Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 93 (2001)
Heft: 3-4

Artikel: Abschätzung von Dammbruchflutwellen für kleinere Stauanlagen
Autor: Müller, Rudolf W.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-939877

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: 23.08.2025

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

Abschätzung von Dammbruchflutwellen für kleinere Stauanlagen

■ *Rudolf W. Müller*

1. Einleitung

Anfang 1999 ist die Stauanlagenverordnung (StAV) [1] in Kraft gesetzt worden. Sie hat die Talsperrenverordnung aus dem Jahre 1957 abgelöst. Den Bestimmungen der StAV unterstehen Stauanlagen, (1) deren Stauhöhe mehr als 10 m beträgt, oder (2) die bei mindestens 5 m Stauhöhe einen Stauraum von mehr als 50 000 m^3 aufweisen. Die Verordnung gilt aber auch für Stauanlagen (3) mit geringeren Ausmassen, sofern sie eine besondere Gefahr für Personen und Sachen darstellen. Will man nun beurteilen, ob eine Stauanlage eine besondere Gefahr darstellt, muss man die Auswirkungen der im Falle eines Dammbruches durch die austretenden Wassermassen entstehenden Flutwelle kennen.

Die Durchführung von dazu erforderlichen Flutwellenberechnungen ist selbst für kleinere Stauanlagen verhältnismässig aufwendig und anspruchsvoll. Wenn es sich aber lediglich darum handelt, an einzelnen vorgegebenen Stellen unterhalb einer Stauanlage (zum Beispiel bei einem Haus oder einer wichtigen Strasse) die Grösse der Überflutung zu bestimmen, ist der Einsatz von einfachen und rasch durchzuführenden Berechnungsverfahren von Interesse. Insbesondere ist dies der Fall, wenn innert nützlicher Frist eine grössere Anzahl von kleineren Stauanlagen daraufhin beurteilt werden soll, ob für diese das Kriterium der besonderen Gefahr erfüllt ist oder nicht.

2. Bruchszenarien

Grundsätzlich wird für die Abschätzung der Flutwelle von einem plötzlichen Bruch der Stauanlage ausgegangen. Für die Grösse der entstehenden Bresche wird zwischen Betonmauern und geschütteten Dämmen unterschieden. Bei Bogenmauern wird ein vollständiger Momentanbruch der Mauer angenommen. Die gleiche Annahme ist auch bei Gewichtsmauern üblich. Gegebenenfalls, wenn die Mauerlänge gegenüber der Mauerhöhe sehr gross ist, kann für die Bresche auch ein Mehrfaches der Blockbreite gewählt werden. Bei geschütteten Dämmen (Bild 1) ist eine gebräuchliche Annahme eine trapezförmige Bresche mit einer Sohlenbreite entsprechend der doppelten Breschen- bzw. Wassertiefe und mit seitlichen Böschungsneigungen von 45°. Wehre werden ähnlich wie Gewichtsmauern behandelt; der Bruch wird,

Bild 1. Ausbildung einer trapezförmigen Bresche infolge Bruchs eines Erddammes (Pianboglio, I).

je nach konstruktivem Konzept der Konstruktion (rahmenförmiges oder aufgelöstes Tragwerk), vollständig oder partiell angenommen.

Der Ausfluss aus einer Bresche kann nach [2] mit Hilfe von einfachen Formeln abgeschätzt werden. Je nach Breschenform ergibt sich der Initialabfluss aus Bild 2.

Für die Abschätzung des Breschenabflusses sind zahlreiche weitere Formeln aufgestellt worden. Eine Zusammenstellung findet sich im ICOLD-Bulletin Nr. 111: Dam-Break Flood Analysis [4].

3. Eindimensionale Berechnungsverfahren

Wird das Abflussgebiet unterhalb einer Stauanlage durch eine lang gezogene, klar begrenzte Talform gebildet, die sich mit einer Abfolge mehr oder weniger ähnlich geformter Querschnitte modellieren lässt, kann die Flutwellenberechnung mit eindimensionalen Verfahren durchgeführt werden. Im Einsatz sind dazu verschiedene Computerprogramme, die zum Teil auf langjährige Erfahrung in der Anwendung zurückblicken können. Mit den heutigen rechnerischen Möglichkeiten können als topografische Grundlage digitale Geländemodelle verwen-

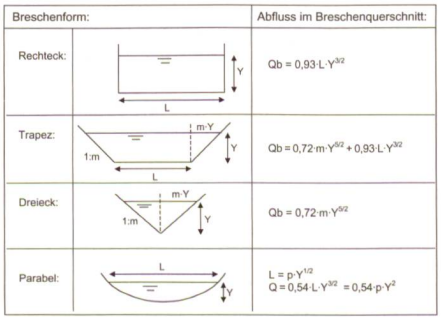

Bild 2. Abflussmengen in der Bresche im Moment des Bruchs für verschiedene Formen des Breschenquerschnitts nach [2].

det werden, was dann auch, mit einem gewissen Aufwand, die Erstellung von Überflutungskarten zur Notfallplanung für das untersuchte Gebiet erlaubt.

Wird hingegen lediglich die Überflutung an einzelnen Stellen gesucht oder muss man aus Dringlichkeitsgründen die durch die Überflutung bedrohten Gebiete unverzüglich kennen, so wird man eher auf einfachere Berechnungsmethoden zurückgreifen. 1978, beispielsweise, hat das französische Centre technique du génie rural des eaux et des forêts (CTGREF) ein solches Verfahren [2] publiziert, welches sogar von Hand oder in seiner Computerversion CASTOR [3] mit dem PC durchgeführt werden kann. Dabei ist die Kenntnis von ein paar wenigen Grunddaten erforderlich, und zwar:

a) bei der Stauanlage:
- Volumen der Stauhaltung
- Länge der Stauhaltung
- Grösse und Form der Bresche
- Kote des Breschenfusspunktes

b) an der Stelle, wo die Überflutung gesucht wird:
- Distanz von der Stauanlage
- Querschnittsform des Tales
- Kote *z* des tiefsten Punktes im Querschnitt (für die Bestimmung des totalen Höhenunterschieds zwischen diesem und dem Breschenfusspunkt)
- lokales Gefälle des Talwegs.

Mit diesen wenigen Angaben, die sich zum grössten Teil aus der topografischen Karte entnehmen lassen, können unter Zuhilfenahme von einfachen Formeln und Diagrammen die interessierenden Werte für Wassertiefe *h* und Fliessgeschwindigkeit *v* gut bestimmt werden.

Anhand einer kleineren Stauanlage wurden die Resultate einer solchen eindimensionalen Flutwellenabschätzung mit anspruchsvolleren Berechnungsmethoden verglichen. Für den Baslerweiher SO, der eine Höhe von 9 m und ein Stauvolumen von 150 000 m^3 aufweist, wurde die Flutwelle mit der einfachen CTGREF-Methode, dem ebenfalls eindimensionalen Charakteristiken-Verfahren FWB nach Chervet & Dallèves [5] sowie einem zweidimensionalen Berechnungsverfahren FLUMEN nach Beffa durchgerechnet. Die Übereinstimmung der Ergebnisse war sehr zufriedenstellend wie aus dem Vergleich der resultierenden Energielinienkoten ELA in Bild 3 hervorgeht.

Berechnungsverfahren	Profil nach 300 m	Profil nach 550 m	Profil nach 1000 m
CTGREF	Q_{max} = 950 m³/s ELA = 551,3 m ü.M.	Q_{max} = 810 m³/s ELA = 548,3 m ü.M.	Q_{max} = 750 m³/s ELA = 542,7 m ü.M.
FWB (Charakteristiken-Methode)	Q_{max} = 950 m³/s ELA = 551,6 m ü.M.	Q_{max} = 840 m³/s ELA = 548,3 m ü.M.	Q_{max} = 715 m³/s ELA = 542,2 m ü.M.
FLUMEN (2D-Verfahren)	ELA = 551,2 m ü.M.	ELA = 548,1 m ü.M.	ELA = 542,0 m ü.M.

Bild 3. Vergleich der Ergebnisse von drei Berechnungsverfahren für die gleiche Flutwelle. Q_{max} entspricht dem Maximalabfluss, und ELA stellt die Kote der Energielinie dar (ELA = $z+h+v^2/2g$).

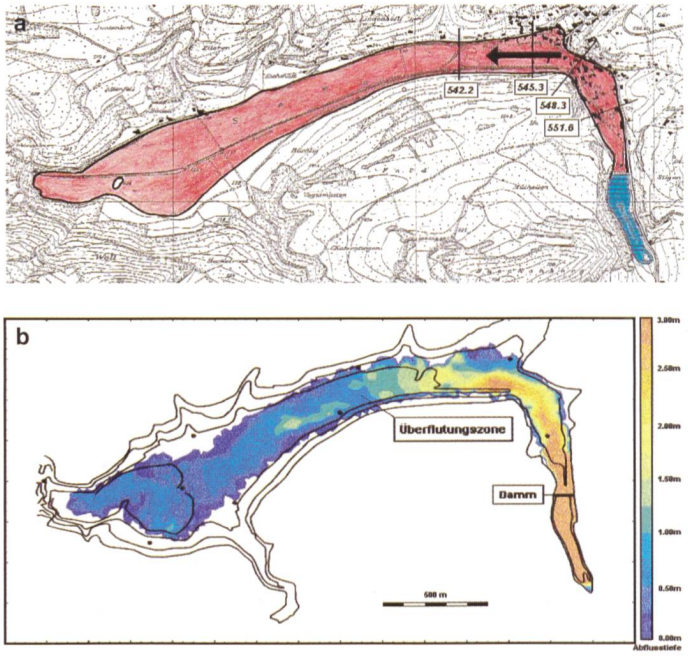

Bild 4. Flutwellendarstellung für dieselbe Stauanlage aus einer a) eindimensionalen und b) zweidimensionalen Berechnung. In der oberen Darstellung wurde das überflutete Gelände mit Angabe der Energielinienkote einheitlich schraffiert, in der unteren sind die Abflusstiefen mit unterschiedlicher Farbgebung gekennzeichnet.

4. Zweidimensionale Berechnungsverfahren

Weist das Abflussgebiet keine ausgeprägte Talform mit vorgegebener Fliessrichtung und gleichmässiger Fliessgeschwindigkeit über den gesamten Talquerschnitt auf, so werden die Anwendungsmöglichkeiten von eindimensionalen Berechnungsverfahren eingeschränkt oder verunmöglicht. Hier müssen zweidimensionale Verfahren eingesetzt werden, die aber nicht ohne einen grösseren Aufwand für Bearbeitung und Berechnung auskommen. Dafür lassen sich Geländeformen besser modellieren. Dies ist bei geringeren Abflusstiefen von einer gewissen Bedeutung, weil zum Beispiel kleinere Strassendämme oder andere lokale Erhebungen den Abfluss stark beeinflussen können. Als topografische Grundlage können digitale Terrainmodelle, wie beispielsweise das DTM-AV der Landestopografie, verwendet werden, benötigen aber je nachdem noch eine spezielle Bearbeitung und Verfeinerung. Die Verarbeitung dieser Datenmengen erfordert den Einsatz leistungsfähiger Computerprogramme und ist nicht innert kürzester Zeit durchführbar.

Die Darstellung der im obigen Vergleichsbeispiel untersuchten Flutwelle für den Baslerweiher zeigt Bild 4, als Ergebnis der eindimensionalen (oben) und der zweidimensionalen (unten) Berechnung.

Damit für eine kleinere Stauanlage, welche ein ebenes Abflussgelände aufweist, die Überflutungsgrössen im zweidimensionalen Fall ohne grossen Aufwand abgeschätzt werden können, wurde ein Verfahren mit Formeln und Grafiken entwickelt, das es erlaubt, an jeder gewünschten Stelle den spezifischen Abfluss, die Fliessgeschwindigkeit und die Abflusshöhe zu bestimmen. Dieses Verfahren ist im Beitrag Beffa [6] dargestellt. Dabei wird davon ausgegangen, dass sich der Abfluss aus der Bresche radial auf einer Ebene von gleichmässigem Gefälle in alle Richtungen ausbreiten kann. Die Anwendung dieses Verfahrens ist beispielsweise gedacht für Dämme in flachem Gelände, Längsdämme bei Flussstauhaltungen, Staubecken ausserhalb von Gewässern usw.

5. Schlussbemerkung

Es ist klar, dass mit den oben erwähnten stark vereinfachenden Flutwellenberechnungsverfahren nicht allzu grosse Genauigkeitsansprüche verbunden werden dürfen. Immerhin konnte mit Vergleichsberechnungen festgestellt werden, dass die Ergebnisse im Allgemeinen genügend brauchbar sind und den angestrebten Zweck erfüllen können, wenn es gilt, abzuschätzen, ob eine besondere Gefahr für die Unterlieger vorliegt, oder wenn in ausserordentlichen Lagen rasch eine Karte von überflutungsgefährdeten Gebieten zu erstellen ist, wie dies bei den Bergstürzen von Randa VS 1991 und Sandalp GL 1996 der Fall war, als sich hinter den Sturzmassen ein See aufzustauen begann, dessen Ausbruch innert kürzester Zeit nicht ausgeschlossen werden konnte, und deshalb die Kenntnis der damit verbundenen Auswirkungen dringlich war.

Solche einfachen Berechnungsmethoden können jedoch die aufwendigeren Flutwellenberechnungen nicht ersetzen, welche den topografischen Randbedingungen viel besser Rechnung zu tragen vermögen. Man denke dabei an abrupte Querschnitts- oder Gefällsänderungen, Schluchten, die mit ihrer Drosselung einen Rückstau erzeugen oder seitlich einmündende Täler, die einen Retentionseffekt zur Folge haben. Neuere Entwicklungen [7] berücksichtigen sogar Erosionseffekte mit Abtrag, Transport und Ablagerung des Bodenmaterials, was zum Beispiel besonders interessant ist für Flutwellenberechnungen von Bergsturzdämmen oder von Rückhaltebecken mit Sedimenten oder Absetzschlämmen.

Literatur

[1] Stauanlagenverordnung (StAV); Verordnung über die Sicherheit der Stauanlagen vom 7. Dezember 1998, SR 721.10.

[2] CTGREF (1978), Centre technique du génie rural des eaux et des forêts; Appréciation globale des difficultés et des risques entrainés par la construction des barrages; Note Technique N° 5.

[3] *Paquier A., Robin C.* (1997): CASTOR: Simplified Dam-Break Wave Model; Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 123, No. 8, August 1997, pp. 724–727.

[4] ICOLD (1998), Dam-Break Flood Analysis/ Etude d'onde de rupture de barrage; Bulletin 111; Commission Internationale des Grands Barrages, Paris.

[5] *Chervet A., Dallèves P.* (1970): Calcul de l'onde de submersion consécutive à la rupture d'un barrage; Schweizerische Bauzeitung, Vol. 88, Heft 19, pp. 420–432.

[6] *Beffa C.* (2001): Ein Parameterverfahren zur Bestimmung der flächigen Ausbreitung von Breschenabflüssen; wasser, energie, luft, Heft 3/4-2001, Baden.

[7] *Faeh R.* (1997): Numerische Simulation der Strömung in offenen Gerinnen mit beweglicher Sohle; Mitteilung Nr. 153 der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH, Zürich.

Adresse des Verfassers

Rudolf W. Müller, Bundesamt für Wasser und Geologie, Sektion Talsperren, Ländtestrasse 20, CH-2501 Biel/Bienne.