

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

**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

**Band:** 90 (1998)

**Heft:** 3-4

**Artikel:** Erosionsschutz an Gebirgsflüssen mit eingegrabenen Betonprismen

**Autor:** Schleiss, Anton / Aemmer, Martin / Philipp, Ernst

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-939382>

### 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:** 23.02.2026

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

# Erosionsschutz an Gebirgsflüssen mit eingegrabenen Betonprismen

Anton Schleiss, Martin Aemmer, Ernst Philipp,  
Heinz Weber

## Zusammenfassung

Ufer- und Sohlenerosionen sind die massgebenden Prozesse in Gebirgsflüssen, die bei Hochwasser zu Schäden führen können. Oftmals sind grosse Felsblöcke vorhanden, welche der Flussohle und den Ufern eine natürliche Stabilität gegen Erosionen verleihen. Eine ähnliche Wirkung kann mit eingegrabenen oder überschütteten Betonelementen erzielt werden. Gute Erfahrungen wurden mit diagonal getrennten Betonwürfeln gemacht, die linienförmig gruppiert, flächenförmig oder buhnenartig angeordnet sehr flexibel als Ufer- und Erosionsschutz der Sohle einsetzbar sind. Durch Überschüttungen und Ergänzung mit einem sekundären Blockwurf können die mit Betonelementen geschützten Uferabschnitte gut in die Landschaft eingegliedert und gewässerökologisch aufgewertet werden.

*Abstract: Erosion protection at mountain rivers with buried concrete blocks*

Lateral bank and vertical erosions are the governing hazards in mountain rivers, which causes damages during floods. Large, below ground surface situated rock boulders are often spread in mountain rivers giving the banks and the river bed a natural stability against erosion. A similar effect can be achieved with buried or earth-covered concrete blocks. Good experience has been made with diagonally separated concrete cubes, which being arranged either in lines and groups or as groynes can be used in a very flexible way as flood protection measures at the bank and in the river bed. By covering these concrete elements with earth and a secondary riprap, the so protected bank areas can be integrated carefully in the landscape and ecologically revalorized.

*Résumé: Protection contre l'érosion dans des rivières de montagne avec des éléments de béton enterrés*

L'érosion des rives et du lit d'une rivière sont des processus susceptibles de provoquer les dégâts lors des crues. Souvent, les gros blocs de rocher disséminés dans les rivières de montagne protègent de manière naturelle les rives et le lit contre l'érosion. Un effet similaire peut être obtenu avec des éléments en béton enterrés ou couverts de sol. De bonnes expériences ont été faites avec des cubes de béton qui, orientés diagonalement, rangés en lignes ou en surface ou encore structurés en épis, constituent un moyen flexible de protection des rives et du lit contre l'érosion. En recouvrant ces cubes d'une couche de sol et en ajoutant des enrochements secondaires, les parties de la rive stabilisées par des éléments en béton s'intègrent bien dans le paysage et retrouvent leurs qualités écologiques.

## 1. Einleitung

Das Niederschlagsereignis vom 24./25. August 1987 in den Alpen verursachte im Urner Reusstal ein Hochwasser mit katastrophaler Zerstörungskraft. Im oberen Reusstal, zwischen Göschenen und Amsteg, war die Seitenerosion der massgebende Prozess, der zu grossen Schäden an Gebäuden, Strassen, Bahnlinie und anderen Infrastrukturanla-

gen führte. Durch die gewaltige Erosionskraft des Hochwassers verbreiterte sich die Reuss um bis zu 50 m und erodierte die an die Prallufer angrenzenden Steilborde und Aufschüttungen samt den erwähnten Infrastrukturanlagen. Die beschränkten Platzverhältnisse im oberen Reusstal und die morphologischen Eigenheiten der Reuss verlangten unkonventionelle flussbauliche Lösungen sowie spezielle Methoden bei der Bauausführung. So kamen unter anderem als Uferschutz linien- und flächenförmig sowie buhnenartig angeordnete, überdeckte Betonprismen zum Einsatz, welche auch bei extremen Hochwasserabflüssen zukünftig gefährliche Seitenerosionen verhindern können.

Nachfolgend wird die Anwendungsmöglichkeit von solchen Betonprismen als Erosionsschutz an Gebirgsflüssen anhand ausgewählter Ausführungsbeispiele im Urner Reusstal beschrieben.

## 2. Grundsätzliche Verwendungsmöglichkeiten und Wirkungsweise

Speziell geformte Betonelemente wie Akmoms und Tetrapoden kommen im Küstenschutz schon seit längerem zum Einsatz. Ähnliche Elemente wurden auch in nepalesischen Gebirgsflüssen zur Erstellung von Blockrampen, Blockwürfen und Buhnen verwendet (Bezzola, 1992). Bekannt sind auch Blockmauern als Uferschutz in Bolivien, welche aus einzelnen, aufeinandergeschichteten Betonelementen bestehen (Dénes, 1994). Diesen Anwendungen gemeinsam ist, dass die Betonelemente im Flussbett und an den Ufern offen verlegt und sichtbar sind. Dies dürfte bei den eng besiedelten Gebirgstälern in der Schweiz aus Gründen des Landschaftsschutzes kaum vertretbar sein. Zudem ergeben sich bei den vorherrschenden Flussgefällen von mehreren Prozenten sehr grosse Elementgewichte, so dass eine Vorfabrikation im Betonwerk mit anschliessendem Transport zum Einsatzort nicht möglich ist. Im weiteren ist eine Erstellung von speziell geformten Betonelementen vor Ort (Akmoms usw.) wegen der geringen Stückzahl und des grossen Zeitaufwands kaum wirtschaftlich. Um aber dennoch die grosse Flexibilität von Betonelementen als Erosionsschutz nutzen zu können, wurde im Zuge der Projektierung von Hochwasserschutzmassnahmen im Urner Reusstal nach Lösungen gesucht, welche sowohl die landschaftlichen wie auch wirtschaftlichen Forderungen erfüllen können. Aufgrund der hydraulischen Modellversuche haben sich schlussendlich eingegrabene oder überschüttete Betonprismen als optimale Lösung herauskristallisiert. Die Betonprismen entsprechen diagonal halbierten Würfeln, welche mit geringem Aufwand hergestellt werden können. Erste Modellversuche mit ganzen Betonwürfeln

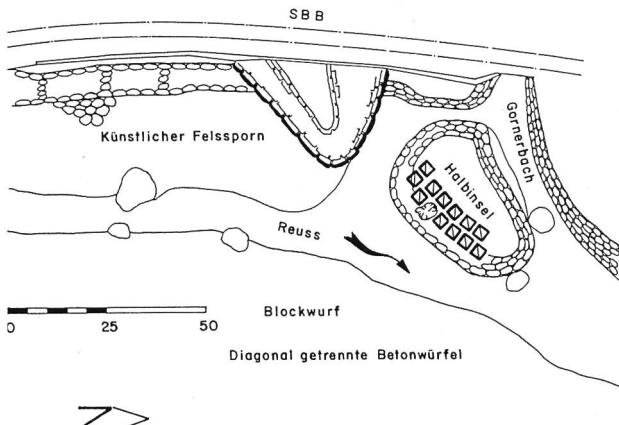


Bild 1. Gurtnellen-Wiler: Künstlicher Felssporn (Umlenksporn) mit Halbinsel.

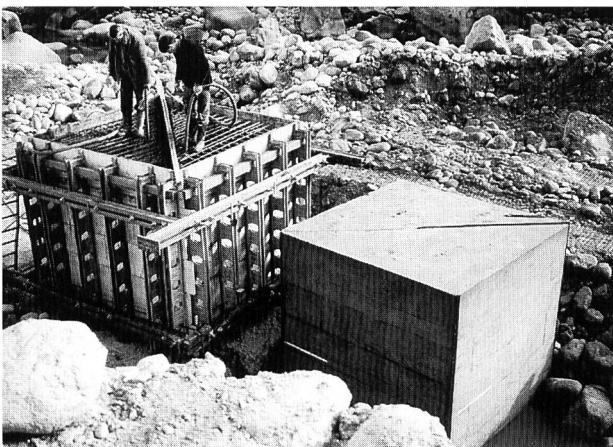


Bild 2. Diagonal getrennte, geschalte und leicht armierte Betonwürfel (Gurtmellen-Wiler).

zeigten, dass diese – wenn einmal durch die Strömung freigelegt – leichter abtransportiert werden als die diesbezüglich widerstandsfähigeren Prismen. Eingegrabene oder überdeckte Betonelemente wirken wie die in Gebirgsflüssen oft vorhandenen Residualblöcke (große Bergsturzblöcke), welche je nach Lage entweder Sohlen- oder Ufererosionen bis zu bestimmten Abflüssen verhindern. Je nach Anordnung der Betonprismen gibt es grundsätzlich etwa folgende Verwendungsmöglichkeiten:

Linienförmige, gruppierte Anordnung:

- Ufer- und Böschungsschutz
  - Sicherung von Umlenkelementen (z. B. Umlenkinseln)
- Flächenförmige Anordnung:
- Erosionsschutz der Gewässersohle (Blockrampen)
  - Erosionsschutz von Fundationen von Ufermauern und Brücken (Blockteppiche)
- Buhnenförmige Anordnung:
- Ufer- und Böschungsschutz (Blockbuhnen)
  - Strömungsumlenkung (Umlenkbuhnen)

Die künstlichen Residualblöcke bzw. Betonelemente erhöhen je nachdem den Erosionswiderstand der Uferböschungen oder der Gewässersohle. Diese Wirkung kann bei flächen- und linienförmiger Anordnung rechnerisch in erster Näherung mit Hilfe der sogenannten Block- und Stufenmodelle abgeschätzt werden (VAW, 1992). Mit diesen Modellen kann entweder der Erosionswiderstand einer Sohle ermittelt werden, bei der die Residualblöcke zufällig über die Sohle verteilt sind (Blockmodell) oder die Residualblöcke zu Stufen gruppiert sind (Stufenmodell), wobei sich zwischen den Stufen praktisch keine groben Blöcke befinden. Zurzeit sind Forschungsarbeiten im Gange, um aussagekräftigere Modelle für den Erosionswiderstand einer mit vereinzelten Grossblöcken gespickten Gebirgs-

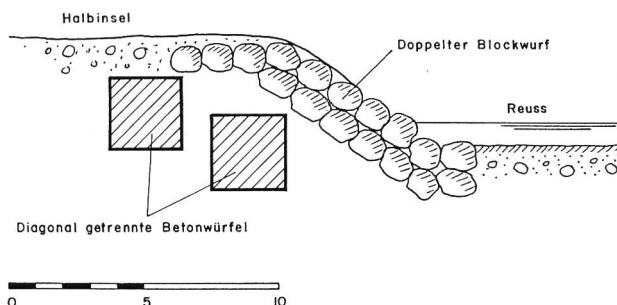


Bild 3. Erosionsschutz der Halbinsel gegen die Reuss mit eingegrabenen Betonwürfeln und Blockwurf (Gurtmellen-Wiler).

flussohle zu entwickeln. Bei erstmaliger Verwendung von Betonelementen als Erosionsschutz in einem bestimmten Gewässerabschnitt dürfte eine verlässliche Aussage über deren Wirkungsweise bis heute wohl nur aufgrund von hydraulischen Modellversuchen möglich sein.

### 3. Ausführungsbeispiele

#### 3.1 Gurtmellen-Wiler

##### 3.1.1 Schutzelemente und Schutzziele

Die Gemeinde Gurtmellen-Wiler wurde vom Hochwasser im Jahre 1987 besonders hart betroffen. Das Pfarrhaus mit dem Friedhof sowie ein Wohngebäude fielen den Fluten zum Opfer. Die Kirche und das Kreisschulhaus überstanden das Hochwasser knapp. Neben der Kantsstrasse wurde auch die Gotthardbahlinie in Gurtmellen wegerodiert (Weber, 1996). In der Folge des Hochwassers wurde für die Reuss in Gurtmellen-Wiler ein Bauprojekt erarbeitet. Die wesentlichen Bestandteile des Projektes sind die so genannten drei Hauptschutzelemente, welche die Reuss bei Hochwasser sicher durch das Dorf lenken (Schleiss et al., 1992 und 1996). Das erste Hauptschutzelement beinhaltet die Erhöhung einer unter der Reusssohle liegenden Felsrippe zu einem künstlichen Felssporn, dessen Wirkung durch eine Reussinsel mit vorgelagerten Betonwürfeln verstärkt wird. Weiter flussabwärts bei der Kurve südlich der Kirche befindet sich das zweite Hauptschutzelement, nämlich eine mit einem Blockwurf verdeckte Schutzmauer, welche am Anfang mit einer Betonscheibe in die Uferböschung eingebunden und mit eingegrabenen Betonwürfeln gegen Unterkolken gesichert ist. Das letzte Hauptschutzelement umfasst eine hydraulisch optimal gekrümmte, mit Rauhigkeitsrippen versehene Ufermauer, welche die Durchflusskapazität der historischen Bogenbrücke erhöht und gleichzeitig die Flussbiegung beim Gammahaus sichert.

Der Abfluss beim Hochwasser 1987 betrug ca. 600 m<sup>3</sup>/s. Aufgrund der «Richtlinie für den Hochwasserschutz» des Kantons Uri (Püntener, 1996) wurde für Gurtmellen als geschlossene Siedlung festgelegt, dass eine Hochwassermenge von 600 m<sup>3</sup>/s schadlos abfließen soll. Bei größeren Abflüssen dürfen begrenzte Schäden durch Überflutungen, Ablagerungen von Geschiebe und lokale Ufererosionen auftreten. Ein Versagen des Uferschutzes als Folge von Seitenerosionen darf aber erst ab 800 bis 1000 m<sup>3</sup>/s, dem sogenannten Extremhochwasser (EHQ), eintreten. Mit den drei Hauptschutzelementen werden mit vertretbarem baulichem Aufwand die geschilderten Schutzziele erfüllt (Philipp, 1996).

##### 3.1.2 Sicherung einer Umlenkinsel mit Betonprismen

Unterhalb des künstlichen Felssporns wurde eine Halbinsel zwischen der Einmündung des Gornerbaches und der Reuss angeordnet, welche die Umlenkirkung des Sporns verstärkt (Bild 1). Die Halbinsel ist mit einem doppellagigen Blockwurf gegen Erosionen bis zu mittleren Hochwasserabflüssen gesichert. Da die Umlenkirkung auch bei extremen Hochwasserabflüssen (EHQ) gewährleistet werden muss, wurden zusätzlich Betonblöcke hinter dem Blockwurf eingegraben. Die eingegrabenen Betonkübeln mit einer Kantenlänge von 2,75 m sind diagonal getrennt und haben ein Gewicht von 2 × 25 t.

Die 12 Betonprismen bei der Halbinsel wurden unmittelbar nach dem Bau des künstlichen Felssporns hergestellt. Die diagonal getrennten Betonwürfel wurden konventionell geschalt und mit Ortsbeton gegossen. Die diagonale Trennung erfolgte mit einer Hartpavatexeinlage. Zum Schutz

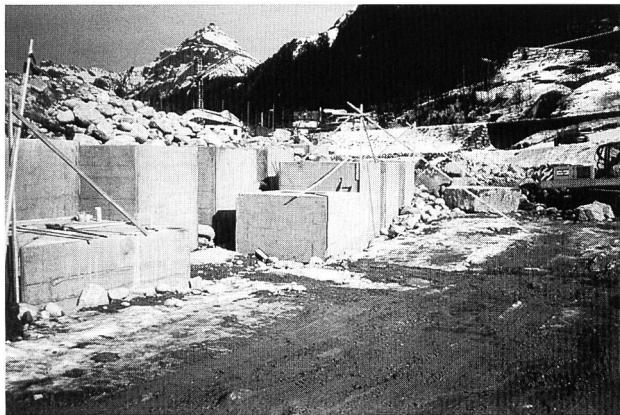


Bild 4. Diagonal getrennte Betonwürfel kurz vor Überschüttung (Gurtnellen-Wiler).



Bild 5. Halbinsel kurz nach Beendigung der Bauarbeiten, im Hintergrund künstlicher Umleitkern (Gurtnellen-Wiler).

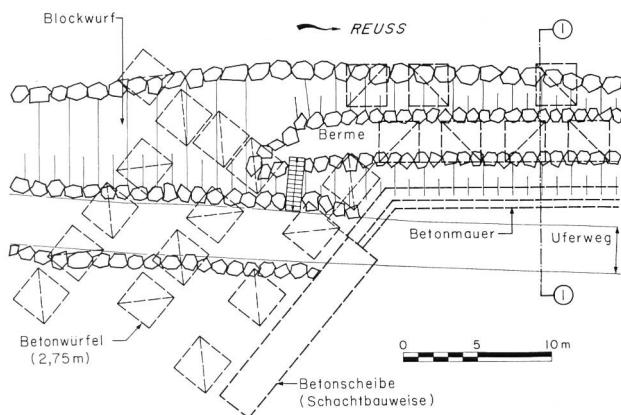


Bild 6. Gurtnellen-Wiler: Erosionsschutz der Betonmauer und deren Einbindung (Betonscheibe) in die Böschung mit diagonal getrennten Betonwürfeln.

gegen Abplatzungen bei einem Extremhochwasser wurden die Prismen oberflächlich, kreuzweise armiert (Durchmesser 16 mm, Abstand 15 cm, Betonüberdeckung 5 cm) (Bild 2). Die vordere Würfelreihe ist rund 1,50 m unter der Reusssohle fundiert. Die zweite Reihe liegt 1,50 m höher, und der horizontale Abstand aller Betonwürfel untereinander beträgt etwa 1 m (Bilder 3 und 4). Im Anströmbereich der Reuss wurden die Betonkuben mit einem doppelten Blockwurf abgedeckt (Bild 3). Dieser sekundäre Schutz ermöglicht auch eine bessere Eingliederung der Halbinsel in die Landschaft und deren teilweise Begrünung (Bild 5).

### 3.1.3 Sicherung der Fundation einer Schutzmauer mit Betonprismen

Das zweite Hauptschutzelement südlich der Kirche entspricht einer überdeckten, armierten Winkelstützmauer, welche die Kirche auch bei extremen Hochwasseraabflüssen schützt und ein Durchbrechen der Reuss zur rechten Dorfhälfte verhindert. Flussaufwärts schliesst die Mauer an eine in Schachtbauweise erstellte Betonscheibe an, die in die Böschung gegen die Kantonsstrasse eingebunden ist. Um das Unterkolken dieser Betonscheibe bis zu extremen Hochwasseraabflüssen von etwa 800 m<sup>3</sup>/s zu verhindern, wurden Betonwürfel am Maueranfang und entlang der Betonscheibe eingegraben (Bild 6). Es sind wie beim ersten Hauptschutzelement diagonal getrennte Betonkuben von 2,75 m Kantenlänge. Die Betonprismen treten erst ab Abflüssen von 500 bis 600 m<sup>3</sup>/s in Funktion, indem sie freigespült werden.

Entlang der Betonscheibe und der Winkelstützmauer dieses Hauptschutzelementes wurden 22 Betonwürfel zur Stabilisierung der Flussohle plaziert (Bild 6). Die untersten Würfel sind gegen tiefe Kolke unmittelbar auf der Fundationshöhe der Betonmauer angeordnet (Bild 7). Vor der Betonscheibe, welche rund 12 m unter die Reusssohle fundiert ist, wurden die Betonkuben im Schutze von verankerten, aufgelösten Elementwänden erstellt (Bär, 1996). Die Anordnung der Würfel erfolgte treppenartig, gegen die Böschung der Kantonsstrasse. Die Betonwürfel wurden während der Ausführung lage- und anzahlmäßig den örtlichen Gegebenheiten (große Findlinge) gegenüber den Projektvorgaben angepasst.

Im Rahmen von hydraulischen Modellversuchen an der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaciologie der ETH Zürich wurde das Projekt Gurtnellen überprüft und weiterentwickelt (Jäggi et al., 1996). Der Erosionswiderstand der Sohle in einem Gerbirgsfluss ist stark vom Vorhandensein von natürlichen Residualblöcken geprägt. Im Projekt Gurtnellen wurden deshalb gezielt in Bereichen mit hohen Beanspruchungen Versuche mit Betonprismen durchgeführt. Die Betonprismen verhalten sich wie die Residualblöcke, sofern ihre Anordnung ähnlich (auf der Sohle oder am Böschungsfuss) ist. Werden die Prismen in den Flanken angeordnet, rollen sie im Fall einer Unterspülung aus grosser Höhe auf die Sohle. Während dieser Bewegung können sie von der Strömung erfasst und trotz ihrem Gewicht über eine längere Strecke transportiert werden. Die Anzahl und Anordnung der Prismen am Fuss der Betonscheibe wurde so optimiert, dass sie nach der Erosion des Blockwurfs entlang der Kantonsstrasse in den Untergrund einsinken und durch langsames Abgleiten den Kolk begrenzen.

Die Schutzmauer inklusive der Betonscheibe beim zweiten Hauptschutzelement wurde aus landschaftlichen Gründen auf einer Länge von 50 m im Endzustand vollständig eingeschüttet. Die Schüttung ist mit einem Blocksatz bis zu

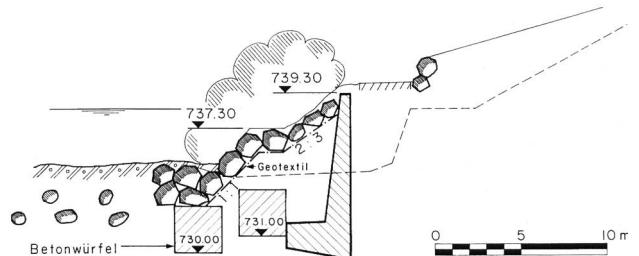


Bild 7. Schutz der Mauerfundation vor Erosionen mit Betonprismen (diagonal getrennte Betonwürfel mit Kantenlänge 2,75 m in Gurtnellen-Wiler).

einer Abflusshöhe von  $350 \text{ m}^3/\text{s}$  (~ HQ10) geschützt. Darüber wurde die Böschung mit Lebendverbau (Steckhölzern/Bepflanzungen) gesichert. Mit dem sekundären Schutz wird gewährleistet, dass nicht bei jedem kleineren Hochwasser die Betonblöcke freigespült werden und sich wieder ein Uferbewuchs entwickeln kann.

### 3.2 Göschenen

#### 3.2.1 Hochwasserschäden

Beim Hochwasser 1987 waren unterhalb Göschenen besonders extreme Seitenerosionen zu verzeichnen; alleine am linken Ufer entlang der Kantons- und Nationalstrasse wurden insgesamt  $235\,000 \text{ m}^3$  Material aus den Böschungen abtransportiert. Dadurch wurde die bis zu 40 m höher gelegene Kantonsstrasse an mehreren Stellen beschädigt. Zudem waren die parallel dahinter verlaufende Nationalstrasse sowie die Portalbereiche des Gotthardstrassentunnels mit den Werkhofgebäuden stark gefährdet (Schleiss, Gmür, 1996).

#### 3.2.2 Uferschutz mit Umlenkbuhsen aus künstlichen Residualblöcken beim Teufelstein

Das linke Ufer unterhalb des historischen Teufelsteins wurde wie erwähnt sehr stark erodiert, es kam zu Rutschbewegungen an der Nationalstrasse und zur Zerstörung der Kantonsstrasse. Im Anschluss an das Hochwasser ist das Reussufer mit einer Blockmauer provisorisch gesichert worden. Die 4,5 bis 5 m hohe, aus Granitblöcken bestehende Blockmauer wies rechnerisch bis zu Hochwasserabflüssen von  $350$  bis  $400 \text{ m}^3/\text{s}$  (ca. 50jährliches Hochwasser) eine genügende Sicherheit gegen Erosionen und Unterkolkungen auf. Da aber für die Nationalstrasse gemäss den Schutzz Zielen als Gefahrengrenze das sogenannte Extremhochwasser (EHQ) mit  $700 \text{ m}^3/\text{s}$  zu berücksichtigen war, musste die Blockmauer durch einen entsprechend widerstandsfähigen Uferschutz ersetzt werden.

Näher untersucht im Zuge der Projektierung wurden zwei verschiedene Massnahmen, nämlich eine längs dem Ufer verlaufende, mit Blockwurf überdeckte Bohrpfahlwand und ein Uferschutz durch mehrere, aus Betonelementen gebildete Umlenkbuhsen. Beide Varianten wurden im hydraulischen Modell untersucht und miteinander verglichen. Nach der Optimierung wiesen die Umlenkbuhsen rund 30 % geringere Baukosten als die Bohrpfahlwand auf. Daneben sprachen noch folgende weitere Vorteile zugunsten der Umlenkbuhsen:  $1000 \text{ m}^3$  geringerer Betonbedarf (entsprechend weniger Lastwagenfahrten); geringere Kostenunsicherheiten (ungewisser Blockanteil im Untergrund bei der Bohrpfahlwand); einfachere Bauausführung und kürzere Bauzeit; abwechslungsreiche Uferlinie.

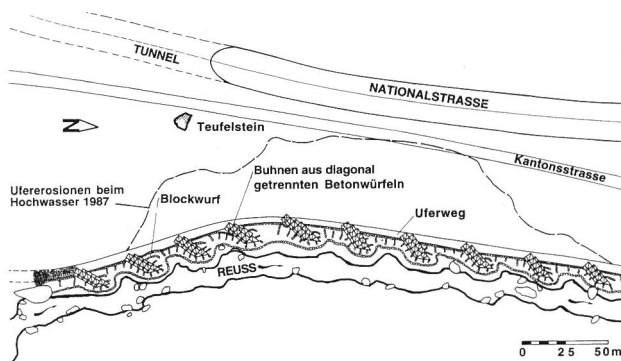


Bild 8. Göschenen, Uferschutz Teufelstein: Umlenkbuhsen aus diagonal getrennten Betonwürfeln.

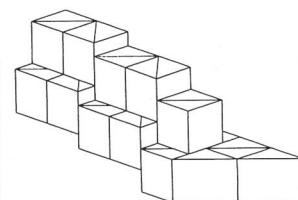
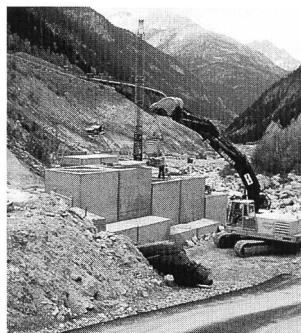


Bild 9. Perspektivische Ansicht einer Würfelpuhne (Göschenen-Teufelstein).

Bild 10. Bau einer Blockpuhne (Göschenen-Teufelstein).

Als Betonelemente für die Umlenkbuhsen wurden sowohl einfache Prismen (diagonal halbierte Würfel) wie auch Akmoms in Betracht gezogen. Wegen der rund 10 % geringeren Baukosten und der kürzeren Bauzeit fiel die Wahl zugunsten der Prismen aus.

Der schlussendlich ausgeführte Uferschutz besteht aus insgesamt 10 Blockpuhnen, die etwa  $45^\circ$  gegenüber der Reussachse in Fliessrichtung geneigt sind und so die Strömung von der Uferböschung abweisen (Bild 8). Die Abstände zwischen den einzelnen Puhnen betragen 30 bis 35 m. Die 18 bis 24 m langen Puhnen bestehen aus 13 bis 19 diagonal halbierten Betonwürfeln von 3 m Kantenlänge (Bilder 9 und 10). Die so entstehenden Prismen haben ein Gewicht von ca. 35 t. Am Puhnenkopf sind die Würfel nur einlagig angeordnet, beim in die Böschung eingebundenen Teil zweilagig. Die Prismen am Puhnenkopf sind, je nach Sohlenbeschaffenheit, etwa 1 m in die Reusssohle eingebunden. Die Fundation der dahinterliegenden Würfel steigt treppenförmig an und ist 1,5 m bzw. 1 m höher gelegen.

Die Puhnen sind mit Aushubmaterial überschüttet und anschliessend mit einem Blockwurf abgedeckt worden. Dasselbe gilt für die Uferbuchten zwischen den Puhnen (Bild 11). Dieser bepflanzte Blockwurf erfüllt neben dem landschaftsplanerischen Zweck auch eine flussbauliche Funktion. Er verhindert nämlich eine Erosion der Uferabschnitte zwischen den Puhnen und somit eine vorzeitige Hinterspülung derselben. Mit den Puhnen ergibt sich eine abwechslungsreiche, naturnahe Uferlinie. Die im Strömungsschatten liegenden Puhnenbuchten dienen während Hochwasserabflüssen als Fischrefugien.

Gemäss den hydraulischen Modellversuchen entstehen erste Schäden am Blockwurf an den Puhnenköpfen ab  $300 \text{ m}^3/\text{s}$ . Die Betonwürfel der Puhnen werden etwa bei Abflüssen zwischen  $400$  und  $500 \text{ m}^3/\text{s}$  gänzlich freigelegt. Anschliessend werden einzelne Prismen in den vorderen Lagen der Puhnen bewegt, was zur Folge hat, dass Prismen aus den hinteren, oberen Lagen nach unten rutschen. Die Funktionsfähigkeit der Puhnen bleibt aber bis zum Bemessungsabfluss von  $700 \text{ m}^3/\text{s}$  erhalten, d.h. sich rasch ausweitende Seitenerosionen der Böschung treten noch nicht auf. Der Blockwurf in den Buchten zwischen den Puhnen verhindert, ebenfalls bis zum Bemessungsabfluss, dass gefährliche Ufererosionen entstehen und die Puhnen hinterspült werden.

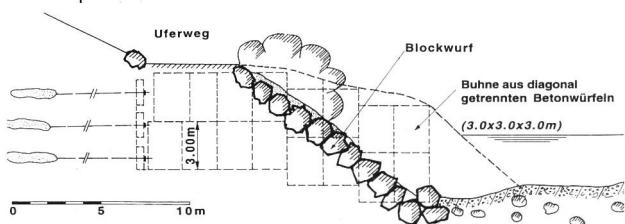


Bild 11. Querschnitt durch Blockwurf zwischen den Blockpuhnen (Göschenen-Teufelstein).

Die Hüllen der Betonprismen von 20 cm Wandstärke wurden im Betonwerk vorfabriziert, am Ort der Buhne auf ein vorbereitetes Magerbetonplanum bzw. die untere Würfellage gestellt und anschliessend mit Beton verfüllt (Bild 12). Dank dieser Baumethode konnte der Uferschutz mit allen 10 Buhnen in weniger als einem Jahr erstellt werden.

Die Buhnen wurden mit Feinboden (nicht Humus) abgedeckt und mit Steckhölzern bepflanzt, wobei gruppenweise Weidenarten gepflanzt wurden (Bild 13). Dazwischen wurden offene Sukzessionsflächen belassen. Es wurde nicht angesät.

### 3.2.3 Ufersicherung mit künstlichen Residualblöcken beim Portal Gotthardtunnel

Die rund 200 m lange Reusskurve unterhalb des Portalbereichs des Gotthardtunnels bei Stäfeligand wurde unmittelbar nach dem Hochwasser mit einer geneigten Blockmauer provisorisch geschützt. Diese Sofortmassnahme wurde 1988 zusätzlich verstärkt, indem der Vorgrund der Blockmauer mit einem Blockteppich gegen Erosionen gesichert und die Wasserseite der Blockmauer mit einem verlegten, 1:1 geneigten Blockwurf ergänzt wurde. Die verwendeten Blöcke von 4,5 t Gewicht boten gemäss den Modellversuchen einen ausreichenden Schutz bis zum HQ<sub>87</sub> (460 m<sup>3</sup>/s). In Anbetracht des hohen Schadenpotentials musste das Schutzziel aber höher angesetzt werden. Dieses verlangt, dass an der Nationalstrasse und dem Tunnelportal bis zum Extremhochwasser (EHQ = 700 m<sup>3</sup>/s) keine Schäden infolge Seitenerosionen auftreten dürfen.

Als denkbarer Uferschutz wurde einerseits eine hinter dem Blocksatz vom Wuhrweg aus abgetiefe, rund 130 m lange Bohrpahlwand von 13 bis 15 m Höhe untersucht. Andererseits bot sich als baulich einfachste Lösung das Vergraben von künstlichen Residualblöcken (diagonal getrennte Betonwürfel) im Wuhrweg und am Böschungsfuss längs des bestehenden Blocksatzes an. Nach Optimierung von Anordnung und Anzahl der Betonwürfel ergaben sich für diese Variante im Vergleich zu einer Bohrpahlwand rund 35 % geringere Baukosten.

Die hydraulischen Modellversuche zeigten, dass mit einer paketweisen Anordnung der diagonal getrennten Betonwürfel (3 m Kantenlänge; Prismengewicht ca. 35 t) die besten Resultate erzielt werden können (Bild 14). Jedes Paket besteht aus 8 bis 9 Würfeln, welche zweireihig in einem engen Abstand von 1 m plaziert sind. Dabei sind etwa die Hälfte davon im Wuhrweg, die restlichen am Böschungsfuss dahinter eingegraben (Bild 15). Der Abstand zwischen den Paketen beträgt etwa 10 m. Die Front der teilweise sichtbaren Betonwürfel am Böschungsfuss ist mit Blöcken abgedeckt. Am unteren Ende der Reusskurve wurde eine Ablenkkuhne angeordnet, welche ein Durchbrechen der Strömung in die Halbinsel Rossweid verhindert. Die Ablenkkuhne besteht aus zwei zur Flussachse geneigten Würfelfreihen von 4 und 5 Würfeln, welche ebenfalls im Wuhrweg eingegraben sind. Sämtliche Würfel wurden in Ortsbeton hergestellt, wobei auch plattenartige Betonabbruchteile eingegossen wurden. Die diagonale Halbierung zu einem Prisma erfolgte mit einer Zwischeneinlage aus Hartpavatex (Bild 16).

Der Abnahmeversuch im hydraulischen Modell hat gezeigt, dass der Blocksatz ab etwa 500 m<sup>3</sup>/s – von dessen unterem Ende beginnend – zerstört wird und die Würfel freigelegt werden (Bild 17). Anschliessend rutschen die im Wuhrweg und Böschungsfuss vergrabenen Betonprismen in das Reussbett nach und beschränken bis zu einem Abfluss von etwa 700 m<sup>3</sup>/s die Erosionen an der Böschung auf

Bild 12. Versetzen der vorfabrizierten Hüllen der Betonprismen (Göschenen–Teufelstein).

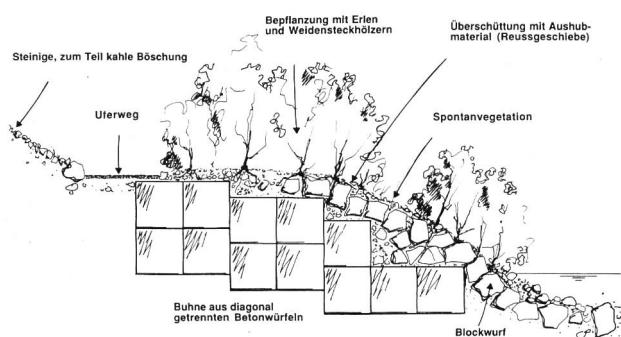
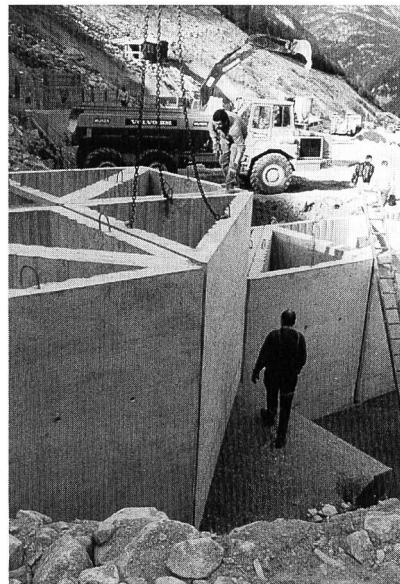


Bild 13. Gestaltung und Begrünung der überschütteten Umlenkbuhnen (Göschenen–Teufelstein).

ein für die Nationalstrasse und den Werkhof unschädliches Mass (Bild 18).

### 3.3 Güetli unterhalb von Gurtnellen-Wiler

#### 3.3.1 Hochwasserschäden und Schutzziel

Im Bereich Güetli, 1 km flussabwärts von Gurtnellen-Wiler, verbreiterte sich die Reuss beim Hochwasser 1987 am rechten Ufer durch Seitenerosionen erheblich, so dass die Kantonsstrasse teilweise wegerodiert wurde. Örtlich wur-

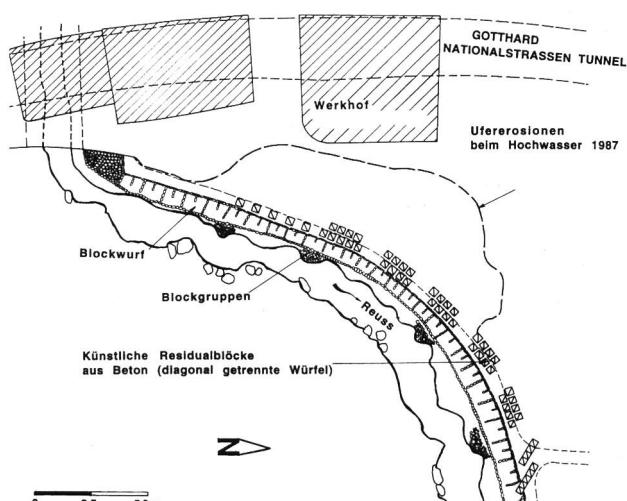


Bild 14. Uferschutz Göschenen–Stäfeligand: Entlang des Uferweges eingegrabene, paketweise angeordnete Betonwürfel.

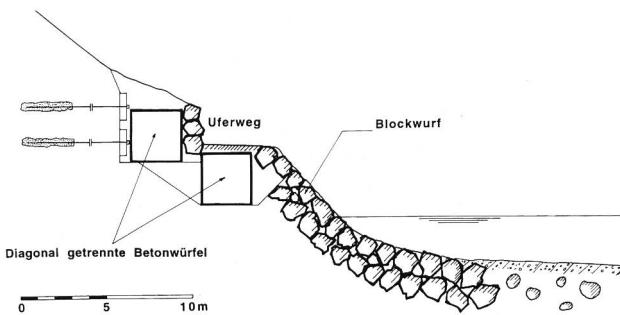


Bild 15. Querschnitt durch Blockwurf und in den Wuhrweg eingegrabene Betonwürfel (Göschenen-Stäfeligand).

den die Uferböschungen bis an den Fundationsbereich der rund 20 m hohen Stützmauer der Nationalstrasse abgetragen. Die Kantonsstrasse und die dahinterliegende Stützmauer der Nationalstrasse sind bei extremen Hochwasserabflüssen der Reuss durch die Seitenerosion gefährdet.

Im Bereich Güetli Mitte ist die bestehende Stützmauer bis maximal 2,5 m unter dem Kantonsstrassenbelag, aber rund 8 m über der Reusssohle, im Lockermaterial fundiert. Die Fundation der Stützmauer beim Güetli Süd liegt mehrere Meter über der Kantonsstrasse ebenfalls im Lockermaterial.

Das Schutzziel ergibt sich aus den Erkenntnissen des Hochwassers 1987 ( $HQ_{87} = 600 \text{ m}^3/\text{s}$ ), den vorhandenen Fundationsverhältnissen der Nationalstrassenstützmauer sowie in Abstimmung mit der «Richtlinie für den Hochwasserschutz» des Kantons Uri (Püntener, 1996). Bei einer Erosion der Fundamente der 20 m hohen Stützmauer samt Galerie muss mit grossen Schäden und lang anhaltenden Verkehrsunterbrüchen gerechnet werden. In Anbetracht des sehr hohen Schadenpotentials wurden die Hochwasserschutzmassnahmen auf ein Extremhochwasser (EHQ) mit 800 bis 1000  $\text{m}^3/\text{s}$  ausgelegt.

### 3.3.2 Ufersicherung mit künstlichen Residualblöcken

Zur Erreichung des geforderten Schutzzieles wurden in der Uferböschung im Bereich Güetli Mitte vier Gruppen von insgesamt 38 diagonal getrennten Würfeln aus Beton (76 Prismen zu je 34 t Blockgewicht) mit einer Kantenlänge von je 3 m am Ufer zur Erosionsbegrenzung geplant (Bild 19). Während der Bauausführung kamen bei 12 geplanten Betonwürfeln grosse Findlinge zutage. An Stelle eines

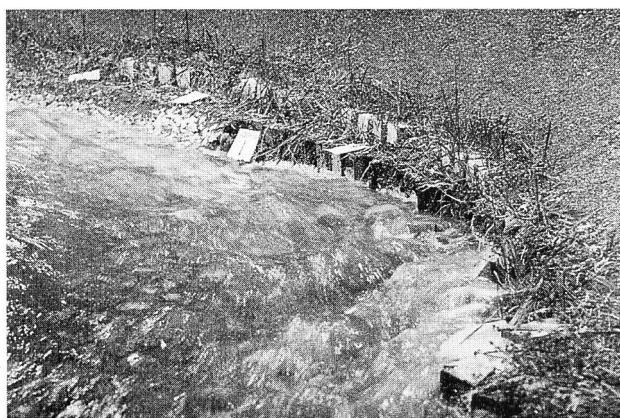


Bild 17. Zerstörung des sekundären Blockwurfs und Freilegung der Würfel (Göschenen-Stäfeligand; Foto: VAW).



Bild 18. Lage der Würfel nach Durchgang eines extremen Hochwassers (Göschenen-Stäfeligand; Foto: VAW).

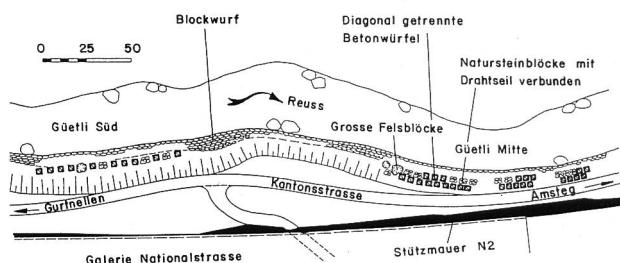


Bild 19. Gurtnellen-Güetli: Entlang Kantonsstrasse in Böschung eingegrabene Betonwürfel.

Abtrages der Findlinge wurden diese mit weiteren Natursteinblöcken ergänzt (Bild 21). Sie wurden danach mit Stahlseilen zu einem «Paket» mit mindestens der Abmessung eines Würfels verbunden. Letztendlich wurden 26 Betonwürfel bzw. 11 verkabelte Blockpakete mit Findlingen zu drei Gruppen zweireihig angeordnet. Die untere Reihe befindet sich 1 m über dem Talweg der Reuss. Die obere Reihe ist um rund 1 m zurückversetzt auf der Höhe der Oberkante der unteren Würfelfreihe in die Böschung eingegraben (Bild 20). Der seitliche Abstand zwischen den einzelnen Würfeln beträgt 1 bis 2 m.

Im Bereich Güetli Süd sind von den insgesamt 14 geplanten Betonwürfeln (28 Prismen) mit einer Kantenlänge von 3 m 10 Würfel einreihig eingebaut worden. Weiter wur-



Bild 16. Im Wuhrweg eingegrabene Betonwürfel (Göschenen-Stäfeligand).

den zwei Pakete mit Findlingen sowie drei verkabelte Natursteinblockgruppen erstellt. Die Betonwürfel sind rund 1 m über der bestehenden Sohlenlage der Reuss plaziert. Der Abstand zwischen den Würfeln beträgt etwa 2 bis 3 m.

Um die Stabilität der N2-Stützmauer baubedingt nicht zu vermindern, wurde nach dem Voraushub und der Erstellung einer temporär verankerten Elementwand etappenweise ausgehoben (Bild 21). Die Etappenlängen betragen ca. 10 m. Die Würfel wurden mit einer vorbereiteten Schalung, vorfabricierten Armierungskörben, einer diagonal eingelegten Hartpavatexeinlage und mit Ortsbeton hergestellt. Nach drei Tagen wurden die Betonwürfel ausgeschalt und mit 0/200-mm-Material hinterfüllt. Infolge der beengten Platzverhältnisse konnte die obere Würfelreihe erst gebaut werden, nachdem die untere Reihe eingebaut war.

Für die Planung und Ausführung der Hochwasserschutzmassnahmen Reuss Güetli wurden die Erkenntnisse aus den Modellversuchen bei Göschenen genutzt (vgl. Abschnitt 3.2.3), da das mittlere Gefälle und der Kurvenradius etwa gleich sind. Wegen der grösseren Abflussmenge und Abflusstiefe sowie Fließgeschwindigkeit dürfte aber die Belastung der Betonwürfel im Güetli eher höher sein. Andererseits sind sie wesentlich günstiger angeordnet (weniger hoch über der Flussohle).

Die Betonwürfel wurden mit einem einlagigen Blockwurf (Blockgewicht 2,5 bis 3 t), als sogenannte sekundäre Massnahme, abgedeckt (Bilder 20 und 22). Der Blocksatz ist auf 2,5 m unter die bestehende Reusssohle fundiert und ist so hoch ausgeführt, dass die Oberkante gerade über dem Wasserspiegel von 600 m<sup>3</sup>/s liegt. Durch die so festgelegte Lage der Oberkante des Blockwurfs und der Sicherheitsreserve der Blockwurfdimensionierung werden erst bei Abflüssen über 600 m<sup>3</sup>/s Schäden am Blockwurf entstehen. Der oberste Drittel des Blockwurfs ist mit Feinmaterial überschüttet. Die Böschungen werden punktuell mit standortgerechten Gehölzen bestockt.

**3.4 Sicherung der Fundamente von Brückenpfeilern**  
Neben den beschriebenen Ausführungsbeispielen wurden eingegrabene Betonprismen auch zum Schutze der Fundamente von Brückenpfeilern bei den N2-Reussbrücken Wassen (Huber 1989, Kübler et al., 1992) und Felli eingesetzt.

#### 4. Schlussfolgerungen

Schutzmassnahmen an Gebirgsflüssen müssen sich an den Kräften und dem natürlichen Verhalten des Gewässers orientieren. Felsbänder sowie grosse Bergsturzblöcke in der Sohle und am Ufer stabilisieren auf natürliche Weise das Bett eines Gebirgsflusses. Dieser Wirkungsweise nachempfunden sind künstliche, aus Beton hergestellte Residualblöcke. Natürliche Felsblöcke in der erforderlichen

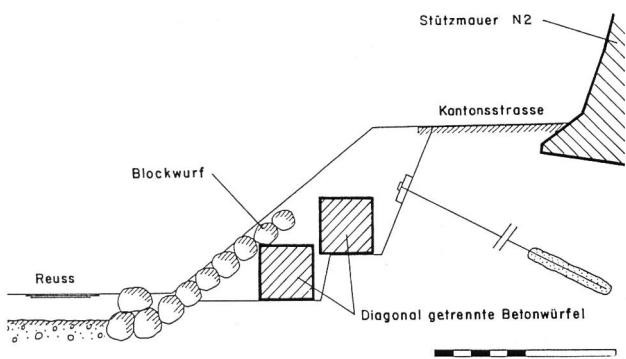


Bild 20. Querprofil im Bereich Güetli Mitte.



Bild 21. Erstellung der Betonprismen im Schutze einer verankerten Elementwand; im Vordergrund mit Residualblock verkabelte Blöcke (Gurtnelly-Güetli).



Bild 22. Betonprismen während der Überschüttung (Gurtnelly-Güetli).

Grösse können nämlich infolge des grossen Gewichtes (> 10 t) einerseits nicht gewonnen, andererseits auch nicht transportiert und eingebaut werden. Mit eingegrabenen oder überdeckten Betonprismen können Uferböschungen und Fundationen von Schutzbauten sowie Brückenpfeiler selbst für extreme Hochwasserabflüsse wirkungsvoll geschützt werden. Die Ausführungsbeispiele im Urner Reusstal bestätigen, dass diese Betonelemente sehr flexibel einsetzbar sind und zu wirtschaftlichen Hochwasserschutzmassnahmen führen, mit denen der natürliche Charakter eines Gebirgsflusses beibehalten werden kann. Durch Überschüttungen und Ergänzungen mit sekundären Massnahmen können die so geschützten Uferabschnitte landschaftlich und gewässerökologisch aufgewertet werden.

#### Literatur

- Bär H. (1996): Hochwasser 1987 der Reuss in Gurtnelly – Bau-technische Besonderheiten bei der Projektierung und Bauausführung. «wasser, energie, luft», 88. Jahrgang, Heft 5/6, 107–109.
- Bezzola G. R. (1992): Eine neuartige Verbauungsmethode in Gebirgsflüssen. «wasser, energie, luft», 84. Jahrgang, Heft 11/12, 331–333.
- Dénes R. (1994): Uferschutzmauern mit hoher hydraulischer Rauhigkeit. «Schweizer Ingenieur und Architekt», Heft 4, 41–46.
- Huber H. (1989): Rekonstruktion Reussbrücke Wassen. «Schweizer Ingenieur und Architekt», Nr. 25, 51–52.
- Jäggi M.; Bezzola G. R.; Kuster P. (1996): Hydraulische Modellversuche für das Hochwasserschutzprojekt Gurtnelly. «wasser, energie, luft», 88. Jahrgang, Heft 5/6, 99–103.
- Kübler P. et al. (1992): Hochwasserschutz Reuss Wassen, Kanton Uri. Internationales Symposium Interpraevent Bern, Band 5, 67–79.

*Philippe E.* (1996): Hochwasser 1987 der Reuss in Gurtnellen, Bauausführung – Bauprogramm – Kosten. «wasser, energie, luft», 88. Jahrgang, Heft 5/6, 110–113.

*Püntener P.* (1996): Hochwasser 1987 der Reuss in Gurtnellen, Sicherheit für die Zukunft, Einleitung und Schutzziele. «wasser, energie, luft», 88. Jahrgang, Heft 5/6, 87–88.

*Schleiss A.; Bär H.; Gmür A.* (1992): Projektierung und Bau von Hochwasserschutzmassnahmen an der Reuss in Gurtnellen-Wiler. Internationales Symposium Interpraevent Bern, Band 5, 43–54.

*Schleiss A.* (1996): Flussbauliche Massnahmen an der Reuss zum Hochwasserschutz von Gurtnellen. «wasser, energie, luft», 88. Jahrgang, Heft 5/6, 93–98.

*Schleiss A.; Gmür A.* (1996): Hochwasserschutzmassnahmen zur Verhinderung von Seitenerosionen an der Reuss in Göschenen. Internationales Symposium Interpraevent Garmisch-Partenkirchen, Band 4, 243–254.

Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) (1992): Flussmorphologie des Mittellaufs zwischen Göschenen und Amsteg. Geschiebeumlagerungen während des Hochwassereignisses vom 24./25. August 1987 zwischen dem Urnerloch und Urnersee. Bericht zuhanden des Bauamtes Uri, Zürich (unveröffentlicht).

*Weber H.* (1996): Hochwasser 1987 der Reuss in Gurtnellen – Sofortmaßnahmen. «wasser, energie, luft», 88. Jahrgang, Heft 5/6, 89–92.

Adresse der Verfasser: *Anton Schleiss*, Prof. Dr. dipl. Bauing. ETH, Laboratoire de constructions hydrauliques, EPFL, CH-1015 Lausanne; *Martin Aemmer*, Electrowatt Engineering AG, Bellerivestrasse 36, CH-8034 Zürich; *Heinz Weber*, Bauing. HTL, Abteilungsleiter Wasserbau, und *Ernst Philipp*, Bauing. HTL, Abteilung Wasserbau, Baudirektion Uri, Amt für Tiefbau, Klausenstrasse 2, CH-6460 Altdorf.

- die Sektionen Auswanderung und Stagiaires sowie Arbeitskräfte und Einwanderung wechseln vom Bundesamt für Industrie, Gewerbe und Arbeit im EVD ins Bundesamt für Ausländerfragen im EJPD;
- der Eidgenössische Datenschutzbeauftragte, bisher im EJPD angesiedelt, wird neu der Bundeskanzlei zugewiesen;
- die Nationale Alarmzentrale wird dem EMD unterstellt.

Die Departemente erarbeiten zurzeit die Detailplanungen und bereiten die erforderlichen Umsetzungsmassnahmen für einen möglichst reibungslosen Transfer vor.

### *Landeshydrologie bleibt im EDI*

Weiter hat der Bundesrat beschlossen, die Landeshydrologie und -geologie (LHG) auf den 1. Januar 1998 aus dem Buwal herauszulösen und dem EDI zuzuweisen, und zwar im Hinblick auf die mögliche Bildung eines neuen Servicebereichs Umweltbeobachtung/Öko-Monitoring per 1. Januar 1999. In einem solchen Servicebereich könnten die LHG, die Schweizerische Meteorologische Anstalt (SMA) und andere, vorwiegend im EDI angesiedelte Institutionen des Bundes (zum Beispiel das Eidgenössische Institut für Schnee- und Lawinenforschung), zusammengefasst werden. Ihre Aufgabe wäre das Erbringen von Dienstleistungen für den Bund, die Kantone sowie öffentliche und private Unternehmen. Der Bundesrat beauftragte das EDI und das EVED mit den entsprechenden Abklärungen.

Es wurde auch geprüft, ob das Forstwesen im Sinne einer erweiterten Landwirtschaftspolitik neu dem EVD zuzuweisen sei. Im Ergebnis überwogen jedoch die Argumente für einen Verbleib der Forstdirektion beim Buwal.

Als Folge der Integration des Buwal im EVED wird die Departementsbezeichnung geändert und lautet – gemäss Bundesratsbeschluss vom 29. Oktober 1997 – ab neuem Jahr wie folgt:

UVEK: Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation

DETEC: Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication

DATEC: Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, delle energie e delle comunicazioni

DATEC: Departement federal da l'ambient, dals transports, da l'energia e de la communicaziun

### *Einsparungen von fünf Prozent. Stellenabbau*

Der Bundesrat hat bekräftigt, dass er als Resultat der Regierungs- und Verwaltungsreform Einsparungen von fünf Prozent bei den Personalkosten erwartet. Auch die Verwaltungskosten sollen gesenkt werden. Für einzelne Bereiche (z.B. die Bauten) ist mit grösseren Einsparungen zu rechnen. Die Reform wird damit auch einen Beitrag zur Erreichung des Sanierungsziels der Bundesfinanzen leisten. Die Vorgaben gelten für jedes Departement und die Bundeskanzlei. In einigen Verwaltungszweigen herrscht eine gewisse Verunsicherung, insbesondere was einen möglichen Stellenabbau betrifft. Da heute aber noch nicht bekannt ist, wo genau wieviele Stellen abzubauen sind, ist auch noch keine Beurteilung möglich, ob dies allein durch Nichtwiederbesetzung von Vakanzen oder vorzeitige Pensionierungen erfolgen wird. Ob sich zusätzlich zur Verordnung des Bundesrates vom 18. Oktober 1995 über Personalmassnahmen bei Umstrukturierungen in der allgemeinen Bundesverwaltung die Notwendigkeit für einen Sozialplan ergibt, wird das Eidgenössische Personalamt unter Bezug der Personalverbände prüfen.

(BWW, Panneaurama, Dezember 1997)

## *Das Bundesamt für Wasserwirtschaft in eigener Sache*

Das Jahr 1997 geht als bewegtes Jahr in die Geschichte der Bundesverwaltung ein. Seit dem 19. Februar hat der Bundesrat in neun Schritten weitreichende Teilentscheide zur Regierungs- und Verwaltungsreform getroffen. Und dieser dynamische Prozess ist noch keineswegs abgeschlossen. Bisher ist es uns gelungen, den Bundesrat davon zu überzeugen, dass es weiterhin ein selbständiges Bundesamt für Wasserwirtschaft braucht. Wir werden auch 1998 in diesen Bemühungen fortfahren.

Über 1700 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie Budgets von über 1,3 Milliarden Franken wechseln auf den 1. Januar 1998 im Rahmen der Regierungs- und Verwaltungsreform (RVR) das Departement. Der Bundesrat hat mehrere Entscheide getroffen, um diese Reform wie geplant reibungslos durchzuführen.

Anfang September hatte der Bundesrat beschlossen, das revidierte Regierungs- und Verwaltungsorganisationsgesetz auf den 1. Oktober 1997 in Kraft zu setzen. Damit steht der zeitgerechten Umsetzung der bereits im Frühjahr 1997 gefällten Entscheide nichts mehr im Weg. Am 1. Januar 1998 werden insbesondere folgende Neuunterstellungen vorgenommen:

- Das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Buwal) wechselt vom EDI ins EVED;
- die Eidgenössische Sportschule Magglingen wird vom EDI zum Chef EMD transferiert;
- das Bundesamt für Zivilschutz wechselt vom EJPD ins EMD;
- die Hauptabteilung Straßenverkehr wird vom Bundesamt für Polizeiwesen im EJPD in das Bundesamt für Straßenbau im EVED transferiert;