Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 80 (1988)
Heft: 9

Artikel: Hochwasser Bemessung und Ableitung bei Talsperren
Autor: Sinniger, Richard
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940742

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: 15.07.2025

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

Hochwasser Bemessung und Ableitung bei Talsperren

Richard Sinniger

So etwa lautet der frei übersetzte Titel der Frage 63, die im Zusammenhang mit dem 16. Internationalen Kongress für grosse Talsperren (ICOLD) behandelt wurde:

Vor dem Hochwasser die Informationsflut

Weit über tausend Kongressteilnehmer haben im Juni 1988 in San Francisco die eintägige Debatte über dieses Thema mitverfolgt, viele mögen den 157seitigen Hauptbericht (zweisprachig) von Prof. *M. Bouvard* gelesen haben, und einige nahmen es vielleicht auf sich, die 94 schriftlichen Beiträge auf 1619 Seiten zu studieren.
Bei dieser Fülle von Informationen mag sicher der eine oder andere in irgendeiner Aussage die Bestätigung seiner Theorie gefunden haben und nun getrost, ohne plagende Skrupel und Zweifel, weiterhin seiner Auffassung Treue halten. Andere wiederum mögen sich, nach ausdauerndem Studium der Kongressbeiträge, einmal mehr an die allzu bekannte Aussage vom armen Tor in Goethes Faust erinnern.
Beide Haltungen bilden wohl nicht die geeignete Voraussetzung, weitere Fortschritte in der Abschätzung möglicher extremer Hochwasserereignisse zu erzielen. Wie komplex diese Aufgabe nämlich ist, mag allein durch die Tatsache erhellt werden, dass die einen in ihren Beiträgen darlegen, wie das extreme Hochwasser zu berechnen sei, und die andern schildern in ihren Berichten, dass das tatsächlich stattgefundene Hochwasser dann doch grösser, ja gar viel grösser war als das vorhergesagte.
Ferner zeigen die erneut erarbeiteten Statistiken, auch wenn sie nicht zu den genau gleichen Werten führen, dass 40% bis 50% der ausserordentlichen Vorfälle bei Talsperren auf die Fehleinschätzung von extremen Zuflüssen oder auf Fehlfunktionen der Entlastungsanlagen zurückzuführen sind. Hochwasserzufluss und Hochwasserableitung bleiben somit, weltweit gesehen, Risikofaktor Nummer 1 bei Talsperren.
Bei dieser Sachlage ist es denn dem Schreibenden auch nicht möglich, eine neu entdeckte Wunderformel oder ein allgemein gültiges Rezept mit garantiertem Erfolg für die Hochwasserabschätzung anzupreisen. Um es gleich vorwegzunehmen: Es gibt nämlich weder die Wunderformel noch das Rezept mit Garantie.
So sollen denn nachfolgend vor allem kritische Gedanken, die im Rahmen der Frage 63 formuliert wurden, ihren Niederschlag finden. Sie sollen dazu dienen, die bisher ermittelten Hochwasserwerte aus einer anderen, vielleicht neuen Sicht zu beurteilen. Dabei wird bewusst auf einzelne Literaturangaben verzichtet, als Referenz diene allein der Hinweis auf Band IV des ICOLD-Kongresses 1988.

Wie lang ist «genügend lang»?

Unter dieser Frage soll insbesondere die weit verbreitete Methode der statistischen Weiterverwertung der beobachteten jährlichen *Spitzenabflüsse* kritisch betrachtet werden. Dabei wird davon ausgegangen, dass sich dieser Spitzenabfluss als Folge eines Niederschlagsereignisses einstellt. Sonderfälle wie Flutwellen infolge Gletscherausbrüchen, plötzlichen Speicherentleerungen usw. werden somit ausgeklammert. Bei dieser Methode wird eine Verteilfunktion gesucht, die sich dem Muster, in unserem Fall den beobachteten jährlichen Spitzenabflüssen, am besten anpasst. Diese Verteilfunktion lässt dann auf die Wahrscheinlichkeit noch seltener als der schon beobachteten Werte schliessen. Drückt man die Wahrscheinlichkeit des Auftretens in Wiederkehrperioden aus, gelangt man zu den bekannten Ausdrücken, wie z.B. 1000jähriges oder auch 1000jährliches Hochwasser.
Der wohl gewichtigste Einwand gegenüber dieser Methode macht geltend, dass die Serie der beobachteten Spitzenabflüsse aus nicht homogenen Werten besteht. Dies folgt aus der Tatsche, dass die Spitzenabflüsse aus ganz verschiedenen meteorologischen Situationen und folglich von ganz unterschiedlichen Niederschlagsereignissen und Oberflächeneigenschaften herrühren. Nur selten, selbst in einer Beobachtungsperiode von z.B. 50 Jahren, sind sämtliche Voraussetzungen geschaffen, die zu wirklichen Hochwasserabflüssen im fraglichen Einzugsgebiet führen, zu den Hochwasserabflüssen nämlich, die es zu extrapolieren gilt. Das sind dann die wenigen wesentlichen Punkte mit grösseren Abflusswerten, deren Einordnung uns oft so Mühe bereitet und die zu den mannigfaltigsten Spekulationen Anlass geben. So wird denn zum Beispiel versucht, die Gerade, die sich bei gewählter Verteilfunktion (*Gumbel, Pearson* usw.) und entsprechender graphischer Darstellung ergeben sollte, in eine gekrümmte Linie umzubiegen, um so die wenigen Ausreisser auch noch einzufangen. Ein solches Vorgehen ist nichts anderes als eine Vergewaltigung der Verteilfunktion und entbehrt jeder wissenschaftlichen Grundlage. Ein anderer Vorschlag beruht darin, eine exklusive, sämtliche Daten einer einzigen Messstelle umfassende Verteilfunktion zu schaffen, die auch die eventuell vorhandenen Ausreisser befriedigt. Da sowohl das Vorhandensein von Extremereignissen wie auch deren Werte rein zufällig sind, ist auch die angepasste Verteilfunktion vorerst rein zufällig, ob sie nun begrenzt sei oder nicht.
Gemäss verschiedener Autoren mag es eher zutreffen, dass sich die wenigen wirklichen Hochwasserspitzen einer eigenen Verteilfunktion zuordnen lassen, in der die Grosszahl der übrigen Jahresspitzen nicht miteinbezogen ist. Da an einer einzigen Abflussmessstelle aber nur sehr wenige Extremereignisse vorfallen, selbst bei jahrzehntelanger Beobachtung, sollte die Analyse eine ganze Region mit vergleichbaren hydrologischen Verhältnissen umfassen.
Ein weiterer Einwand bei der Interpretation von Abflussmessdaten macht geltend, dass die Zufälligkeit der Werte in einer vorhandenen Serie einen sehr grossen Einfluss auf die Verteilfunktion und deren Extrapolation hat. Mit andern Worten ausgedrückt, führt z.B. bei 100 Messdaten die erste Serie von 50 Werten nicht zwingenderweise zur selben Verteilfunktion wie die zweite Serie von 50 Werten, auch wenn sonst sämtliche Randbedingungen gleich bleiben.
Die beiden obigen Einwände mögen genügen, um festzustellen, dass heute *keine* Serie von Daten an einer einzigen Messstelle genügend lang ist, um aus ihr allein zuverlässig Bemessungswerte abzuleiten.
Die weiteren Einwände seien nachfolgend eher summarisch wiedergegeben, da sie, obwohl nicht minder wichtig, nicht in jedem Fall relevant sein mögen. Der nachfolgende Untertitel

Werte aus der Vergangenheit – Wegweiser für die Zukunft?

mag in provozierender Form die Problematik der Interpretation von überlieferten Abflussserien aufzeigen. Wenn es uns

eventuell noch gelingen mag, anthropogene Veränderungen in einem Einzugsgebiet näherungsweise zu quantifizieren, so sind wir bei klimatischen oder meteorologischen Prognosen überfordert. Dessen sollten wir uns immer bewusst sein, wenn wir Hochwassersicherheit im Zusammenhang mit der Betriebsdauer der Anlagen diskutieren.
Ferner können die Messwerte der Vergangenheit an und für sich fragwürdig sein, sei es infolge Messfehler, mangelhafter Eichung oder falscher Interpretation der Hochwasserabflüsse. Vorsicht bei der Verwertung von überliefertem Zahlenmaterial ist somit immer angezeigt.
Abschliessend sei noch hervorgehoben, dass die Abflussanalyse leider nur den Spitzenwert des Hochwasserereignisses zu quantifizieren versucht. Bei der Bemessung einer Hochwasserentlastung, bei der die Retention nicht ausgeschlossen ist, sind aber der zeitliche Verlauf des Zuflusses und das Volumen von ebensogrosser Bedeutung. Die Information ist somit in jedem Fall mangelhaft.
Nach dieser nüchternen, vorerst eher entmutigenden Bilanz bezüglich der Interpretation von Abflussmessungen wird hilfesuchend nach den *Niederschlagsmessungen* geschaut. Dies mit der logischen Begründung, dass, einige Sonderfälle ausgeschlossen, ohne Niederschlag kein Abfluss stattfinden kann.
Ähnlich wie bei den Abflüssen werden die Messdaten, meistens in Intensitäten bezüglich Niederschlagsdauer, statistisch ausgewertet. Dabei kann wiederum für die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines gewissen Ereignisses der Begriff der Wiederkehrperiode beigezogen werden. Vorerst fällt dann auf, dass es für eine einzige Wiederkehrperiode eine Vielzahl von Ereignissen gibt, vom sehr kurzen Niederschlag hoher Intensität bis hin zum anhaltend langen Niederschlag geringerer Intensität. Folgerichtig sollten daher auch bei den Abflüssen für ein und dieselbe Wiederkehrperiode verschiedene Abflussvorgänge, das heisst Hydrogramme, berücksichtigt werden. Um aber diese identifizieren zu können, müssen neben dem Spitzenwert des Abflusses auch das Volumen und die Form des Hydrogrammes gemessen und mit in die Überlegungen einbezogen werden.
Ferner fällt auf, dass in der Regel für ein bestimmtes Gebiet längere Beobachtungsperioden, vor allem aber viel mehr registrierte Ereignisse vorhanden sind, als dies für die Abflüsse der Fall ist. Da auch die möglichen Messfehler im allgemeinen als kleiner beurteilt werden, können die statistischen Analysen der Niederschläge zu besser gesicherten Werten führen. Dabei stellt sich sofort die Frage nach dem theoretisch stärksten Niederschlag bestimmter Dauer, der physikalisch auf einer vorgegebenen Oberfläche an einem bestimmten Ort zu einer bestimmten Jahreszeit möglich ist. Dass es diese PMP (Probable Maximum Precipitation) gibt, ist wohl unbestritten, nur wie sie zu «berechnen» sei, da scheiden sich die Geister. Unbestritten dürfte lediglich sein, dass die PMP-Methode leicht zu einer Überschätzung des möglichen maximalen Niederschlags führen kann. Wird dann diese PMP zur Berechnung des möglichen maximalen Hochwassers, der PMF (Probable Maximum Flood), herangezogen, gelangt man über Annahmen betreffend den Abflussvorgang zur eigentlichen

Berechnung der Sintflut

Es gibt ausländische Richtlinien, welche die PMF für Sperren mit «bedeutendem Gefahrenrisiko» in Betracht ziehen. Kritiker dieser Methode machen aber mit Recht geltend, dass sowohl bei der Bestimmung der PMP, bei der Umrechnung zur PMF wie bei der Beurteilung des Gefahrenrisikos so viele subjektive Annahmen möglich sind, dass das Resultat, der «absolut grösste Wert», am Ende zwischen weiten Grenzen liegt. Folglich muss auch die Frage nach der Wiederkehrperiode der PMF unbeantwortet bleiben. Dies wiederum bedeutet, dass auch keine Verhältniszahl zu irgendeinem Hochwasser gegebener Widerkehrperiode hergeleitet werden kann.
Wenn auch die statistische Bewertung der Niederschlagsereignisse erfolgversprechender ist als diejenige der Abflüsse, muss doch zur Hochwasserberechnung noch ein Abflussmodell beigezogen werden. Und gerade bei der Wahl des Modelles oder bei der Festlegung der erforderlichen Parameter können sich erneut grosse Abweichungen ergeben. Es ist denn auch auffallend, dass sich bis heute keines der Modelle durchzusetzen vermochte, dass aber bei aller Komplexität der Frage einfachen Modellen eher der Vorzug gegeben wird.
Wie gelangt man aber nach all diesen vorgebrachten Einwänden trotzdem zu relativ gesicherten Werten der Hochwasserschätzung? Viele Autoren weisen auf die Notwendigkeit von regionalen Studien hin, wobei anhand von hydrologischen Modellen Extremabflüsse abgeschätzt werden. Dabei ist die Interpretation von beobachteten Abflüssen, die sich als Folge zugeordneter Niederschläge ergeben, äussert wichtig. In der Tat gibt nur das gemessene Abflusshydrogramm in Verbindung mit dem entsprechenden Niederschlagsverlauf stichhaltige Hinweise auf das anzuwendende Modell. Dass die Methode das ganze Hydrogramm ergibt und nicht nur die Spitze, und dass sie auch für Einzugsgebiete dieser Region ohne Abflussmessungen anwendbar ist, sind weitere Vorteile, die angeführt werden. Da jedoch in der Modellrechnung Annahmen betreffend Extrembedingungen getroffen werden müssen, ist die Wiederkehrperiode der so ermittelten Hochwasser nur schwer zu beurteilen.
In dieselbe Richtung regionaler Modelle zielt der Vorschlag, die Frequenzanalyse von Spitzenabflüssen grösserer Wiederkehrperioden mit den Niederschlagsmessungen zu kombinieren (Gradex). Ganz allgemein darf somit festgehalten werden, dass für eine einigermassen gesicherte Hochwasservorhersage die Niederschläge mit den Abflüssen in regionalen Modellen verbunden werden müssen. Dabei kommt den lokalen Verhältnissen wie Geländeform, Oberflächenbeschaffenheit, Untergrund usw. ganz entscheidende Bedeutung zu.
Von ebenso entscheidender Bedeutung sind übrigens die lokalen Verhältnisse bei der Beurteilung, ob mechanische Auslassorgane mit in die Ableitung des Hochwassers einbezogen werden dürfen oder nicht. Eine starre Reglementierung scheint auch in dieser Beziehung wenig sinnvoll.
Es wird noch geraume Zeit dauern, bis alle Informationen des 16. ICOLD-Kongresses gewertet sind. Es wird aber auch viel Zeit erfordern, bis all die wertvollen in der Schweiz vorhandenen Messdaten bezüglich Niederschlag und Abfluss regional geordnet zueinander in Beziehung gebracht sind. Denn, so scheint es zurzeit, nur diese Beziehung bringt die erhoffte Grundlage für eine zuverlässige Hochwasserabschätzung. Dies ist eigentlich gar nicht so erstaunlich, braucht es doch meistens ein extremes Niederschlagsereignis, um ein ausserordentliches Hochwasser zu erzeugen.

Adresse des Verfassers: Prof. *Richard Sinniger,* Laboratoire des Constructions Hydrauliques, EPFL, CH-1015 Lausanne.