswirkung.

- Anpassung der bestehenden Entlastungsanlagen zur Kapazitätserhöhung oder zur Behebung von konstruktiven Mängeln;
- Bau einer neuen, zusätzlichen Entlastungsanlage;
- Zulassen eines kontrollierten Überströmens der Talsperre;
- Einbau einer Sollbruchstelle;
- Kombination der oben genannten Möglichkeiten;
- Erstellen einer Bresche oder gar ein Abbruch der Sperre (Verzicht auf die Nutzung des Speichers).

2.1 Erhöhung der Retentionswirkung

Diese Massnahme wird bei Hochwasserentlastungsanlagen mit Kapazitätsproblemen angewendet und zielt darauf ab, durch Vergrösserung des für die Hochwasseraufnahme zur Verfügung stehenden Volumens die Retentionswirkung des Speichers zu erhöhen. Dabei kann, wie Bild 4 zeigt, generell auf zwei verschiedene Arten vorgegangen werden. Einerseits kann durch die Erhöhung des Freibordes der Talsperre ein Höherstau im Hochwasserfall ermöglicht oder es kann andererseits durch die Veränderung der Betriebsvorschriften eine Tieferlegung des Stauziels, also zusätzlicher Retentionsraum, geschaffen werden. Im Falle eines Höherstaus (z.B. durch eine Brüstungsmauer) werden in der Regel gleich zwei positive Effekte erzielt. Zusätzlich zu der dank der verbesserten Retention erreichten Dämpfung der Spitze des ausfliessenden Hochwassers bewirkt der ermöglichte Höherstau grundsätzlich auch eine Steigerung der Entlastungskapazität der bestehenden Anlage (Erhöhung der Energiehöhe). Demgegenüber weist eine Tieferlegung des Stauziels natürlich nur den «Dämpfungseffekt» auf. Sie erfolgt zudem auf Kosten des nutzbaren Volumens und wird aus diesem Grund oft nur temporär, als vorsorgliche Absenkung, angewandt.

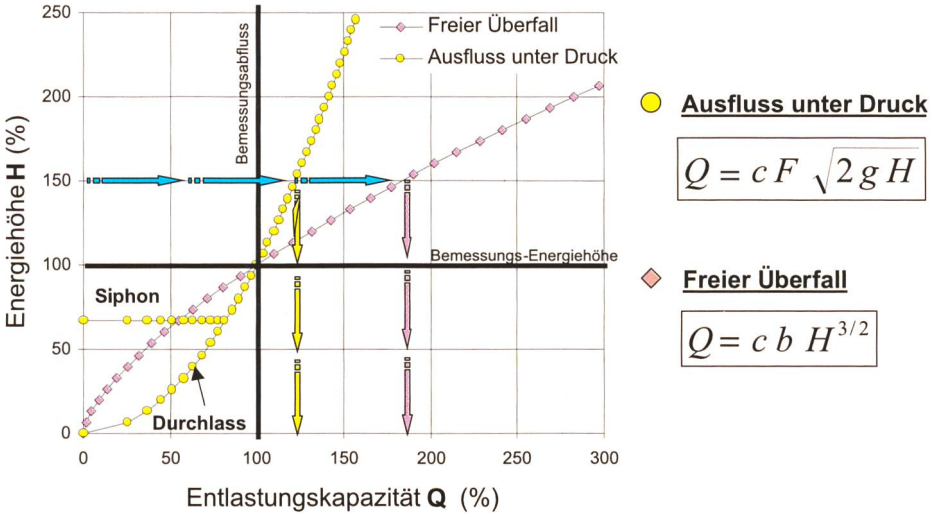


Bild 5. Erhöhung der Abflusskapazität durch Vergrösserung der Energiehöhe bei verschiedenen Typen von Hochwasserentlastungsanlagen.

2.2 Anpassung der bestehenden Hochwasserentlastungsanlage

2.2.1 Kapazitätserhöhung

Eine erforderlich werdende Kapazitätserhöhung oder das Vorhandensein von konstruktiven Mängeln können normalerweise durch die Anpassung der bestehenden Anlage durchgeführt resp. behoben werden.

Die Kapazität einer bestehenden Entlastungsanlage kann, wie die Abflussformeln in Bild 5 zeigen, generell durch Vergrösserung der Energiehöhe *(H)*, der Auslassöffnung *(F)* oder der Überfalllänge *(b)* sowie des Überfallbeiwerts *(c)* beeinflusst werden. Eine Vergrösserung der Energiehöhe erzielt nicht bei allen Typen von Hochwasserentlastungsanlagen den gleichen Effekt. Während die Abflusskapazität bei einem freien Überfall überproportional mit der Energiehöhe zunimmt, kann bei Ausflüssen unter Druck nur eine unterproportionale Zunahme des Abflusses erzielt werden. Mit anderen Worten nimmt bei einer 50-prozentigen Zunahme der Energiehöhe der Abfluss bei einem freien Überfall um etwa 84 % zu, während man bei einem Ausfluss unter Druck nur eine Zunahme von 23 % erreichen kann. Gemäss den Abflussformeln ist bei einer Variation der restlichen Parameter *F* respektive *b* und *c* mit einer linearen Änderung der Abflusskapazität zu rechnen. Man erkennt also, dass sich im Falle einer bestehenden Hochwasserentlastung in Form von Durch- oder Auslässen eine Vergrösserung der Energiehöhe nicht als effiziente Massnahme aufdrängt. Zudem ist aus ausführungstechnischen Gründen oft auch eine Anpassung der anderen Parameter kaum rentabel realisierbar.

Die kapazitätssteigernden Anpassungsmassnahmen an bestehenden Hochwasserentlastungen beschränken sich folglich praktisch auf Anlagen, welche als freie Überfälle ausgebildet sind. Dabei wird, wenn immer möglich, die effiziente Massnahme der Vergrösserung der Energiehöhe berücksichtigt, welche, wie weiter oben beschrieben, durch die Ermöglichung eines Höherstaus, also die Erhöhung des Freibordes, erbracht werden kann. Denselben Effekt kann auch eine Absenkung der Auslaufschwelle herbeiführen, wobei durch den Einbau von Schützen gar das aktuelle Stauziel beibehalten werden kann.

Als weitere Massnahmen zur Kapazitätserhöhung können die Verlängerung der Überfalllänge bei freien Überfällen und/oder die Anwendung von hydraulisch optimaleren Profilen genannt werden. Dabei kommen bei ersterer hauptsächlich das Hinzufügen von zusätzlichen Überfallsektionen, das Entfernen von Mittelpfeilern oder der Einbau eines

Labyrinthwehres zum Zuge. Bei der letzteren Massnahme können, vor allem bei älteren Anlagen, durch die Anwendung von hydraulisch optimierten Formgebungen beim Einlauf und dem Überfallrücken oft erhebliche Kapazitätsgewinne erzielt werden. Dazu sind jedoch in den meisten Fällen Modellversuche notwendig.

Eine Anwendung solcher kapazitätssteigernder Massnahmen wurde beispielsweise bei der Staumauer Contra [2] realisiert, wo die Abflusskapazität einerseits durch die Ermöglichung des Höherstaus und andererseits durch die Anwendung von hydraulisch optimierten Formgebungen beim Skisprung erhöht wurde.

2.2.2 Behebung von konstruktiven Mängeln

Ein Umbau oder eine Anpassung der Hochwasserentlastung wird oft auch zur Behebung von konstruktiven Mängeln erforderlich, welche im Hochwasserfall die Funktionstüchtigkeit der Anlage gefährden können. In vielen Fällen müssen dabei zur Behebung der Verklausungsgefahr die Abflussöffnungen vergrössert werden (z.B. durch die Entfernung von Pfeilern) oder es müssen alte, umständlich zu bedienende Verschlusseinrichtungen ersetzt werden. Ebenfalls werden teilweise Anpassungen zur Verhinderung von Kavitation, Erosion und Kolk notwendig.

Als berühmtes Beispiel für einen Umbau in dieser Art kann die Staumauer Palagnedra [3] gelten, wo nach der Beinahe-Katastrophe im Jahre 1978 die Pfeiler zur Verhinderung einer (erneuten) Verklausung entfernt wurden. Gleichzeitig wurde dadurch und durch die Erhöhung des Freibordes eine Steigerung der Abflusskapazität erreicht.

2.3 Bau einer zusätzlichen Hochwasserentlastungsanlage

Für den Fall, dass die erforderliche Kapazitätssteigerung, die die durch Retentionserhöhung, Umbau- oder Anpassungsmöglichkeiten an der bestehenden Entlastungsanlage erreichbaren Grenzen übersteigt, oder die bestehende Anlage eine sinnvolle Anpassung nicht erlaubt (z.B. bei Saughebern), muss in den meisten Fällen eine neue, zusätzliche Hochwasserentlastungsanlage erstellt werden. Meistens wird dabei, wie im Fall der Staumauer Räterichsboden, eine unabhängige Entlastungsanlage mit eigenem Überfallbauwerk, Transportgerinne und Wasserrückgabebauwerk erstellt. Es versteht sich von selbst, dass eine solche Lösung in wirtschaftlicher Hinsicht natürlich wesentlich aufwendiger ist als eine entsprechende Anpassung einer bestehenden Anlage. Auf der anderen Seite besteht dabei aber die Möglichkeit, eine moderne Anlage zu erstellen, welche nicht nur den aktuellen Bemessungs- und Sicherheitskriterien entspricht, sondern oft auch einen wesentlich einfacheren Betrieb erlaubt.

2.4 Kontrolliertes Überströmen von Talsperren

Als weitere Möglichkeit zur sicheren Ableitung von Hochwassern kann unter Umständen auch ein Überströmen der Talsperre in Betracht gezogen werden. Dabei wird ein bestimmter Teil der Talsperre zur Kapazitätssteigerung als «zusätzliches Hochwasserentlastungsorgan» definiert, in welchem Wasser über die Krone und den Talsperrenrücken ins unterliegende Fliessgerinne weitergeleitet wird. Dies ist allerdings nicht bei allen Sperren ohne weiteres akzeptierbar, da, insbesondere bei Dämmen, ein zusätzliches Sicherheitsrisiko entstehen kann. Wie Bild 6 zeigt, sind auch rund 80 % der erfassten Talsperrenbrüche durch Überströmen bei Dämmen erfolgt, was die genannten Vorbehalte bestätigt.

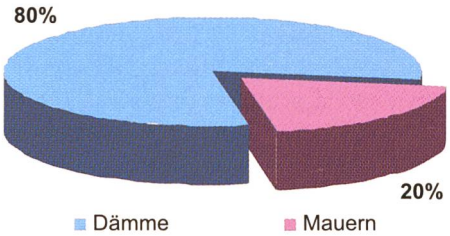


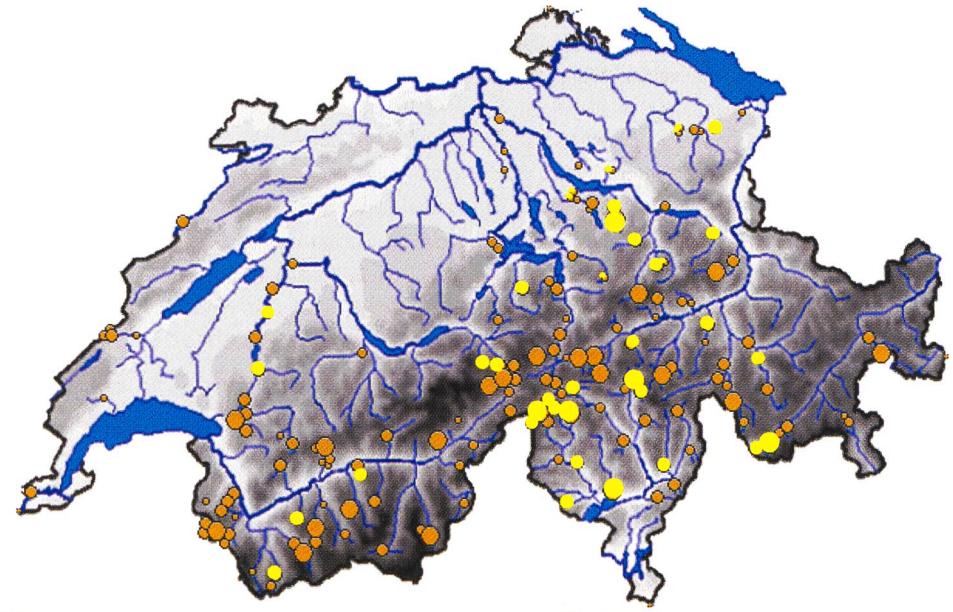
Bild 6. Talsperrenbrüche durch Überströmen: Aufteilung auf Dämme und Mauern [4].

Bei Mauern, insbesondere Betonsperren, wird ein Überströmen in der Regel akzeptiert, falls dabei durch die zu vernichtende Energie keine Stabilitätsprobleme an den Flanken oder am Mauerfuss hervorgerufen werden können. Somit wird ein Überströmen wohl nur bei Talsperren mit relativ bescheidener Höhe und bei Extremereignissen mit einem mässigen «Überströmungsabfluss» in Betracht gezogen werden können. Als schweizerische Beispiele dafür gelten unter anderen die Talsperren Oberaar und Vieux Emosson. Während bei der Oberaarsperre das Überströmen der Mauer bei Extremereignissen in der Berechnung einbezogen ist, wurde bei der Talsperre Vieux Emosson gar gänzlich auf die Erstellung einer Hochwasserentlastung verzichtet, da dort die auftretenden – bescheidenen – Hochwasser unschädlich über die Mauer abgeleitet werden können.

Anders hingegen verhält es sich bei den Dämmen, wo ein Überströmen nur in Ausnahmefällen und bei vorwiegend kleineren Konstruktionen in Betracht gezogen werden kann. Im Gegensatz zu den Mauern stellt sich hier das Problem der Erosion nicht nur am Mauerfuss, sondern auch beim Überlauf und auf dem Dammrücken (Transportgerinne). Es sind also, zusätzlich zum Schutz des Mauerfusses, spezielle Massnahmen auch im überströmten Bereich des Dammkörpers gefordert. Im Wesentlichen kommen dabei Massnahmen zum Einsatz, welche einerseits den Dammkörper vor den Erosionskräften schützen, andererseits aber auch eine Verringerung der Fliessgeschwindigkeiten, also eine vermehrte Energieumwandlung im Transportgerinne, zur Folge haben, damit die am Mauerfuss umzuwandelnde Energie möglichst reduziert wird. Diesbezüglich kann als Beispiel der Sülibachweiher im Kanton Zürich [5] genannt werden, wo das Hochwasser in einem mit Betonsteinen versehenen (Schutzeinrichtung) und grasbewachsenen (kontinuierliche Energievernichtung) Transportgerinne über den Dammrücken zum Tosbecken abgeleitet wird.

2.5 Einbau einer Sollbruchstelle

Ist die geforderte Hochwassersicherheit bei einer bestehenden Anlage nur für die Extremereignisse nicht erfüllt, kann das Problem eventuell durch den Einbau einer Sollbruchstelle gelöst werden. Dabei bricht oder kollabiert, beim Erreichen eines bestimmten Hochwasserstandes im Speicher, eine vordefinierte Zone und gibt so eine zusätzliche Öffnung zur Ableitung des Hochwassers frei. Dieser Bruch oder Kollaps erfolgt kontrolliert, also ohne Schaden für Talsperre und Unterlieger, und ermöglicht einen sprunghaften Anstieg der Ableitkapazität. Als zu «opfernde Zonen» werden meistens kontrolliert erodierbare Dämme oder aber kippbare Betonelemente eingesetzt. Es versteht sich von selbst, dass solche Sollbruchstellen nur bei extremen Ereignissen anspringen sollten, da die Wiederherstellung des Ausgangszustandes mit erheblichem Aufwand verbunden ist. Für den Fall, dass ein Hochwasser den kritischen Seestand nicht erreicht, kann mit dieser Umbaumöglichkeit aber zusätzliches Wasser zurückgehalten werden, was einerseits vom Hochwasserschutz, andererseits aber auch von der Nutzung her interessant erscheinen mag. Dennoch werden solche Sollbruchstellen eher selten angewendet, da bei der Aktivierung einer solchen – ähnlich einem Siphon – ein plötzliches starkes Anschwellen der abfliessenden Wassermenge entsteht und da die Bemessung und Ausbildung von kontrolliert erodierbaren Dämmen nicht einfach durchzuführen ist [6]. In der Schweiz kann als Beispiel die Hochwasserentlastungsanlage



Talsperre unter Bundesaufsicht mit umgebauter/angepasster oder umzubauender Hochwasserentlastung (46)

Talsperre unter Bundesaufsicht (160 gemäss *www.swissdams.ch*)

Bild 7. Talsperren unter Bundesaufsicht mit Darstellung der umgebauten oder umzubauenden Hochwasserentlastungen.

Montsalvens erwähnt werden, wo eine Sollbruchstelle mittels kippbarer Betonelemente (Hydroplus) eingebaut wurde [7].

2.6 Erstellen einer Bresche oder Abbruch der Sperre

Fordert die Herstellung der Hochwassersicherheit bei einer bestehenden Anlage einen – im Vergleich zum Nutzen – zu grossen Kostenaufwand, kann zur Entschärfung des Hochwasserproblems natürlich auch eine Einschränkung oder gar Aufgabe des Betriebs der Anlage in Betracht gezogen werden. Durch die Erstellung einer Bresche oder eines Teilabbruchs kann das Stauziel abgesenkt werden, wodurch sich, wie oben gezeigt, ein grösserer Retentionsraum für den Hochwasserfall einstellt. Bei Aufgabe der Anlage wird generell der Weg für einen ungehinderten Abfluss im Hochwasserfall wiederhergestellt. Als Beispiele für diese Fälle können der Baslerweiher und die Staumauer Chironico genannt werden [8]. Dabei wurde beim Baslerweiher das Stauziel abgesenkt und im Falle der Staumauer Chironico ein Verzicht auf die Nutzung, also eine entsprechende Ausserbetriebssetzung, der Anlage umgesetzt. Bei beiden handelt es sich aber um Einzelfälle von alten und problematischen Anlagen.

3. Umbauten von Hochwasserentlastungen in der Schweiz

Die Untersuchung an 180 Talsperren in der Schweiz hat gezeigt, dass bis zum Jahre 2000 bei insgesamt 54 Talsperren ein Umbau oder eine Anpassung der Hochwasserentlastungsanlage durchgeführt wurde oder in Planung ist. Wie Bild 7 zeigt, betreffen 46 davon Talsperren, welche unter Bundesaufsicht stehen.

In der Tabelle 1 sind einige charakteristische Eigenschaften dieser 180 untersuchten Talsperren dargestellt. Insgesamt wurde bei 45 von den 54 erfolgten Umbauten – also bei 83 % – ein Umbau aus Sicherheitsgründen notwendig. Bei den restlichen 9 Umbauten handelt es sich um betrieblich motivierte Anpassungen. Wie zu erwarten war, zeigt das berechnete mittlere Alter der umgebauten Anlagen, dass es sich dabei vorwiegend um ältere Talsperren handelt. Es erstaunt auch nicht weiter, dass solche sicherheitsbedingten Umbauten vermehrt bei Dämmen erforderlich wurden (40 % der Umbauten bei einem Anteil von 28 % an den untersuchten Sperren), da diese bekanntlich empfindlicher auf eine Überströmung reagieren. Der Vergleich zwischen der Alpensüd- und -nordseite lässt eine, in Bezug auf die Anzahl Talsperren minim grössere Anzahl von Umbauten auf der Südseite erkennen.

Die in der Schweiz erfolgten Umbauten aus Sicherheitsgründen sind in Bild 8 entsprechend den angewandten Massnahmen aufgeteilt. Dabei war bei rund 84 % eine Kapazitätssteigerung erforderlich und bei den restlichen 16 % musste die Hochwassersicherheit durch konstruktive Massnahmen – insbesondere zur Behebung der Verklausungsgefahr – verbessert werden.

Unter den kapazitätssteigernden Massnahmen wurde wohl aus wirtschaftlichen Gründen die Erhöhung der Retentionswirkung am meisten angewandt (38 %). Eine solche Massnahme ist mit geringem Aufwand durchzuführen und konnte oft in Kombination mit einer Kapazitätserhöhung der bestehenden Anlage (28 %) eine zufriedenstellende und immer noch relativ günstige Lösung darstellen.

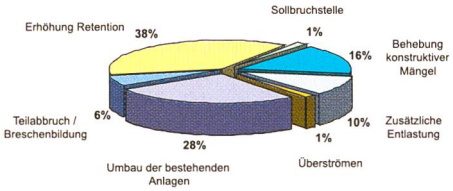


Bild 8. Umbauten von Hochwasserentlastungen: Aufteilung in Massnahmekategorien.

Eher weniger wurde dagegen der Neubau einer zusätzlichen Entlastungsanlage (10 %) angewandt, welche selbstverständlich mit einem grösseren finanziellen Aufwand verbunden ist. Mit 6 % ist der Anteil der Fälle mit Breschenbildung oder gar dem Verzicht auf die Nutzung der Anlage erstaunlich hoch. Es handelt sich dabei aber vorwiegend um alte kleine Dämme aus dem 19. Jahrhundert, bei welchen sich der Sanierungsaufwand nicht mehr lohnte. Praktisch vernachlässigbar ist die Anzahl der Umbauten (je 1%), welche den Massnahmekategorien «Sollbruchstelle» oder «Überströmen» zugeteilt werden können.

	untersuchte Talsperren in der Schweiz	Umbauten der Hochwasserentlastung		
		Total	aus Sicherheitsgründen	aus betrieblichen Gründen
untersuchte Talsperren	180	54	45	9
Mittlerer Jahrgang	1949	1929	1928	1937
Mittleres Alter	52	72	73	64
Talsperren auf der Alpennordseite	144	38	32	6
Talsperren auf der Alpensüdseite	36	16	13	3
Betonsperren	129	36	28	8
Dämme	51	18	17	1

Tabelle 1. Untersuchte und umgebaute Hochwasserentlastungen.

4. Schlussfolgerungen

Wie die obigen Ausführungen gezeigt haben, kann sich die Hochwassersicherheit im Laufe des Lebens einer Talsperre verändern. Demzufolge muss eine Anlage periodisch einer neuen Hochwasser-Sicherheitsüberprüfung unterzogen werden, welche, falls negativ ausgehend, natürlich entsprechende Anpassungen oder gar einen Um- oder Neubau verlangt. Selbstverständlich ist eine solche Arbeit mit Kosten für den Betreiber verbunden. Es versteht sich deshalb von selbst, dass die optimale Lösung jeweils durch Optimierung zwischen finanziellem Aufwand und Gewährleistung der geforderten Sicherheit für jede Talsperre individuell zu suchen ist.

Literatur

[1] Hochwasserschäden an Talsperren, *Niklaus Schnitter*, wasser, energie, luft – eau, énergie, air, 84. Jahrgang, 1992, Heft 11/12.

[2] Increasing the spillway capacity of the Contra dam, *R. Bremen, P. F. Bertola*, Dix-huitième Congrès des Grands Barrages, Durban, 1994, Q.68/R.27.

[3] Palagnedra, *Ernst Zurfluh*, Swiss Dams – Monitoring and Maintenance, Publikation des Schweizerischen Nationalkomitees für grosse Talsperren 1985.

[4] Dams that have failed by flooding: an analysis of 70 failures, *F. Lempérière*, Water Power & Dam Construction, September/October 1993.

[5] Sanierung Sülibachweiher, Bau einer grasbewachsenen Hochwasserentlastung, *Rolf Eichenberger*, wasser, energie, luft – eau, énergie, air, 86. Jahrgang, 1994, Heft 1/2.

[6] Selection of the spillway type giving special attention to safety aspects, *H. E. Minor, R. Schmidiger*, Seizième Congrès des Grands Barrages, San Francisco, 1988, Q.63/R.20.

[7] Rehabilitation of the Montsalvens dam, *D. Goillard, R. Bremen, S. Chevalier*, International Symposium on new trends and guidelines on dam safety, Barcelona 17.–19. June 1998.

[8] Digue du Baslerweiher, Barrage de Chironico, *René Viret,* Swiss Dams – Monitoring and Maintenance, Publikation des Schweizerischen Nationalkomitees für grosse Talsperren 1985.

[9] Dam Failures Statistical Analysis, ICOLD Bulletin N° 99, 1995.

[10] Zur Hochwassersicherheit von Talsperren, *Rudolf Biedermann*, wasser, energie, luft – eau, énergie, air, 78. Jahrgang, 1986, Heft 7/8.

Anschrift des Verfassers

Andres Fankhauser, p.a. Stucky Ingénieurs Conseils SA, Rue du Lac 33, Case postale, CH-1020 Renens.

Grosses Erdwärme-Kraftwerk im Raum Basel geplant

Energie aus dem Untergrund

■ *Margrit de Lainsecq*

Ein Geothermie-Kraftwerk im Raum Basel soll ab 2006 Strom und Wärme für 5000 Haushalte liefern. Nachdem die erste Sondierbohrung positive Resultate gebracht hat, sind die Initianten jetzt auf Investorensuche.

Mit Tiefenbohrungen kennt sich Markus O. Häring aus. Er hat früher für Shell als Explorationsgeologe rund um die Welt nach Erdöl gesucht. «Mein Schlüsselerlebnis dabei war», erzählt der Geologe, «dass es in der Tiefe immer sehr heiss wurde – unabhängig davon, ob wir dabei auf Öl stiessen oder nicht.» Von dieser Erfahrung war es nicht weit bis zur Idee, statt nach fossiler Energie nach Erdwärme zu bohren.

Heute ist Häring Geschäftsleiter der Geothermal Explorers Ltd. Dieses Unternehmen plant bis 2006 im Raum Basel ein Geothermie-Kraftwerk, das 5000 Haushalte mit Energie aus der Tiefe versorgen soll. Ihr erstes Etappenziel haben die Initianten inzwischen erreicht: Im Juni 2001 stiess die Bohrequipe bei der Sondierbohrung in 2,6 km Tiefe auf das kristalline Grundgestein. Dieses harte Gestein ist von Rissen durchsetzt, die das Team um Häring gezielt erweitern will. «Im rund 200 °C heissen Grundgestein entsteht so ein vernetztes System von Spalten und Klüften, durch das sich unter Druck stehendes, kaltes Wasser leiten und erhitzen lässt», erklärt der Geologe. Das Hot-Dry-Rock-Verfahren – so der Fachausdruck – ist in einem EU-Projekt im nahen Elsass bereits erfolgreich getestet worden. Etwa 170 °C heiss wird das Wasser nach der Reise durch den Untergrund wieder zutage gefördert. Diese Temperatur reicht aus, um einen Turbinenkreislauf zu betreiben und so neben Heizwärme auch Strom zu erzeugen.

Als nächster Projektschritt steht in Basel jetzt die Realisierung eines 5 km tiefen Bohrlochs an. Die bisherigen Geldgeber, zu denen das Bundesamt für Energie, Kanton, Stadt, die Industriellen Werke Basel (IWB) und eine Stiftung gehören, werden wiederum einen Teil der dafür nötigen Mittel aufbringen. Daneben sind die Initianten auf der Suche nach privaten Investoren. Inklusive Anschluss an das Fernwärmenetz der IWB, in das die Wärme eingespeist werden soll, sind für das geplante Kraftwerk zusätzlich zu den bisher investierten 6 Millionen Franken annähernd 80 Millionen nötig. Trotz dem grossen Kapitalbedarf ist Häring überzeugt, dass das Kraftwerk zustande kommt. Dank der kombinierten Strom- und Wärmenutzung rechne sich das Projekt. Die Gestehungskosten pro Kilowattstunde Strom veranschlagen die Initianten auf 15 Rappen. Das ist tatsächlich ein attraktiver Preis für den umweltschonend erzeugten Ökostrom, der aus einer Quelle mit gigantischem Potenzial stammt: Unter jedem Quadratkilometer Bodenoberfläche steckt nach heutigen Erkenntnissen so viel Energie, dass man damit 15 000 Haushalte dauerhaft mit Strom und Wärme versorgen könnte.

Kontakt

Dr. *Markus O. Häring*, Im untern Tollacher 2, CH-8162 Steinmaur, Telefon 01 854 00 74, Internet: www.geothermal.ch

Anschrift der Verfasserin

Margrit de Lainsecq, Verlag CH-Forschung, c/o Oerlikon Journalisten AG, Gubelstrasse 59, CH-8050 Zürich.