Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 84 (1992)
Heft: 11-12

Artikel: Hochwasserschäden an Talsperren
Autor: Schnitter, Niklaus
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940593

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 20.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

- der zielgerichtete Einsatz, als komplementäre Untersuchungsmittel, von physikalischen und mathematischen Modellen
- eine möglichst grosse Flexibilität beim Einsatz der Institutsinfrastruktur, um das immer breiter gewordene Spektrum der gestellten Aufgaben abdecken zu können
- die Weiterbildung des Forschungspersonals auf breiter Basis
- der Informationsaustausch mit anderen, ähnlichen Forschungsanstalten (in der betrachteten Periode sind über 830 Publikationen, davon 114 VAW-Mitteilungen, erschienen).

Durch die gewonnenen Kenntnisse hat die hier beschriebene Forschungstätigkeit die Lehre sowie zahlreiche Dissertationen bereichert (zwischen 1970 und 1991 haben 45 Mitarbeiter eine Dissertation abgeschlossen).

Zusammenfassung

Den Bedürfnissen der Öffentlichkeit entsprechend, hat in den letzten 22 Jahren die Tätigkeit der VAW auf dem Gebiet der angewandten Forschung zugenommen. Immer mehr inländische Aufgaben mussten dabei gelöst werden.

Die heutigen Schwerpunkte dieser Forschung liegen nicht bei der Untersuchung grösserer, neu projektierter Wasserbauten, sondern bei der Aufwertung bestehender Anlagen respektive beim Schutz des Menschen und seiner Umwelt vor unerwünschten, hydraulisch bedingten Ereignissen.

Adresse des Verfassers: Dr.-Ing. *Félix Raemy,* Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zentrum, CH-8092 Zürich.

Hochwasserschäden an Talsperren

Niklaus Schnitter

Zusammenfassung

Die Analyse der weltweit rund 90 Brüche von nach 1900 erstellten Talsperren von über 15 m Höhe zeigt, dass etwa die Hälfte derselben durch Überflutung verursacht wurden. In 41 % dieser Fälle war die Hochwasserentlastung ungenügend dimensioniert. 21 % der Brüche erfolgten, weil die Entlastungsschützen nicht funktionierten. Weitere Bruchursachen waren Setzungen der Dammkrone, luftseitige Auswaschungen und Instabilität der Bauwerke bei ihrer Überflutung.

Résumé: Dommages causés aux barrages par les crues

L'analyse, au niveau mondial, de 90 ruptures de barrages de plus de 15 m de hauteur et construits après 1900 montre que près de la moitié des accidents sont consécutifs à des débordements. Dans 41 % de ces cas, le dimensionnement de l'évacuateur était insuffisant. 21 % des ruptures étaient dues au non-fonctionnement des vannes de l'évacuateur. D'autres causes étaient le tassement du couronnement, des érosions à l'aval et l'instabilité des ouvrages lors de leur submersion.

Summary: Flood damages to dams

The analysis of some 90 failures of over 15 m high dams worldwide built after 1900 shows, that almost half were due to overtopping. In 41 % of these cases the spillway was underdesigned. 21 % of the failures occured because of problems with spillway gate operation. Further failure causes were crest settlement, downstream erosion and instability due to overtopping.

1. Einleitung

Der schwerwiegendste und spektakulärste Schaden, den ein Hochwasser an einer Talsperre anrichten kann, ist, sie zum Einsturz zu bringen. Eine Analyse der weltweit rund 90 gut dokumentierten Brüche von nach 1900 erstellten Talsperren von über 15 m Höhe zeigt, dass rund die Hälfte derselben durch Überflutung verursacht wurden (Bild 1) [1]. Neun Zehntel davon betrafen Staudämme, die eine geringere Widerstandskraft gegen Überflutung aufweisen als Staumauern. Im Verhältnis zu den in Betrieb stehenden Sperren hat die Bruchhäufigkeit allerdings seit 1900 ständig abgenommen (Bild 2). Sie beläuft sich heute in Westeuropa auf rund einen Talsperrenbruch pro 10 000 Betriebsjahre oder fünfmal weniger als zu Beginn des Jahrhunderts. Die damals viel schlechteren Ergebnisse in den USA dürften nicht nur auf die Unbekümmertheit der Pionierzeit zurückgehen, sondern auch auf die freimütige Berichterstattung über solche Unfälle.

2. Unterschätzung des Hochwasserzuflusses

Für vier Fünftel der Talsperrenbrüche infolge Überflutung liegen detaillierte Berichte vor. Die weitaus häufigste Ursache (41 %) war die Unterschätzung des Hochwasserzuflusses und eine entsprechend ungenügende Bemessung der Entlastungsanlage. Auf dieses hydrologische Problem ist in letzter Zeit auch in der Schweiz oft eingegan-

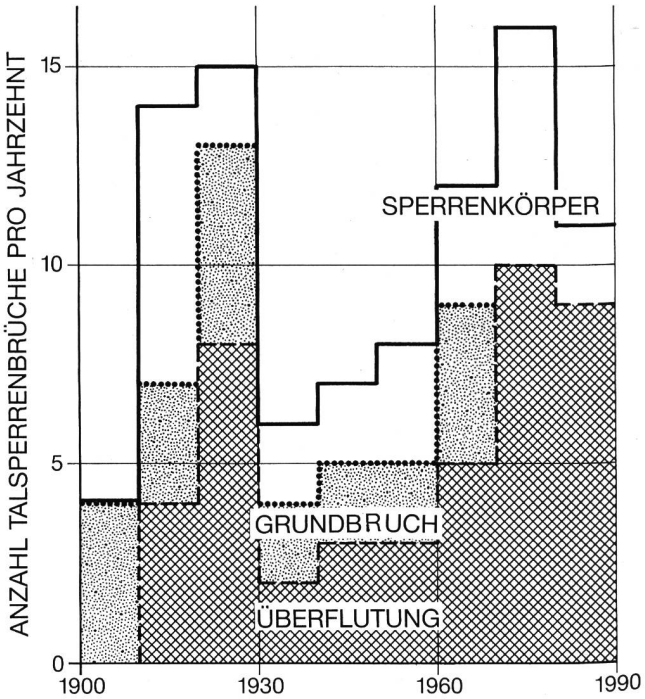

Bild 1. Brüche von seit 1900 in der ganzen Welt erstellten Talsperren von über 15 m Höhe, sortiert nach Bruchursache (ohne Brüche während des Baues oder infolge Kriegshandlungen und ohne Absetzbecken).

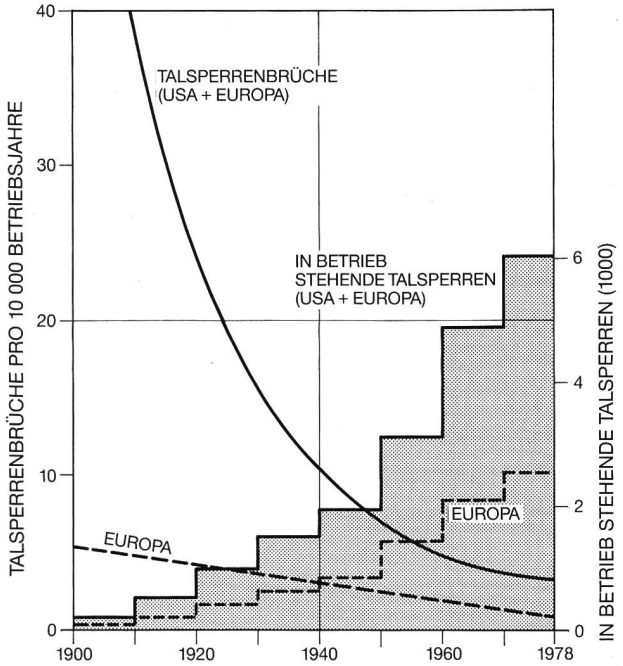

Bild 2. Bruchhäufigkeit der seit 1900 in den USA und Westeuropa erstellten Talsperren von über 15 m Höhe (Ostgrenze von Westeuropa: Italien, Österreich, CSFR, Deutschland, Finnland; ab 1978 fehlen Angaben aus den USA über 15 bis 30 m hohe Sperren).

gen worden, weshalb hier lediglich an die verschiedenen Nachrüstungen von Hochwasserentlastungen erinnert sei [2].

3. Nichtbetätigung von Schützen

Der zweithäufigste Grund (21 %) für tödliche Überflutungen von Talsperren war die Nichtbetätigung der Schützen von Entlastungsanlagen, wie dies vor Jahresfrist in Rumänien wegen Stromausfalls geschah [3]. Ein solcher spielte auch eine Rolle bei der höchsten bisher infolge Überflutung gebrochenen Sperre, dem über 74 m hohen Bewässerungsdamm Tous bei Valencia in Spanien [4]. In den 1960er Jahren als Gewichtsmauer begonnen, wurde sein Mittelteil 1977 als Steindamm vollendet. Schwere Niederschläge füllten am 20. Oktober 1982 rasch den 60-Mm^3-Speicher, so dass die drei Segmentschützen der Hochwasserentlastung gehoben werden sollten. Doch dazu fehlte Strom aus dem Netz, und von den zwei Notstromgruppen befand sich eine in Reparatur, während die andere nicht gestartet werden konnte. Mit ihrem Handantrieb liessen sich die Schützen nicht rasch genug heben, so dass das Schicksal seinen Lauf nahm (Bild 3). Glücklicherweise konnte die unterliegende Bevölkerung weitgehend evakuiert werden, so dass nur ein Dutzend Todesopfer zu beklagen waren.

Keine Toten verursachte rund sechs Jahre zuvor ein ähnlicher Unfall 300 km nördlich von São Paulo in Brasilien [5]. Die Bedienungsmannschaft für die zwei Segmentschützen der Hochwasserentlastung am 60 m hohen Erddamm E. da Cunha hatte am 19. Januar 1977 die Sperre zum Mittagessen verlassen, doch als sie zurückkehren wollte, war die Zufahrtsstrasse wegen der heftigen Regenfälle bereits unpassierbar. So nahm auch in diesem Fall das Schicksal seinen Lauf bei geschlossenen Schützen. Das etwa ihrem Entlastungsvermögen entsprechende Hochwasser überflutete den Damm und brachte ihn am nächsten Tag auf 40 % seiner Länge von 343 m zum Einsturz. Die dadurch verursachte Flutwelle ergoss sich in den untenliegenden Speicher und durchbrach dessen 41 m hohen Erddamm A. de Salles Oliveira. Solche Kettenreaktionen treten übrigens in der Talsperrenbruchstatistik 1900 bis 1990 noch weitere zweimal auf und machen somit 9 % der Überflutungsfälle aus.

4. Setzungen der Dammkrone

In die Verantwortungsbereiche der Projektverfasser und der Betreiber fallen die Überflutungen infolge Setzung der Dammkrone, welche 12 % der Brüche infolge Überflutung ausmachten. Dabei hatten die Projektverfasser offensichtlich das Setzungsmass der Dammbaustoffe unterschätzt, während die Betreiber dies nicht bemerkten, z. B. durch Nivellemente entlang der Dammkrone. Gelegentlich erfolgten solche Setzungen allerdings plötzlich, wie im Juni 1921 nach zehn Jahren Betrieb am 30 m hohen Schaeffer-Damm in Colorado mit einer Kernwand aus Beton und Holz [1].

5. Auswaschungen

Bei 11 % der Brüche infolge Überflutung bewirkte diese luftseitige Auswaschungen, welche mindestens einen Teil der Sperre zum Einsturz brachten. Wie das beginnen kann, illustrieren die Bilder eines beherzten Fotografen anlässlich der Abnahmeversuche im Juli 1963 an der Hochwasserentlastung der Bogenstaumauer Sufers am Hinterrhein, als ein Felspaket talseits des Endes der Ablaufrinne abstürzte (Bild 4). Dies, weil der entstandene Gischt die vertikalen Felsklüfte mit Wasser füllte. Durch die starke Durchnässung wurden auch die Stützmauern der gegenüberliegenden alten San-Bernardino-Strasse zum Einsturz gebracht, die noch als Zufahrt zur Dotier-

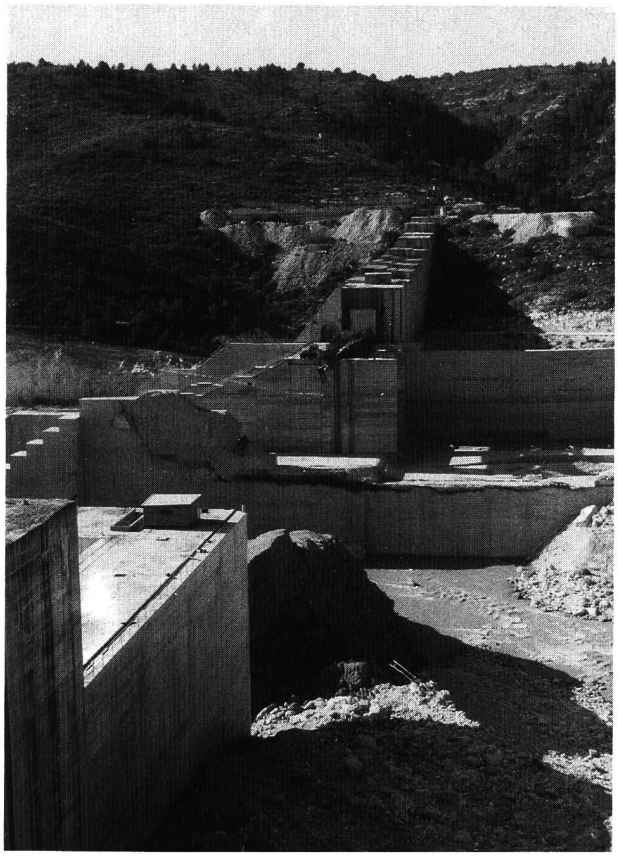

Bild 3. Blick vom linken Kronenende auf die gebrochene Sperre von Tous bei Valencia in Spanien (Foto *D. E. Pradel,* Los Angeles/CA).

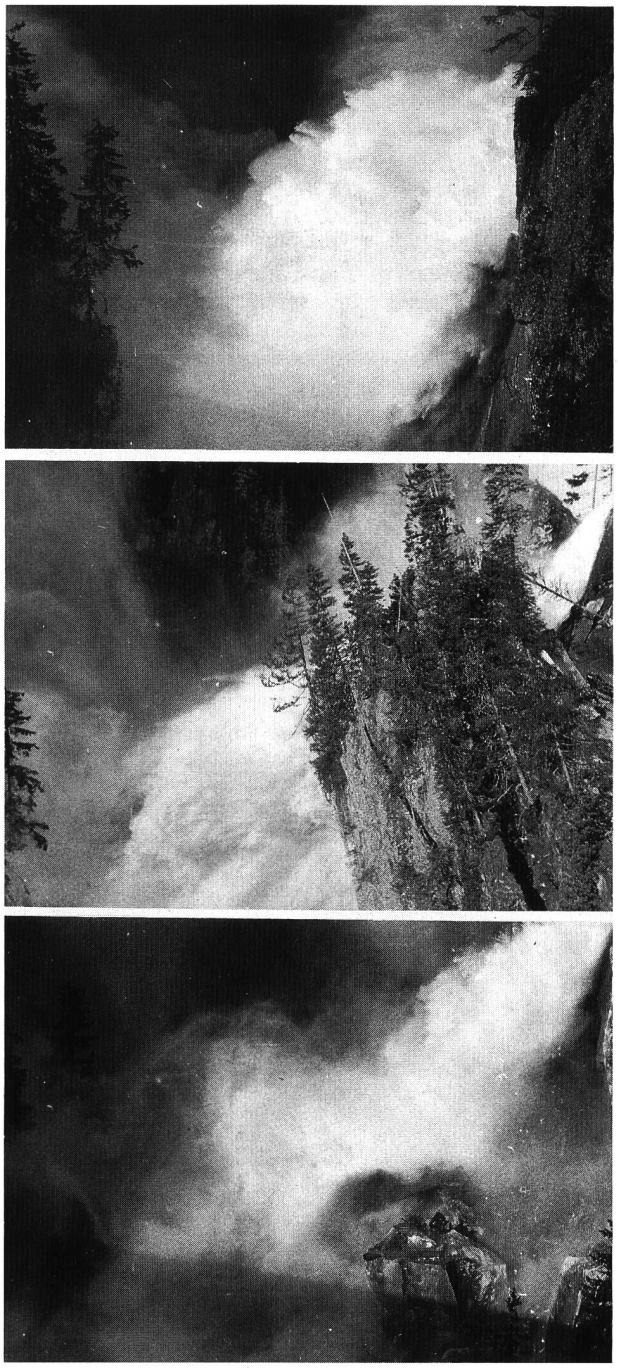

Bild 4. Absturz eines Felspaketes unterhalb der Hochwasserentlastung der Bogenstaumauer Sufers am Hinterrhein anlässlich der Abnahmeversuche im Juli 1963 (Foto *O. Assmann,* Hard/A).

zentrale am Mauerfuss gebraucht und auch wiederhergestellt wurde.

Besonders erosionsgefährdet waren Hochwasserentlastungen, welche über Erd- oder Steindämme geführt wurden. Zum Verhängnis wurde dies z. B. am 3. Mai 1929 dem 18 m hohen Erddamm Balsam in New Hampshire [1]. Näher gelegen ist der 1832 erstellte, 20 m hohe Damm am Sülibach bei Bauma im Zürcher Oberland, der im Sommer 1984 infolge Verstopfung des Einlaufs zur über ihn geführten Entlastung knapp einem ähnlichen Schicksal entging. Inzwischen wurde die Anlage aufgrund neuester Erkenntnisse saniert, wie sie z. B. *Bosshard* kürzlich mit Unterstützung des Schweizerischen Nationalkomitees für Grosse Talsperren und der Versuchsanstalt für Wasserbau an der ETHZ zusammengestellt hat [6].

Im internationalen Rahmen an Bedeutung gewonnen haben die Kavitationsschäden an den Ablaufrinnen von Hochwasserentlastungen, weil die spezifischen Abflussmengen pro Meter Breite und die Fliessgeschwindigkeiten in ihnen stark zugenommen haben infolge der durch stets höhere Sperren zu beherrschenden, stets grösseren Flussgebiete. Gemessen an der in der Entlastungsanlage umzusetzenden Energie, dürfte die 196 m hohe Talsperre Itaipù an der brasilianisch/paraguayischen Grenze mit 54 000 MW der Spitzenreiter sein. Das entspricht über viermal der in allen Schweizer Wasserkraftwerken installierten Leistung. Unter tatkräftiger Mitwirkung der Versuchsanstalt für Wasserbau an der ETHZ hat man inzwischen spezielle Belüftungsvorrichtungen zur Beherrschung der Kavitation entwickelt.

6. Instabilitäten

Bei den letzten 6% der Talsperrenbrüche infolge Hochwassers bewirkte dieses eine Instabilität entweder der Sperre selbst oder ihrer Entlastungsanlage. Typisch dafür war die 27 m hohe Gewichtsstaumauer Tigra im zentralindischen Staat Madhya Pradesh, welche bei nur 0,8 m Überflutung am 4. August 1917 in einzelne Teile auseinanderglitt wie 17 Jahre zuvor die 1893 fertiggestellte Gewichtsstaumauer Austin in Texas [1].

Die rund 40%ige Überlastung der kleineren der zwei Gewichtsstaumauern Zerbino, 30 km nordwestlich von Genua, anlässlich ihrer Überflutung am 13. August 1935 brachte sie zusammen mit luftseitigen Auswaschungen zum Einsturz [1]. Die primäre Bruchursache war allerdings das ungenügende Ableitvermögen der Hochwasserentlastung angesichts des unerhörten spezifischen Zuflusses von 20 $m^3/s\ km^2$ aus dem Einzugsgebiet von 141 km^2 Fläche.

Literatur

[1] Lessons from Dam Incidents/Leçons tirées des accidents de barrage. Com. int. grands barrages, Paris 1974; Lessons from Dam Incidents USA (2 vol.), Amer. Soc. Civil Engrs., New York 1975 and 1988.

[2] *R. Biedermann:* Zur Hochwassersicherheit von Talsperren. «wasser, energie, luft» 1986, S. 137–142.

[3] *A. Diacon, D. Stematiu* and *N. Mircea:* An Analysis of the Belci Dam Failure. «Int. Water Power & Dam Construction» Sept. 1992, p. 67–72.

[4] *J. L. Utrillas, A. Gamo* and *A. Soriano:* Reconstruction of the Tous Dam. «Int. Water Power & Dam Construction». Sept. 1992, p. 55–65.

[5] Brazilian Dam Failures, a Preliminary Report. «Int. Water Power & Dam Construction», Oct. 1977, p. 51–53 and March 1978, p. 5.

[6] *M. Bosshard:* Überflutbarkeit kleiner Dämme. Versuchsanstalt für Wasserbau an der ETHZ, Zürich 1991.

Adresse des Autors: Dipl. Ing. ETHZ *Niklaus Schnitter,* Fleinerweg 4, CH-8044 Zürich.

Vortrag an der Tagung des Schweiz. Nationalkomitees für Grosse Talsperren vom 3./4. September 1992 in Vulpera/GR.