Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 79 (1987)
Heft: 3-4

Artikel: Schätzung von Hochwasserspitzen in kleinen Einzugsgebieten
Autor: Kölla, Elisabeth
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940634

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: 10.07.2025

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

Schätzung von Hochwasserspitzen in kleinen Einzugsgebieten

Elisabeth Kölla

Zusammenfassung

Die Ermittlung von Bemessungshochwassern eines bestimmten Gebietes aufgrund der Abflussmessreihe eines benachbarten Gebietes setzt die Kenntnis der Übertragungsfunktion voraus. Aufgrund von neueren Auswertungen von Abflussmessreihen von kleinen natürlichen Einzugsgebieten der Schweiz lässt sich zeigen, dass der sehr einfache Hofbauersche Ansatz unter Berücksichtigung gewisser natürlicher Gegebenheiten zu vernünftigen Resultaten führt. Den Untersuchungen wurde der 20jährliche Spitzenabfluss von rund 170 kleinen natürlichen Einzugsgebieten der Schweiz zugrunde gelegt.

Résumé: L'estimation des pointes de crues pour de petits bassins versants

La détermination de débits de crue pour un bassin versant à partir de mesures d'un bassin voisin nécessite la connaissance de la fonction de transfert. Sur la base de l'analyse effectuée récemment sur des séries de mesures de petits bassins versants en Suisse, on a pu montrer que la très simple estimation selon Hofbauer donne de bons résultats si l'on tient compte de certains facteurs naturels. Cette étude a été basée sur le débit de crue d'une période de 20 ans d'environ 170 petits bassins versants naturels en Suisse.

Summary: Estimating flood peaks for small catchment areas

Estimating flood peaks in a given catchment from discharge measurements in a neighbouring catchment requires the knowledge of a transfer function. A recent analysis of discharge measurements in small rural catchments in Switzerland showed that under certain conditions the very simple estimate of Hofbauer leads to satisfactory results. The investigation was based on the 20-year floods of about 170 small Swiss catchments.

Einleitung

Bei der Ermittlung von Hochwasserspitzen in Einzugsgebieten ohne direkte Abflussmessung wird zunehmend versucht, die physikalischen Vorgänge der Abflussbildung während eines Extremereignisses zu erfassen und quantitativ in Schätzmethoden für Spitzenabflüsse einzubauen. Dies gibt eine gewisse Transparenz bei Sensitivitätsstudien. Kürzlich wurde eine *modifizierte Fliesszeitformel,* die dem obenstehenden Grundsatz folgt, für kleine natürliche Einzugsgebiete der Schweiz vorgestellt [*Kölla,* 1986]. Mit einzugsgebietsspezifischen Parametern wie Regen, Bodentyp und Gerinnenetzdichte lässt sich damit ein Hochwasser bestimmter Jährlichkeit abschätzen. Infolge der stark vereinfachten Modellannahmen und dem vorläufig noch ungünstigen Angebot an Eichdaten verbleibt bei der Verifikation eine grosse Streuung zwischen Erwartungswert und Schätzwert. Es ist deshalb im Sinne einer *Plausibilitätsbetrachtung* oder Eingabelung des Dimensionierungswertes erwünscht, zusätzlich verfügbare, unabhängige Informationsträger auszuschöpfen und mit diesen Grössen zu einem Resultat zu gelangen.

Eine solche Möglichkeit bieten Abflussmessungen von benachbarten Gebieten. Es stellt sich nun die Frage, ob sich die Werte, auf deren Basis die obenstehende Methode hergeleitet wurde, auch durch eine *empirische Übertragungsfunktion* von bekannten Abflussmesswerten eines Nachbargebietes vorausgesagt werden könnten. Da die Wahrscheinlichkeit gross ist, dass zwei benachbarte Gebiete ähnliche Niederschlags- und Bodenverhältnisse aufweisen, lässt sich diese Methode durchaus vertreten.

Vorgehen

Es werden im folgenden die Resultate vorgestellt, welche sich mit dem einfachen Ansatz von *Hofbauer*

$$HQ = C \cdot F^k$$

im Vergleich zum aktuellen Datenmaterial, das heisst zu den 20jährlichen Spitzenabflüssen HQ_{20} ergeben. C wird als ein für alle Gebiete konstanter Faktor angenommen. Hofbauer gibt für Einzugsgebietsflächen von 10 km² bis 20000 km² einen Exponenten k von 0,5 an, die vorliegenden Daten mit Werten aus Gebieten mit einer Fläche bis zu 100 km² lassen auf einen solchen von 0,85 schliessen [vgl. *Kölla,* 1986: S. 34–36].

Damit heisst die Gleichung zur Bestimmung von HQ_{20} des Einzugsgebietes A mit der Fläche F_a aus dem aus Abflussmessungen ermittelten Spitzenwert gleicher Jährlichkeit des Gebietes B mit der Fläche F_b:

$$HQ20_a = \left(\frac{F_a}{F_b}\right)^{0,85} \cdot HQ20_b \stackrel{?}{=} HQ20_{agem}$$

Die Werte für HQ_{20} sind aus der Frequenzanalyse für alle Gebiete bekannt (HQ_{20gem}). Für jedes Gebiet wird nun aus je 1 bis 2 Nachbargebieten mit obenstehender Gleichung der Wert für HQ_{20} geschätzt und mit HQ_{20gem} verglichen, wobei die Wahl der benachbarten Gebiete im einen Fall *willkürlich,* im anderen Fall nach bestimmten *Kriterien* erfolgt (vgl. folgender Abschnitt).

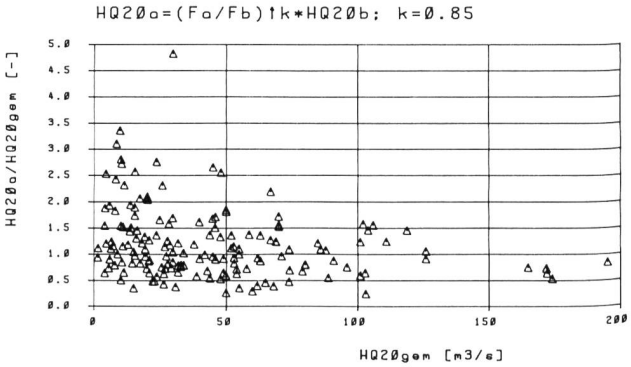

Bild 1. Übertragung der Hochwasserwerte aus je einem Nachbargebiet. Keine speziellen Auswahlkriterien.

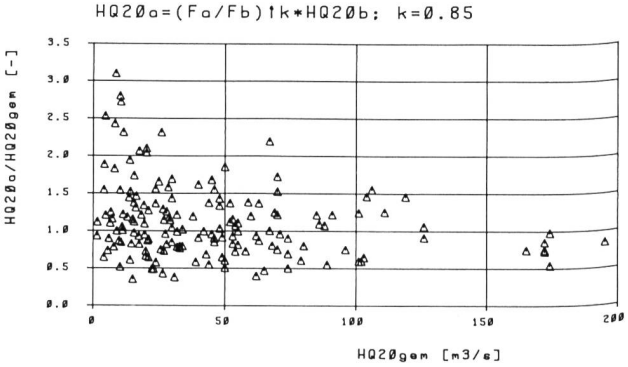

Bild 2. Übertragung der Hochwasserwerte aus je einem Nachbargebiet, welches gewisse Kriterien an seinen generellen Gebietscharakter erfüllt.

Tabelle 1. Vergleich der Streubreiten der Resultate aus den beschriebenen Modellansätzen.

$HQ20_{ber}$ / $HQ20_{gem}$	Nachbargebiet willkürlich gewählt		Übertragungskriterien berücksichtigt		Modifizierte «Rational Formula»
	k = 0,5	k = 0,85	k = 0,5	k = 0,85	
>2,0 bzw. <0,5	30%	18%	23%	10%	4%
>1,5 bzw. <0,67	50%	40%	45%	30%	18%

Resultate

Bilder 1 und 2 zeigen das Verhältnis zwischen dem aus den Daten des Gebietes *B* geschätzten und dem aus Frequenzanalysen bestimmten 20jährlichen Spitzenwert für das Gebiet *A* in Funktion des letzteren Wertes für *HQ* des Gebietes *A*. Es wurde die Variante mit dem gemäss *Kölla* [1986, S. 35] bestimmten Exponenten $k = 0{,}85$ dargestellt. (Einen Eindruck über die Streubreite der Hofbauerschen Schätzmethode mit $k = 0{,}5$ gibt Tabelle 1.) Für die Darstellung in Bild 1 wurden die Nachbargebiete willkürlich gewählt; Bild 2 zeigt die entsprechenden Resultate, sofern die Referenzgebiete nach folgenden Kriterien ausgewählt werden:

- Das Nachbargebiet soll in einer *geologisch ähnlichen Zone* gewählt werden. Insbesondere muss davon abgesehen werden, Abflussdaten von erfahrungsgemäss schlecht durchlässigen (Flysch, verfestigte Molasse; in Bild 4 dick schwarz umrandet) Bereichen in Regionen zu übertragen, in denen eine Versickerung grossräumig stattfinden kann (in Bild 4 ausserhalb schwarzer Umrandung).
- Das Referenzgebiet soll eine *vergleichbare Gerinnenetzdichte* aufweisen. Die oben erwähnten undurchlässigen Zonen weisen wegen mangelnder Versickerungsmöglichkeit generell ein dichtes Gerinnenetz auf und sind unter Berücksichtigung des obenstehenden Kriteriums nicht mehr speziell auf diesen Punkt hin zu untersuchen. Ausserhalb der erwähnten Regionen muss von Fall zu Fall entschieden werden. Unterschiedlich präsentiert sich das Gerinnenetz vor allem in Kalkformationen, da dort der Untergrund sowohl verkarstet (= durchlässig) als auch mergelig (= dicht) sein kann.
- Eine Übertragung über bedeutende Gebirgskämme sollte vermieden werden (→ *Regenverhältnisse*). Andernfalls muss geprüft werden, ob die Niederschlagsverhältnisse der betreffenden Gebiete vergleichbar sind [*Geiger,* et al., 1986].

Bild 3 zeigt schliesslich die Ergebnisse aus den Schätzungen mit Hilfe der eingangs erwähnten, überarbeiteten «Rational Formula» [*Kölla,* 1986: Bild 25, S. 115]. Als Übersicht sei die Tabelle 1 angeführt, die eine Idee über die Güte der erhaltenen Resultate geben soll (Angaben in Prozent der Anzahl untersuchter Einzugsgebiete).

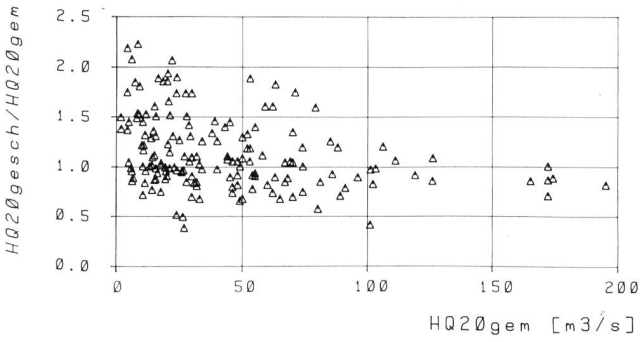

Bild 3. Vergleich zwischen den nach der modifizierten Fliesszeitformel «rational formula» abgeschätzten und den 20jährlichen Spitzenabflusswerten gemäss Frequenzanalyse.

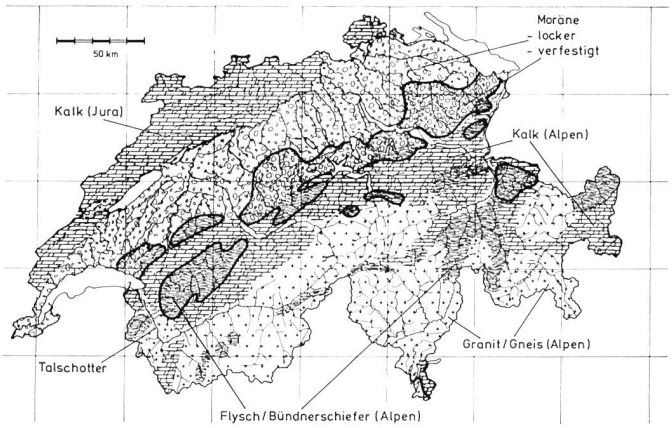

Bild 4. Gehört das betrachtete Gebiet einer der schwarz umrandeten Zonen an, so sollte ein in demselben Bereich liegendes Referenzgebiet gewählt werden.

Vergleich der Schätzmethoden

Die beschriebene empirische Methode bietet den Vorteil, dass nebst den Modellfehlern «nur» die Güte der Abflussmessreihe (Messung, Auswertung, Länge) das Mass der Streuung der Resultate mitbestimmt. Unsicherheiten durch die *quantitative* Angabe weiterer Gebietsparameter, wie sie auf jeden Fall in physikalisch begründeten Verfahren notwendig sind (z.B. Regenintensität), entfallen.

Eine physikalisch plausible Methode bietet dagegen den Vorteil, dass die lokalen Gegebenheiten explizit berücksichtigt werden. Der Anwender ist also jederzeit im Bild, wie gross der Einfluss der einzelnen Parameter auf das Resultat ist. Beispielsweise kommt in der modifizierten Fliesszeitformel der Regenintensität und der Gerinnenetzdichte grosse Bedeutung zu. Da diese Grössen kleinräumig beachtlich variieren, stellt jene Formel ein plausibleres Abbild der tatsächlichen *einzugsgebietsspezifischen* Vorgänge dar.

Diese Tatsache dürfte auch der Grund dafür sein, dass im Gegensatz zur empirischen Übertragungsfunktion für diese Formel vor allem die Zahl der Gebiete mit grossen Abweichungen zwischen dem mit Frequenzanalyse bestimmten und dem geschätzten Hochwasserwert deutlich in der Minderheit liegt.

Schlussfolgerungen

Die erläuterte, einfache Übertragung von Abflusswerten auf ein benachbartes Gebiet ergibt erstaunlich gute Resultate. Diese Methode bietet die Möglichkeit, sich rasch eine Idee über die zu erwartende Grössenordnung eines Spitzenabflusswertes zu verschaffen. In rund 90 Prozent der Fälle lassen sich Spitzenwerte angeben, die den Wert aus der Frequenzanalyse höchstens um einen Faktor 2 unter- bzw. überschätzen.

Die von *Hofbauer* aufgrund von Daten eines breiten Spektrums von Gebietsgrössen ermittelte Abminderung des spezifischen Abflusses mit zunehmender Grösse des Einzugsgebietes ist für kleine Einzugsgebiete (vorliegendes Eichmaterial) zu stark.

Einfache Übertragungskriterien verhindern, dass massive Ausreisser auftreten. Streuen in Bild 1 die ermittelten Werte noch bis zu einem Faktor 5, beträgt dieser im Fall der Wahl eines geeigneten Nachbargebietes im Maximum noch etwa 3 (Bild 2).

Literatur

Geiger, H., Stehli, A., Castellazzi, U., 1986. Regionalisierung der Starkniederschläge und Ermittlung typischer Niederschlagsganglinien. «Beiträge zur Geologie der Schweiz – Hydrologie» Nr. 33: 141–194.

Hofbauer, R., 1916. Eine neue Formel für die Ermittlung der grössten Hochwassermengen. «Österreichische Wochenschrift für den öffentlichen Baudienst», Wien: 38–40.

Kölla, E., 1986. Zur Abschätzung von Hochwasserabflüssen in Fliessgewässern an Stellen ohne Direktmessung. Mitteilung Nr. 87 der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich.

Adresse der Verfasserin: *Dr. Elisabeth Kölla*, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH-Zentrum, CH-8092 Zürich.

Das letzte Schweizer Bergwerk schliesst – was nun?

Forschen für die Rohstoffversorgung der Zukunft

Franz Auf der Maur

Die Betriebseinstellung der Asphaltmine im Val de Travers (NE) Ende Dezember 1986 bedeutet das vorläufige Ende des Bergbaus in unserem Land. Gleichzeitig zieht der Schweizerische Nationalfonds Bilanz seines Nationalen Forschungsprogrammes über Rohstoff- und Materialprobleme. Wie reimt sich das zusammen: einerseits Schliessung der letzten Mine, andererseits Investitionen für eine künftige Nutzung der einheimischen Bodenschätze?

Das letzte Bergwerk der Schweiz, die Asphaltmine La Presta im neuenburgischen Val de Travers, stellte am 31. Dezember 1986 den Betrieb ein. Damit ging eine Bergbautradition von vielen hundert Jahren zu Ende. Vor allem in Kriegs- und Krisenzeiten spielten die einheimischen Bodenschätze eine wichtige Rolle.

Bei normalem Wirtschaftsgang freilich fällt es schwer, hierzulande mineralische Rohstoffe mit Gewinn abzubauen. Der Import ausländischer Massenware kommt in der Regel billiger zu stehen. Solche Konkurrenz führte denn auch vor 20 Jahren zur Stillegung des Eisenbergwerks am Gonzen bei Sargans (SG). Heute finden in den Stollen und Schächten Führungen für Besucher statt. Auch die unterirdischen Anlagen des Asphaltunternehmens im Neuenburger Jura sollen der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden.

Von Mangan bis Gold

Während die Stätten einstigen Bergbaus zur Touristenattraktion werden, sucht der Schweizerische Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung nach Möglichkeiten, in Zukunft einheimische Bodenschätze zu nutzen. Unlängst ist sein Nationales Forschungsprogramm Nr. 7 «Rohstoff- und Materialprobleme» abgeschlossen worden. Einige Ergebnisse seien hier kurz zusammengefasst:

– Weder Kohle noch Eisen dürften bei einer künftigen Rohstoffnutzung im Vordergrund stehen, sondern seltenere Metalle wie Mangan und Molybdän, Wolfram, Nickel sowie Kobalt, Arsen und Gold.

– Geologen haben vor allem im Wallis (Projekt «Uromine») verschiedene Erzvorkommen entdeckt. Ausserdem gewannen sie neue Erkenntnisse über bereits bekannte Lagerstätten.

– Im Oberhalbstein (GR) sind bedeutende Reserven des Stahlveredlers Mangan festgestellt worden. Damit liesse sich der Landesbedarf dieses strategischen Materials für mehrere Jahre decken.

– Das Nationale Forschungsprogramm hat sich auch mit weniger spektakulären, deshalb aber nicht minder wichtigen Bodenschätzen befasst. So wurden die Kiesvorräte der Schweiz untersucht – mit dem Resultat, dass die abbaubaren Reserven dieses Rohstoffes nur noch wenige Jahrzehnte vorhalten. Im Rahmen eines weiteren Nationalfondsprojektes wurden die Möglichkeiten des Kiesersatzes studiert.

Vor der Asphaltmine La Presta im neuenburgischen Val de Travers stehen die letzten Fässer mit Schweizer Asphalt zum Versand bereit.
Bild: *Franz Auf der Maur*

Vorsorgepolitik im besten Sinne

Geologische Grundlagenforschung, wie sie der Nationalfonds fördert (übrigens zum grössten Teil mit Bundesgeldern), bedeutet eine Investition in die Sicherstellung der Landesversorgung mit lebenswichtigen Gütern: Vorsorgepolitik im besten Sinne.

Neuer Anlauf im Wallis

Im Wallis indessen, wo sich die meisten Lagerstätten mineralischer Rohstoffe der Schweiz befinden, will man gar nicht erst eine Notlage abwarten, um den Bodenschätzen erneut zu Leibe zu rücken. Dabei denkt niemand an eine Wiederaufnahme des Kohlebergbaus (bis 1951 hatten die Walliser in zahlreichen Minen Anthrazit gefördert). Nein, die Anstrengungen gelten den seltenen Metallen. «Es hat Molybdän und Wolfram am Alpjahorn im Baltschiedertal, Kobalt und Nickel im Turtmanntal, Wolfram, Arsen und Gold bei Salanfe im Unterwallis», verrät Ingenieur *Willy Hubacher* in Sitten.

Hubacher amtet als Präsident im leitenden Ausschuss des «Centre de Recherches scientifiques fondamentales et appliqués de Sion», welches die Unterstützung der Kantonsbehörden geniesst. Hauptziel dieser Organisation zur Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse ist die Nutzbarmachung der Bodenschätze im Wallis. Die Erfolgsaussichten sollen gut stehen. Jedenfalls beteiligen sich auch private Geldgeber mit namhaften Summen an der Wiederbelebung des Schweizer Bergbaus.

Adresse des Verfassers: *Franz Auf der Maur*, Journalist, Garbenweg 8, CH-3027 Bern.