Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 95 (1977)
Heft: 25

Artikel: Projekthochwasser für Einzugsgebiete ohne Abflussbeobachtungen
Autor: Bruschin, Jaques / North, Michel
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-73395

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: 09.08.2025

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

HERAUSGEGEBEN VON DER VERLAGS-AKTIENGESELLSCHAFT DER AKADEMISCHEN TECHNISCHEN VEREINE, 8021 ZÜRICH, POSTFACH 630

Projekthochwasser für Einzugsgebiete ohne Abflussbeobachtungen

Von **Jacques Bruschin** und **Michel North**, Lausanne

Das Problem der *Informationsübertragung* und der *Ausdehnung von Abflussbeobachtungen* stellt sich den Hydrologen und Ingenieuren seit der Aufnahme regelmässiger Abflussbeobachtungen. Wenn auch im Laufe der Jahre der Umfang der verfügbaren Daten bemerkenswerte Ausmasse angenommen hat und die Techniken der Auswertung vervielfältigt und verfeinert worden sind, muss doch bemerkt werden, dass der *Bedarf* an Information und die an sie gestellten *Anforderungen* einander parallel gelaufen sind. Wahrscheinlich hat sich trotz des tatsächlich erzielten Fortschritts auf diesem Gebiet die Kluft zwischen den Anforderungen und der Fähigkeit, sie zu befriedigen, seit Beginn des Jahrhunderts eher vergrössert. Dies hat zur Folge, dass die persönliche Verantwortung und die subjektive Beurteilung bestimmende Faktoren bei der Wahl des Projekthochwassers bleiben.

Unsere Arbeit ist ein Versuch, einige objektive Kriterien zur Beurteilung zu geben, die aus einer empirisch-statistischen Analyse von Hochwasserbeobachtungen in der Schweiz während der letzten 50 bis 60 Jahre hervorgehen. Bevor der spezifisch schweizerische Aspekt behandelt wird, schien es uns nützlich, die *Grenzen* jedes Vorgehens, das einem analogen Ziel dient, deutlich zu machen. Zu diesem Zweck haben wir mit Absicht die Methoden gewählt, die von zwei bedeutenden Ämtern des Bundes, dem *US-Geological Survey* (GS) und dem *US-Bureau of Reclamation* (BR), empfohlen werden [1, 2, 3].

Die offiziellen Richtlinien in den USA in bezug auf das Projekthochwasser

Die Zielsetzungen der beiden erwähnten amerikanischen Dienststellen sind unterschiedlich in den Voraussetzungen: der GS liefert eine Technik der Auswertung der Häufigkeiten und der Hochwasserabflüsse ohne Hinweis auf den Zweck; das BR geht im Gegensatz von einem genau umschriebenen Zweck aus, nämlich der Projektgestaltung von «kleinen» Talsperren (bis zu einer Höhe von ungefähr 17 m). Das scheint auszureichen, um auf die Philosophie und somit auf die grundlegend unterschiedlichen Methoden für die Bestimmung des Projekthochwassers hinzuweisen. Wir beschreiben sie hier ohne Erläuterungen.

Der *Geological Survey* geht von *Beobachtungen* aus, die an *hydrometrischen Stationen* vorgenommen wurden, und führt – auf der Ebene eines Staates – eine *regionale* Analyse der jährlichen Hochwasserereignisse durch. Die Technik der Analyse ist die der *mehrfachen Korrelationen*, wobei die Natur, die Zahl der Parameter und die Struktur der Regression variieren können. Um dieses Vorgehen zu erklären, wählen wir das Beispiel zweier Staaten, die im Mittleren Westen der USA gelegen sind: *Indiana* und *Missouri*. *Indiana* hat eine Fläche in der Grössenordnung von 100000 km² und liegt im Bereich des 40. Breitengrades. Das angeführte Problem wird mit zwei grundlegenden Modellen gelöst:

Modell 1

für Einzugsgebiete mit einer Fläche 40 km² < E < 250 km²

(1) $Q_T = aE^b R^c D^d R_c^e$

Q_T = Hochwasserabfluss mit einem Wiederkehrintervall T oder einer ähnlichen Eintrittswahrscheinlichkeit $1/T$;

E = Fläche des Einzugsgebietes;

R = Höhenunterschied zwischen dem höchsten Punkt der Wasserscheide des Einzugsgebietes und dem betrachteten Punkt;

D = Dichte des Entwässerungsnetzes, nämlich die Gesamtlänge der Wasserläufe des Einzugsgebietes dividiert durch E;

R_c = Oberflächenabflussbeiwert, dessen Wert für jede der fünf Bodenklassen bestimmt wird, die in dem Staat entsprechend der Klassifizierung des *US-Soil Conservation Service* vorliegen;

a, b, c, d, e = Koeffizienten in Abhängigkeit von T und vom Modell.

Modell 2

für Einzugsgebiete mit einer Fläche E > 500 km²

(2) $Q_T = aE^b J^c L^d P_i^e$

J = Gefälle des Gewässers, definiert als Höhenunterschied zwischen den Punkten mit einer Entfernung von 10 und 85 Prozent zwischen der Wasserscheide und dem Punkt, an dem man Q_T berechnet;

L = Länge des Gewässers oberhalb des bezeichneten Punktes;

P_i = Niederschlagsindex, der durch Interpolation der Linien gleicher jährlicher Netto-Niederschläge (die den Abfluss hervorrufen), bestimmt wird.

Für die Einzugsgebiete mit 250 km² < E < 500 km² berechnet man einen Formbeiwert

(3) $f = a\,E^b\,L$

Wenn $f > 2$ benutzt man das Modell 1, wenn $f < 2$ berechnet man ein mit Hilfe beider Modelle gewichtetes Q_T.

Missouri hat eine Fläche in der Grössenordnung von 120000 km² und liegt im Bereich des 38. Breitengrades. Die hier angenommenen Lösungen sind gleichzeitig globaler und einfacher. Für 0,26 km² < E < 36300 km² und 0,2‰ < J < 57‰ schlägt man mit einigen Einschränkungen eine einzelne Regression vor:

(4) $Q_T = aE^{bE^c} \cdot J^d$

Es ist interessant, darauf hinzuweisen, dass die *Standardabweichung* σ bezüglich der Gleichungen, die auf der Grund-

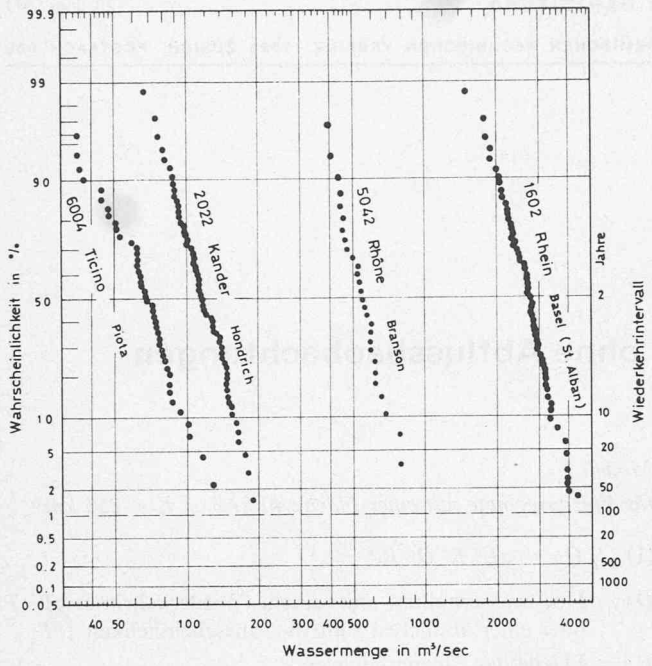


Bild 1. Ähnlichkeit der experimentellen Wahrscheinlichkeitsverteilungen jährlicher Hochwasser an vier Flüssen

lage der Messungen berechnet wurden, folgende Werte hat:

für Indiana

$26\% < \sigma < 37\%$ des Wertes der Gleichungen (1) und (2),

für Missouri

$34\% < \sigma < 39\%$ des Wertes der Gleichung (3).

Das BR geht von *maximal möglichen Niederschlägen* (PMP) aus, insbesondere von *Linien gleicher Niederschläge für sechs Stunden* und für grösste mögliche Starkregen für eine Stunde, die in Karten dargestellt sind und deren Vorbereitung hauptsächlich in Zusammenarbeit mit der *Abteilung für Hydrometeorologie* des *National Weather Service* erfolgt. Das Territorium der USA ist global in zwei Zonen eingeteilt: östlich und westlich des 105. Längengrades und in eine Reihe von Subzonen. Für jede sind alle Elemente gegeben, die eine Umwandlung eines Sechs-Stunden-Regens in Gebietsregen von anderer Dauer zulassen. Das geschieht in zwei Schritten: vorerst wird in Abhängigkeit des Einzugsgebietes ein *Flächenfaktor* bestimmt. Er wird verschieden für den Osten und den Westen der USA gewählt und die Einzugsgebiete sind entsprechend auf 2600 km² und 1300 km² begrenzt. Danach wird die *zeitliche Verteilung* der Niederschläge berücksichtigt.

Die starken Niederschläge mit einer Dauer von einer Stunde, die nur für den westlichen Teil der Vereinigten Staaten in Betracht kommen, werden nur durch einen Faktor der räumlichen Verteilung beeinflusst. Die zeitliche Verteilung des maximal möglichen Niederschlages mit einer Dauer von sechs Stunden wird auf einer stündlichen Basis angegeben und die der Starkniederschläge mit einem Intervall von 15 Minuten in Abhängigkeit der Subzonen. Das BR lässt eine Abminderung der so ermittelten Bemessungsniederschläge für Bauwerke mit «geringem Risiko» zu, deren Beschädigung oder Zerstörung durch Überflutung nur begrenzte materielle Schäden hervorruft, wobei *regionale Korrekturkoeffizienten* berücksichtigt werden.

Das zweite Ziel der Methode besteht in der *Umformung der Niederschlagsganglinie in Abflussganglinien für Hochwasser.* Die empfohlene Technik benutzt das *Einheitsganglinienverfahren* und besteht in einer mehr oder weniger verfeinerten Methode entsprechend der schon verfügbaren Information im betrachteten Einzugsgebiet und/oder den benachbarten Regionen – Regen, Abflussganglinien usw. Beim Fehlen dieser Informationen empfiehlt man die Anwendung der Methode, die von einem anderen wichtigen Amt des Bundes – dem US-Soil Conservation Service [4, 5] entwickelt worden ist und die auf der *Auswertung des Abflussbeiwertes in Abhängigkeit vom Bodentyp* (4000 Böden der USA wurden in vier grundlegende Kategorien eingeteilt), von der Vegetation und von der nachfolgenden Konstruktion einer dreieckförmigen Einheitsganglinie beruht. Dort sind auch detaillierte Vorschriften gegeben, unterstützt durch Rechenbeispiele für typische Probleme. Diese Genauigkeit, darauf sei hingewiesen, ist eher scheinbar als wirklich. Das empfohlene Verfahren des BR, dessen Grundlagen ausserordentlich umfangreich sind, fordert trotzdem eine grosse Zahl von Berechnungen und ein beträchtliches Beurteilungsvermögen. Es bietet dafür den Vorteil grosser Anpassungsfähigkeit und wenigstens dem Prinzip nach eine Entwicklungsfähigkeit.

Vorschlag des LHYDREP

Dieser Vorschlag ist aus Untersuchungen hervorgegangen, die in unserem Laboratorium seit dem Jahre 1970 [6, 7] durchgeführt werden. Ein Teil ihrer Resultate ist in einer vor kurzem erschienenen Veröffentlichung des ASF [8] enthalten, die als ein offizielles Verzeichnis der Hochwasserabflüsse in der Schweiz angesehen werden kann. Eine erste Überprüfung zeigt, dass die experimentellen Wahrscheinlichkeiten (Diagramme) der jährlichen Hochwasser von den meisten der 238 erfassten Stationen auffallende Analogien aufweisen, die als normal anzusehen sind, wenn es sich um Stationen nur eines Gewässers handelt, aber überraschen, da man fast eine Identität festellen kann, wenn es sich um Einzugsgebiete handelt, die so unterschiedlich sind wie die der Beobachtungsstationen von *Tiefencastel* (Albula), *Basel St. Alban* (Rhein), *Hondrich* (Kander), *Branson* (Rhone) und *Piotta* (Tessin). Klammern: Name des Gewässers.

Wir begannen uns daher nach der möglichen Bedeutung dieser Analogien zu fragen. Bild 1 zeigt logarithmisch die Verteilung der experimentellen Wahrscheinlichkeiten jährlicher Hochwasserereignisse für vier der oben erwähnten Stationen. Man bemerkt ihr fast identisches Verhalten, so dass eine einfache Verschiebung genügt, um sie praktisch völlig zu überlagern. Diese Verteilungen haben ihre Neigung zu den Achsen des Koordinatensystems gemeinsam, aber sie sind unterschiedlich in bezug auf die Lage ihres Schwerpunktes. Da die Neigung der Verteilungen durch die Varianz bestimmt wird, die hier als ein Mass der «Regelmässigkeit» eines Gewässers verstanden werden kann, können wir sagen, dass in Bild 1 die Gewässer analog entsprechend ihrem «Charakter» und unterschiedlich bezüglich des Massstabs des Phänomens sind. Es stellen sich sogleich die folgenden Fragen:

1. Welches sind die physikalischen Grundlagen dieser Ähnlichkeit im Verhalten, die mittels einer statistischen Analyse entdeckt wurden?

2. Wäre es möglich, ein Ähnlichkeitsgesetz zu definieren, so dass eine Übertragung von einem Einzugsgebiet in ein anderes mit Hilfe eines einfachen Massstabfaktors möglich wäre?

Angesichts der Komplexität des Bildungsvorganges einer Hochwasserwelle kann man überzeugt sein, dass die Antworten weder direkt noch einfach sein werden. In der Absicht, klarer zu sehen, haben wir ein *«Ähnlichkeitskriterium»* rein statistisch definiert, das jedoch nicht die Annahme eines bestimmten Verteilungsgesetzes einschliesst:

«Mehrere Einzugsgebiete haben einen ähnlichen Charakter, wenn ihre Varianzen die Eigenschaft haben, dass das normalisierte 100jährliche Hochwasser jedes Einzugsgebietes (vor-

erst extrapoliert) nicht mehr als $\pm 25\%$ vom mittleren Wert, welcher der Gruppe der betrachteten Einzugsgebiete entspricht, abweicht. Diese Definition braucht einige Erläuterungen:

- Um zwei Einzugsgebiete auf der Grundlage der Varianz der jährlichen Hochwasserereignisse zu vergleichen, müssen sie überlagert werden, wobei der Massstabfaktor eliminiert wird. Diese Operation, als Normalisierung bezeichnet, gestattet es, die Variablen Q dimensionslos einzuführen. Wir haben unsere Messreihen normalisiert durch Division mit Q_2 – das Hochwasserereignis mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von 50% in jedem Jahr ($T = 2$). Q_2 ist ein Wert, der nur wenig vom Mittelwert der Messreihe abweicht.
- Die Grenzen von $\pm 25\%$ sind das Ergebnis einer sehr bekannten Untersuchung von Benson [9], der bewiesen hat, dass die Schätzung des «wahren» 100jährlichen Hochwasserereignisses nicht besser als gerade $\pm 25\%$ im Konfidenzintervall von 95% ist, wenn die Länge der verfügbaren Beobachtungsreihen nur 48 Jahre beträgt. Diese Länge der Beobachtungsreihen wird erreicht oder überschritten für ungefähr einen Drittel unserer Stationen.

Nachdem wir die Einzugsgebiete, die unserem Ähnlichkeitskriterium – siehe Bild 2 – entsprechen, gruppiert haben, erhalten wir folgendes Bild der Schweiz:

1. Die *Alpennordseite* stellt eine scheinbar homogene Region mit einer eher schwachen Varianz dar. Das Mittelland, wo die Varianz stärker ist und auch einige Zonen, in denen die Varianz stark streut – das Wallis, das Gotthardgebiet, die Nordostschweiz – treten deutlich hervor.

2. Die *Alpensüdseite* und das Oberengadin bilden eine zweite Region, jedoch mit einer offenbar starken Varianz.

Die Prüfung dieses Bildes gibt die Bestätigung dafür, dass zwei Elemente für den Charakter eines Einzugsgebietes bestimmend sind: das Klima oder genauer das «Klima der Niederschläge» und die Regulierungsfähigkeit des Einzugsgebietes. Darüberhinaus scheinen die beobachteten Analogien deutlich einen *regionalen* Charakter zu haben.

Was die *Regulierungsfähigkeit* anbetrifft, kann sie sehr unterschiedliche Ursachen haben, natürliche wie künstliche. Eine starke Regulierungsfähigkeit kann auf einen See oder einen Rückhalt zurückzuführen sein, auf ein Karstgebiet, auf

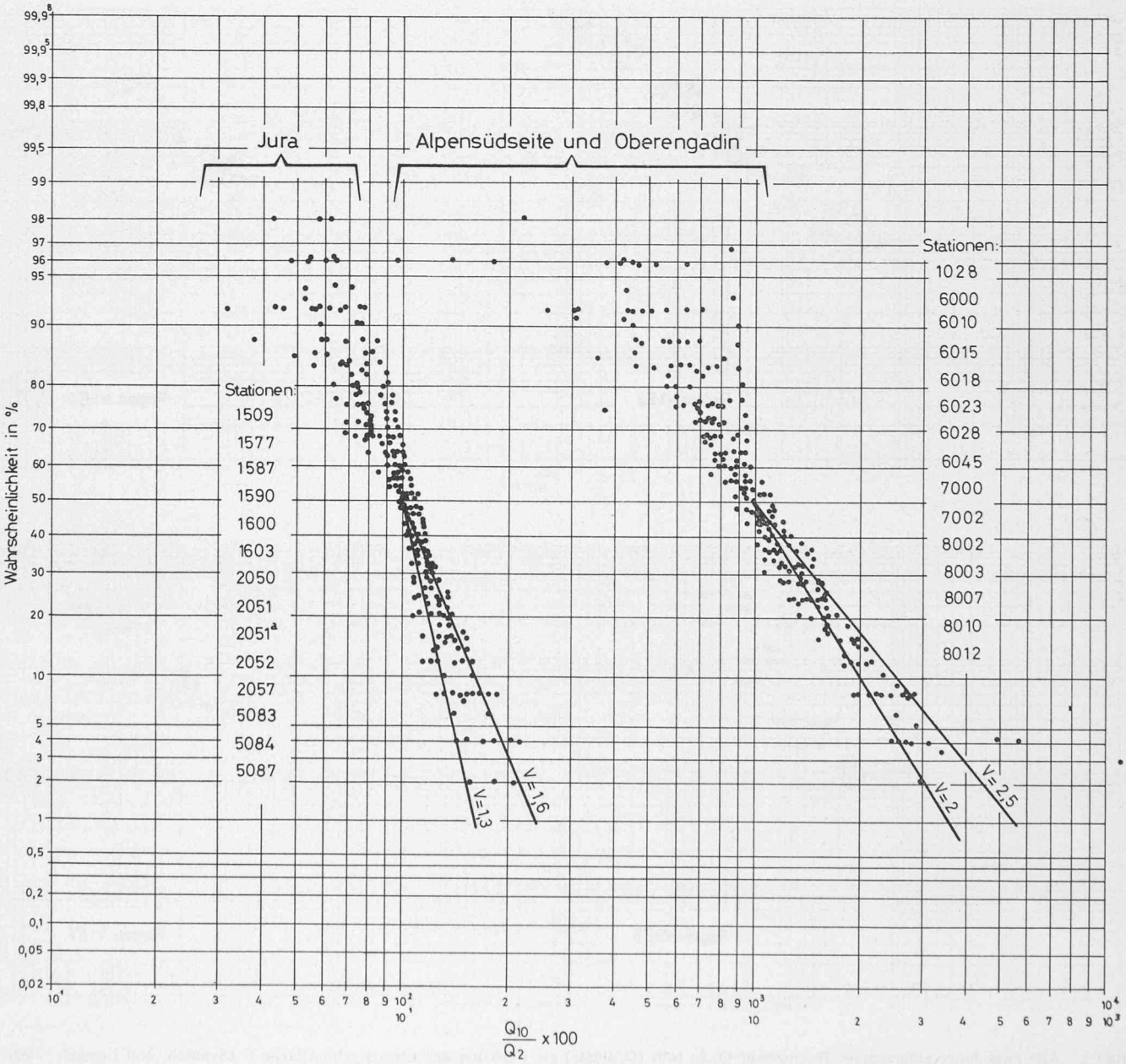


Bild 2. Experimentelle Wahrscheinlichkeiten normalisierter jährlicher Hochwasser für zwei Regionen

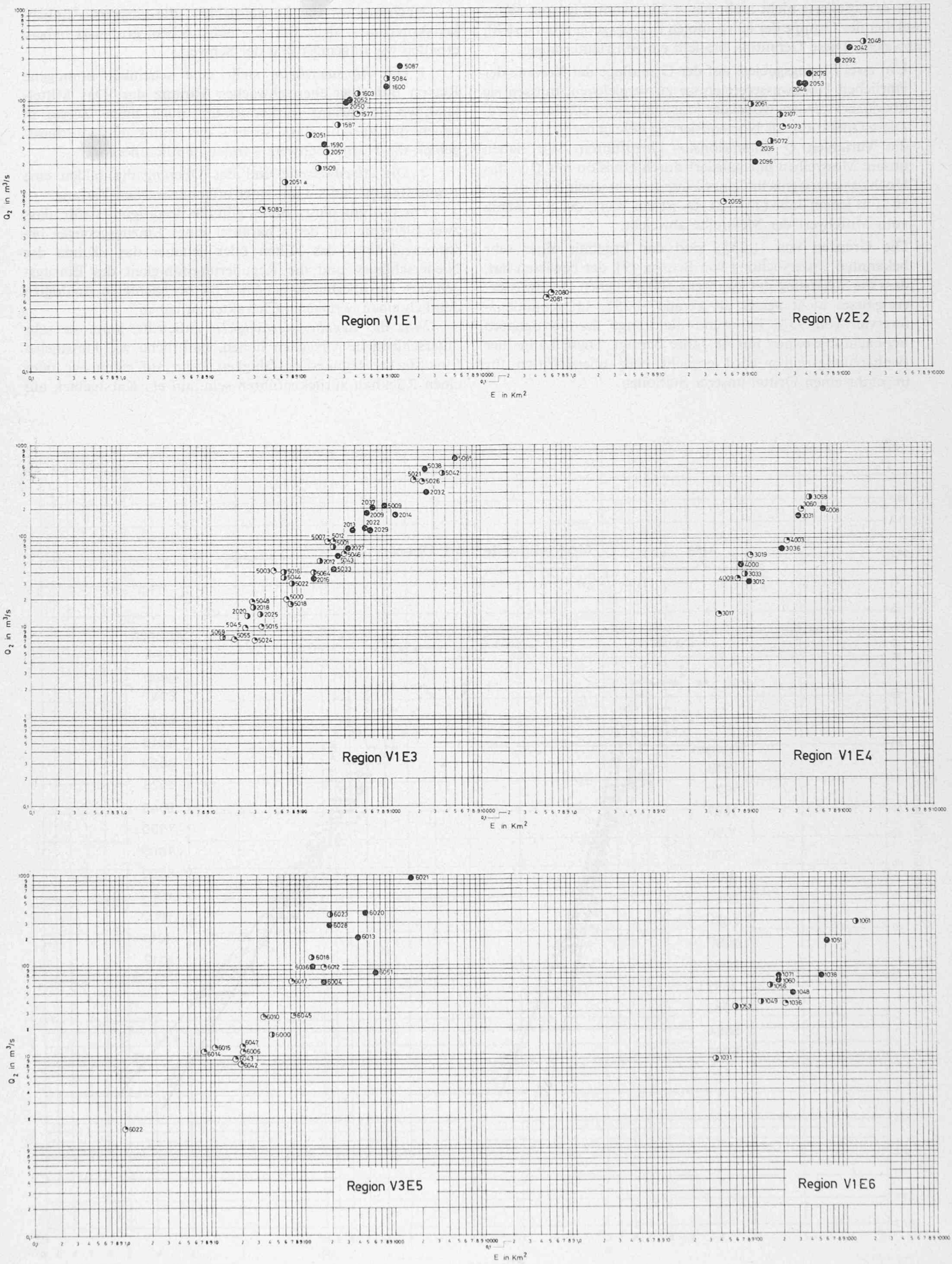
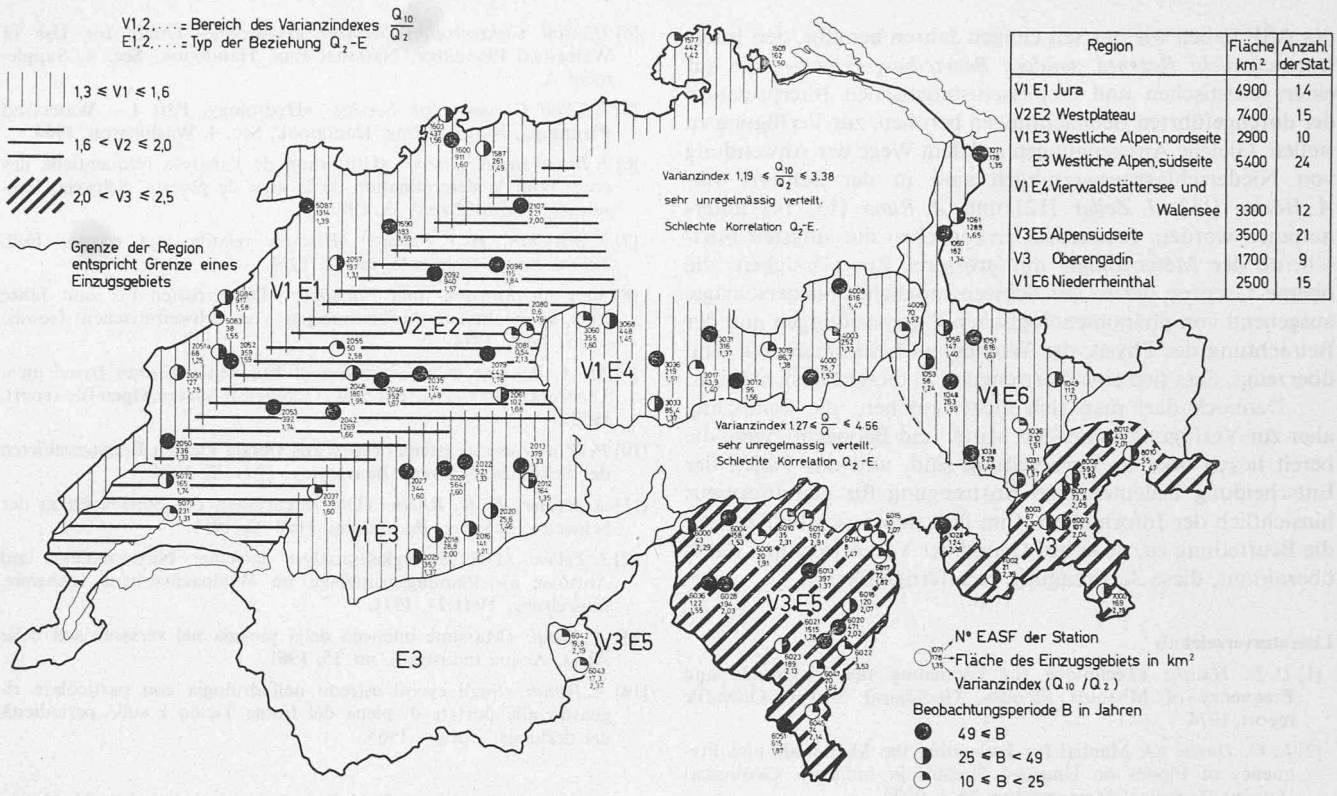


Bild 3. Alle zwei Jahre auftretendes Hochwasser Q_2 in m³/s (Ordinate) als Funktion der Einzugsgebietsfläche E (Symbole und Legende: siehe Bild 4)



Region	Fläche km²	Anzahl der Stat.
V1 E1 Jura	4900	14
V2 E2 Westplateau	7400	15
V1 E3 Westliche Alpen, nordseite	2900	10
E3 Westliche Alpen, südseite	5400	24
V1 E4 Vierwaldstättersee und Walensee	3300	12
V3 E5 Alpensüdseite	3500	21
V3 Oberengadin	1700	9
V1 E6 Niederrheinthal	2500	15

Bild 4. Hochwasserregionen in der Schweiz

einen Gletscher, auf ein grosses Einzugsgebiet usw. Es gibt kaum eine Möglichkeit, ein Ähnlichkeitsgesetz definieren zu können zwischen den Einzugsgebieten, in denen die Varianz der Hochwasserereignisse durch eine aussergewöhnliche Eigenschaft erklärt ist, und den übrigen. Wir haben sie weggelassen. Unsere folgenden Untersuchungen wurden übrigens auf Einzugsgebiete mit einer Fläche von $10\,km^2 < E < 1000\,km^2$ beschränkt. Die grossen Einzugsgebiete, die durch zahlreiche Beobachtungsstationen am Unterlauf unserer Ströme und grossen Gewässer erfasst werden, bieten einen ausreichenden Umfang an Information für direkte Untersuchungen.

Ein wichtiger Aspekt, der erläutert werden muss, bevor auf Einzelheiten eingegangen wird, ist der der *Stabilität* der beiden benutzten Parameter: Der *Charakter (Varianz)* des Einzugsgebietes und der *Massstabfaktor* (Q_2). Nach einer Analyse von 17 Beobachtungsstellen, deren Messreihen länger als 50 Jahre sind, haben wir mit einer gewissen Überraschung folgendes festgestellt:

1. Der *Varianzindex,* der später noch erläutert wird, nimmt auf der Alpennordseite nach fünf Jahren und auf der Alpensüdseite nach zehn Jahren einen relativ festen Wert an. Der Charakter eines Flusses offenbart sich daher ziemlich schnell.

2. Der *Massstabfaktor* nimmt in der Regel einen festen Wert nach zehn Jahren an. Wir haben jedoch in einigen Fällen deutlich entgegengesetzte Tendenzen festgestellt. Ebenso vergrössert oder verringert sich Q_2 regelmässig im Laufe der Jahre (gleiche Stationen, unterschiedliche Perioden), ohne dass wir dafür bei dem gegenwärtigen Stand der Untersuchungen einen deutlichen Grund haben finden können.

Nach Klärung dieser Frage war es notwendig zu versuchen, eine *physikalische* Bedeutung des Massstabfaktors, ohne die seine Benutzung unanwendbar wäre, zu erläutern. Wir haben in dieser Richtung einen ersten Schritt mit der Grösse gemacht, die allgemein bekannt ist, dem Einzugsgebiet E (Bild 3). Selbstverständlich ist es möglich, noch weiter zu gehen: entsprechende Arbeiten wurden vom GS in den USA und von *P. Widmoser* [10] in der Schweiz durchgeführt. Dies jedoch überschreitet den Rahmen unserer Untersuchung.

Schliesslich taten wir einen letzten Schritt durch die Anwendung einer *Parametersubstitution,* die einen direkten Gebrauch der experimentellen Wahrscheinlichkeitsverteilungen ermöglicht, so wie sie vom ASF in [8] veröffentlicht wurden. Um dem Verlauf (Neigung) der Punkte Rechnung zu tragen, schlagen wir einen Varianzindex V vor:

$$V = \frac{Q_{10}}{Q_2}$$

Er entspricht auch dem normalisierten, alle zehn Jahre eintreffenden Hochwasserereignis. So haben wir Bild 4 erhalten, das die sechs Regionen begrenzt hinsichtlich des Massstabfaktors E von 1 bis 6 und drei Typen der Varianz von V1 bis V3.

Die Anwendung der Methode ist einfach und lässt einen Spielraum für weitergehende Untersuchungen und für das Urteil des Ingenieurs:

1. Man bestimmt mit Hilfe von Karten oder durch Interpolation von Daten, die in Veröffentlichungen des AW enthalten sind, die Fläche des zu untersuchenden Einzugsgebietes.

2. Man ordnet ihm nach Ermessen einen Massstabfaktor Q_2 zu, unter Berücksichtigung der regionalen Lage und der Analogie mit Bezugseinzugsgebieten der gleichen Region (Bild 3).

3. Man geht in gleicher Weise vor hinsichtlich des Varianzindexes Q_{10}/Q_2 im Streubereich der Werte V.

4. Mit bekanntem Q_2 und Q_{10}/Q_2 kann man die Verteilung der gesuchten Wahrscheinlichkeiten auf einem Wahrscheinlichkeitspapier konstruieren und jedes gewünschte Q_T erhalten.

Zusammenfassung

Nach unserer Überzeugung gibt es im Bereich der Hochwasserhydrologie keine allgemeinen oder allgemein anerkannten Lösungen und noch viel weniger exakte Resultate. Mit Hilfe

des ASF haben wir uns seit einigen Jahren bemüht, den Interessenten *nicht Rezepte, sondern Beurteilungskriterien,* die auf einer statistischen und empirisch-statistischen Interpretation der durchgeführten Beobachtungen beruhen, zur Verfügung zu stellen. Gleiche Anstrengungen auf dem Wege der Anwendung von Niederschlagsauswertungen sind in der Schweiz von *A. Hörler* [11], *J. Zeller* [12] und *A. Rima* [13, 14] unternommen worden. Ausserdem ermöglichen die jüngsten Fortschritte der Meteorologie mit grösserer Zuverlässigkeit, die oberen Grenzen der in der Schweiz möglichen Niederschläge, ausgehend von phänomenologischen Untersuchungen und der Betrachtung der Physik der Wolken, zu bestimmen. Wir sind überzeugt, dass sich eine Anstrengung in dieser Hinsicht lohnt.

Dennoch darf man sich nicht täuschen: die Benutzung aller zur Verfügung stehenden Mittel und Beobachtungen, die bereit liegen oder in Vorbereitung sind, und das Fällen der Entscheidung bedeuten eine Anstrengung für den Ingenieur hinsichtlich der Information. Ihm fällt daher von Fall zu Fall die Beurteilung zu, ob er auf Grund der Verantwortung, die er übernimmt, diese Anstrengung rechtfertigen kann.

Literaturverzeichnis

[1] *D. L. Hauth:* «Technique for Estimating the Magnitude and Frequency of Missouri Floods», Geological Survey, Open-file report, 1974.

[2] *L. G. Davis:* «A Manual for Estimating the Magnitude and Frequency of Floods on Ungaged Streams in Indiana», Geological Survey, Technical Memorandum 75–1, 1975.

[3] *Bureau of Reclamation:* «Design of Small Dams», Government Printing Office, Washington, 1974.

[4] *US-Soil Conservation Service:* «Hydrology Guide for Use in Watershed Planning», National Eng. Handbook, Sec. 4, Supplement A.

[5] *US-Soil Conservation Service:* «Hydrology, Part I – Watershed Planning», National Eng. Handbook, Sec. 4, Washington, 1964.

[6] *J. Bruschin, R. Estève:* «Utilisation de l'analyse fréquentielle des crues pour la détermination de la crue de projet», Schweiz. Bauzeitung, Hefte 32 und 33, 1973.

[7] *J. Bruschin, H. T. Falvey:* «Risques relatifs aux crues», Bull. Techn. Suisse Romande, no 21, 1974.

[8] *Amt für Strassen- und Flussbau:* «Die grössten bis zum Jahre 1969 beobachteten Abflussmengen von schweizerischen Gewässern», Bern, 1974.

[9] *M. A. Benson:* «Characteristics of Frequency Curves Based on a Theoretical 1000-Year Record», Geological Survey, Open-file report, 1952.

[10] *P. Widmoser:* «Extremabflüsse aus vierzig kleinen Einzugsgebieten der Schweiz», Schweiz. Bauzeitung, Heft 32, 1974.

[11] *A. Hörler, H. R. Rhein:* «Die Intensitäten der Starkregen in der Schweiz», Schweiz. Bauzeitung, Heft 32, 1961.

[12] *J. Zeller:* «Die Häufigkeitsanalyse extremer Niederschläge und Abflüsse als Planungsgrundlage im Wildbachverbau», Schweiz. Bauzeitung, Heft 24, 1971.

[13] *A. Rima:* «Massime intensità della pioggia nel versante sud delle Alpi», Acqua industriali, no. 15, 1961.

[14] *A. Rima:* «Sugli eventi estremi nell'idrologia con particolare riguardo alle portate di piena del fiume Ticino e sulle periodicità dei deflussi», Zurigo, 1963.

Adresse der Verfasser: Prof. *J. Bruschin* und dipl. Ing. *M. North*, Laboratoire d'hydraulique, ETH Lausanne, Rue de Genève 65, 1004 Lausanne.

Der Neubau der Bayerischen Rückversicherung in München

Die klimatechnischen Installationen

Von **Waclaw Ziemba**, Zürich

Am Senderanger 4–6 in München ist ein schöner und eigenwilliger Neubau der Bayerischen Rückversicherung entstanden. Die grossen Fenster gestatten einen Rundblick auf die modernen Neubauten in der Umgebung und auf den Englischen Garten. Der Architekt *Uwe Kiessler* in München hat damit einen markanten Akzent im Tivoligebiet gesetzt (Bild 1).

Um aber den Besonderheiten der Architektur und des Betriebes gerecht zu werden, mussten verschiedene Probleme gelöst werden. Dabei waren folgende Gesichtspunkte zu beachten:

- Grossräume mit kreisförmigem Grundriss
- Vollverglasung, also brüstungslose Fassaden
- Fluchtbalkone, die relativ wenig Schatten bringen und den Auftrieb der durch die Fassade erwärmten Aussenluft kaum hemmen
- Beherrschung der Körperschallübertragung aus den Maschi-

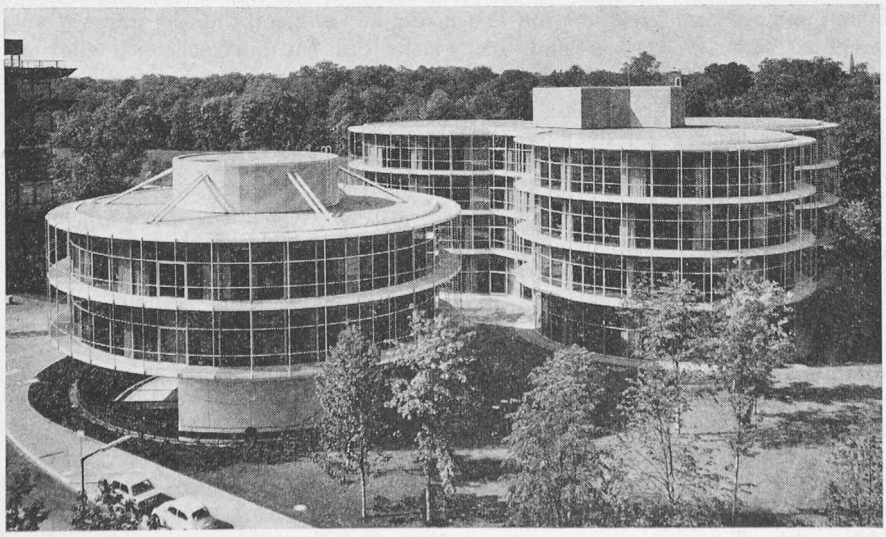


Bild 1. Neubau der Bayerischen Rückversicherung München