

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 118 (2000)
Heft: 36

Artikel: Bei Hochwasser bilden sich Dünen...: Hydraulik an der Reussmündung im Kanton Uri
Autor: Bächli, Ralph
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-79965>

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: 13.01.2026

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

Ralph Bächli, Zürich

Bei Hochwasser bilden sich Dünen...

Hydraulik an der Reussmündung im Kanton Uri

Bis noch vor kurzer Zeit war es allgemein üblich, dass Flüsse und deren Bauwerke auf ein Extremereignis, in der Regel ein 100-jährliches Hochwasser, dimensioniert wurden. Der Bemessungswert galt ungeachtet der zu schützenden Objekte. Diese Überlegungen sind inzwischen durch eine flexiblere Philosophie ersetzt worden.

Die Schutzzielmatrix des Kantons Uri definiert die Schädengrenze und die Gefahrengrenze für diverse Objektkategorien wie Naturlandschaften, Landwirtschaftsflächen, lokale und nationale Infrastrukturanlagen bis hin zu Objekten mit Sonderisiken. Somit gelten je nach zu schützendem Objekt unterschiedliche Bemessungswerte. Dabei gibt die Schädengrenze an, bis zu welchem Abfluss keine Schäden für die schutzbedürftigen Objekte entstehen dürfen, und die Gefahrengrenze gibt an, ab welchem Wert der Hochwasserschutz nicht mehr gewährleistet ist. Als Beispiel sei die parallel zur Reuss verlaufende Autobahn erwähnt. Ab einem 50-jährlichen Hochwasser (HQ_{50} , $620 \text{ m}^3/\text{s}$) werden erste Schäden toleriert, die Gefahrengrenze darf aber erst ab einem Extremhochwasserabfluss (EHQ, $1150 \text{ m}^3/\text{s}$) erreicht werden. Der EHQ wurde aufgrund einer hydrologischen Grundlagenuntersuchung der Versuchsanstalt für Wasserbau

der ETH Zürich bestimmt. Sein Wert von $1150 \text{ m}^3/\text{s}$ wurde unter der Annahme ermittelt, dass sich ein dem Ereignis 1987 analoger Regen über das Einzugsgebiet ergiesst, wobei die vorhandenen Stauseen ihre Speicherwirkung nicht entfalten können, da sie bereits gefüllt sind. Der Abfluss beim Ereignis 1987 betrug rund $820 \text{ m}^3/\text{s}$ und wies eine Jährlichkeit von 150 bis 300 Jahren auf. Ein EHQ hat eine wesentlich längere Wiederkehrperiode.

Hydraulische Modellversuche

Wichtige Elemente des Hochwasserschutzkonzeptes wurden in Versuchen an vier physikalischen Modellen untersucht und entwickelt. Es betrifft dies die Bereiche mit Entlastungsanlagen und den Mündungsbereich des Nebenflusses Schächen in die Reuss. Diese Bereiche sind bezüglich numerischer Simulation besonders heikel, und die Auswirkungen auf die Sohle sind schwierig abzuschätzen.

Die Modelle bildeten mit einer Gesamtlänge von beinahe 100 m die Wirklichkeit im Massstab 1:40 nach. Die Sohle wurde durch Verwenden der um einen Modellfaktor reduzierten Korngrösse und Kornverteilung bei drei Modellen beweglich ausgebildet, um Erosions- und Auflandungstendenzen festzustellen.

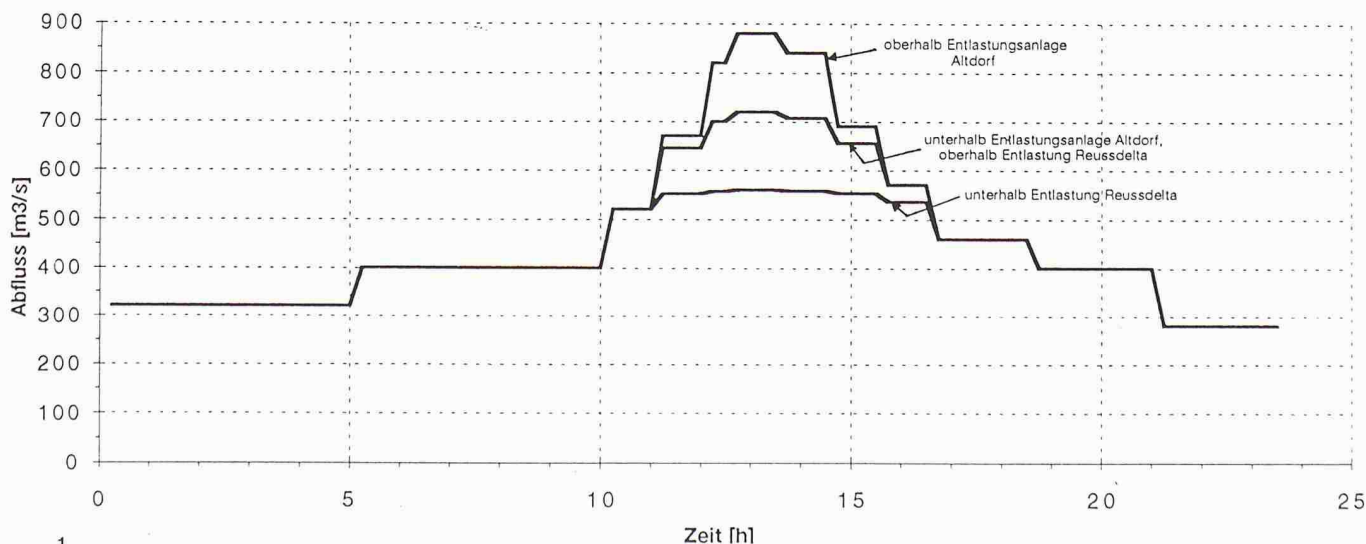
Die so gewonnenen Erkenntnisse führten gegenüber einer ersten rechnerischen Simulation zu massgeblichen Optimierungen. So konnte die Länge der Ent-

lastungsanlage Altdorf dank dem leicht zur Strömung angewinkelten Anordnen der Anlage von ursprünglich 600 m auf zweimal 180 m reduziert werden. Das Modell hat auch sehr genau die Veränderungen an der Sohle während dem Ablauf eines Hochwassers gezeigt. So bleibt die Sohle bis zu einem 5-jährlichen Ereignis ($390 \text{ m}^3/\text{s}$) stabil. Bei grösseren Abflüssen bilden sich Dünen mit einer Höhe von gegen 0,9 m über bzw. unter der mittleren Sohle. Sie werden allerdings von der ablaufenden Hochwasserwelle wieder ausgeglichen (Bild 1 und Bild 2).

Rechnerisches Erfassen der Situation

Weil mit dem zur Verfügung stehenden hydraulischen Modell nicht das ganze Projektgebiet simuliert werden konnte und weil Detailauswirkungen kaum modellierbar sind, mussten die Veränderungen der Gerinnegeometrie auch mit einem numerischen Modell untersucht und beurteilt werden. Ziel war es, Aussagen zur erforderlichen Dammhöhe und Vorgrundsicherung (Bemessung Blocksatz und Fundamenttiefe), zur zulässigen Bepflanzung auf der Wasserseite und zur langfristigen Sohlenlage zu gewinnen (Bild 3).

Die hydraulischen und flussmorphologischen Nachweise wurden schrittweise unter Berücksichtigung der bisher bekannten Verhältnisse und der Grobresultate



1
Ganglinie eines Extremhochwassers mit und ohne Entlastung



2

Hydraulischer Modellversuch an der Entlastungsanlage Altdorf: sichtbar sind die Auflandungen nach einem Abfluss von $880 \text{ m}^3/\text{s}$; modelliert sind auch die Gebüsche (Bild: VAW)

3

Steindepot für den neuen Blocksatz (Bild: Irène Elber)

4

Resultate aus den MORMO-Berechnungen (unten)

tate aus den hydraulischen Modellversuchen vorgenommen:

- Eichung des numerischen Modells mit beweglicher Gerinnesohle an der alten Geometrie mit veränderlichem Geschiebeeintrag.
- Dynamische Berechnungen zur Beurteilung der Auswirkungen der neuen Geometrie auf die langfristige Sohlenlage.
- Simulation von Einzelereignissen zur Bestimmung der Dammgeometrie und des erforderlichen Uferschutzes.

Eichung des numerischen Modells

Die Hydraulik eines Alpenflusses wird massgeblich durch Veränderungen an der Sohle mitbestimmt. Eine reine Staukurvenberechnung würde die Situation nur kurzfristig widerspiegeln, nicht aber die teilweise massiven Veränderungen an der Sohle mitberücksichtigen, die bei Spitzenabflüssen auftreten. Bei der Eichung des numerischen Modells durfte man sich folglich nicht nur darauf beschränken, die Sohlen- und Böschungsrauigkeiten zu bestimmen. Das Hauptgewicht musste vielmehr darauf liegen, den Eintrag von sohlenbildendem Geschiebe in den Projektabschnitt zu ermitteln.

Dazu wurden alle massgebenden Hochwasser der Jahre 1944 bis 1986 rechnerisch simuliert und dabei der Geschiebeeintrag so lange variiert, bis die berechneten Sohlenschwankungen mit den tatsächlich gemessenen übereinstimmten. Dies entspricht einer Langzeitsimulation mit der ursprünglichen Projektgeometrie.

Dynamische Berechnungen zur Beurteilung der langfristigen Sohlenlage und Einzelereignisse

Die Langzeitsimulation erfolgte analog zur Eichung des numerischen Modells

mit geplanter Projektgeometrie und geichem Geschiebeeintrag. In einer ersten Phase kam das Softwarepaket HEC-6, ein eindimensionales, numerisches Modell zur Langzeitsimulation von Sedimenttransport und Sohlenveränderungen in Gerinnen, zur Anwendung. Es wurde in einer zweiten Phase durch das Programm MORMO ergänzt, ein komplexes Programm zur Simulation von instationären Geschiebetransportvorgängen. Die Berechnungen liessen folgende Schlüsse zu:

Das leichte Aufweiten der Gerinnegeometrie und der Bau der Entlastungsanlagen werden die Sohlenlage voraussichtlich langfristig nicht wesentlich verändern. Damit ist eine wichtige Voraussetzung für einen minimalen Unterhalt gegeben. Wasserseitige Bepflanzungen mit Büschen wirken stark abflusshemmend und werden somit nur im obersten Drittel der Böschung und nur alternierend einseitig zugelassen (Bild 4).

Ausgehend von den Langzeitsimulationen wurden zu vorgegebenen Einzelereignissen die Sohlenschwankungen und der Wasserspiegel festgehalten, um die Dammhöhen und die Vorgrundsicherung festzulegen. Die Höhen von nicht überströmten Dämmen sind ausgehend vom Wasserspiegel eines Extremereignisses mit $Q = 1150 \text{ m}^3/\text{s}$ und einem Freibord von $0,5 \text{ m}$ definiert, die reduzierte Höhe bei überströmten Dämmen wurde aufgrund der hydraulischen Modellversuche bestimmt. Die Fundationstiefe des Blocksatzes liegt in der Regel auf $1,5 \text{ m}$.

Ein Vergleich der berechneten Wasserspiegel mit den am physikalischen Modell gemessenen zeigt, dass die Rechnung die Resultate mit zufriedenstellender Genauigkeit zu modellieren vermag. Vereinzelt liegen die berechneten Wasserspiegel höher als die beobachteten und stellen somit konservative Werte dar. Eine wichtige Bedeutung kommt dem Unterhaltsplan für die wasserseitige Dammbepflanzung zu. Dieser legt den freizuhaltenen Fliessquerschnitt fest. Durch beidseitige Gebüschpflanzungen direkt unterhalb der Entlastungsanlagen erhält man ein selbstregulierendes System: Bei vernachlässigtem Unterhalt würde der lokale Rückstau zu einem früheren Anspringen der Entlastung führen, was den flussabwärts liegenden Abschnitt schützen würde.

Adresse des Verfassers:
Ralph Bächli, dipl. Bauing, ETH, Basler & Hofmann, Ingenieure und Planer AG, Forchstrasse 395, 8029 Zürich

