

Das Grenzwertdilemma bei der Dimensionierung im Flussbau

Autor(en): **Jäggi, Martin**

Objektyp: **Article**

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

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

Heft 11-12

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-940599>

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.

Das Grenzwertdilemma bei der Dimensionierung im Flussbau

Martin Jäggi

Zusammenfassung

Die intuitive Übertragung der vorwiegend hydraulisch definierten Grenzwerte auf die hydrologische Abflussprognose kann zu einer starken Unterschätzung der Versagensrisiken von Flussbauten führen. Eine differenzierte Schutzzielbetrachtung auf der Basis mehrerer Grenzwerte kann dieses Dilemma entschärfen.

Résumé: Le dilemme des valeurs limites lors du dimensionnement en hydraulique fluviale

Les valeurs limites définies par l'hydraulique des cours d'eau sont souvent appliquées intuitivement aux débits résultant d'une évaluation hydrologique. Ceci peut conduire à une forte sous-estimation du risque de défaillance d'un endiguement. Ce dilemme peut être contourné en définissant les buts de la protection envisagée de manière différenciée.

Abstract: The dilemma of limiting values in the design of river engineering works

Hydraulically defined limits are often reported intuitively on values issue from hydrological analyses. A strong underestimation of the risk of collapse of a flood protection scheme may result. If the protection goals are defined in a differentiated way, the resulting dilemma may be avoided.

Durch flussbauliche Massnahmen soll ein Fliessgewässer so gestaltet werden, dass es den vielfältigsten Nutzungsansprüchen vom Hochwasserschutz bis zur Erhaltung der natürlichen Funktionen eines Fliessgewässers möglichst gerecht wird. Für die folgenden Betrachtungen steht die schadhlose Abfuhr von Hochwassern im Zentrum.

Hochwasserereignisse werfen immer wieder Fragen um das Ausmass des erforderlichen Schutzes und die Grösse des für die Dimensionierung massgebenden Ereignisses auf. So hat Vischer (1977) ein Hochwasser der Birs zum Anlass genommen, die Grundsätze der Nutzen-Kosten-Analyse auf Hochwasserschutzmassnahmen anzuwenden und damit den ökonomischen Nutzen, aber auch die ökonomischen Grenzen des Gewässerausbaus aufzuzeigen. Nach dem ausserordentlichen Hochwasser der Maggia von 1978 stellte Vischer (1980) aber dann die Frage nach dem grösstmöglichen Hochwasser, wobei er darauf hinweist, dass der Ausbau des Unterlaufs der Maggia sich nach immer grösseren Ausbaumassnahmen richtet. Er deutet damit an, dass bei solchen Ausbauten oft der maximale Schutz gefordert und die Frage nach dem Restrisiko nicht mehr gestellt wird.

Im Jahre 1987 wurde die Schweiz von schweren Hochwasserereignissen betroffen, so auch das Urner Reusstal (siehe etwa Naef und Jäggi, 1990). Der Reusskanal zwischen Attinghausen und dem Urnersee war vor 1987 suk-

zessive auf eine Ausbaumassnahme von 600 m³/s ausgebaut worden, was nach der vor dem Ereignis von 1987 gültigen Statistik einem hundertjährigen Hochwasser entsprach. Der Spitzenabfluss von 1987 betrug aber gegen 800 m³/s. So war zwar der Reusskanal nach den damals gültigen Regeln und dem damaligen Stand der Kenntnisse dimensioniert gewesen, doch hatte sich die Natur nicht an diese Regeln gehalten, und die Schutzbauten konnten für diesen Extremabfluss ihren Zweck nicht mehr erfüllen. Da die Dämme den Rückfluss des ausgetretenen Wassers in die Reuss verhinderten, wirkten sie in Flüelen und Seedorf sogar noch schadenvermehrend. Dies ist eine direkte Folge des in diesem Artikel beleuchteten Grenzwertdilemmas (s. a. Jäggi, 1988).

Die Grenzwerte in der Dimensionierung

Wie viele Verfahren in der Bautechnik stützt sich auch die Dimensionierung von Flussbauten auf Grenzwerte. So ist die Abflusskapazität für ein bestimmtes Profil durch einen maximal zulässigen Wasserstand bestimmt (Bild 1). Durch eine hydraulische Rechnung lässt sich bei bekannter Geometrie (Querprofil und Längsgefälle) und unter Annahme von Rauigkeitsbeiwerten bestimmen, welcher Abflussgrösse dieser Wasserstand entspricht. Das dabei noch zusätzlich eingeführte Freibord ist im Prinzip Funktion der Geschwindigkeitshöhe $v^2/2g$ und berücksichtigt, dass der Wasserstand lokal z. B. durch Wellenschlag bis auf das Niveau der Energielinie ansteigen kann. Weitere Grenzwerte gelten für die Stabilität des Gerinnes und insbesondere für einen Uferblockwurf (z. B. nach Stevens et al. 1976).

Bis vor kurzem war es national und international grundsätzlich üblich, eine einzelne Abflussgrösse als Dimensionierungswert (Projektwassermenge, Ausbaumassnahme) festzulegen. Das Projekt muss dabei so ausgestaltet werden, dass die entsprechenden Grenzwerte wie die Abflusskapazität respektiert werden.

Die Ausbaumassnahme

Nun gilt es aber, eine Prognose für das zu erwartende Hochwassergeschehen in der Projektstrecke zu machen und daraus diese Ausbaumassnahme abzuleiten. Wäre die Grösse der während der Lebensdauer der Bauwerke zu erwartenden Hochwasserabflüsse bekannt, so wäre das Problem gelöst. Die Hydrologie hilft bis zu einem gewissen Grad, indem zum Beispiel anhand von statistischen Methoden aus einer Messreihe einer Abflussmessstation eine Relation zwischen Abflussgrösse und Auftretenswahrscheinlichkeit aufgestellt werden kann (Bild 1). Zwar kann aus solchen Funktionen die Auftretenswahrscheinlichkeit sehr seltener Abflüsse ermittelt werden, doch ist die Aussage um so ungenauer, je kürzer die Messperiode und je länger die Wiederkehrperiode ist.

Die Wiederkehrperiode eines Abflusses ist statistisch gesehen als durchschnittlicher Abstand zweier Ereignisse, deren Spitzenabfluss diesen Wert erreicht oder übertrifft, definiert (Vischer, 1977; Dracos, 1980). Der Invers-

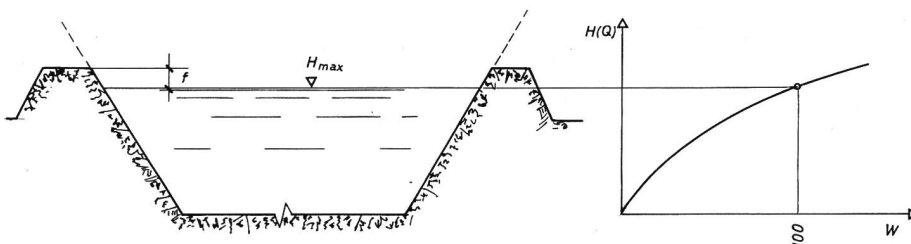


Bild 1. Ausbaumassnahme Q_{max} im Vergleich zu einer Extremwertverteilung der Wasserstände, wobei angenommen ist, dass diese aus einer Extremwertverteilung der Abflüsse umgerechnet und für fiktiv erhöhte Ufer dargestellt sind.

wert ergibt die Wahrscheinlichkeit, dass dieser Abfluss während eines Jahres erreicht oder übertroffen wird. Während der Inverswert bei steigendem Abfluss gegen Null tendiert, kann die Wiederkehrperiode zumindest theoretisch unendliche Werte annehmen. Werden Wiederkehrperioden von tausend und mehr Jahren angeführt, so erweckt dies oft den Eindruck von einem unvorstellbaren und praktisch unmöglichen Ereignis. Bei der Verwendung der Inverswerte fällt der entsprechende Unterschied viel weniger auf.

Bild 1 zeigt, dass bei der Auswahl der Ausbaugrösse (nach der üblichen Praxis Q_{100}) sozusagen ein zufälliger Griff in die Kiste mit den möglichen Hochwasserabflüssen getan wird, dass aber der entsprechende Wert eine sehr grosse Bedeutung erhält, indem das Gerinne auf diesen Wert ausgebaut wird. Im linken Teilbild ist ein Grenzwert zu erkennen, während im rechten Teilbild eine Extremwertverteilung dargestellt ist, in welcher ein bestimmter Wert ausgezeichnet ist. Im rechten Teilbild ist kein Grenzwert zu erkennen. Diese Schwierigkeit, aus einer Reihe von Werten einen einzelnen auszuwählen und diesem dann die Rolle eines Grenzwerts zuzuordnen zu müssen, sei als *Grenzwertdilemma* bezeichnet.

Die Behauptung ist sicher nicht von der Hand zu weisen, dass in der Praxis dieses Dilemma oft nicht mehr erkannt wird und die Ausbaugrösse nicht nur in hydraulischer, sondern intuitiv auch in hydrologischer Hinsicht als Grenzwert behandelt wird. Eine über-grosse Bedeutung hat in diesem Zusammenhang das hundertjährige Hochwasser erhalten. Obwohl dies statistisch gesehen nicht genau stimmt, wird es oft zumindest intuitiv als Mass für die wahrscheinliche Grösse eines Spitzenereignisses während einer Periode von 100 Jahren angenommen. Daneben nehmen sich tausend- und zehntausendjährige Ereignisse eben als extrem selten und ihr Auftreten als faktisch unmöglich aus.

Wurde nach bisheriger Praxis zwar ganz klar ein Restrisiko des Übertreffens des gewählten Grenzwerts (das hundertjährige Hochwasser) definiert, das theoretisch für ein bestimmtes Jahr bei 1% liegt, so wurde dieses Restrisiko aber doch bei Fachleuten, Politikern und Anstössern in der Regel zumindest unbewusst durch die beschriebene Übertragung des Grenzwertdenkens auf die Hydrologie verdrängt oder ignoriert. Mit aller Konsequenz setzten sich viele Fachleute dafür ein, dass diese Ausbaumassenergie respektiert wurde, machten sich aber kaum Gedanken über die Folgen des Restrisikos. Dieses ging bei den Überlegungen der Politiker und Anstösser dann konsequent verloren. Hinter einem Schutzdamm fühlte man sich sicher. Entsprechend wurde das nutzbar gemachte Land intensiv genutzt und eine mögliche Überflutung des Gebiets ignoriert. Dank Korrekturen wurden die Flussalluvionsebenen erst nutzbar, was einer friedlichen Innenkolonisation entsprach (Vischer, 1986), oder erfuhren besonders etwa durch die intensive Bautätigkeit der letzten Jahre markante Wertsteigerungen. So würden a posteriori durchgeführte Nutzen-Kosten-Analysen von Flusskorrekturen zu sehr positiven Resultaten führen, während a priori durchgeführte Untersuchungen oft weniger günstig ausfallen würden.

Die Folgen der Auswahl einer Ausbaugrösse

In einem natürlichen unkorrigierten Fluss kann zwar streng genommen nicht von Schaden gesprochen werden. Dieser entsteht erst durch die Nutzung des an den Fluss angrenzenden Landes. Ein natürlicher alluvialer

Fluss weist in der Regel ein Hauptgerinne mit beschränkter Abflusskapazität und ein Überschwemmungsgebiet auf. Die Kapazität des Hauptgerinnes entspricht je nach Abflussregime des Flusses etwa einem jährlich oder alle zwei bis fünf Jahre wiederkehrenden Hochwasser. Seltener Abflüsse nehmen das Überschwemmungsgebiet in Anspruch, wobei das Ausmass der Überschwemmungsfläche mehr oder weniger proportional zur Abflussgrösse ist. Im Hinblick auf eine potentielle Nutzung ist dieses Überschwemmungsgebiet auch Schadensgebiet. Somit nehmen die «Schäden» im Fall des natürlichen Flusses mit der Abflussgrösse sukzessive zu (Bild 2, Kurve 1).

Wird nun ein Flussgerinne bei einer Korrektur so ausgebaut, dass der massgebende Grenzwert der Dimensionierung einer einzigen Abflussgrösse entspricht, so ergibt sich daraus eine sehr sprunghafte Schadensfunktion (Bild 2, Kurve 2). Für alle Abflüsse unterhalb des Grenzwerts werden durch die Verbauungen Schäden verhindert. Die Differenz zur natürlichen Schadensfunktion zeigt den Gewinn an, der durch die Korrektur erhalten wurde.

Falls der Dimensionierungsabfluss bei einem Ereignis aber leicht übertroffen wird, so entsteht ein bedeutender Schaden. Der Umfang der Schäden (immer ausgedrückt als Grösse einer Überflutungsfläche oder als Ausmass von Laufveränderungen) entspricht wieder nahezu jenem des Falls ohne Korrektur. Besonders verheerend kann sich in dieser Grenzsituation das Versagen von Schutzbauten auswirken. Nach Dambrüchen kann die ausgetretene Wassermenge den Weg ins Flussgerinne nicht mehr finden und so die Überflutungsfläche beträchtlich vergrössern. Dasselbe gilt, wenn im Schutz der Korrektionswerke Bauten, etwa quer zur Fliessrichtung liegende Strassendämme, entstanden sind, welche das Abflussgeschehen im Überflutungsgebiet verändern.

Bild 3 zeigt indikativ eine mögliche Folge von Spitzenhochwassern während der Lebensdauer eines Verbauungssystems. Es zeigt, dass die Funktion des Systems darin besteht, eine relativ kleine Zahl von Abflussereignissen zu beherrschen. Ohne Ausbau würde jedes dieser Ereignisse Schaden anrichten. Die Auswahl einer Ausbaugrösse, welche garantiert höher wäre als der grösste Spitzenabfluss der gezeigten Reihe, würde zu unverhältnismässig hohen Aufwendungen und Eingriffen in die Landschaft führen. Bei der Auswahl einer einzelnen Ausbaugrösse in der Grössenordnung des üblichen Q_{100} wird dieser Wert in der Nähe des später tatsächlich auftretenden Spitzenabflusses der Periode liegen. Welcher der beiden Werte aber grösser sein wird, muss als zufällig bezeichnet werden. Dass sie sich genau entsprechen, ist sogar sehr unwahrscheinlich. Und doch wird in der Praxis

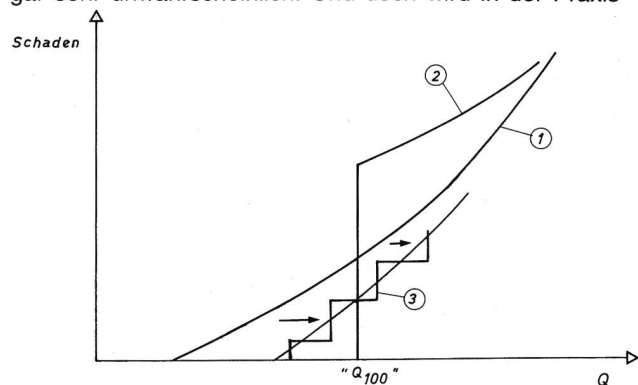


Bild 2. Schadensfunktionen für ein «natürliches» Gerinne (Kurve 1), ein Verbauungssystem, das bei Überschreiten der gewählten Ausbaugrösse kollabiert (Kurve 2), und ein Verbauungssystem mit differenziertem Schutzzielkonzept (Kurve 3).

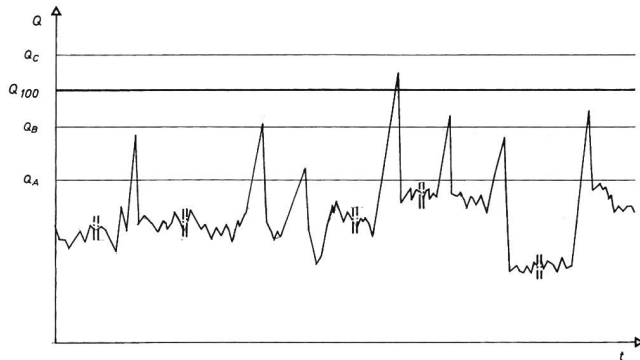


Bild 3. Hypothetischer zukünftiger Ablauf der Hochwässer während einer angenommenen hundertjährigen Lebensdauer eines heute erstellten Schutzwerks. Vergleich mit einer konventionellen Dimensionierungswassermenge Q_{100} und einer Gruppe von drei Grenzwerten Q_A , Q_B und Q_C , welche einem Ansteigen der Schadensfunktion gemäss Kurve 3 von Bild 2 entsprechen.

wegen der falschen Übertragung des Grenzwertdenkens oft der Eindruck erweckt, dass nun ein verbautes Gerinne für das Auftreten genau dieses Abflusses bereit sein müsse. Damit erhält der Grenzwert, welcher durch die Abflusskapazität oder die Stabilität des Gerinnes gegeben ist, eine überproportional hohe Bedeutung.

Die Wahrscheinlichkeit, dass während einer im üblichen Rahmen auf 100 Jahre veranschlagten Lebensdauer eines Verbauungssystems ein hundertjähriges Hochwasser übertroffen wird, liegt bei 65% (Buck, 1976; Dracos, 1980) und ist somit hoch. Weist die Schadensfunktion zudem einen Sprung auf wie Kurve 2 in Bild 2, so sind ein Versagen des Verbauungssystems mit Ausbaugrösse Q_{100} während dessen Lebensdauer und überproportional hohe Schäden relativ wahrscheinlich. Schliesslich ist dazu zu bemerken, dass Verbauungswerke nicht automatisch nach Ablauf der anvisierten Lebensdauer ersetzt werden, sondern im überalterten Zustand weiter bestehen bleiben. Dadurch steigt das Versagensrisiko weiter an.

Die differenzierte Schutzzielbetrachtung als Ausweg

Die Unwetter von 1987 haben in der Schweiz zu intensiven Diskussionen über dieses Dilemma geführt, woraus sich eine differenzierte Schutzzielbetrachtung als Ausweg abzeichnete (siehe Zarn und Jäggi, 1990; Katz, 1992; Schleiss et al., 1992; Epprecht und Tschopp, 1992). Dabei kann der Umstand nicht umgangen werden, dass jedes Verbauungssystem vorwiegend hydraulische Grenzwerte definiert. Das Prinzip einer differenzierten Betrachtung liegt aber darin, die Schadensfunktion nicht mehr sprunghaft ansteigen zu lassen, sondern mehr oder weniger parallel gegenüber der «natürlichen» Funktion zu verschieben (siehe Bild 2, Kurve 3).

Dies kann erreicht werden, indem einerseits für verschiedene Objektkategorien unterschiedliche Schutzansprüche gestellt werden (was an sich kein neuer Gedanke ist) und andererseits die für den Schadensfall massgebenden Prozesse näher betrachtet werden. Besonders wichtig ist ferner, dass nebst einer Schadensverhinderung bei kleineren Abflussereignissen durch vorwiegend aktive Schutzmassnahmen auch eine Schadensbegrenzung durch vorwiegend passive Schutzmassnahmen bei grösseren Ereignissen vorgesehen wird. So wird schliesslich eine grössere Zahl von Grenzwerten verwendet, die die angestrebte Schadensfunktion in kleinen Sprüngen annähern (Bild 2, Kurve 3) und den zu erwartenden Abflüssen eine gewisse Bandbreite gegenüberstellen (Bild 3, Werte Q_A , Q_B und Q_C , als Beispiel).

Bei einem Gerinneausbau durch Profilerweiterung ohne Bau von Hochwasserschutzdämmen (eingetieftes Gerinne) können solche Forderungen relativ leicht erfüllt werden. Der übliche Grenzwert der Gerinnekapazität, entsprechend dem maximal zulässigen Wasserstand, bestimmt die Schadensgrenze. Ein randvoller Abfluss bewirkt höchstens kleine Schäden durch zeitweise überschwappendes Wasser. Bei zunehmendem Abfluss ist mit einer zunehmenden Überflutungsfläche im Überschwemmungsgebiet zu rechnen, mit deren Grösse auch das Ausmass der Schäden zunimmt. Gezielte Massnahmen im Überschwemmungsgebiet, die vor allem auf das Vermeiden gefährlicher Überflutung (hohe Wassertiefen oder Fließgeschwindigkeiten) in empfindlichen Zonen abzielen, tragen weiter zu einer allmählich mit dem Abfluss ansteigenden Schadensfunktion bei.

Dammbrüche führen unweigerlich zu einem sprunghaften Ansteigen der Schadensfunktion. Entlastungsbauwerke sind hier ein Ausweg aus dem Dilemma (Epprecht und Tschopp, 1992). Es sei aber nicht verschwiegen, dass die Erarbeitung eines dabei notwendigen Bewirtschaftungskonzeptes der Überflutungsflächen bei Extremereignissen zu erheblichen politischen Schwierigkeiten führen kann.

Ist die Seitenerosion in steilen Gebirgsflüssen wie dem Mittellauf der Urner Reuss (siehe Bezzola et al., 1990, Schleiss et al., 1992) der massgebende Prozess, so kann nur durch Differenzierung der Schutzziele der einzelnen Objektkategorien das Grenzwertdilemma umgangen werden. Der Beginn der Sohlenerosion und damit der Seitenerosion ist auch unter solchen Verhältnissen durch einen einigermaßen berechenbaren Grenzwert bestimmt (Bezzola et al., 1991). Wichtig ist, dass die Wirkung des Versagens leichter Schutzbauten bei weniger wertvollen Objekten nicht zu einer übermässigen Belastung der massiveren Schutzbauten der höher eingestuften Objektkategorien führt.

Schlussfolgerungen

Der traditionelle Gewässerausbau auf ein hundertjähriges Hochwasser kann ein hohes Versagensrisiko in sich bergen. Der traditionelle Begriff der Ausbaugrösse sollte deshalb durch den Begriff Schadensgrenze abgelöst werden. Aus Gründen der rechtsgleichen Behandlung sollte diese wie bisher in besiedelten Gebieten etwa dem traditionellen hundertjährigen Hochwasser entsprechen. Wo es vertretbar ist, soll diese Schadensgrenze tiefer gehalten werden. Wo bei Überschreiten der Schadensgrenze unermesslich hohe Schäden entstehen, die mit einem vernünftigen Kostenaufwand verhindert werden können, soll die Schadensgrenze höher angesetzt werden.

Durch weitgehend passive Massnahmen kann unter Beachtung der massgebenden Prozesse bei Überschreiten der Schadensgrenze das Ausmass der Schäden begrenzt und somit die Schadensfunktion günstig beeinflusst werden. Durch Definition einer grösseren Zahl von Grenzwerten kann das angesprochene Grenzwertdilemma umgangen werden.

Es scheint eine Regel zu sein, dass jedes grössere Hochwasserereignis kritische Artikel provoziert. So ist der vorliegende Artikel durchaus als Fortsetzung einer von Vischer (1977, 1980) eröffneten (oder weitergeführten) Reihe zu sehen, die auch hiermit nicht abgeschlossen ist.

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

Bezzola, G. R., Hunziker, R., und Jäggi, M., (1991): Flussmorphologie und Geschiebehalt im Reusstal während des Ereignisses vom 24./25. August 1987. Ursachenanalyse der Hochwasser 1987, Ergebnisse der Untersuchungen. Mitteilung des Bundesamtes für Wasserwirtschaft Nr. 4, Mitteilung der Landeshydrologie und -geologie Nr. 14. Eidg. Druck- und Materialzentrale, Bern.

Buck, W. (1976): Die Auswahl des Bemessungshochwassers als ein Entscheidungsproblem unter Risiko und Ungewissheit. Mitteilungen des Theodor-Rehbock-Flussbaulaboratoriums Nr. 165, Universität Fridericiana, Karlsruhe.

Dracos, Th. (1980): Hydrologie. Eine Einführung für Ingenieure. Springer Verlag Wien/New York. 194 S.

Epprecht, M., und Tschopp, J. (1992): Konzept für den Hochwasserschutz des Reusstales vom Urnersee bis Amsteg. Internationales Symposium Interpraevent, Bern. Bd. 5, 55–66.

Jäggi, M., and Zarn, B. (1990): A New Design Policy in Flood Protection Schemes as a Result of the 1987 Flood in Switzerland. Proc. International Conference on River Floods Hydraulics, Wallingford, UK, Sept. 17–20, 1990, paper C2, 75–84.

Jäggi, M. N. R. (1988): Sicherheitsüberlegungen im Flussbau, «wasser, energie, luft», 80. Jahrgang, 1988 Heft 9, 193–197.

Katz, W. (1992): Schutzziel – Richtlinie für ein alpines Flussgebiet. Internationales Symposium Interpraevent, Bern. Bd. 4, 27–38.

Naef, F., und Jäggi, M., (1990): Das Hochwasser vom 24./25. August 1987 im Urner Reusstal. «wasser, energie, luft». 82. Jahrgang, 1990, Heft 9, 43–54.

Schleiss, A., Bär, H., und Gmür, A. (1992): Projektierung und Bau von Hochwasserschutzmassnahmen an der Reuss in Gurnellen-Wiler. Internat. Symposium Interpraevent, Bern. Bd. 5, 43–54.

Stevens, M. A., Simons, D. B., Lewis, G. L. (1976): Safety Factors for Riprap Protection, Proc. ASCE, J. of Hydr. Div., vol. 102, HY5, 637–655.

Vischer, D. (1977): Wie lassen sich Hochwasserschutzmassnahmen rechtfertigen? «Schweizerische Bauzeitung», Heft 29, 21. Juli 1977, 503–508.

Vischer, D. (1980): Das grösstmögliche Hochwasser und der empirische Grenzabfluss, «Schweiz. Ingenieur und Architekt», H. 40.

Vischer, D. (1986): Die schweizerischen Gewässerkorrekturen des 19. Jahrhunderts. Zeugen einer friedlichen Eroberung. «Neue Zürcher Zeitung», Nr. 2, S. 39.

Eine neuartige Verbaumungsmethode in Gebirgsflüssen

oder

Was haben Meeresküsten und nepalesische Gebirgsflüsse gemeinsam?

Gian Reto Bezzola

Zusammenfassung

Die Antwort auf die im Titel aufgeworfene Frage sei gleich vorweggenommen: Sowohl im Küstenschutz als auch bei der Verbaumung nepalesischer Gebirgsflüsse gelangen ähnliche Elemente zum Einsatz. Anhand eines Fallbeispiels wird im folgenden Artikel eine neuartige Verbaumungsmethode im Gebirgswasserbau vorgestellt.

Résumé: Une nouvelle technique d'aménagement d'un cours alpin

Qu'est-ce qu'un torrent népalais et un littoral maritime ont-ils en commun? Dans les deux cas, des éléments de protection semblables sont utilisés pour combattre l'érosion. Sur la base d'un exemple, une nouvelle technique d'aménagement d'un cours d'eau alpin est présentée dans cet article.

Abstract: A new river training technique for alpine rivers

What do shore lines and Nepalese mountain streams have in common? In both cases similar structural elements are used to prevent erosion. In the following article a new river training technique for alpine rivers is presented by means of an example.

1. Einleitung

Der Charnawati Khola (Khola = Fluss) entspringt in der Hügelregion, welche dem Himalaya südlich vorgelagert ist. Seine Quelle befindet sich rund 60 km nordöstlich von Kathmandu. Der Charnawati entwässert Richtung Südosten und ist einer der vielen Flüsse im Einzugsgebiet des Ganges. Im Sommer 1987 unterbrach ein Monsunhochwasser des Charnawati die Gebirgsstrasse, die vom Arniko-Highway (welcher Kathmandu mit dem Tibet verbind-



Bild 1. Situation am Charnawati im Frühling 1990. Unterhalb der Strassenquerung (am linken oberen Bildrand) ist der Fluss mit Steinkorb-sperren verbaumt. Im anschliessenden Steilbereich erreichen die ausgedehnten Hangrutschs die Strasse.