Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 86 (1994)
Heft: 7-8

Artikel: Überschwemmung und Hochwasserwahrscheinlichkeit
Autor: Haider, Stefan
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940795

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: 17.07.2025

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

Überschwemmung und Hochwasser-wahrscheinlichkeit

Fallbeispiel Langete

Stefan Haider

Zusammenfassung

Die nichtlinearen Prozesse der Vorlandüberflutung beeinflussen eine Gruppe von Hochwasserereignissen in besonderem Ausmass. Am Beispiel der Langete wird gezeigt, dass für eine gesicherte Abschätzung von Bemessungsabflussmengen die Berücksichtigung der natürlichen Prozesse notwendig ist. Einfache hochwasserstatistische Verfahren können diese Zusammenhänge nicht wiedergeben.

Abstract: Floodplain inundation and flood frequency – the Langete case study

Floodplain inundation as a non-linear process has severe effects on a distinct group of flood events. As the Langete case study shows it is necessary to consider the natural processes when estimating the design discharge. Common methods of flood frequency analysis are not adequate.

Einleitung

Die Langete entspringt im nordöstlichen Teil des Kantons Bern im Bergland des Napf und fliesst durch das Molassehügelland des schweizerischen Mittellandes nach Norden. Bis zur Mündung in die Aare ist ihr Lauf 30 km lang. Oberhalb und unterhalb von Lotzwil, wo die Landeshydrologie und -geologie seit 1924 eine Abflussmessstelle betreibt (Einzugsgebiet 115 km²), kommt es häufig zu grossflächigen Überflutungen des Talbodens (Bild 1). Da seit 1966 auch die Zuflüsse zu diesem Flussabschnitt gemessen werden (Pegel Langete/Huttwil, Einzugsgebiet 60 km²), wurde die Langete als Fallbeispiel zur Untersuchung der Auswirkungen von Überflutungen auf den Hochwasserwellenablauf ausgewählt.

In den letzten Jahren wurde der Hochwasserschutz an der Langete ab Lotzwil durch einen 7 km langen Entlastungsstollen zur Aare verbessert. Diese Fallstudie hat daher aktuell keine lokale Relevanz, doch können die hier gewonnenen Erkenntnisse auf andere Flussstrecken umgelegt werden.

Die Eigenheiten der Hochwasser der Langete werden im Frequenzdiagramm der Jahreshochwasser sichtbar (Bild 2). Die grössten beobachteten Hochwasser liegen mit einer Ausnahme in einem engen Bereich zwischen 35 und 40 m³/s. Nur der Scheitelabfluss des Hochwassers 1975, der zwischen 90 und 115 m³/s geschätzt wurde, ist mehr als doppelt so hoch wie die Scheitel aller übrigen Ereignisse. Die Fallstudie soll die folgenden Fragen beantworten:

- Welchen Einfluss haben die Überflutungen auf die grossen Hochwasser der Langete?
- Wie gross sind die Bemessungsabflussmengen wie z. B. das 100jährliche Hochwasser der Langete in Lotzwil?

Hochwasserstatistik

Üblicherweise werden Bemessungsabflussmengen durch Verfahren der Hochwasserstatistik abgeschätzt. An die beobachtete Verteilung der Jahreshochwasser wird nach mathematischen Kriterien eine theoretische Verteilungsfunktion angepasst. Die Anpassung einer Gumbelverteilung an die Scheitelabflüsse der Langete (Bild 2) schätzt das 100jährliche Hochwasser mit 65 m³/s ab. Die theoretische Verteilung passt sich an den Verlauf der beobachteten Werte gerade im Bereich der grossen Scheitelabflüsse nur schlecht an. Ein Hochwasser der Grössenordnung des Ereignisses von 1975 tritt, glaubt man den Ergebnissen dieses Verfahrens, im Mittel einmal in rund 2500 Jahren auf.

Hätte man dieses Verfahren vor dem Auftreten des Hochwassers 1975 durchgeführt, so hätte sich die Gumbelverteilung zwar wesentlich besser an die Beobachtungen angepasst, diese Verteilung liesse jedoch kein Hochwasser der Grössenordnung von 1975 erwarten. Der 100jährliche Abfluss würde auf 48 m³/s geschätzt. Die grosse Differenz der beiden Schätzwerte für das 100jährliche Hochwasser zeigt die starke Abhängigkeit der statistischen Methoden von einzelnen extremen Messwerten. Die Verteilung, welche für die meisten beobachteten Hochwasserscheitel passt, darf nicht beliebig auf Hochwasser der Grössenordnungen von 1975 extrapoliert werden [1]. In einem Flussabschnitt mit Überflutungen werden mit wechselnder Grössenordnung des Zuflusses unterschiedliche Speicher- und Strömungsprozesse dominant [2]. Damit ist die Homogenität der Datenreihe als wichtige Voraussetzung für die Anwendung einfacher statistischer Verfahren nicht gegeben.

Die Häufigkeit des Hochwassers 1975 ist aus den Abflussdaten allein nicht bestimmbar. Basierend auf vereinfachenden Annahmen und aufgrund der Niederschlagsinten-

Bild 1. Luftaufnahme der Überschwemmungsspuren des Langetehochwassers vom 22. November 1972 mit einem Scheitelabfluss von 24 m³/s in Huttwil und 38 m³/s in Lotzwil (Foto Binggeli). Die Langete fliesst von Kleindietwil (unten) in Richtung Westen nach Weinstegen.

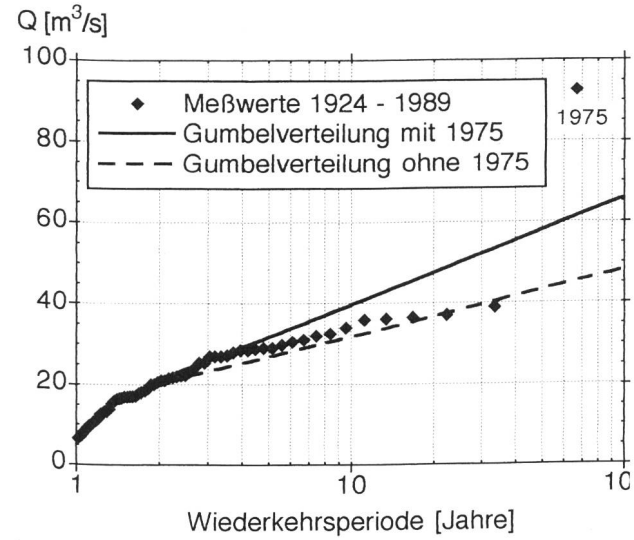

Bild 2. Frequenzdiagramm der Jahreshochwasser der Langete in Lotzwil. Durch Anpassung einer Gumbelverteilung an die Beobachtungen wird ein 100jährliches Hochwasser von 66 m³/s ermittelt. Ohne das Hochwasser 1975 ergibt sich ein 100jährlicher Abfluss von 48 m³/s.

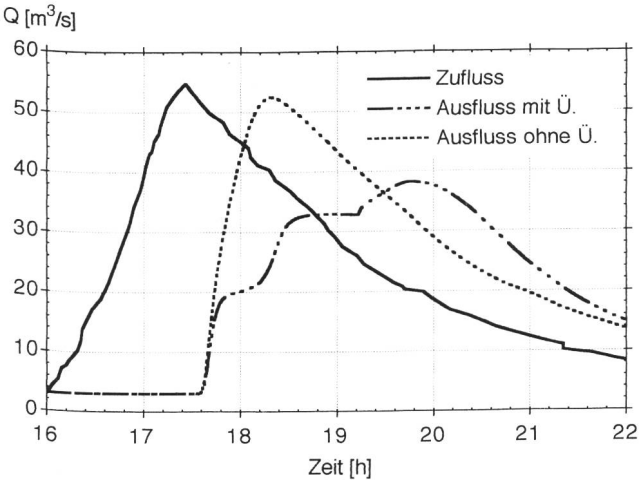

Bild 3. Die beobachtete Zuflussganglinie und die simulierten Ausflussganglinien der Fliessstrecke Huttwil–Lotzwil für das Hochwasser 1978. Mit Überflutungen wird der Hochwasserscheitel von 55 auf 38 m³/s reduziert, ohne Überflutungen ist die Scheitelabminderung vernachlässigbar.

sitäten sowie der räumlichen Niederschlagsverteilung wurde die Jährlichkeit des Hochwassers 1975 mit 150 bis 300 Jahren abgeschätzt [3].

Der Einfluss der Überflutungen

Zur Quantifizierung des Retentionseinflusses der Langeteüberflutungen zwischen Huttwil und Lotzwil wurden Simulationsrechungen mit einem numerischen Modell durchgeführt. Das Modell bildet die Strömungs- und Speichervorgänge im Fluss und im Vorland durch die Vernetzung von hydrologischen Teilmodellen nach [3, 4]. Die vier grössten Hochwasserereignisse der Jahre 1966–1989 wurden für zwei topographische Zustände simuliert. Das Modell *«mit Überflutungen»* entspricht dem anhand von Beobachtungen geeichten und verifizierten Modell, welches die Vorlandüberflutungen berücksichtigt. Das Modell *«ohne Überflutungen»* entspricht dem hypothetischen Zustand mit ausreichend hohen Dämmen, welche die Vorlandüberflutungen gänzlich verhindern. In den so berechneten Ganglinien ist nur mehr die fliessende Retention im Hauptgerinne enthalten.

Beispielhaft werden im folgenden die Berechnungsergebnisse für das Hochwasser 1978 diskutiert (Bild 3). Dieses Ereignis wurde durch Starkregen im Teileinzugsgebiet von Huttwil ausgelöst, die Zuflüsse aus dem Zwischeneinzugsgebiet können vernachlässigt werden. Im Modell «mit Überflutungen» wird der Hochwasserscheitel auf der rund 11 km langen Fliessstrecke zwischen Huttwil und Lotzwil von 55 auf 38 m³/s reduziert. Dies entspricht auch der in Lotzwil beobachteten Abflussganglinie. Im Modell «ohne Überflutungen» beträgt der Scheitelabfluss in Lotzwil 52,5 m³/s. Die starke Abminderung des Wellenscheitels beim Hochwasser 1978 ist also ausschliesslich auf die Wirkung der Überschwemmungen zurückzuführen.

Das Hochwasser 1975 wurde durch Starkregen grösserer Intensität als das Hochwasser 1978 ausgelöst, zudem lag der Schwerpunkt der Niederschläge im unteren Teil des Einzugsgebietes. Das Modell «mit Überflutungen» berechnet einen Scheitelabfluss von 92,7 m³/s, das Modell «ohne Überflutungen» 97,6 m³/s. Bei diesem Ereignis ist die Retentionswirkung der Überschwemmungen wegen der längeren Ereignisdauer und wegen der starken Füllung der Vorländer gering.

Durch Kombination statistischer Methoden mit den Ergebnissen der Simulation des Hochwasserwellenablaufes kann das Frequenzdiagramm für den Fall einer voll regulierten Langete ohne Überflutungen hergeleitet werden. In Bild 4 sind die Scheitelabflüsse der vier grössten Hochwasser der Periode 1966–1989 (1972, 1975, 1978 und 1983) für den Fall ohne Überflutungen eingetragen. Die Hochwasser von 1975 und 1983 weisen die gleiche Jährlichkeit wie in der ursprünglichen Reihung auf. Die Ereignisse 1972 und 1978 wechseln ihre Plätze, da das Hochwasser 1978 zu den stark gedämpften Ereignissen gehört, während der Scheitel des langdauernden Hochwassers 1972 durch die Überflutungen kaum abgemindert wurde. Zwischen diesen beiden Hochwassern liegt zumindest ein Ereignis der Periode 1924–1965 mit einem gemessenen Scheitel von 37 m³/s, für welches eine starke Beeinflussung durch Retention vermutet wird.

Bild 4 zeigt, dass die Verteilungen der Scheitelabflüsse mit Überflutung und ohne Überflutung für Wiederkehrsperioden unter 15 Jahren sehr ähnlich sind. Zwar erfahren einzelne kurzdauernde Ereignisse eine wesenliche Scheitelabminderung durch die Überflutungen, dies wird in der Verteilung jedoch kaum sichtbar. Für Hochwasser mit Wiederkehrsperioden über 15 Jahren ergeben sich Unterschiede in den Verteilungen. Der dämpfende Einfluss der Vorlandüberflutungen auf seltene Ereignissen wie das Hochwasser 1975 ist wieder geringer.

Das 100jährliche Hochwasser

Wie gross ist nun eigentlich das 100jährliche Hochwasser in Lotzwil? Wird ein solches Ereignis durch die Überflutungen stark abgemindert? Mit Hilfe der Simulation des Hochwasserwellenablaufes können diese Fragen beantwortet werden. Hierfür wurden aus den Zuflüssen beim Hochwasser 1978 und beim Hochwasser 1975 durch Skalierung der Ganglinien 100jährliche Zuflüsse zum untersuchten Flussabschnitt generiert. Die Skalierungsfaktoren für die 100jährlichen Zuflüsse wurden stark variiert, um der Ungenauigkeit der Schätzung aus der Niederschlagsstatistik Rechnung zu tragen [3].

Für das 100jährliche Ereignis *mit Überflutungen* ergibt sich ein Scheitelabfluss von 56–76 m³/s. Diese Abschätzung käme ohne Kenntnis des Hochwassers 1975 zu ähn-

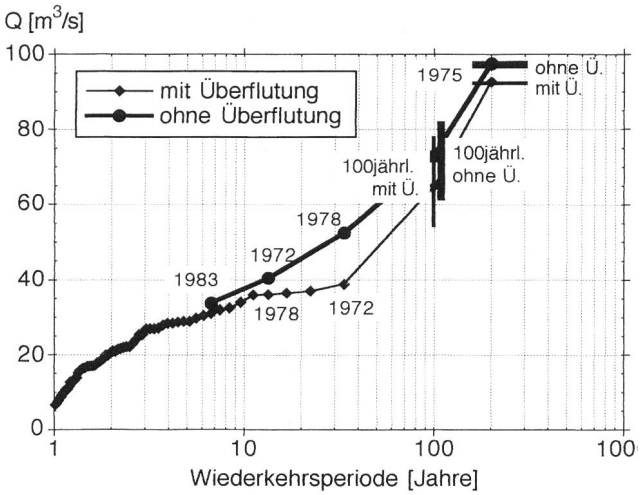

Bild 4. Frequenzdiagramm für den Pegel Langete/Lotzwil für den Zustand mit und ohne Überflutungen der Vorländer. Die Scheitelabflüsse der Hochwasser ohne Überflutungen und des 100jährlichen Ereignisses wurden durch Simulation des Hochwasserwellenablaufes ermittelt. Die 15- bis 50jährlichen Ereignisse werden am stärksten durch die Vorlandüberflutungen abgemindert.

lichen Ergebnissen. Das mit Hilfe der Hochwasserstatistik für den Fall mit Überflutungen ermittelte 100jährliche Hochwasser (Bild 2) stimmt gut mit dem Mittelwert der Simulationsergebnisse überein. Dieses statistische Ergebnis ist jedoch, wie oben gezeigt wurde, stark von der Einzelbeobachtung des Hochwassers 1975 abhängig.

Ohne Überflutungen liegt der 100jährliche Abfluss zwischen 63 und 83 m³/s. Wie die Frequenzdiagramme mit und ohne Überflutung (Bild 4) zeigen, ist der Retentionseffekt der Vorlandüberflutung beim 100jährlichen Hochwasser im Vergleich zum Hochwasser 1978 reduziert.

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die nichtlinearen Prozesse der Vorlandüberflutung beeinflussen, unabhängig von der Art der Vorlandtopographie, immer eine Gruppe von Hochwasserereignissen in besonderem Ausmass [3]. Von den Hochwassern der Langete in Lotzwil werden die 15- bis 50jährlichen Ereignisse am stärksten durch die Vorlandüberflutungen abgemindert. Einfache Verfahren der Hochwasserstatistik können diese Zusammenhänge nicht reproduzieren. Durch die Einbeziehung der natürlichen Prozesse in die Überlegungen ist eine besser abgesicherte Abschätzung von Bemessungsabflüssen möglich.

Das Beispiel der Langete zeigt, dass Regulierungen, welche Vorlandüberflutungen verhindern, eine bestimmte Gruppe von Hochwasserereignissen deutlich verschärfen. Kleine Hochwasser ohne nennenswerte Ausuferungen und sehr grosse Ereignisse sind von dieser Verschärfung kaum betroffen. Umgekehrt gilt auch für Rückbaumassnahmen, dass diese nur auf eine begrenzte Gruppe von Hochwassern dämpfend wirken. Überschlägige Methoden zur Abschätzung der Retentionswirkung von Überschwemmungen wurden in [3] erarbeitet.

Die hier präsentierten Ergebnisse entstanden im Rahmen des SNF-Forschungsprojektes «Ursachen und Auswirkungen unsicherer Annahmen auf das Bemessungshochwasser» (Projektleiter Dr. *F. Naef)* an der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich (Direktor Prof. *D. Vischer).*

Literatur

[1] *Klemes V.* (1987): Hydrological and engineering relevance of flood frequency analysis. In: *Singh V. P.* (ed.): Hydrological frequency modeling. Reidel, Dordrecht, pp. 1–18.

[2] *Bradley A. A., Potter K. W.* (1991): Flood frequency analysis for evaluating watershed conditions with rainfall-runoff models. Water Resources Bulletin, 27(1), pp. 83–91.

[3] *Haider S.* (1994): Der Beitrag von Vorlandüberflutungen zur Verformung von Hochwasserwellen. Mitteilung 128, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich.

[4] *Haider S.* (1992): Berücksichtigung grossflächiger Vorlandüberflutungen bei der Festlegung von Bemessungsabflussmengen. Interprävent 1992 – Bern, Band 1, S. 193–203.

Adresse des Verfassers: Dipl. Ing. Dr. *Stefan Haider,* Zivilingenieurbüro J. Pieler, Neusiedlerstrasse 35–37, A-7000 Eisenstadt.

Barrage de Zeuzier: épilogue

C'est en 1978 que les mesures effectuées par les Services Industriels de la ville de Sion, pour le compte de l'Electricité de la Lienne S.A., révélèrent un déplacement anormal vers l'amont du barrage de Zeuzier. Pour assurer la sécurité des populations situées à l'aval, la vidange du lac et l'arrêt des travaux de percement de la galerie de sondage du Rawyl s'imposèrent.

Les experts désignés par la Confédération établirent que les dommages au corps du barrage provenaient d'une importante déformation traversant la vallée de Zeuzier; ils constatèrent également que les fondations du barrage étaient intactes, rendant réalisable une réfection du mur, entreprise entre 1980 et 1983. Les travaux consistèrent essentiellement en un colmatage des fissures par des résines synthétiques. La remise en eau du barrage se fit progressivement, pour permettre le contrôle minutieux de son comportement. Le lac a atteint à nouveau son niveau maximal le 29 août 1988 et est exploité sans problèmes depuis lors.

Sur le plan juridique, le Tribunal fédéral a reconnu dans un arrêt prononcé au début du mois février 1993 que la responsabilité de l'Etat du Valais est en principe engagée. La question de l'indemnisation de la société Electricité de la Lienne S.A. et des partenaires pour les travaux de réfection et de contrôle du barrage, ainsi que pour les pertes liées à la qualité de l'énergie produite, fut renvoyée à une phase ultérieure de la procédure.

Sous l'égide du Tribunal fédéral, les parties se sont rencontrées à Lausanne le 13 décembre 1993. Une solution transactionnelle a été trouvée. L'Etat du Valais, en accord avec l'Office fédéral des routes nationales, versera à la société Electricité de la Lienne S.A. la somme de 47,5 millions de francs à titre de dépens et d'indemnité équitable pour le dommage subi. Quinze ans après les événements, le dossier Zeuzier a trouvé son épilogue.

(Rapport de gestion 1993 des Services Industriels de la ville de Sion)