

# Wie gross ist das 100 jährige Hochwasser?

Autor(en): **Naef, Felix**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **84 (1992)**

Heft 11-12

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-940604>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Wie gross ist das 100jährige Hochwasser?

Felix Naef

«Vor 20 Jahren wusste ich besser als heute, was ein 100jähriges Hochwasser ist.» Prof. D. Vischer

## Zusammenfassung

Mit länger werdenden Abflussmessreihen werden die mit den heute üblichen Verfahren abgeschätzten Hochwasserabflüsse oft widerlegt. Den Gründen dafür wird nachgegangen und aufgezeigt, dass nur vertiefte Kenntnisse der Hydrologie die Gefahr von Fehldimensionierungen vermindern können.

## Résumé: Quel est le débit de la crue centennale?

Lorsque les séries de mesure des débits observés s'allongent, il arrive que les débits de crues exceptionnelles déterminés à l'aide de méthodes usuelles soient contredits. Les raisons de cette discordance sont analysées et on a pu montrer qu'uniquement des connaissances approfondies en hydrologie peuvent réduire le risque d'une erreur de dimensionnement.

## Summary: How severe is the 100 year flood?

As the length of gauging records increase, presently employed methods of determining design flood discharges are frequently being proved to be insuitable. The underlying reasons are examined and the need for detailed hydrological knowledge to prevent incorrect dimensioning is shown.

## Grundlagen der Hochwasserabschätzung

Das obige Zitat umschreibt treffend die Situation der Extremwerthydrologie. Da die Kenntnisse in den letzten 20 Jahren nicht abgenommen haben, muss man sich die Entwicklung auf diesem Gebiet in letzter Zeit vergegenwärtigen, um diese Aussage verstehen zu können.

Seit den zwanziger Jahren dieses Jahrhunderts wurden Verfahren entwickelt, um Hochwasserabflüsse abschätzen zu können. Man interessierte sich vor allem für die Grösse von 50- oder 100jährigen Hochwasserabflüssen. Grundlagen für die Abschätzungen bildeten:

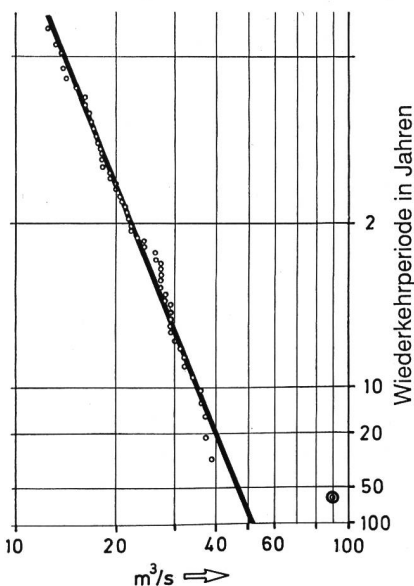


Bild 1. Hochwasserstatistik der Langete bei Lotzwil mit einem extrapolierten 100jährigen Hochwasser von 50 m<sup>3</sup>/s. Das Hochwasser von 1975 lässt sich nicht einordnen und wird deshalb als «Ausreisser» bezeichnet.

- ein Netz von Abflussmessstationen, das seit Beginn des Jahrhunderts ständig erweitert worden war und Abflussmessungen an zahlreichen Flüssen mit guter Genauigkeit über längere Zeit erlauben sollte,
  - statistische Methoden zur Analyse und Verlängerung dieser Messreihen, um Hochwasser mit definierter Auftretenswahrscheinlichkeit zu ermitteln,
  - Hochwasserformeln, um an Flüssen ohne Pegel Abflüsse aufgrund von Parametern, wie Einzugsgebietsgrösse, Bewuchs, Gefälle, Niederschlag, abzuschätzen,
  - Modellvorstellungen über den Abflussprozess, die es in naher Zukunft erlauben sollten, Mängel der Verfahren und Lücken in den Daten mit Hilfe der immer leistungsfähiger werdenden Computer zu schliessen.
- Kritische Stimmen (z.B. Klemes, 1986) meinten zwar, dass sich mit diesen Grundlagen die Vorgänge in der Natur nur ungenügend erfassen lassen. Sie fanden aber wenig Echo.

## Probleme mit den heutigen Verfahren

Doch die Natur folgte nicht immer diesen Abschätzungen. Ein bekanntes Beispiel dafür lieferte die Langete. Deren Gerinne durch Langenthal ist zu klein, so dass bei Hochwasser jeweils die Hauptstrasse des Ortes als Entlastungsgerinne dienen musste. Für die verschiedenen Projekte, die ausgearbeitet wurden, um diesen Zustand zu verbessern, lagen überdurchschnittlich dichte hydrologische Grundlagen vor, da der Abfluss der Langete schon seit 1924 gemessen wurde. 1974 wurde damit ein 100jähriger Abfluss von 50 m<sup>3</sup>/s ermittelt. Aber kurz nach dem Abschluss der entsprechenden Studie wurde bei einem Hochwasser ein Spitzenabfluss von gegen 100 m<sup>3</sup>/s beobachtet, der sich nicht in die Hochwasserstatistik einordnen lässt und deshalb als «Ausreisser» bezeichnet wird (Bild 1).

Nun werden solche Ausreisser häufig beobachtet. Es stellt sich die Frage, wie mit ihnen umzugehen ist und wie sie zu gewichten sind. Soll man die Schutzmassnahmen an einem Fluss ganz darauf abstützen oder soll man sie in der Statistik wie alle anderen Werte behandeln? Das gewählte Vorgehen entscheidet wesentlich über die Grösse der Dimensionierungswassermenge.

Es stellt sich aber ein noch grundsätzlicheres Problem: Ist es mit den gängigen Extremalverteilungen überhaupt möglich, mit Messreihen von einigen Jahrzehnten Dauer zuverlässig auf seltene Hochwasser zu extrapolieren? Erfassen diese Verteilungen das Verhalten von Einzugsgebieten bei extremen Ereignissen? Weil diese Frage so schwierig ist, wurde sie nicht beantwortet. Und so werden Tausende von Durchlässen, Gerinnen und Hochwasserentlastungen jedes Jahr mit einer Methode dimensioniert, deren Möglichkeiten und Grenzen nicht klar definiert sind.

Auf welchen theoretischen Grundlagen beruhen diese Extremalverteilungen überhaupt? Es wird angenommen, dass sich die Wahrscheinlichkeit eines Hochwasserabflusses einer bestimmten Grösse durch einfache mathematische Funktionen beschreiben lässt. Bei allen Verteilungen nimmt dabei die Auftretenswahrscheinlichkeit mit zunehmender Grösse des Abflusses stetig ab.

Lassen sich diese Annahmen anhand von Messungen überprüfen? Bild 2 gibt einen Überblick über die in der Schweiz vorhandenen Daten aus Einzugsgebieten bis zu einer Grösse von 120 km<sup>2</sup>. Dargestellt ist, wieviele Stationen von der Landeshydrologie wie lange gemessen wurden (Stand 1990). Die durchschnittliche Messdauer liegt bei 21 Jahren. Reihen von mehr als 40 Jahren sind selten.

Insgesamt wurden etwa 3300 Stationsjahre gemessen; nach den Regeln der Wahrscheinlichkeit sind darin 33 hundert- und 3 tausendjährliche Hochwasser enthalten. Diese Zahl wird aber nicht erreicht, da bei extremen Ereignissen der Pegel oft durch Geschiebe überdeckt oder weggespült wird. Selbst wenn der Verlauf des Wasserstandes während des Hochwassers lückenlos registriert worden ist, können bei der Umrechnung des Wasserstandes in Abflussmengen Fehler auftreten. Das vorhandene Datenmaterial reicht also nicht aus, um die den Extremalverteilungen zugrundeliegenden Annahmen zu verifizieren. Vielmehr gibt es nebst den störenden Ausreißern noch andere Anhaltspunkte, dass diese Annahmen nicht zutreffen.

So ist der Verlauf eines Hochwassers schwer zu erfassen, wenn der Abfluss die Kapazität des Gerinnes überschreitet und Überflutungen auftreten. Der Abfluss kann sich dann nicht über die Gerinnekapazität erhöhen, und Hochwasser werden mit abnehmender Auftretenswahrscheinlichkeit nicht stetig grösser, wie in den Extremalverteilungen angenommen wird. Dies geschieht erst, wenn das Rückhaltevermögen der Überflutungsflächen ausgeschöpft ist. Wird die gerinnenahe Retention nicht angemessen berücksichtigt, verunmöglichen Überflutungen und die damit verbundene Dämpfung der Hochwasserspitze eine sinnvolle Anpassung von Extremalverteilungen an die Messdaten eines Flusses wie der Langete (Bild 3, Haider, 1992).

Die Grösse des Hochwassers wird auch wesentlich durch das Speichervermögen des Einzugsgebietes beeinflusst. Auswertungen in etwa 100 kleineren schweizerischen Einzugsgebieten haben ergeben, dass auch bei 10- bis 50jährigen Hochwassern noch ein bedeutender Teil des Niederschlags im Boden zurückgehalten wird: Während des Hochwassers fliessen meist nur 15 und 50% des Niederschlags ab (Naef et al., 1986). Wenn das Rückhaltevermögen des Bodens erschöpft ist, ändert sich das Abflussverhalten jedoch sprunghaft. Extrapolationen auf 100jährige oder noch seltenere Hochwasser mit Messreihen von einigen Jahrzehnten Dauer sind deshalb auch auf diesen Gesichtspunkt hin zu überprüfen.

Die Modellvorstellungen über den Abflussprozess basierten in den letzten Jahrzehnten auf dem Infiltrationskonzept von Horton. Danach wird ein Hochwasser durch den oberflächlich abfliessenden Teil des Niederschlags gebildet. Oberflächenabfluss entsteht, wenn die Nieder-

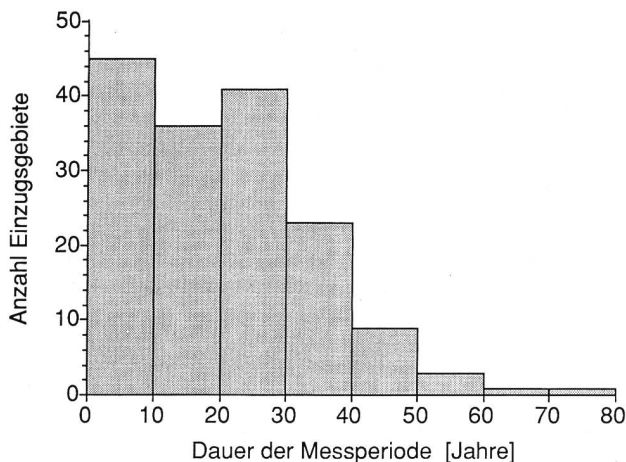


Bild 2. Anzahl der Abflussmessstationen der schweizerischen Landeshydrologie in Einzugsgebieten bis 120 km<sup>2</sup> und Dauer der Messperioden. Die durchschnittliche Messperiode liegt bei 21 Jahren, Reihen von mehr als 40 Jahren sind selten.

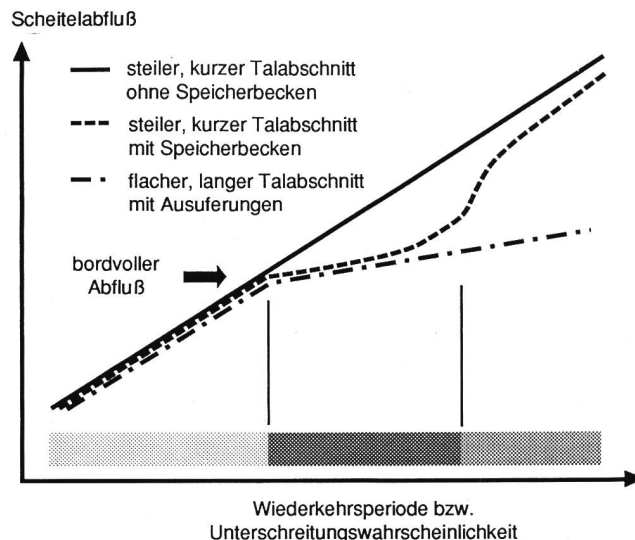


Bild 3. Die Auswirkung der gerinnenahen Retention auf die Hochwasserstatistik. Die Vorgänge im dunkelschraffierten Bereich sind entscheidend für die Anpassung der Extremalverteilung.

schlagsintensität die Infiltrationskapazität des Bodens überschreitet. Messungen im Labor und in der Natur haben aber gezeigt, dass die Infiltrationskapazität natürlicher Böden meist wesentlich grösser ist als die bei Starkregen beobachteten Niederschlagsintensitäten. Die Vorstellung von Horton gilt also nicht allgemein, die wirklichen Vorgänge sind wesentlich komplexer (Zuidema, 1985). Deshalb lässt sich auch die Berechnung von Abflussbildung und Oberflächenabfluss in zwei aufeinanderfolgenden, unabhängigen Schritten nicht durchführen, wie das die meisten Niederschlag-Abfluss-Modelle tun. Modelle, die den tatsächlichen Abflussprozess zuverlässig abbilden, müssen erst noch entwickelt werden. Daher ist die Abflussbildung bei Extremhochwasser heute quantitativ noch nicht fassbar.

Dies hat kostspielige Konsequenzen. So dimensioniert die für die Sicherheit der Talsperren verantwortliche Bundesstelle Hochwasserentlastungen bei Staudämmen auf der Basis von 1000jährigen Niederschlägen, die auf durch Vorregen vollständig gesättigte Böden fallen. Die so ermittelten Abflüsse sind enorm. Um den Boden eines Einzugsgebietes vollständig zu sättigen, muss sehr viel Niederschlag fallen; bei diesen Abschätzungen setzt man also implizit voraus, dass einem 1000jährigen Niederschlag ein sehr grosser Niederschlag vorangeht. Die Auftretenswahrscheinlichkeit eines solchen kombinierten Ereignisses lässt sich aber nicht mehr beziffern.

### Was hat sich geändert?

Erfahrungen mit systematischen Hochwasserschutzmassnahmen in zahlreichen kleineren Einzugsgebieten sind jung und stammen im wesentlichen aus unserem Jahrhundert. Da extreme Hochwasser selten sind, können auch ungenügend dimensionierte Bauwerke Jahrzehnte schadlos überdauern. Wenn ein Gerinne überdimensioniert ist, was bei Anwendung der gängigen Hochwasserformeln oft der Fall ist, zeigen sich überhaupt keine direkten Auswirkungen der ungenügenden Grundlagen. Erst mit den länger werdenden Messreihen fallen die zahlreichen Abweichungen vom Sollwert auf und wird die Problematik offensichtlich. Deshalb hat sich auch erst im Laufe der letzten 20 Jahre gezeigt, dass die hydrologischen Werkzeuge des Wasserbauers wesentliche Mängel auf-

weisen. Hochwasserschutzmassnahmen stellen vor allem in bebauten Gebieten grosse und teure Eingriffe dar. Das stetig wachsende Umwelt- und Kostenbewusstsein bewirkt, dass Projekte gegenüber einer starken Opposition genauer begründet werden müssen. Dafür reichen die vorhandenen Methoden oft nicht aus.

### Konsequenzen für die Zukunft?

Auch bei grossen Vorhaben wird heute noch die Hydrologie, die Grösse und Sicherheit des Projektes wesentlich bestimmt, nur mit einigen Standardverfahren abgehandelt. Um die Gefahr von Fehldimensionierungen einzuschränken, sind detailliertere hydrologische Studien notwendig, die das Speichervermögen des Einzugsgebietes und die Wirkung der Retention abschätzen und Informationen über historische, nicht gemessene Hochwasser einbeziehen.

Aber auch nach einer ausführlichen Studie bleiben Unsicherheiten bestehen, die bei der Projektierung berücksichtigt werden müssen. Heute wird zuerst ein Dimensionierungshochwasser festgelegt und auf der Basis dieses Wertes ein Projekt ausgearbeitet. Oft sind dann die Kosten für den Hochwasserschutz grösser als der mögliche Schaden. Sinnvoller ist ein abgestufter Hochwasserschutz, der die Grösse des möglichen Schadens einbezieht und dafür beim Überschreiten der Projektwassermengen die schwerwiegendsten Konsequenzen einzudämmen sucht. Dabei ist es auch möglich, Unsicherheiten

in der Grösse der Hochwassermengen zu berücksichtigen.

Die Forschung in der Hydrologie stand bisher zumeist unter dem Motto «mit vorhandenen Daten und Kenntnissen ein Verfahren für die Praxis entwickeln». Heute besitzen wir eine grosse Anzahl konkurrierender Verfahren und Modelle, verstehen aber nicht, wie die Abflussbildung bei extremen Niederschlägen vor sich geht. Hier kann nur Forschung weiterhelfen, die sich um das grundsätzliche Verständnis der Prozesse bemüht.

#### Literatur

Haider, S. (1992): Berücksichtigung grossflächiger Vorlandüberflutungen bei der Festlegung von Bemessungsabflussmengen. Tagungspublikation Interprävent 1992, Band 1, Seite 193–203, Bern.

Klemes, V. (1986): Dilettantism in Hydrology: Transition or Destiny? Water Resources Research, Vol. 22, No. 9, Pages 177S–188S, August.

Naef, F.; Zuidema, P.; Kölla, E. (1986): Abschätzung von Hochwassern in kleinen Einzugsgebieten. Beiträge zur Geologie der Schweiz – Hydrologie Nr. 33, Seite 195–233, Kümmerly und Frey, Bern.

Zuidema, P. (1985): Hydraulik der Abflussbildung während Starkniederschlägen. Mitteilung Nr. 79 der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH, Zürich.

Adresse des Verfassers: Dr. Felix Naef, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, VAW, der Eidg. Technischen Hochschule Zürich, CH-8092 Zürich.

## «Alarmmodell Rhein»

### Ein Hilfsmittel für die Vorhersage des Stofftransportes im Rhein und in ausgesuchten Nebenflüssen

Manfred Spreafico

#### Zusammenfassung

Die Entwicklung eines operationellen Modelles für die Vorhersage des Transportes von Schadstoffen, welche durch Störfälle in den Rhein gelangen, sowie einige hiezu notwendige Untersuchungen werden dargestellt.

#### Résumé

##### «Modèle d'alarme du Rhin»

Une aide à la prévision du déplacement de substances par le Rhin et certains de ses affluents. On présente un modèle opérationnel, simulant le transport de polluants accidentellement déversés dans le Rhin. Les temps d'écoulement font l'objet d'une étude particulière et l'on décrit des expériences de coloration.

#### Summary

##### “Alarm model for the Rhine river”

An aid for the forecast of pollutant transport within the river Rhine and some of the tributaries. The development of an operational model for the transport forecast of pollutants discharged in the river Rhine by accidents, as well as flow times investigations and tracer experiments are described.

### 1. Einleitung

In den vergangenen Jahren wurde das Wasser des Rheins öfters durch Unfälle verschmutzt, was zu grösseren Schäden am Ökosystem und zu Beeinträchtigungen

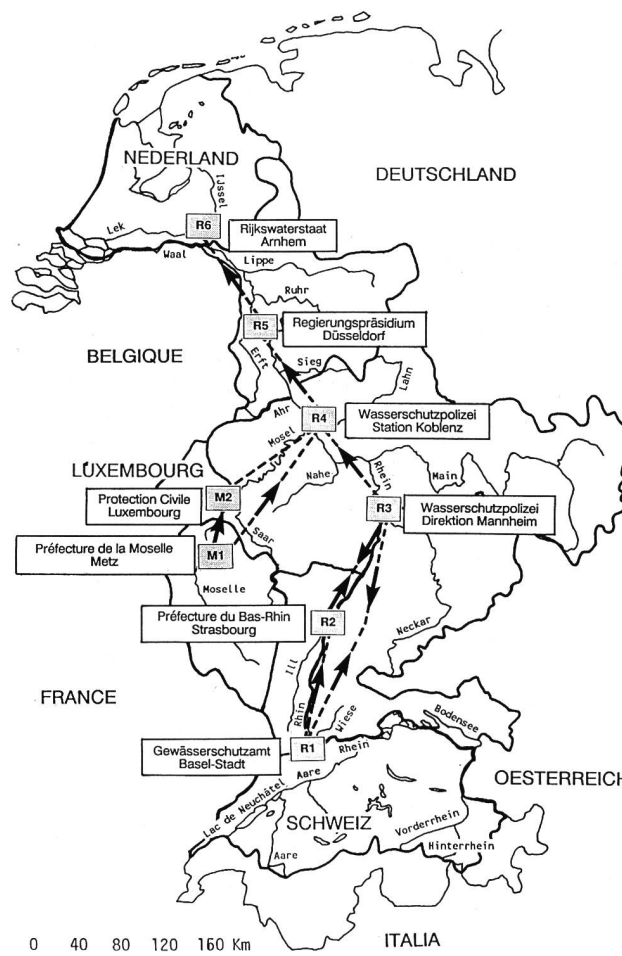


Bild 1. Internationales Alarmsystem im Rhein bei Störfällen.