Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 88 (1996)
Heft: 5-6

Artikel: Hochwasser 1987 der Reuss bei Gurtnellen : Sicherheit für die Zukunft
Autor: Stadelmann , Anton / Püntener, Peter / Weber, Heinz
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940346

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: 04.07.2025

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

KANTON URI

Hochwasser 1987 der Reuss bei Gurtnellen

Sicherheit für die Zukunft

Inhalt

Seite

Vorwort *(Anton Stadelmann)* 85

Einleitung und Schutzziele *(Peter Püntener)* 87

Hochwasser 1987 – Sofortmassnahmen *(Heinz Weber)* 89

Flussbauliche Massnahmen an der Reuss zum Hochwasserschutz von Gurtnellen *(Anton Schleiss)* 93

Hydraulische Modellversuche für das Hochwasserschutzprojekt Gurtnellen *(Martin Jäggi, Gian Reto Bezzola* und *Pius Kuster)* 99

Zur Ökologie und zur Landschaftsplanung *(Albert M. Gmür)* 104

Bautechnische Besonderheiten bei der Projektierung und Bauausführung *(Hans Bär)* 107

Bauausführung – Bauprogramm – Kosten *(Ernst Philipp)* 110

Am Bau Beteiligte 114

Sonderdruck aus der Fachzeitschrift «wasser, energie, luft – eau, énergie, air» *88* (1996) Heft 5/6, Seite 83–14.

Weitere Exemplare sind erhältlich beim Amt für Tiefbau, Abteilung Wasserbau, Klausenstrasse 2, CH-6460 Altdorf, Telefax 041/875 26 10.

Legende zum Titelblatt

Hauptschutzelement C. Brückenunterfangung mit verankerten Elementwänden samt Umleitkanal. Im Hintergrund Baugrubensicherungsmassnahmen unterhalb der SBB-Gotthardbahnlinie.

Legende zum Bild Seite 85

Hauptschutzelement A: Halbinsel unterhalb des Umlenksporns mit Kolksee und Einmündung des Gornerbaches.

KANTON URI

Hochwasser 1987 der Reuss bei Gurtnellen Sicherheit für die Zukunft

Vorwort

Anton Stadelmann

Der den ganzen Tag anhaltende, aber keineswegs aussergewöhnlich starke Regen machte am 24. August 1987 der Urner Bevölkerung kaum Kummer. Wohl hatte man die vorangegangenen Monate als zu kühl und zu regnerisch in Erinnerung, doch dann besserte sich das Wetter allmählich, und die Tage zuvor waren sogar recht schön. Dass die Bäche trotzdem viel Wasser führten, hatte seinen Grund in der verspätet einsetzenden Schneeschmelze. Zudem bemerkten nur aufmerksame Beobachter, dass die Böden noch immer nässer waren als sonst. Niemand sah voraus, was sich schliesslich um Mitternacht vom 24. auf den 25. August 1987 über dem Gotthardmassiv zusammenbraute.

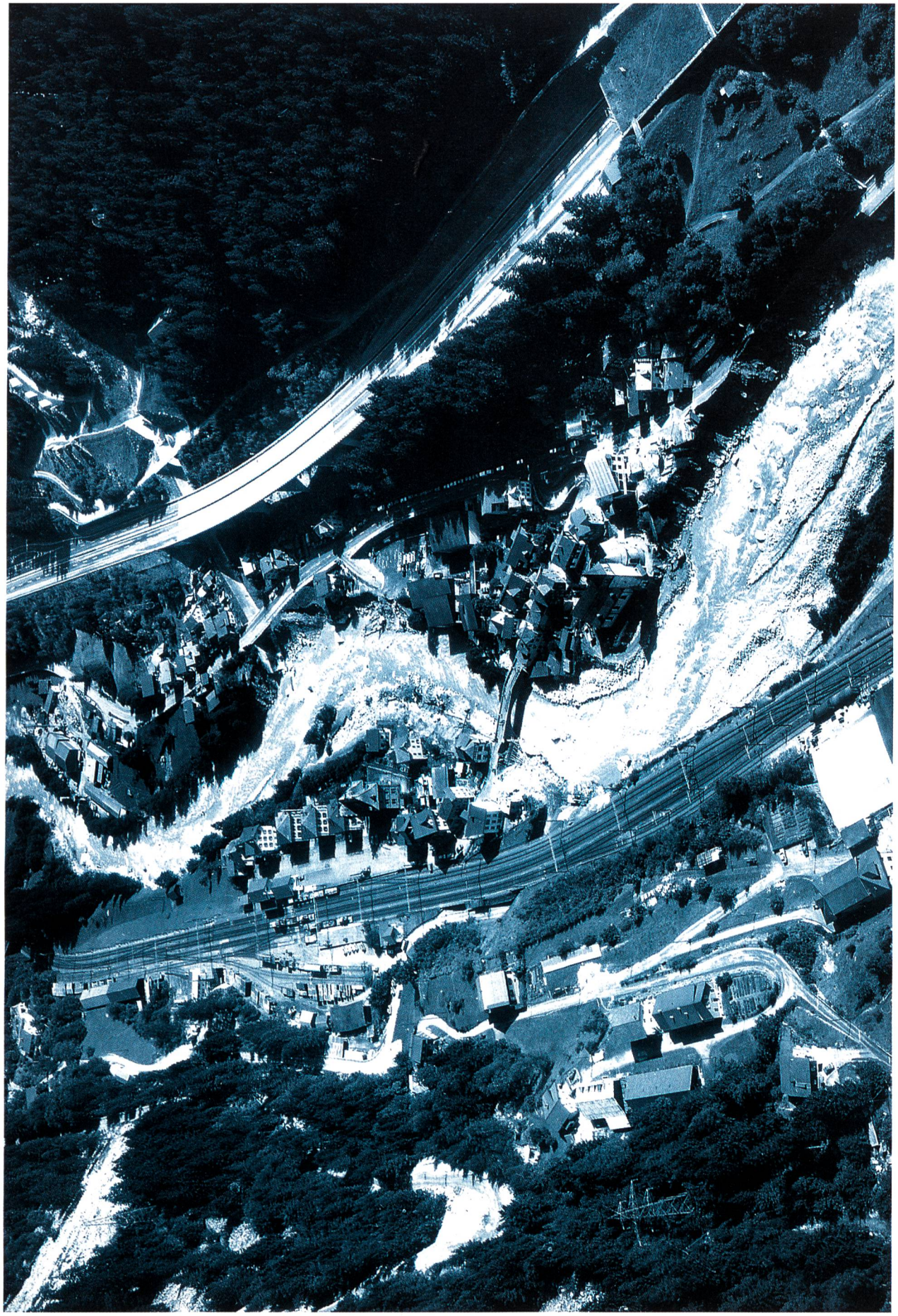
Fachleute erklären sich das Ereignis aufgrund der Wetterlage und der Beobachtungen später wie folgt: Kaltluft vom Norden traf über dem Alpenkamm im Gotthardgebiet auf warme und feuchte Luftmassen aus dem Süden. Dieses Strömungssystem blieb längere Zeit ortsfest. Der Vorregen, die Schneeschmelze und der Temperaturverlauf führten, bei hoher Lage der Nullgradgrenze, zu einer stark abflussfördernden Ausgangslage für den Starkregen zwischen 23 und 24 Uhr. Bis zu 40 mm Niederschlag pro Stunde wurden gemessen, welche direkt ohne Bodenretention abflossen (Bodenspeicher war vom Vorregen ausgeschöpft).

Das Hochwasserereignis mit seinen verheerenden Schäden fand grosse Beachtung. Örtlich stark betroffen von den grossen Abflüssen in der Reuss wurde die Gemeinde Gurtnellen. Ein Wohnhaus wurde zerstört, und das Pfarrhaus und Teile des Friedhofes wurden von den Fluten mitgerissen. Das Bahntrassee der SBB wurde unterspült, und die Kantonsstrasse wurde an mehreren Stellen abgetragen. Diese Schäden zeugen von der ungeheuren Gewalt der entfesselten Natur. Dennoch hatte auch die Gurtneller Bevölkerung Glück im Unglück. Trotz den grossen Schäden waren keine Menschenleben zu beklagen.

Kaum waren die Sofortmassnahmen in Gurtnellen abgeschlossen, sicherte mein Amtsvorgänger als Baudirektor, alt Landammann *Josef Brücker,* den Gurtnellern zu, dass die Projektierungsarbeiten der definitiven Massnahmen als Teil des «Gesamtkonzeptes Reuss» vorgezogen werden. In enger Zusammenarbeit mit den Behörden und den Betroffenen sowie mit den zuständigen Vertretern des Bundes konnten die Projektierungsarbeiten speditiv vorangetrieben werden. Trotz den aufwendigen Projektierungsarbeiten (es mussten u. a. hydraulische Modellversuche durchgeführt und erstmals ein Umweltverträglichkeitsbericht verfasst werden) konnten die erforderlichen Projektierungs- und Verfahrensschritte effizient abgewickelt werden. Bereits Ende 1990 wurden die Bauarbeiten des ersten Bauloses durch den Regierungsrat vergeben. Innerhalb von fünf Jahren wurden die Bauarbeiten mit einem Gesamtinvestitionsvolumen von rund 20 Millionen Franken ausgeführt. Diese Arbeiten in Gurtnellen konnten bereits 1995 abgeschlossen werden, zu einem Zeitpunkt als beispielsweise am Reusskanal zwischen dem See und Attinghausen erst damit angefangen wurde.

Der Regierungsrat des Kantons Uri nimmt diese Gelegenheit gerne wahr, um zu danken: der Bevölkerung und den Behörden von Gurtnellen, dem Bundesamt für Wasserwirtschaft, dem Bundesamt für Strassenbau, den SBB, den PTT, den Planungsfirmen und Bauunternehmungen, den Vertretern der Verwaltung und insbesondere den Mitarbeitern der Baudirektion.

Adresse des Verfassers: *Anton Stadelmann,* Regierungsrat, Baudirektor des Kantons Uri, CH-6460 Altdorf.



Das Dorf Gurtnellen, die Reuss, die Autobahn N2 und die Gotthardlinie der SBB. Im Bild fliesst die Reuss von rechts nach links. Erkennbar sind die durch das Hochwasser 1987 ausgeweiteten Flussmäander, Erosion und Kiesbänke. (Comet Photo AG, Zürich, Bild 87-5315).

Einleitung und Schutzziele

Peter Püntener

1. Einleitung

Die Behebung der Schäden des Hochwassers 1987 wurde in zwei Phasen eingeteilt. Die erste Phase umfasste die Sofortmassnahmen. Sie wurde gegliedert in den unmittelbaren Katastropheneinsatz im Rahmen des kantonalen Führungsstabes Uri (KAFUR), d.h. während der ersten drei Wochen nach dem Ereignis, und in die weiteren Sofortmassnahmen.

Ziel dieser Phase 1 war es, die Verkehrsverbindungen definitiv oder provisorisch wiederherzustellen. Weiter galt es, eine etwa gleich grosse Hochwassersicherheit wiederherzustellen, wie sie vor dem Hochwasser bestanden hatte. Dieses Ziel wurde Mitte 1988 erreicht.

In der Phase 2 gilt es, die provisorischen Bauwerke – wo nötig – in definitive umzuwandeln und die Hochwassersicherheit durch Wiederherstellungs- und Folgeprojekte überall dort zu erhöhen, wo es angezeigt ist.

Die Massnahmen der ersten Tage, Wochen und Monate wurden meistens unter Notrecht im Schnellverfahren abgewickelt. Es galten nicht die üblichen Projektierungsschritte, und es gab weder Plangenehmigungs- noch Submissionsverfahren. Dagegen laufen die Massnahmen der Phase 2 wieder nach den üblichen Rechts- und Verwaltungsvorschriften ab.

Das Bauamt Uri war während der ersten drei Wochen nach dem Ereignis in die Sektion 4 (Technik) des KAFUR integriert, die unter der Leitung des Kantonsingenieurs stand. Bis am Abend des 25. August 1987 bestand dank dem Aufklärungsmittel Helikopter – alle anderen Verbindungsmöglichkeiten inkl. Telefon und Funk fielen aus – ein grober Überblick über das Ausmass der Schäden, der es erlaubte, Prioritäten zu setzen und eine geeignete Organisation festzulegen (Bild 1). Es wurden zwölf Schadenplätze unter der Leitung je eines Einsatzleiters definiert. Der einzelne Schadenplatz wurde als «Ad-hoc-Bauunternehmung» organisiert, die wahlweise aus Militär, Bauunternehmungen, Ingenieurbüros, Experten und weiteren Hilfspersonen gebildet wurde. Innert weniger Tage wurde die Sektion 4 zu einer Grossunternehmung von schätzungsweise 1600 Personen, 200 Maschinen und 100 Lastwagen. Der Einsatz erstreckte sich über 85 km Gesamtlänge.

Das Hochwasser 1987 betraf den Kanton Uri auf seiner ganzen Länge. Seit Beginn der Planungsarbeiten der Phase 2 war es deshalb erklärtes Ziel, sämtliche Massnahmen – soweit sie einen inneren Zusammenhang hatten – aufeinander abzustimmen und in einem Gesamtkonzept darzustellen. Das «Gesamtkonzept Reuss» der Baudirektion Uri vom Juli 1992 definiert die Ziele für den Hochwasserschutz, enthält Grundlagen und Leitlinien für die Projektierung und umfasst einen nach Prioritäten abgestimmten «Massnahmenplan Gesamtkonzept Reuss».

In der Phase 2 wurde auf drei Ebenen geplant (Bild 2). Der Bund ergründete wissenschaftlich die Ursachen des Hochwassers des Jahres 1987 und versuchte, Lehren für die Zukunft abzuleiten. Das Bundesamt für Wasserwirtschaft koordinierte diese Arbeiten, die im Sommer 1991 abgeschlossen wurden.

Im Kanton Uri wurde zwischen den übergeordneten Aufgaben und den Teilprojekten unterschieden. Zu den übergeordneten Aufgaben gehörte alles, was abschnittsübergreifend ausgeführt werden musste. So galt es, für die eigentliche Projektierung Grundlagen zu ermitteln und andererseits Leitlinien im Sinne einer «unité de doctrine» aufzustellen. Gewisse Massnahmen, z.B. Hochwasseralarm, orientierten sich nicht nach den Abschnittsgrenzen und waren demzufolge ebenfalls übergreifend anzupacken. Auf der Ebene der Teilprojekte erfolgte dann die eigentliche Projektierung. Das Programm hat eine Laufzeit von 15 Jahren (1993–2007). Verschiedene Teilprojekte wie Gurtnellen und Wassen sind abgeschlossen und andere (Göschenen, Güetli in der Gemeinde Gurtnellen, See bis Attinghausen) stehen im Bau. Für Erstfeld liegt das Auflageprojekt vor.

2. Schutzziele

Ein wichtiger Aspekt der Gesamtschau war eine einheitliche Schutzphilosophie. Das Wasserbaugesetz verpflichtet den Kanton zum Schutz gegen Hochwasser. Dieser Schutz kann aber nur in Ausnahmefällen absolut sein. Je nach Bedeutung eines Objektes ist der Schutzbedarf unterschied-

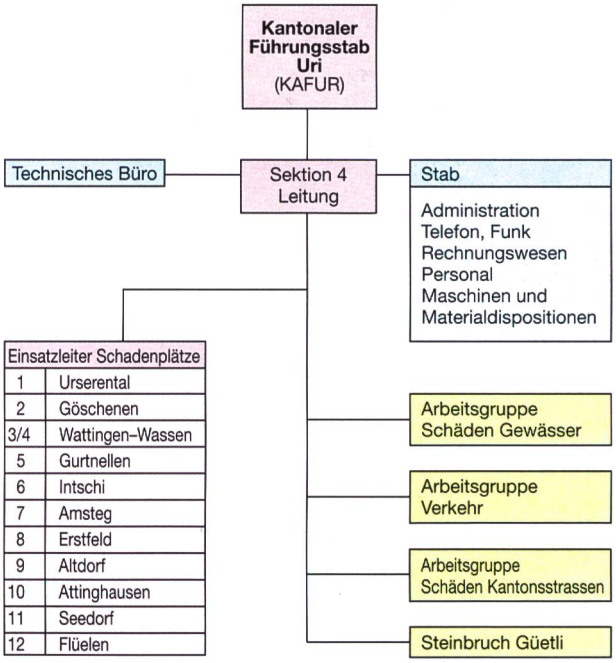


Bild 1. Organigramm Kantonaler Führungsstab Uri (KAFUR), Sektion 4 (Technik) vom 2. September 1987.

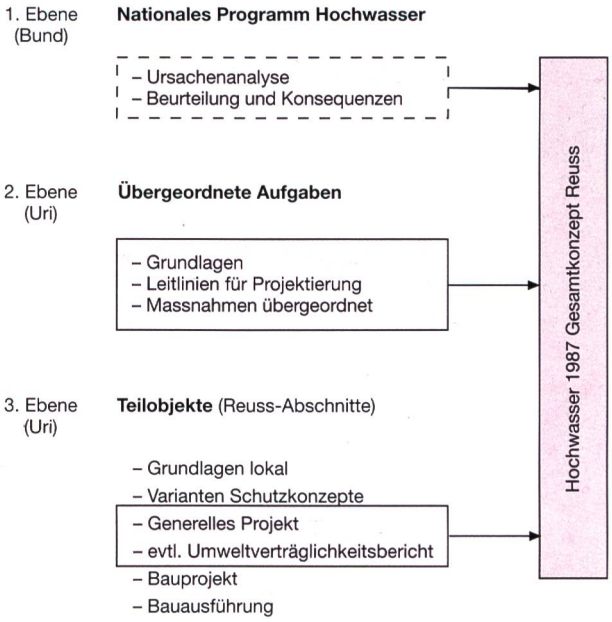


Bild 2. Reusshochwasser 1987, Phase 2, Gesamtkonzept.

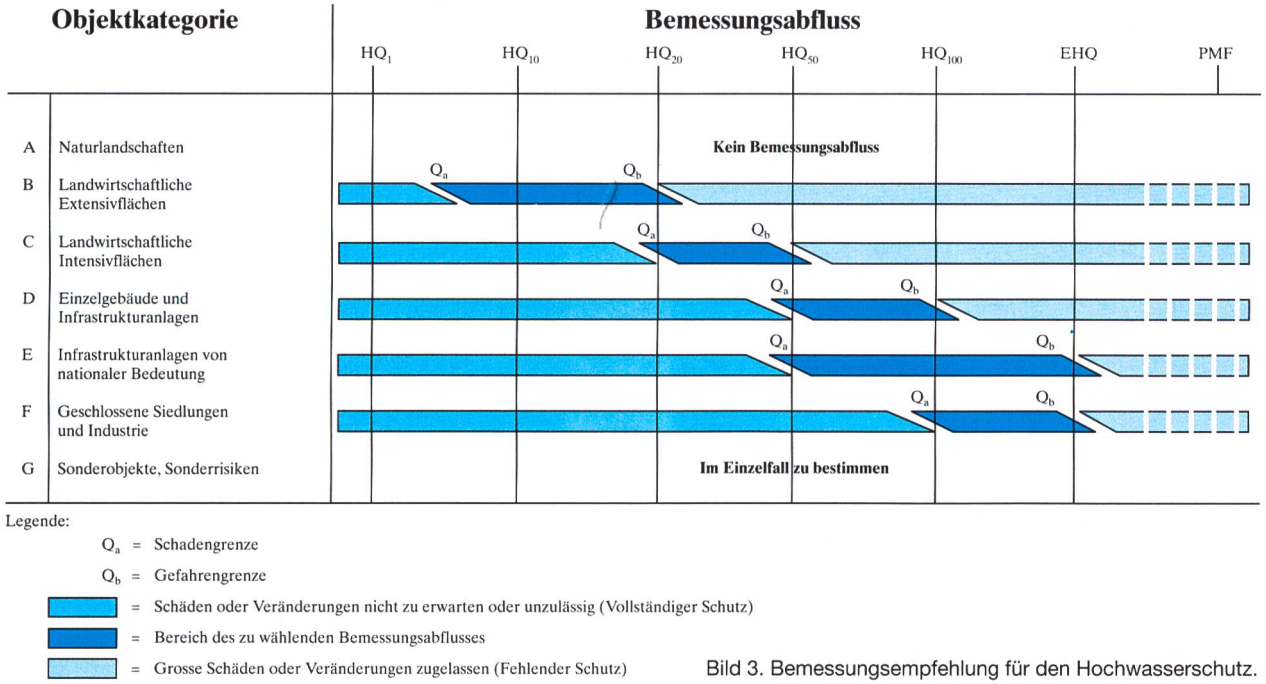


Bild 3. Bemessungsempfehlung für den Hochwasserschutz.

lich gross. Das Gesetz verpflichtet auch, auf andere öffentliche Interessen (z. B. Landschaftsschutz) Rücksicht zu nehmen. Daraus ist zu erkennen, dass die Schutzziele nicht für die ganze Länge eines Gewässers gleich hoch angesetzt werden können, sondern dass differenziert werden muss. Dabei sind die Grundsätze der Verhältnismässigkeit und die von alters her bestehenden Gefahrensituationen zu beachten.

Als Planungsgrundlage wurde deshalb die Richtlinie für den Hochwasserschutz vom 9. Juni 1992 erarbeitet. Sie definiert die Schutzziele und steckt die Rahmenbedingungen der Schutzmassnahmen ab, die zum Erreichen der Ziele ergriffen werden müssen. Eine Richtlinie kann aber nie allen Fällen gerecht werden. Sie muss deshalb so flexibel anwendbar sein, dass im Einzelfall begründete Ausnahmen möglich werden.

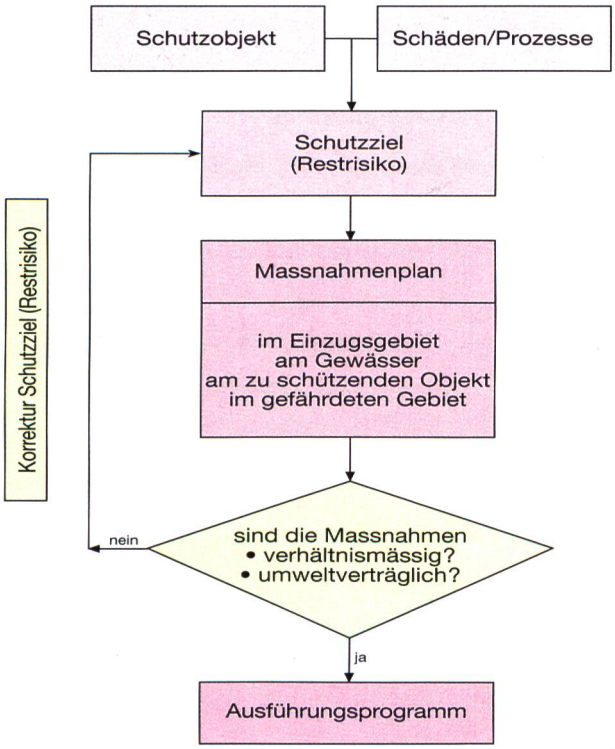


Bild 4. Vorgehen zur Wahl des Schutzziels und der Hochwasserschutzmassnahmen.

Mit dem Schutzziel wird jene Sicherheit festgelegt, die mit Hochwasserschutzmassnahmen erreicht werden soll. Es wird je nach der Gefahr für Leib und Leben sowie je nach Art, Anzahl, Grösse und Bedeutung der gefährdeten Objekte und dem massgebenden Prozess unterschiedlich hoch angesetzt (Bild 3).

Nicht nur diese Objektkategorien, sondern auch der sogenannte «massgebende Prozess» beeinflussen das Schutzziel. So ist z. B. die Gefährdung von Mensch, Tier und Sachwerten viel höher bei einer gefährlichen Überschwemmung mit grossen Wassertiefen oder hohen Wassergeschwindigkeiten als bei einer leichten Überflutung mit nur geringer Wassertiefe. Es wird unterschieden zwischen den Prozessen leichte Überflutung, gefährliche Überflutung, Ablagerung, Erosion und Murgängen.

Die Schadengrenze Q_a bezeichnet einen Bemessungsabfluss (Jährlichkeit), der für die schutzbedürftigen Objekte gerade noch ohne Schäden ablaufen soll. Ab der Gefahrengrenze Q_b ist der Hochwasserschutz nicht mehr gewährleistet. Abflüsse zwischen der Schadengrenze Q_a und der Gefahrengrenze Q_b können Schäden verursachen, führen aber in der Regel nicht zur Zerstörung. Das massgebende Schutzziel zwischen den Grenzen Q_a und Q_b ist in Abhängigkeit des Schadenszenarios respektive der massgebenden Prozesse zu wählen. Bei leichten, ungefährlichen Überflutungen ist der untere Wert massgebend. Bei Erosionsprozessen respektive gefährlichen Überflutungen soll der höhere Wert Q_b gewählt werden. Die aufgrund der Schutzzielvorgaben gewählten Massnahmen sind immer auf ihre Verhältnismässigkeit (Aufwand/erwartete Schadenminderung) und ihre Umweltverträglichkeit zu prüfen. In einem iterativen Vorgehen sind die Schutzziele und die Massnahmen optimal aufeinander abzustimmen (Bild 4).

Adresse des Verfassers: *Peter Püntener,* dipl. Ing. ETH, SIA, Kantonsingenieur Uri, Bauamt Uri, Klausenstrasse 2, CH-6460 Altdorf.

Hochwasser 1987 – Sofortmassnahmen

Heinz Weber

Als Schadenplatzkommandant wurde der Verfasser erst nach Ablauf des Ereignisses bestimmt. Es wird deshalb aus dem Bericht des Feuerwehrkommandanten *R. Inderkum* zusammengefasst folgendes zum Ablauf des Hochwassers zitiert:

25. August 1987; aus dem Bericht des Feuerwehrkommandanten

00.30 Uhr	Die Reuss überflutet den Häggerigerweg.
01.00 Uhr	Die Wilerbrücke ist infolge hohen Wasserstands nicht mehr passierbar; die Feuerwehr orientiert die Bevölkerung und sperrt die Gefahrenstellen ab.
02.00 Uhr	Etwa 60 Personen werden aus Gebäuden am linken Ufer evakuiert und im neuen Feuerwehrlokal untergebracht; weitere 50 Personen aus Wohnhäusern am rechten Ufer begeben sich auf die Galerie der N2.
02.15 Uhr	Das SBB-Geleise beim Gornerenbach wird weggerissen.
03.00 Uhr	Das Pfarrhaus, sieben Gräber und etwa 4000 m² Land der Liegenschaft Alpenrösli werden abgetragen.
05.00 Uhr	Das Haus Gamma wird unterspült; die wasserseitige Fassade bricht ab und wird samt 10 000-Liter-Öltank abgeschwemmt.

Im Laufe des Vormittags können die evakuierten Personen in ihre Wohnhäuser zurückkehren (ausgenommen jene, deren Häuser zerstört wurden).

Situation am 25. August 1987

Am späten Nachmittag konnte der Verfasser den Schadenplatz rekognoszieren. Es zeigten sich ihm die folgenden Bilder:

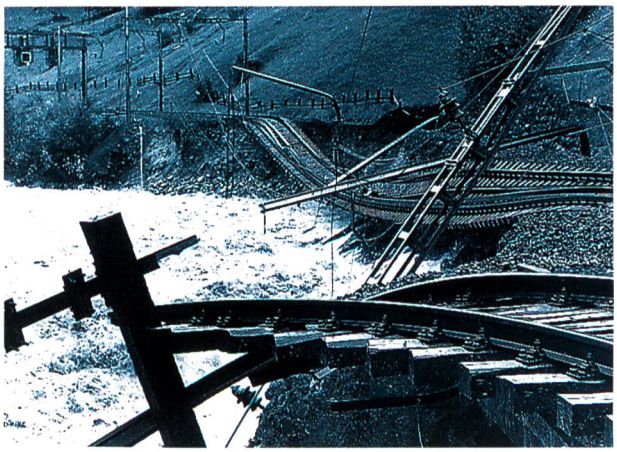


Bild 1. Zerstörtes SBB-Trassee (Comet Photo AG, Zürich).

Bild 2. Zerstörte Kantonsstrasse südlich Gurtnellen.

Der Hochwasserabfluss erodierte grössere Uferstrecken – insbesondere die Pralluferbereiche. Beinahe senkrechte Uferabbrüche von bis zu 15 m Höhe waren entstanden. Die verstärkten Mäander bildeten überbreite Flussbettstrecken. Beim Abklingen des Hochwassers wurden grosse Geschiebebänke auf diesen überbreiten Flussbettstrecken gebildet (Flugaufnahme Seite 86).

Zustand der Verkehrsträger

Die SBB-Linie wurde südlich der Mündung Gornerenbach auf einer Länge von etwa 100 m vollständig zerstört. Das Trassee beider Geleise samt Fahrleitungen wurde weggespült (Bild 1). Die Kantonsstrasse wurde beim Steinbruch Güetli bis zur Talspur abgetragen und südlich von Gurtnellen wurde ihr Trassee von der Reuss vollständig aberodiert (Bild 2). Die Kantonsstrasse beim westlichen Widerlager der Wilerbrücke wurde bis zur SBB-Unterführung ebenfalls vollständig abgetragen (Bild 3).

Hauptschäden

Die Hauptschäden präsentierten sich wie folgt (Bild 4):

- Südlich des Gornerenbaches wurde das linke Ufer erodiert. Auf einer Länge von 100 m wurde das Trassee der SBB zerstört.
- Das rechte Ufer bei der Kirche wurde bis zum Kirchturm inkl. Pfarrhaus und samt dem Trassee der Kantonsstrasse abgetragen. Es entstanden auf einer Länge von 250 m beinahe senkrechte Uferabbrüche, die bis zu 15 m hoch waren.

Bild 3. Zerstörte Kantonsstrasse südlich der Wilerbrücke (Comet Photo AG, Zürich).

Bild 4. Hauptschäden südlich der Wilerbrücke.

Bild 5. Erosion bis zum Kirchturm und zum Friedhof (Comet Photo AG, Zürich).

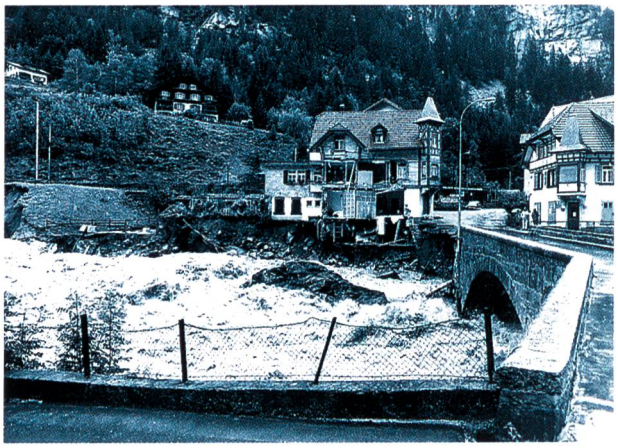


Bild 6. Teilweise zerstörtes Gammahaus (Comet Photo AG, Zürich).

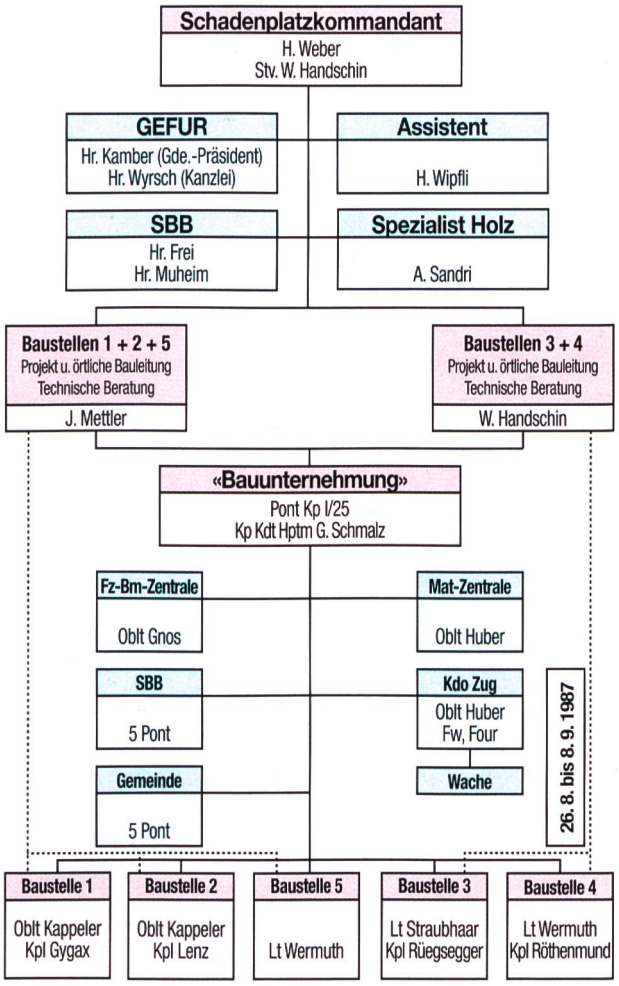


Bild 7. Organigramm Schadenplatz Gurtnellen.

- Das linke Ufer südlich der Wilerbrücke war ebenfalls bis und mit Kantonsstrasse samt wasserseitiger Fassade des Hauses Gamma aberodiert. Das linke Widerlager war stark unterkolkt (ca. 2,5 m tief). Der Häggerigerweg fehlte vollständig.

Akute Einsturzgefahr

Der Kirchturm drohte umzustürzen und damit den Reusslauf zu verlegen (Bild 5). Das linke Widerlager der Wilerbrücke (Bogenbrücke) war stark unterkolkt und nur dank eines grossen Felsblockes nicht eingestürzt. Für schwere Fahrzeuge (Baumaschinen, Lastwagen usw.) musste die Brücke gesperrt werden. Einsturzgefahr herrschte auch beim Gammahaus (Bild 6). Einstürzende Mauerteile gefährdeten die am Wiederaufbau des Widerlagers beschäftigten Arbeiter. Aus den übersteilen Böschungen stürzten immer wieder Lockergesteine ab und bedrohten die unterliegenden Baustellen.

Auftrag

Von Anfang an wurde für die Phase 1 folgenden Zielsetzungen nachgelebt:

- Provisorisches Wiederherstellen der Verkehrsverbindungen.
- Provisorisches Wiederherstellen einer gleich grossen Hochwassersicherheit, wie sie vor dem Hochwasser 1987 bestanden hatte.

Es musste davon ausgegangen werden, dass das nächste Hochwasser «vor der Tür steht», bevor der definitive Ausbau realisiert werden kann. Für definitive Massnahmen waren die wasserbautechnischen Projektierungsgrundlagen nicht vorhanden. Ausserdem war privates Grundeigentum betroffen. Auch aus diesem Grund waren die ordentlichen Planungs- und Verfahrensschritte im Rahmen eines definitiven Projektes durchzuführen.

Organisation

Ab Arbeitsbeginn wurden die Aufgaben nach Absprache wie folgt zugewiesen:

Sämtliche Arbeiten für die Ufersicherungen an der Reuss, ausgenommen beim SBB-Trassee südlich des Gornerenbaches, wurden durch die Schadenplatzleitung des kantonalen Führungsstabes betreut. Das SBB-Trassee wurde unter der Leitung der SBB rekonstruiert (Ausführung mit eigenen Regiegruppen und unter Mithilfe von Bauunternehmungen). Die Schadenplatzleitung des kantonalen Führungsstabes war den SBB bei der Wasserhaltung und der Bauzufahrt behilflich. Der Schadenplatz wurde in fünf Einsatzbereiche (Baustellen) aufgeteilt.

Bei den Aufgaben des Gemeindeführungsstabes unterstützte die Schadenplatzleitung die zuständigen Organe mit technischen und organisatorischen Beratungen.

Das Organigramm Bild 7 – gültig für die ersten zwei Wochen – zeigt die Organisation des Schadenplatzes. Dem Schadenplatzkommandant standen zivile Projekt- und Bauleiter sowie Spezialisten zur Verfügung. Die «Bauunternehmung» bestand aus Militärtruppen verstärkt durch ansässige Bauunternehmungen. Nach den ersten zwei Wochen wurde die Pontonierkompanie durch eine Luftschutzkompanie abgelöst. Danach wurden die Arbeiten durch örtliche Bauunternehmungen fertiggestellt.

Provisorische Hochwasserschutzmassnahmen

Auf allen Baustellen gleichzeitig wurden die Vorbereitungsarbeiten – insbesondere Schutzmassnahmen gegen die Gefährdung der Beschäftigten (u. a. Abbruch des Gammahauses usw.) – sowie die Zufahrten ausgeführt. Definitiv wurden ein Stützkörper für den Kirchturm aus Blöcken und Beton und die Unterfangung des linken Widerlagers an der Wilerbrücke aus Beton gebaut (Bild 8). Danach wurden auf allen Baustellen die provisorischen Hochwasserschutzmassnahmen gebaut. Die Ufersicherungen wurden je nach den Verhältnissen mit Blockmauern, Blocksätzen und Krainerwänden oder einer Kombination davon hergestellt (Bilder 9, 10 und 11).

Vorteile der Krainerwände sind: schnelle Bauweise, erosionsresistent, setzungsunempfindlich, unempfindlich gegen lokale Unterkolkungen, ideal für den Einsatz von Militärtruppen (viel Handarbeit, einfach).

Bild 8. Unterfangung linkes Widerlager Wilerbrücke.

Bild 9. Krainerwand südlich der Kirche.

Bild 10. Krainerwand im Bau.

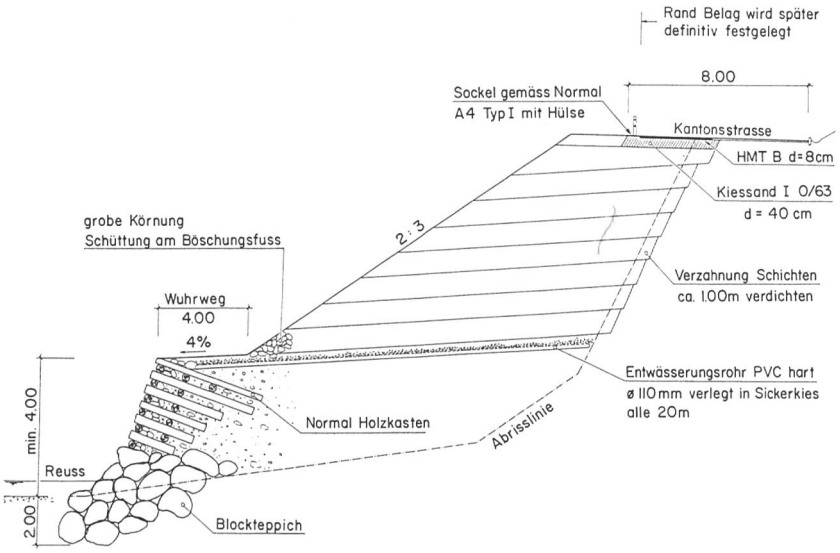


Bild 11. Ufersicherung mit Blockteppich als Fundament im Wasser gebaut; Krainerwand.

Information

Wichtig war von Anfang an die Information der betroffenen Grundeigentümer sowie der Öffentlichkeit über die vorgesehenen Aktivitäten. Bereits nach einer Arbeitswoche wurde die erste öffentliche Informationsveranstaltung für die Gemeinde durchgeführt, dabei wurden die vorgesehenen provisorischen Massnahmen erläutert und das weitere Vorgehen aufgezeigt.

Eingesetzte Mittel – Kosten

Über die ganze Bauzeit betrachtet, änderte die Anzahl der eingesetzten Personen und Maschinen sehr stark. In den Tabellen 1 bis 3 werden deshalb der gesamte Personal- und Maschinenaufwand, ohne Kleingeräte und Kleinmaterial, sowie die Anzahl der eingesetzten Mittel zur Spitzenzeit angegeben.

Tabelle 1. Personalaufwand

Mannstunden zivil[1]	17 400
Mannstunden Militär[2]	15 500
Anzahl eingesetzte Personen zur Spitzenzeit:	
Zivilpersonen[3]	30
Militärpersonen[4]	220

[1] inkl. Maschinisten- und Chauffeurstunden
[2] exkl. Personal des rückwärtigen Kp
[3] inkl. Maschinisten, Chauffeure und Planer
[4] Totalbestand der Pont Kp 1/25

Tabelle 2. Maschinenaufwand (Grossbaumaschinen)

Baggerstunden (Hydraulikbagger Tieflöffel)	3300
Traxstunden (Ladeschaufel)	720
Schreitbaggerstunden	750
Lastwagenstunden (2A, 3A, 4A)	6400
Graderstunden	40
Belagseinbau-Maschinenstunden	15
Anzahl eingesetzte Maschinen:	
Hydraulikbagger	8
Trax (Ladeschaufel)	2
Schreitbagger	4
Lastwagen	12

Tabelle 3. Baumaterial

Schüttmaterial (lose gemessen)	58 000 m^3
Blöcke (Wuhrsteine)	16 800 t
Holz (Rundholz)	700 m^3
Koffermaterial (Oberbau lose gemessen)	4200 m^3
Beton	450 m^3
HMT (Strassenbelag)	350 t

Die Gesamtkosten für alle Baustellen an der Reuss beliefen sich per 31. Dezember 1987 auf 2 687 000 Franken.

Adresse des Verfassers: *Heinz Weber,* Bauing. HTL, Bauamt Uri, Abteilungsleiter Wasserbau, Klausenstrasse 2, CH-6460 Altdorf.

KANTON URI Hochwasser 1987 der Reuss bei Gurtnellen Sicherheit für die Zukunft

Flussbauliche Massnahmen an der Reuss zum Hochwasserschutz von Gurtnellen

Anton Schleiss

1. Einleitung

Dank dem Einsatz von Militäreinheiten konnten die Uferschäden im Dorfkern von Gurtnellen innert kürzester Zeit nach dem Hochwasser mit temporären Schutzbauten behoben werden. Im Februar 1988 wurden die Projektierungsarbeiten für die definitiven Hochwasserschutzmassnahmen aufgenommen. Vorerst wurde die Sicherheit der flussbaulichen Sofortmassnahmen beurteilt. Nach Vorliegen der wesentlichen Grundlagen wurde im Juni 1988 mit dem Studium von möglichen Hochwasserschutzkonzepten begonnen. Dabei wurde die etwa 1,3 km lange Reussstrecke im Dorfbereich von Gurtnellen konzeptmässig als Einheit betrachtet. In Anbetracht der komplexen flussbaulichen Problemstellung wurde entschieden, die vorgeschlagenen Massnahmen im hydraulischen Modell zu überprüfen und zu optimieren [1]. Das Generelle Projekt mit der Umweltverträglichkeitsprüfung 1. Stufe lag bereits nach einem Jahr vor. Im Frühjahr 1990 war auch das Allgemeine Bauprojekt (Auflageprojekt) mit dem Bericht zur Umweltverträglichkeitsprüfung 2. Stufe abgeschlossen. Dank der engen Zusammenarbeit zwischen Wasserbauern, Ökologen und Landschaftsplanern und dem offenen Gedankenaustausch mit allen Beteiligten entstand ein ausgewogenes Projekt, das bei Behörden und Bevölkerung auf grosse Akzeptanz stiess. Parallel zur erfolgreichen Projektauflage wurde das Ausschreibungsprojekt erstellt und die Submission durchgeführt, so dass bereits im Januar 1991 mit den Bauarbeiten begonnen werden konnte, die im Sommer 1995 ihren Abschluss fanden.

2. Hochwasserhydrologie und Schutzziele

Das Hochwasser von 1987 dürfte in Gurtnellen eine Abflussspitze von 600 m³/s aufgewiesen haben, was etwa einem 100jährlichen Ereignis entspricht [2, 3, 4]. Diese Abflussspitze konnte einerseits bei der Staumauer Pfaffensprung und andererseits aus Hochwasserspuren in einem trogartigen Felsquerschnitt unterhalb von Gurtnellen recht verlässlich rekonstruiert werden. Für kleinere Wiederholungszeitspannen (Jährlichkeiten) ergaben die Hydrologiestudien folgende Hochwasserabflüsse:

Jährlichkeit	50 Jahre	10 Jahre	2 Jahre
Hochwasserabfluss	470 m³/s	350 m³/s	230 m³/s

Die Wasserhaltungen der Baustellen und die provisorischen Installationen wurden gegen das 10jährliche Hochwasser (350 m³/s) geschützt. Bei einigen Uferschutzmassnahmen mussten aufgrund der engen Flussquerschnitte die Bauarbeiten auf die Wintermonate beschränkt werden. Das 10jährliche Winterhochwasser (November bis März) beträgt 150 m³/s. In der Periode Dezember bis Februar reduziert sich die 10jährliche Abflussmenge auf rund 30 m³/s. Das Mittelwasser der Reuss, das heisst die durchschnittliche Jahresabflussmenge, liegt zwischen 20 und 30 m³/s.

Aufgrund der «Richtlinie für den Hochwasserschutz» des Kantons Uri und weiterer Überlegungen [5, 6, 7] wurde für Gurtnellen als geschlossene Siedlung festgelegt, dass eine Hochwassermenge von 600 m³/s schadlos abfliessen kann (Tabelle 1). Bei grösseren Abflüssen dürfen begrenzte Schäden durch Überflutungen, Ablagerungen von Geschiebe und lokale Ufererosionen auftreten. Grosse Schäden im Zusammenhang mit raschen Seitenerosionen, welche mit Gerinne- bzw. Mäanderverlagerungen verbunden sind, dürfen aber erst ab 800 bis 1000 m³/s, dem sogenannten Extremhochwasser (EHQ), eintreten. Dieses Herausschieben der katastrophalen Schäden wurde durch drei Hauptschutzelemente mit vertretbarem baulichen Mehraufwand gewährleistet (vgl. Abschnitt 4).

Tabelle 1. Schutzzielmatrix für Gurtnellen.

Gefährdung / Schutzobjekt	kein Ausufern zugelassen bis	begrenzte Schäden (Überflutungen und lokale Erosionen) zugelassen bis	grosse Schäden (Seitenerosionen) akzeptiert ab
Grünland, Wald	350 m³/s (HQ_{10})	600 m³/s (HQ_{1987})	600 m³/s (HQ_{1987})
geschl. Siedlungen	600 m³/s (HQ_{1987})	800–1000 m³/s (EHQ)	800–1000 m³/s (EHQ)
Einzelbauten	470 m³/s (HQ_{50})	600 m³/s (HQ_{1987})	600 m³/s (HQ_{1987})
Gotthardbahnlinie	600 m³/s (HQ_{1987})	800–1000 m³/s (EHQ)	800–1000 m³/s (EHQ)
Kantonsstrasse	600 m³/s (HQ_{1987})	800 m³/s (EHQ)	800 m³/s (EHQ)
Schutzgrad	vollständiger Schutz	beschränkter Schutz	kein Schutz

3. Untersuchte Konzepte für den Hochwasserschutz

Im Rahmen des Vorprojektes wurden verschiedene Konzepte für den Hochwasserschutz untersucht und miteinander verglichen. Die Anordnung eines Hochwasserrückhaltebeckens oberhalb von Gurtnellen musste wegen der beengten topographischen und räumlichen Verhältnisse ausgeschlossen werden. Neben der Ableitung der Hochwasserspitze durch einen Umleitstollen (Länge 3,8 km; Innendurchmesser 4,3 m) standen verschiedene Varianten des Gerinneausbaus zur Diskussion (Bild 1). Gewählt wurde schliesslich ein naturnaher Gerinneausbau unter Beibehaltung der ursprünglichen Linienführung, welcher durch folgende Grundsätze und Merkmale gekennzeichnet ist: Wiederherstellung und Aufwertung des Dorfbildes; naturnahe Gestaltung der Uferlinie und der Uferschutzbauten; Verzicht auf Querwerke und Sohlenveränderungen; flexible Uferverbauungen (keine Betonriegel); Erleichterung der Begrünung durch Anordnung von Bermen und geringen Ufer-

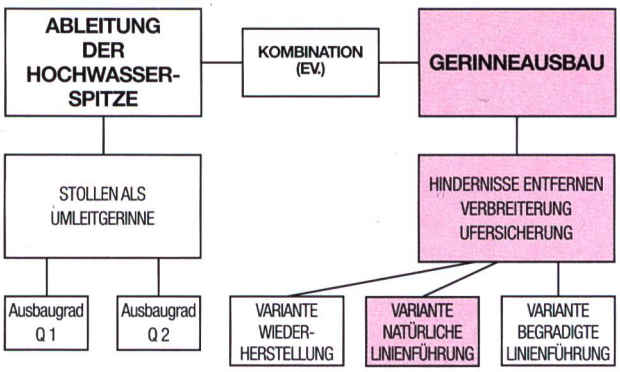


Bild 1. Untersuchte Konzepte für den Hochwasserschutz von Gurtnellen.

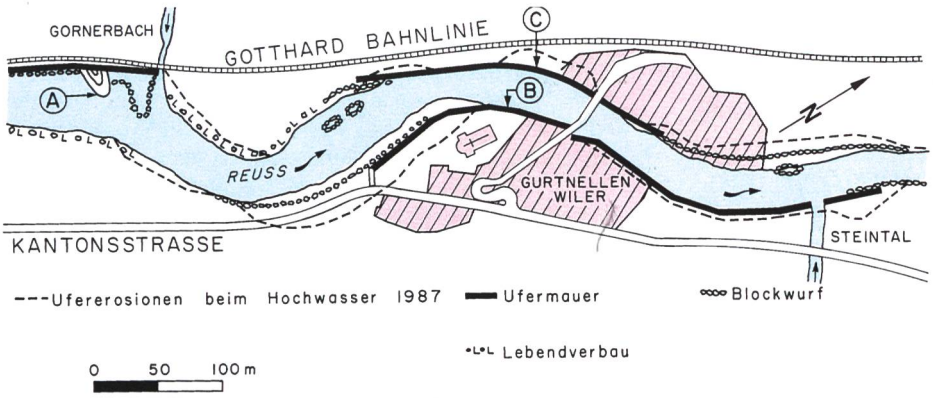


Bild 2. Übersicht der Hochwasserschutzmassnahmen in Gurtnellen. Hauptschutzelemente A, B und C.

böschungsneigungen; teilweise Abdeckung der Ufermauern mit sekundären, begrünbaren Uferschutzmassnahmen (verlegte Blockwürfe); begehbare Ufer und Bermen sowie Zugänge (Treppen) zum Reussbett; Inselbildungen als landschaftsplanerisches und wasserbauliches Element; fischereiliche, flankierende Massnahmen.

4. Ausführungsprojekt

4.1 Flussmorphologie und Hauptschutzelemente

Mit einem steilen durchschnittlichen Sohlengefälle von etwa 3% und einem mittleren Korn der Deckschicht der Flusssohle zwischen 40 und 60 cm weist die Reuss bei Gurtnellen die typischen Merkmale eines Gebirgsflusses auf. Massgebend für die Stabilität der Reusssohle sind die im Reussbett liegenden Bergsturzblöcke, die sogenannten Residualblöcke. Diese geben der Reuss bei Niedrig- und Mittelwasserabflussverhältnissen ein abwechslungsreiches Bild und bewirken lokale natürliche Schwellen, so dass sich Strecken mit schnellen und langsamen Fliessgeschwindigkeiten bzw. kleinere Überfälle und Becken ausgebildet haben. Im weiteren sind in Gurtnellen drei Mäander flussmorphologisch charakteristisch für die Reuss (Bild 2). Die Geometrie dieser Kurven bleibt bis zu bestimmten Abflüssen stabil. Bei Hochwasserabflüssen gegen 500 m^3/s wird die Reusssohle aufgerissen und die Seitenerosion an den Kurvenaussenseiten setzt ein. Dadurch verschieben sich die Mäander bzw. der Abstand zwischen den Mäanderbögen wird grösser. Diese Verlagerung der Mäander war die Ursache für die katastrophalen Schäden während des Hochwassers von 1987. Die hydraulischen Modellversuche haben gezeigt, dass diese Mäander oberhalb der Wilerbrücke mit drei Hauptschutzelementen fixiert und so die Hochwassersicherheit selbst für extreme Abflüsse gewährleistet werden kann [8]:

A. Erhöhung einer unter der Reusssohle liegenden Felsrippe zu einem Umlenksporn, dessen Wirkung durch eine Reusshalbinsel verstärkt wird (Bild 2: Hauptschutzelement A)
B. Durch Blockwurf verdeckte Schutzmauer, deren Anfang durch eine Betonscheibe in die Uferböschung eingebunden und mit eingegrabenen, künstlichen Residualblöcken (Betonprismen) gegen Unterkolkungen gesichert ist (Bild 2: Hauptschutzelement B)
C. Hydraulisch optimal gekrümmte, mit Rauhigkeitsrippen versehene Ufermauer, welche die Durchflusskapazität unter der historischen Bogenbrücke erhöht (Bild 2: Hauptschutzelement C).

Die übrigen Uferschutzmassnahmen konnten auf ein geringeres Schutzziel ausgerichtet werden. Bereichsweise waren keine oder nur Massnahmen mit Lebendverbau erforderlich.

4.2 Erhöhung eines bestehenden Felssporns (Hauptschutzelement A)

Mit einer Erhöhung des knapp unter der heutigen Reusssohle liegenden Felssporns wurde der oberste Mäander fixiert und die Reuss so in die nächste Kurve eingeleitet, dass die Beanspruchung des rechten Prallufers unterhalb der Kantonsstrasse möglichst gering bleibt. Vor dem Bau der Gotthardbahn am Ende des letzten Jahrhunderts war an dieser Stelle ein natürlicher Felssporn vorhanden, welcher die historischen Hochwasser umlenkte. Dieser Felssporn dürfte auch der Auslöser für die Entstehung der drei erwähnten Reussmäander gewesen sein. Beim Bahnbau wurde der Fels zulasten des Trassees teilweise abgetragen. Übriggeblieben ist der unter der Flusssohle liegende Kopf des Felssporns. Auf den wurde ein künstlicher Sporn aufgebaut, welcher die Funktion der ursprünglichen Felsrippe übernimmt. Wegen des Bahngeleises ragt dieser künstliche Sporn aber weiter in die Reuss hinaus als der ursprüngliche.

Die Oberfläche des neuen Sporns wurde felsähnlich gestaltet (Bild 3), indem man sich an den natürlichen Felsformationen in der Umgebung orientierte. Diese sind durchwegs von mehreren, regelmässigen Kluftscharen durchzogen, die auch durch Verwerfungen gegeneinander versetzt sein können. Eine solche Struktur konnte durch eine Verkleidung des Sporns mit grossen, bruchrohen Granitquadern nachgebildet werden, indem die Abstände und Anordnung der Fugen möglichst wie Felsklüfte ausgebildet wurden. Das Innere des Sporns wurde schichtweise aus Massenbeton aufgebaut, wobei zur Reduktion der Abbindewärme Gesteinsblöcke bis zu 1 t Gewicht miteinbetoniert wurden.

Unterhalb des Sporns wurde eine künstliche Halbinsel zwischen Einmündung des Gornerbaches und der Reuss

Bild 3. Hauptschutzelement A: Ansicht des Umlenksporns vom Oberwasser.

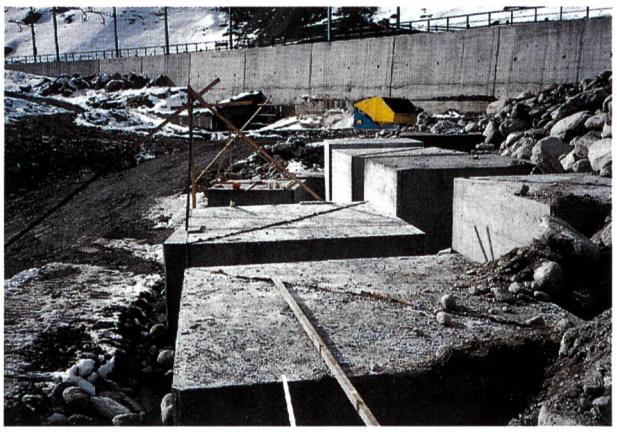


Bild 4. Hauptschutzelement A: Am Rande der Halbinsel eingegrabene diagonal halbierte Betonwürfel (Kantenlänge 2,75 m).

Bild 5. Hauptschutzelement B: Verdeckte Schutzmauer und Blockwurf oberhalb der Kirche.

angeordnet, welche die Umlenkwirkung des Sporns unterstützt. Durch eine naturnahe Gestaltung wird auch die landschaftliche Situation um den Kolksee unterstrichen, welcher im Widerwasser des Umlenksporns entstanden ist. Die Halbinsel ist mit einem doppellagigen, grösstenteils mit Feinmaterial überschütteten Blockwurf (Granitblöcke von 2,5 bis 3,0 t) gegen Erosionen der Reuss bis zu mittleren Hochwasserabflüssen gesichert. Da die Umlenkwirkung auch bei extremen Hochwasserabflüssen (EHQ) vorhanden sein soll, wird die Abgrenzung gegen die Reuss zudem mit eingegrabenen, künstlichen Residualblöcken gewährleistet (Bild 4). Diese treten in Aktion, sobald der Blockwurf zerstört ist, was gemäss den Modellversuchen zwischen 500 und 600 m³/s der Fall sein dürfte. Die künstlichen Residualblöcke sind diagonal getrennte Betonkuben von 2,75 m Kantenlänge. Das Gewicht der so entstehenden Prismen beträgt 25 t. Erste Modellversuche mit 2-m-Betonwürfeln von 20 t Gewicht verliefen erfolglos, da sie, vor allem wegen der ungünstigen Form, bereits ab 600 m³/s abtransportiert wurden. Dies verdeutlicht die gewaltige Strömungskraft der Reuss bei Hochwasserabflüssen.

4.3 Verdeckte Schutzmauer oberhalb der Kirche (Hauptschutzelement B)

Die vom künstlichen Felssporn umgelenkte Strömung trifft am Gegenufer auf das nächste Hauptschutzelement. Es handelt sich um eine überdeckte, armierte Winkelstützmauer, welche die Kirche auch bei extremen Hochwasserabflüssen noch schützen und ein Durchbrechen der Reuss auf die rechte Dorfhälfte verhindern soll. Gleichzeitig wird die Strömung optimal auf das untere Hauptschutzelement C abgelenkt. Die Schutzmauer geht am nördlichen Ende in die den Kirchenvorplatz umfassende Ufermauer über. Am Anfang ist sie mit einer in Schachtbauweise erstellten

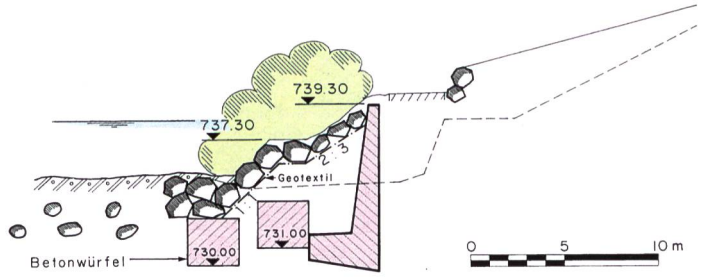


Bild 6. Hauptschutzelement B: Überdeckte Betonmauer, sekundärer Blockwurf und diagonal halbierte Betonwürfel (Kantenlänge 2,75 m). Lage des Querschnittes siehe Bild 8.

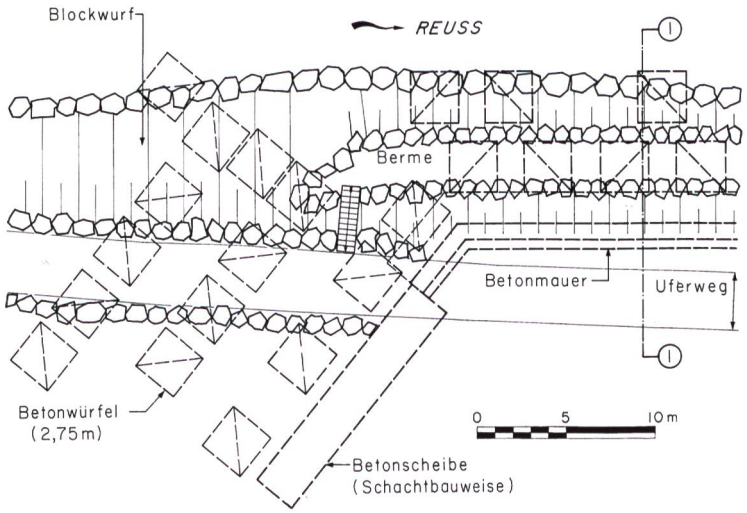


Bild 7. Hauptschutzelement B: Einbindung der überdeckten Betonmauer mit einer Betonscheibe in die Uferböschung der Kantonsstrasse. Sekundärer Blockwurf und diagonal halbierte Betonwürfel (Kantenlänge 2,75 m).

Bild 8. Hauptschutzelement C: Bruchsteinverkleidete Ufermauer oberhalb der Wilerbrücke.

Betonscheibe in die Böschung gegen die Kantonsstrasse eingebunden. An die Kirchenschutzmauer schliesst reussaufwärts ein doppellagiger Blockwurf an, welcher die Kantonsstrasse bis zu Hochwasserabflüssen von etwa 600 m³/s schützt. Bei noch grösseren Abflüssen wird er sukzessive von unten nach oben zerstört. Dies ist auch erwünscht, da dadurch die Reuss einen grösseren Freiraum erhält und die damit verbundene Verbreiterung der Kurve eine merkliche Entlastung für das flussabwärts liegende Hauptschutzelement C ergibt.

Die Schutzmauer selbst wurde aus landschaftlichen Gründen auf einer Länge von 50 m im Endzustand vollständig eingeschüttet (Bild 5 und 6). Der Fuss der Schüttung ist mit Blöcken gegen Erosionen geschützt. Die Blöcke reichen bis zu einer Abflusshöhe von etwa 350 m³/s (~ HQ_{10}). Darüber wurde die Böschung mit Lebendverbau (Steckhölzer) gesichert (Bild 7). In der Böschung ist eine begehbare, 2 m breite Berme angeordnet. Im Bereich der künstlichen Residualblöcke am Maueranfang ist die Vorschüttung vollständig durch einen Blockwurf abgedeckt (Bilder 6 und 7).

Ab einem Hochwasserabfluss von 600 m³/s wird, wie bereits erwähnt, auch der Blockwurf flussaufwärts der bereits freigelegten Schutzmauer zerstört. Danach entstehen gemäss den hydraulischen Modellversuchen am Maueranfang, insbesondere längs des Mauerflügels und der Betonscheibe, grosse Turbulenzen, die mit tiefen Kolken verbunden sind. Um die Stabilität der Mauer und der Bohrpfahlwand bis zu extremen Hochwasserabflüssen von etwa 800 m³/s zu gewährleisten (Schutzziele gemäss Abschnitt 2), wurden künstliche Residualblöcke am Maueranfang und entlang der Bohrpfahlwand eingegraben (Bild 7). Es sind, wie beim Hauptschutzelement A, diagonal getrennte Betonkuben von 2,75 m Kantenlänge (Gewicht der Prismen 25 t). Sie treten erst in Erscheinung, wenn der darüberliegende Blockwurf zerstört ist. Zusätzlich ist die Mauer in Abständen von 10 m mit vertikalen Rauhigkeitsrippen versehen, welche gemäss Modellversuch die Strömungsgeschwindigkeit entlang der Mauer reduzieren und so die Kolktiefen vermindern.

4.4 Ufermauer oberhalb Dorfbrücke (Hauptschutzelement C)

Das unterste, dritte Hauptschutzelement C ist eine bruchsteinverkleidete Ufermauer, die an die historische Dorfbrücke (Wilerbrücke) anschliesst und sich etwa 170 m reussaufwärts entlang der Bahnlinie erstreckt (Bild 8). Die Krümmung der Mauer wurde mit dem hydraulischen Modell so optimiert, dass die Strömung möglichst gleichmässig über den Brückenquerschnitt verteilt wird. Dadurch konnte die Durchflusskapazität des Brückenquerschnittes erheblich gesteigert und so auf einen Ersatz der historischen Bogenbrücke verzichtet werden. Im Bereich der Brücke wurde die Mauer aus gestalterischen Gründen mit einer Auskragung versehen. Der Auskragungsbereich ist 30 m lang und nimmt von der Wilerbrücke reussaufwärts kontinuierlich auf 3 m zu.

Im Auskragungs- und Kurvenbereich kam aus konstruktiven und hydraulischen Gründen (Anschluss an Wilerbrücke, Baugrubensicherung, Wasserhaltung, Sichtfläche) nur eine armierte Winkelstützmauer in Frage (Bild 9). Reussaufwärts entlang des Bahndammes erwies sich eine Gewichtsmauer mit aufgesetzter Winkelstützmauer als optimale Lösung (Bild 10). Aus Gründen des Dorfbildes werden die sichtbaren Flächen der Mauer mit Bruchsteinen aus Gneis verkleidet.

Die Mauer ist alle 10 m mit trapezförmigen Rippen versehen, die 1,5 m breit und 60 cm tief sind (Bild 9). Diese Rauhigkeitselemente erfüllen zwei Zwecke: Einerseits helfen sie mit, die Strömung gleichmässig über den Reussquerschnitt zu verteilen, indem sie die Ablösung von Stosswellen bewirken. Andererseits wird die Strömungsgeschwin-

digkeit entlang der Mauer stark reduziert, was die Kolktiefen entscheidend verringert. Die Rippen aus roh gebrochenen Gneisblöcken dienen gleichzeitig als Gestaltungselement für die Sichtfläche der Mauer.

Entlang dem gekrümmten Mauerteil in unmittelbarer Nähe der Brücke entsteht bei Hochwasserabflüssen ein beträchtlicher Kolk. Dieser steigert, wie gewünscht, das Durchflussvermögen im Brückenquerschnitt. Nachteilig ist, dass die Mauer beim Brückenanschluss entsprechend tief fundiert werden musste, nämlich rund 5 m unter die mittlere Reusssohle (Bild 9).

Mit Ausnahme des Auskragungs- und Kurvenbereiches oberhalb der Brücke wurde der Ufermauer ein 2:3 geneigter Blockwurf vorgelagert (Bild 10). Durch diesen sekundären Uferschutz entstand eine Berme, welche bestockt wurde. Gleichzeitig wurden die Mittelabflussverhältnisse der Reuss verbessert. Die Höhenlage dieser Berme ist variabel, sie wird ab 300 bis 400 m³/s überflutet, was etwa einem 10jährlichen Ereignis entspricht.

4.5 Ufermauer zum Schutz des Kreisschulhauses

Das wichtigste Schutzelement unterhalb der Dorfbrücke ist eine neue, bruchsteinverkleidete Mauer am rechten Ufer, welche das Schulhaus, die Kantonsstrasse sowie die angrenzenden Wohnhäuser schützt (Bild 11). Sie wurde im Fundamentbereich als Gewichtsmauer ausgebildet. Darüber besteht der sichtbare Teil aus einer aufgesetzten Winkelstützmauer (Konstruktion analog Bild 10). Die Winkelstützmauer wurde ebenfalls mit Rauhigkeitsrippen versehen, um die Kolke entlang der Mauer zu verringern. Die Ufermauer ist teilweise durch einen einlagigen Blockwurf (Neigung 2:3) verdeckt, der bis 4 m unter die Mauerkrone reicht. Die Oberkante des Blockwurfes ist mit einer 3,5 m breiten Berme an die Mauer angeschlossen. Diese Berme wurde bestockt und dient als Spazier- und Fischerweg, welcher ab mittleren Hochwassermengen überflutet wird (300 bis 400 m³/s).

Ursprünglich war geplant, die Ufermauer unmittelbar beim Schulhaus durch eine etwa 25 m breite Sitztreppe zu unterbrechen, welche vom Schulhausplatz über ein forumartiges Zwischenniveau (Sitznische) ins Reussbett führt [8]. Vorgesehen war, die Treppe aus 3 bis 4 t schweren Granitquadern zu gestalten, so dass diese die Funktion des Uferschutzes übernehmen konnten. Leider wurde während des Baus auf diese das Dorfbild bereichernde Treppenanlage zugunsten des Sportplatzes beim Schulhaus verzichtet.

4.6 Sekundäre Uferschutzmassnahmen und flankierende Massnahmen

Als sekundäre Hochwasserschutzmassnahmen werden diejenigen Uferschutzbauten verstanden, welche aus gewässerökologischen und landschaftsplanerischen Gründen, nicht aber aus Gründen der Hochwassersicherheit, erforderlich sind. Es sind dies die bereits erwähnten, den Ufermauern vorgelagerten Blockwürfe. Zusammen mit den flankierenden Massnahmen wie Blockgruppen und künstlichen Reussinseln erfüllen sie folgende Hauptzwecke: Ermöglichung eines Grüngürtels entlang den Ufermauern, wie er vor dem Unwetter vorhanden war; Verbesserung der Mittelwasser- und Niederwasserverhältnisse (Reussinseln); Schaffung von Fischrefugien; Erhaltung und Aufwertung des Dorfbildes; Ausbildung von begehbaren Bermen. Durch diese sekundären, aber für den Lebensraum sehr bedeutenden Massnahmen ergaben sich Kosten von weniger als 1% der Gesamtkosten.

Die Anordnung von künstlichen Inseln im Dorfbereich dürfte flussbaulich eher unkonventionell sein. Die Inseln wurden aufgrund der hydraulischen Modellversuche so plaziert, dass sie auch bei grösseren Hochwasserabflüssen nicht zerstört werden. Deshalb befinden sie sich an Kurveninnenseiten, wo sich bei Hochwasserabflüssen ohnehin eine Geschiebebank ausbilden würde. Die Inseln bereichern die Reusslandschaft und verbessern die Abflussverhältnisse bei Niederwasser. Die Inseln wurden mit geringem baulichem Aufwand erstellt, indem überschüssige Blöcke inselartig gruppiert wurden. Mit der Zeit dürfte sich durch kies- und sandbankartige Anlandungen auch ein Bewuchs einstellen.

5. Schlussbemerkungen

«Die Natur versteht gar keinen Spass, sie ist immer wahr, immer ernst, immer strenge; sie hat immer recht, und die Fehler und Irrtümer sind immer die des Menschen.»

Diese Worte von Goethe können als Leitbild für denjenigen Wasserbauer dienen, welcher die Aufgabe hat, Hochwasserschutzmassnahmen an Gebirgsflüssen zu planen.

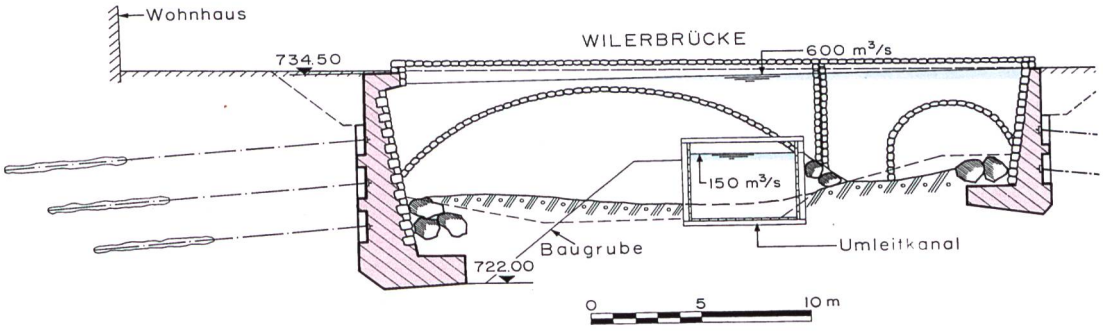


Bild 9. Ufermauern bei der Wilerbrücke, Baugrube und Bauumleitung für Hauptschutzelement C (links).

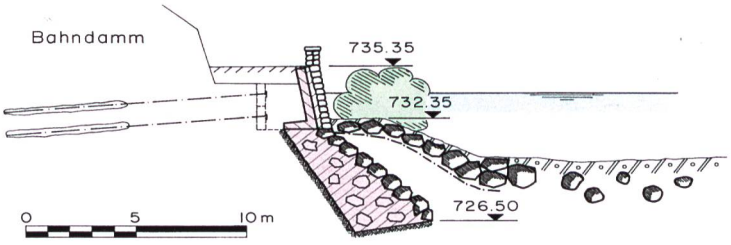


Bild 10. Hauptschutzelement C: Gewichtsmauer mit aufgesetzter Winkelstützmauer, sekundärer Blockwurf.

Bild 11. Ufermauer vor dem Kreisschulhaus bis zur Einmündung des Steintales.

Nur Schutzbauten, mit welchen der natürliche Charakter eines Gewässers beibehalten werden kann, gewährleisten eine verlässliche Sicherheit gegen Hochwasser. Neuzeitlicher Flussbau muss sich deshalb an den Kräften und dem natürlichen Verhalten eines Flusses orientieren. Pendelbewegungen des Abflusses, durch Felsrippen fixierte Mäander, Felsbänder sowie grosse Bergsturzblöcke in der Sohle und am Ufer sind typische Merkmale eines Gebirgsflusses und stabilisieren so auf natürliche Weise sein Bett. In Anbetracht der gewaltigen Strömungskräfte müssen sich Hochwasserschutzmassnahmen an diesen Elementen messen. Ein Gebirgsfluss, der bei Hochwasserabflüssen Steinblöcke von mehreren Tonnen Gewicht als Geschiebe transportiert, kann nicht mit Massnahmen des Lebendverbaus allein gesichert werden. Ebenso aussichtslos dürften aber auch einengende Korrektionen mit noch so massiven Mitteln, beispielsweise einer erzwungenen Begradigung eines natürlich entstandenen Mäanders, sein. Spätestens bei extremen Regenfällen erinnert sich der scheinbar gebändigte Fluss an seinen ursprünglichen Charakter und erobert sich seine Freiheit wieder zurück.

Naturnaher Flussbau fordert vom Wasserbauer grosse Kreativität, die sich an der innovativen Kraft der Natur orientiert. Entsprechend anspruchsvoll sind auch die ingenieurmässigen Untersuchungen. Wenn theoretische Lösungsansätze bei komplexen Problemen nicht mehr ausreichen, müssen die Schutzbauten mit hydraulischen Modellversuchen überprüft und optimiert werden. Zudem müssen landschaftliche und ökologische Aspekte bei der Planung von Beginn weg berücksichtigt werden. Nur so ergeben sich umweltverträgliche Projekte. Eine enge und befruchtende Zusammenarbeit zwischen Wasserbauern, Ökologen und Landschaftsplanern ist dazu eine Voraussetzung. Diese Herausforderung wurde im Rahmen der Planung der Hochwasserschutzbauten in Gurtnellen von allen Beteiligten wahrgenommen.

Literatur

[1] *Bezzola, G. R.; Kuster, P.; Pellandini, S.:* The Reuss river flood of 1987 – Hydraulic model tests and reconstruction concepts. International Conference on River Flood Hydraulics, Wallingford, England, 1990.

[2] *Zeller, J.; Röthlisberger, G.:* Unwetterschäden in der Schweiz im Jahre 1987. «wasser, energie, luft», Heft 1/2, 1988, S. 29 – 42.

[3] *Naef, F.; Jäggi, M.:* Das Hochwasser vom 24./25. August 1987 im Urner Reusstal. «wasser, energie, luft», Heft 9, 1990, S. 222 – 227.

[4] BWW: Ursachenanalyse der Hochwasser 1987. Ergebnisse der Untersuchungen. Mitteilungen des Bundesamtes für Wasserwirtschaft Nr. 4, Mai 1991.

[5] Kanton Uri: Richtlinie für den Hochwasserschutz. Juni 1992.

[6] *Jäggi, M.:* Sicherheitsüberlegungen im Flussbau. «wasser, energie, luft», Heft 9, 1988, S. 193 – 197.

[7] *Jäggi, M.; Zarn, B.:* A new policy in designing flood protection schemes as a consequence of the 1987 flood in the Swiss Alps. International Conference on River Flood Hydraulics, Wallingford, England, 1990.

[8] *Schleiss, A.; Bär, H.; Gmür, A.:* Projektierung und Bau von Hochwasserschutzmassnahmen an der Reuss in Gurtnellen–Wiler. Internationales Symposium Interpraevent, Bern 1992, Tagungspublikation Band 5, S. 43 – 54.

Adresse des Verfassers: *Anton Schleiss,* Dr. sc. techn. dipl. Bauing. ETH, Leiter der Sektion hydraulische Bauwerke, Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Bellerivestrasse 36, CH-8034 Zürich.

KANTON URI Hochwasser 1987 der Reuss bei Gurtnellen Sicherheit für die Zukunft

Hydraulische Modellversuche

für das Hochwasserschutzprojekt Gurtnellen

Martin Jäggi, Gian Reto Bezzola und Pius Kuster

Zusammenfassung

Beim Bau des hydraulischen Modells zur Prüfung des Hochwasserschutzprojekts Gurtnellen musste die Kornverteilung des Untergrundes als massgebender Parameter mit besonderer Sorgfalt erfasst werden. Die Definition der für die Uferfundationen massgebenden Sohlenlage war nur nach genauem Vergleich verschiedener Messmethoden möglich. Die Versuche zeigten, unter welchen Umständen auf die Einhaltung von Freispiegelbedingungen und ein minimales Freibord an Brücken verzichtet werden kann. Ufermauern müssen rauh gestaltet werden, was mit der Anordnung von Rauhigkeitsrippen erreicht werden kann.

Résumé: Essais sur modèle hydraulique concernant le projet d'endiguement de Gurtnellen

Lors de la construction du modèle hydraulique préparé pour l'étude du projet d'endiguement de Gurtnellen, la répartition granulométrique du matériau meuble était le paramètre critique. Des méthodes spéciales ont dû être adoptées pour la détermination. La profondeur des fondations des murs riverains n'a pu être définie qu'après un examen soigneux des différentes méthodes de mesure. Les essais ont montré qu'il est possible de dévier de la règle traditionnelle que l'écoulement sous un pont doit être en surface libre et respectant une certaine revanche. Les murs riverains doivent être rugueux ce qui est réalisé à l'aide de nervures.

Abstract: Hydraulic model tests concerning the river training project Gurtnellen

The quality of the hydraulic model test performed to investigate the river training project of Gurtnellen was depending strongly on the grain size distribution of the loose material, which was determined using special procedures. Foundation depth of the main training walls could be determined only after a close comparison of the different measurement techniques. The tests allowed to demonstrate that free surface flow conditions and a free board are not necessary in any cases. Special roughness rows were placed on the training walls as it was shown that smooth surfaces on the banks had negative effects.

1. Einleitung

Nach der Hochwasserkatastrophe vom 24./25. August 1987 im Urner Reusstal und nach Abschluss der dringendsten Reparaturmassnahmen wurde beschlossen, die im Rahmen der Projektierung der definitiven Hochwasserschutzmassnahmen für die Ortschaft Gurtnellen vorgesehenenen Projektelemente von Beginn an in einem hydraulischen Modell zu prüfen. Dieses wurde an der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich errichtet und war im Juni 1988 betriebsbereit. Nach Abschluss der notwendigen Voruntersuchungen (Hydrologie, Hochwasserschutzkonzepte) stand es der projektierenden Unternehmung zur Prüfung der weiteren Massnahmen zur Verfügung. In einer beiderseits als fruchtbar empfundenen Zusammenarbeit zwischen Projekt- und Versuchsingenieuren konnten nun die Schutzelemente im Modell geprüft und entwickelt werden.

Die flussmorphologischen Erkenntnisse, welche im Anschluss an das Ereignis von 1987 gewonnen wurden, flossen bereits in die Projektierung ein und konnten für die Versuche als Ausgangsbasis dienen. Dabei handelt es sich vor allem um die vorgesehene erneute Fixierung der obersten Mäanderschlaufe, um damit die Verlagerung dieser sowie der anschliessenden Bögen zu verhindern (*Bezzola* et al. 1990; *Naef* und *Jäggi,* 1990; *Schleiss,* in diesem Heft S. 93–98).

2. Modellierung

Das Modell wurde im Massstab 1:60 nachgebaut. Die Modellierung entsprach dem verallgemeinerten Froudeschen Ähnlichkeitsgesetz. Vollturbulente Verhältnisse werden im Modell auch bei diesem eher kleinen Massstab erreicht.

Vorerst wurde der anstehende Fels und der Felsuntergrund entsprechend dem bekannten oder vermuteten Verlauf fest eingebaut *(Schneider,* 1988). Darüber wurde die Topographie aus beweglichem Material nachgebildet, so dass auch Seitenerosionen beträchtlicher Ausdehnung reproduziert werden konnten.

2.1 Sohlenmaterial

Die Nachbildung der Kornverteilung des anstehenden fluvioglazialen Lockermaterials ist unter solchen Verhältnissen für die Qualität der Modellierung entscheidend. Gröbstkomponenten bestimmen die Erosionsvorgänge nachhaltig. Diese Komponenten werden als Residualblöcke bezeichnet, weil sie bei einer hydraulischen Sortierung zurückbleiben. Die Blöcke sind entweder in den anstehenden Moränen oder Bergsturzdeponien enthalten, oder sie sind als Einzelblöcke von den Felsflanken abgestürzt.

Damit die zu untersuchenden Erosions- und Umlagerungsvorgänge möglichst naturgetreu nachgebildet werden können, müssen die Korngrössen des Untergrundes genau bekannt sein. Eine direkte Analyse des Untergrundmaterials ist aber praktisch nicht möglich. Es muss aus den Komponenten, welche an der Sohlenoberfläche anstehen, auf die Kornverteilung des Untergrundes geschlossen werden.

Aufgrund der morphologischen Entwicklung *(Schindler,* 1972) darf angenommen werden, dass die Sohlenoberfläche in rezenter Zeit fluvial gestaltet wurde und die vor-

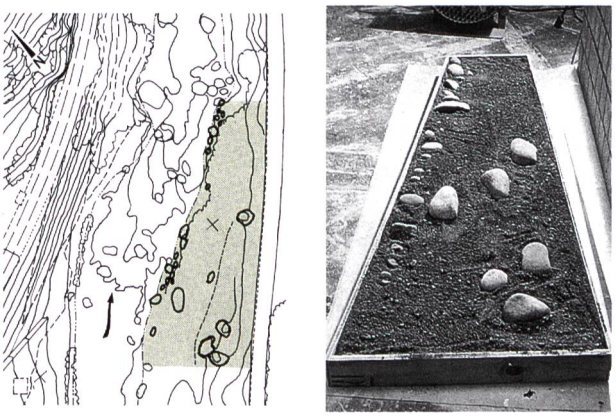


Bild 1. Kartenausschnitt mit der Flussterrasse der Reuss, auf der die Residualblöcke durch eine Flächenprobe erfasst wurden. Nachbildung dieser Verteilung in einem separaten vereinfachten hydraulischen Modell.

handene Deckschicht sich als Folge der bekannten Entmischungsvorgänge entwickelt hat. Deshalb konnten die von *Anastasi* (1984) und *Fehr* (1987) entwickelten Verfahren zur Erfassung der Korngrössenverteilung angewandt werden.

So konnten mittels Linienproben die Komponenten mit Korndurchmesser unter 150 cm erfasst und eine Kornverteilungskurve der Unterschicht, welche einer Siebanalyse entspricht, ermittelt werden. Die Schwierigkeit lag nun aber darin, dass im Raum Gurtnellen die Oberfläche durch markante grobe Blöcke mit Durchmessern über 150 cm geprägt ist. Deren Kornverteilung konnte mittels einer Flächenprobe (Flächengewichtsanalyse) bestimmt werden. Für die beiden so bestimmten Teil-Kornverteilungen ergab sich nun aber praktisch kein Überlappungsbereich, welcher erforderlich wäre, damit zwei Teilkurven flexibel zusammengelegt werden können *(Anastasi,* 1984). In einem besonderen Modell wurde deshalb die Verteilung dieser Residualblöcke nachgebildet (Bild 1). Der Untergrund entsprach der Teilkurve, wie sie aus den Linienproben für die Komponenten unter 150 cm ermittelt worden war. Durch einen in der Natur 250 m^3/s entsprechenden Abfluss wurde die Sohlenoberfläche hydraulisch sortiert. Das an der Oberfläche verbleibende Material – die Grobkomponenten des Untergrundmaterials und die darauf gesetzten Residualblöcke – konnten nun als Flächenprobe eingesammelt und daraus mit einem weiteren Verfahren nach *Fehr* (1987) die Gesamt-Kornverteilung des Untergrundmaterials inklusive Residualblöcke ermittelt werden.

2.2 Gebäude

Falls in einem hydraulischen Modell nur die Prüfung der Abfluss- und Geschiebetransportverhältnisse im Vordergrund steht, so begnügt man sich mit der Nachbildung der Topographie im unmittelbaren Gerinnebereich. Oft dient aber das Modell auch für die Information der Behörden und der betroffenen Anstösser. In diesem Fall ist wichtig, dass sich das Publikum mit Hilfe von weiteren Anhaltspunkten zurechtfindet und sich einen Eindruck über die Integration der Hochwasserschutzmassnahmen in das Ortsbild machen kann. Deshalb wurde im Modell auch ein Teil der Gebäude von Gurtnellen nachgebildet. Es bot sich sogar die Gelegenheit, die Schüler von Gurtnellen in den Modellbau miteinzubeziehen und die wichtigsten Gebäude nachbauen zu lassen (Bild 2).

3. Besonderheiten der Versuche

3.1 Ermittlung und Definition der Sohlenlage

Methoden

Stechpegel

Diese im hydraulischen Versuchswesen herkömmliche Methode kann in Modellen mit beweglicher Sohle nur im trockenen Modell eingesetzt werden. Soll die Kolktiefe bei Durchgang eines Spitzenabflusses erfasst werden, muss das Modell möglichst rasch abgestellt werden. Dabei besteht die Gefahr der teilweisen Wiederauffüllung, bevor die Messung durchgeführt werden kann. Wegen des hohen Messaufwandes wurde diese Art der Messung auch nur zur raschen Einzelpunktmessung benutzt.

Elektronisches Profilaufnahmegerät (Profo)

Dieses Gerät basiert auf der Messung des elektrischen Widerstands, wobei durch einen internen Regler der Abstand des Fühlers zur Sohle konstant gehalten wird (Bild 3). So kann aus der Bewegung des Fühlers auf die momentane Sohlenlage geschlossen werden. Wird das Gerät stationär eingesetzt, kann die zeitliche Variation der Sohlenlage an einem Einzelpunkt erfasst werden.

Die Widerstandsmessung ist von starken Unregelmässigkeiten der Sohle (Residualblöcke) und auch von intensivem Geschiebetrieb beeinflusst. Deshalb mussten die Resultate dieses Geräts im Fall Gurtnellen mit Vorsicht interpretiert werden. Generell waren die ermittelten Sohlenlagen eher hoch. Dies erstaunt nicht, muss doch das Gerät im stehenden Wasser geeicht und vorbereitet werden.

Fadenmessungen

In Flüssen werden etwa zur Erfassung des Kolks an Brückenpfeilern Ketten vergraben. Nach dem Einbringen ist die Kette senkrecht. Tieft sich der Fluss während eines Hochwassers örtlich ein, so wird das obere Ende der Kette freigelegt und durch die Strömung mehr oder weniger horizontal ausgerichtet. Wird der Kolk beim Abklingen des Hochwassers wieder aufgefüllt, so verbleibt der obere Teil der Kette in dieser Lage. Nach dem Hochwasser wird die Kette ausgegraben, wobei die Lage des Knickpunkts der maximalen Kolktiefe entspricht.

In ähnlicher Art wurden im Modell Gurtnellen Fäden plaziert und nach einem Versuch wieder ausgegraben (Bild 3). Die Fäden zeigten das erwartete Verhalten. Im Vergleich zu den anderen Methoden waren die so erfassten Sohlenlagen deutlich tiefer.

Endoskop

Um dieser Unsicherheit auf die Spur zu kommen, wurde schliesslich noch das aus der Medizin und diversen industriellen Anwendungen bekannte Endoskop eingesetzt *(Reling,* 1988) . Damit konnten allerdings nur die Kolktiefen an festen Objekten (etwa dem Widerlager der Wilerbrücke) ermittelt und kontrolliert werden. Am Objekt musste hierzu vorgängig ein Referenzpegel angebracht werden. Mit dem Endoskop konnten nun an diesen Marken die Kolktiefen abgelesen werden. Allerdings wurde der Einsatz des Endoskops durch den intensiven Sedimenttransport stark erschwert.

Definition der Sohlenlage (Deckschichtzuschlag)

Durch Vergleich der verschiedenen Methoden konnte belegt werden, dass die Zusammensetzung der Deckschicht bei hohen Abflüssen eine bedeutende Rolle spielt. Da sich diese zu einem grossen Teil aus den Residualblöcken zu-

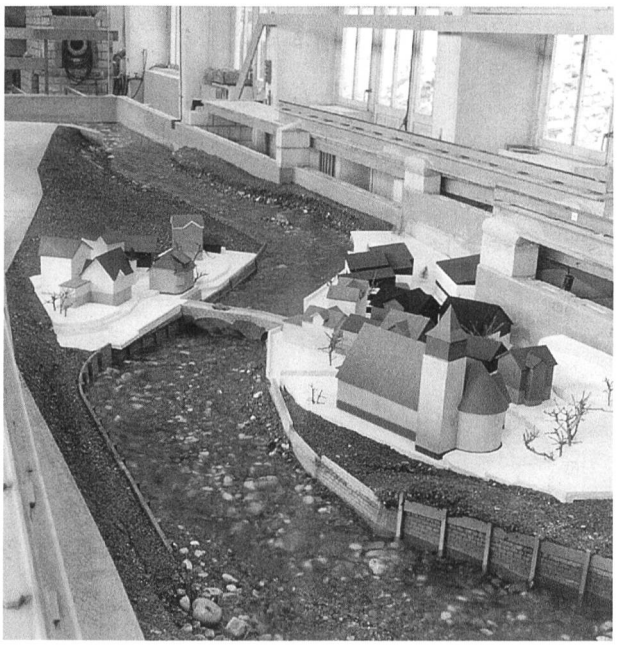


Bild 2. Nachbildung der wichtigsten Gebäude von Gurtnellen.

sammensetzt, ist sie sehr porös. In der Regel wurden die Kolkfäden durch die Strömung zwischen den Blöcken hinuntergedrückt und gaben so eine zu tiefe Sohlenlage an. Dieses Verhalten, wie auch die eher zu hohe Position des Profos bei intensivem Geschiebetransport konnten mit den Endoskopaufnahmen belegt werden.

Daraufhin wurden die Resultate der Fadenmessungen mit einem «Deckschichtzuschlag» versehen. Es wurde also angenommen, dass gegenüber dem gemessenen Punkt noch die Auflage einer grobblockigen porösen Deckschicht berücksichtigt werden darf (siehe Bild 3).

Massgebende Fundationstiefen

Die verschiedenen Prozesse und Schwierigkeiten mussten berücksichtigt werden, um schliesslich für die einzelnen Schutzelemente (Ufermauern und Brückenwiderlager) die Fundationstiefen festzulegen. Wären diese konsequent auf die registrierten Maximalkolke ausgelegt worden, hätte dies zu einem aufwendigen und teuren Bauvorgang geführt. Auch mit dem nachfolgend beschriebenen Kompromiss erreichen die Bauwerke noch Ausmasse, wie sie ohne Modellversuche kaum zu rechtfertigen gewesen wären.

Gegenüber den Fadenmessungen wurde ein Deckschichtzuschlag von 0,5 m berücksichtigt. Weiter wurde noch akzeptiert, dass örtlich die Fundationstiefe von der tiefsten Sohlenlage unterschritten wird. Eine besondere Messserie mit dem Profo hatte nämlich gezeigt, dass bei langsam gesteigertem Abfluss zeitlich befristete Kolkungen zu verzeichnen waren, die zu irgend einem Versuchszeitpunkt auftreten konnten, dann aber auch rasch wieder abklangen (Bild 4a). Durch die Trägerwirkung der Ufermauern können solche Belastungen aufgenommen werden. Bild 4b zeigt die für das Schutzelement C gewählte Fundationstiefe im Vergleich mit den Messresultaten. Es kann angenommen werden, dass die momentan tiefen Lagen auf das Abschwemmen einzelner Blöcke aus einer sonst kompakten grobkörnigen Deckschicht zurückzuführen sind, wobei die entstandene Lücke rasch durch nachgeführtes Material geschlossen wird.

3.2 Wechselwirkungen, Sollbruchstellen

Beim natürlichen Prozess der Seitenerosion, wie er während des Ereignisses von 1987 zu verzeichnen war, wird durch das Nachgeben der Ufer und die entsprechende Gerinneverbreiterung die Belastung der Sohle bei extremen Wassermengen reduziert. Bei einer Fixierung der Ufer nimmt hingegen die Belastung der Sohle mit steigendem Abfluss immer mehr zu. Die Versuche haben gezeigt, dass eine Fixierung über zu lange Strecken kontraproduktiv sein

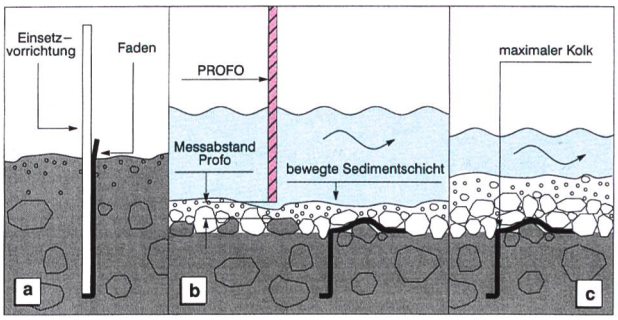


Bild 3. Messung der Sohlenlage während eines Versuchs mittels Kolkfäden und Profo.
a) Plazieren der Fäden vor dem Versuch, b) Verhalten von Profo und Faden während des Versuchs, c) Position des Kolkfadens nach dem Wiederauffüllen des Kolklochs bei abklingendem Hochwasser.

kann, da der bauliche Aufwand zur Sicherung der Ufer überproportional anwächst. Nach Möglichkeit sollten daher die Ufer in den weniger wichtigen Zonen nachgeben können, um so die Belastung der wichtigsten Schutzelemente in akzeptablen Grenzen zu halten.

Dem Blockwurf, welcher die Kantonsstrasse flussaufwärts des Schutzelements B sichert, kommt diesbezüglich eine Schlüsselrolle zu. Wurde dieser vor dem Versuch so kompakt eingebaut, dass er fast bis zum betrachteten Maximalabfluss standhielt, so waren die Kolkbelastungen am Schutzelement C sehr gross. Konnte hingegen erreicht werden, dass der Blockwurf etwa bei einem hundertjährlichen Abfluss nachgibt (was auch dem Schutzziel der Kantonsstrasse entspricht), so waren die resultierenden Kolktiefen am Schutzelement C deutlich kleiner (Bild 4b).

3.3 Anreicherung der Sohle durch Betonelemente

Da der Erosionswiderstand der Sohle in einem Gebirgsfluss stark vom Verhalten der Residualblöcke geprägt ist, liegt es nahe, durch die Anordnung künstlicher Residualblöcke die natürliche Deckschicht gezielt zu verstärken. Für das Projekt Gurtnellen wurden hierzu lokale Anreicherungen der Sohle mit Betonprismen mit einer Masse von 25 t vorgesehen. Eingesetzt wurden diese Elemente in Zonen mit sehr hoher Beanspruchung wie der Halbinsel flussabwärts des künstlich erhöhten Felssporns oder am oberen Ende des Schutzelements B.

Wie die Residualblöcke wirken auch die Betonelemente erst dann, wenn sie sich in die Sohle integriert haben. Werden die Elemente auf der Sohle oder direkt am Böschungsfuss plaziert und leicht in die Umgebung eingetieft, so zeigen sie das erwartete Verhalten. Werden aber Depots sol-

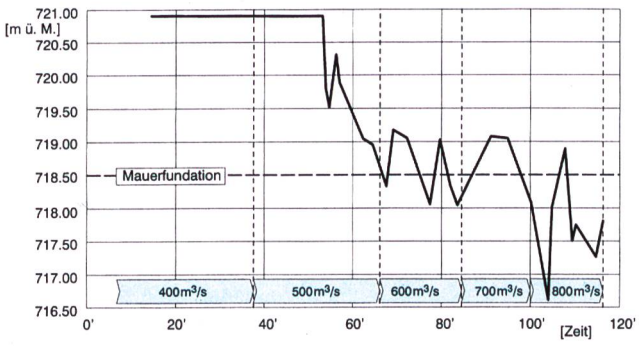
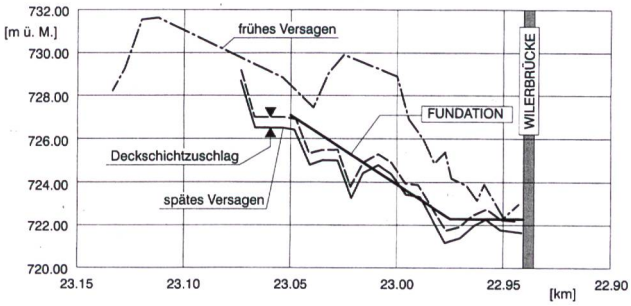


Bild 4.
a) Zeitliche Variation der Kolktiefe. Momentane Spitze dürfte auf das Abtreiben einzelner Blöcke zurückzuführen sein, wobei die entstandene Lücke vermutlich rasch wieder geschlossen wurde.



b) Fundationstiefe der Ufermauer des Schutzelements C im Vergleich zu den mit Fäden gemessenen Kolktiefen. Erkennbar sind auch die Unterschiede, welche sich bei einem frühen oder späten Versagen des Blockwurfs bei der Kantonsstrasse südlich Schutzelement B ergeben.

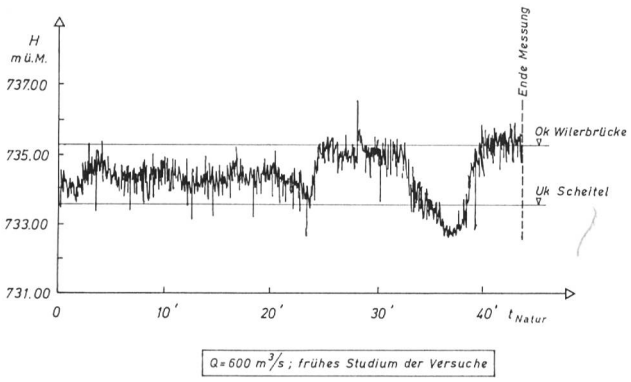


Bild 5. Kontinuierliche Aufzeichnung einer Wasserspiegelmessung mit dem Echolot an der Wilerbrücke bei einem Abfluss von 600 m³/s (frühe Versuchsphase).

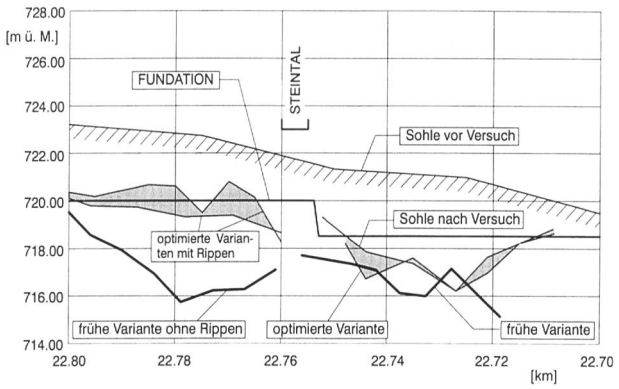


Bild 6. Optimierung der Ufermauer im Bereich der Steintalmündung bezüglich Fundationstiefe mit Hilfe veränderter Linienführung und der Anordnung von Rauhigkeitsrippen.

cher Blöcke in den Flanken angeordnet, so rollen sie im Fall einer Unterspülung des Ufers aus grösserer Höhe auf die Sohle hinunter. Während dieser Bewegung können sie von der Strömung erfasst und trotz ihres Gewichts über eine grössere Strecke transportiert werden. Sie sind in dieser Phase vollständig der Strömung ausgesetzt und haben keine Auflage auf der Sohle.

4. Wilerbrücke

4.1 Abflussverhalten

In der ersten Phase der Projektierung und bei der Vorbereitung der Modellversuche schien es, dass die bestehende Wilerbrücke durch einen Übergang mit grösserer Öffnung ersetzt werden müsse. Die alte Bogenbrücke hatte zwar das Unwetter von 1987 überstanden, doch war offensichtlich, dass sie den konventionellen Anforderungen betreffend des erforderlichen Querschnitts nicht entspricht. Erste Versuche zeigten, dass bereits bei einem Abfluss von 400 m³/s das Freibord gerade noch dem gängigen Wert von 1 m entsprach. Nach den herkömmlichen Vorstellungen hätte die Brücke durch eine Hochbrücke ersetzt werden müssen, die allerdings schlecht ins Ortsbild gepasst hätte.

Im Modell konnte nun aber genauer untersucht werden, wie und warum die Brücke das Ereignis von 1987 mit einem Spitzenabfluss von etwa 600 m³/s überstanden hatte. Bei diesem Abfluss geriet der Brückenquerschnitt unter Druck. Oberhalb der Brücke stieg der Wasserspiegel schlagartig auf das Niveau der Energielinie an. Die Brücke wurde stossweise überströmt. Als Folge der im Brückenbereich erhöhten Fliessgeschwindigkeiten wurde die Flusssohle stark ausgekolkt, wodurch der benetzte Querschnitt im Brückenbereich vergrössert wurde. Dadurch sank der Oberwasserspiegel ab, und es wurden momentan wieder Freispiegelabflussverhältnisse erreicht. Der Kolk wurde dadurch wieder teilweise mit laufendem Geschiebe aufgefüllt, und der Prozess begann von neuem. Dieses zyklische Schwanken des Wasserspiegels (Bild 5) erklärt die widersprüchlichen Aussagen von Zeugen, von denen einige während des nächtlichen Hochwassers ein Überströmen der Brücke beobachtet hatten und andere nicht.

Wegen der klassischen Konstruktion der Brücke als Bogen mit einer hohen Brüstung kam es nie zu einem kontinuierlichen Überfluten der Brücke und damit auch nicht zu einer Selbstanfachung des Ablagerungsprozesses im Brückenquerschnitt mit letzlich vollständiger Verlegung des Abflussquerschnitts. Solche Vorgänge wurden in späteren Versuchen der VAW betreffend die Cimavilla-Brücke in Poschiavo und die Saltina-Brücke in Brig-Glis (*Jäggi* und *Abegg*, 1993, *Bezzola* et al., 1994) beobachtet. Die Erkenntnisse aus den für die Wilerbrücke durchgeführten Versuchen inspirierten später zu den für diese Brücken vorgeschlagenen Verschalungen.

4.2 Holztrieb

Angesichts der Mengen an Schwemmholz, die am Tag nach dem Hochwasser auf dem Urnersee beobachtet wurden, mag es erstaunen, dass an der Wilerbrücke keine Probleme mit dem Treibholz aufgetreten waren. Qualitative Versuche im Modell mit Schwemmholz zeigten, dass praktisch alle Holzstücke problemlos unter der Brücke durch transportiert wurden. Prallte ein Baumstamm auf das Widerlager auf, so geriet in der Regel sein oberes Ende in eine Zone mit höherer Fliessgeschwindigkeit in der Flussmitte. Die hohen Fliessgeschwindigkeiten im Brückenquerschnitt (etwa 6 m/s) erzeugten eine eigentliche Sogwirkung. Durch das Drehmoment wurden die Stämme wieder in die Richtung der Strömung ausgerichtet und passierten die Brücke.

Bei sehr intensiver Beschickung mit Holz konnten einige Elemente im Bereich des linken Widerlagers hängen bleiben, ohne dass sich dies auf den Brückenquerschnitt auswirkte.

Im Rahmen der weiteren Projektierung und der nachfolgenden Versuche wurden die Verhältnisse bezüglich Treibholz noch optimiert. Durch die gewählte Linienführung der Ufermauer wurden mögliche Aufprallzonen klein gehalten. Die Rauhigkeitsrippen (siehe unten) bildeten Ansatzpunkte für die Ausrichtung von quer treibenden Holzstücken und förderten diese Drehung durch eine günstigere Geschwindigkeitsverteilung (hohe Geschwindigkeiten in Flussmitte, geringe Geschwindigkeiten in Ufernähe).

4.3 Fundationen

Die Auskolkung der Flusssohle während des Ereignisses von 1987 blieb für die Wilerbrücke nur deshalb ohne weitreichendere Folgen, weil sie an einer günstigen Stelle erbaut und ihr linkes Widerlager auf eine Gruppe von extrem grossen Blöcken abgestützt worden war. Da das Projekt aber auf noch höhere Abflüsse ausgerichtet ist, mussten zusätzliche Unterfangungen vorgesehen werden. Die im Modell gemessenen Maximalkolke reichten bis 4 m unter die mittlere Sohlenlage. Beim Aushub wurde bereits in höherer Lage eine Ansammlung grösserer Blöcke erreicht. In einem weiteren Versuch wurde auch diese Blockgruppe in das noch vorhandene Modell eingebaut und die Funda-

tionstiefe für das Widerlager noch leicht abgemindert. Einen Eindruck der Baugrube in dieser Phase, deren Ausmass jenem eines Maximalkolks bei Extremhochwasser entspricht, gibt Bild 7 zum Beitrag *Bär* auf Seite 109.

5. Besondere Bauelemente

5.1 Rauhigkeitsrippen

Vorversuche zur Optimierung der Linienführung der Schutzelemente wurden im Modell aus praktischen Gründen mit flexiblen Elementen wie Tetrapoden durchgeführt. Naturgemäss war dieser provisorische Uferschutz sehr rauh. Wurde er nun durch eine glatte Ufermauer ersetzt, so änderte das Abflussbild. Wegen des veränderten Geschwindigkeitsprofils waren die ufernahen Fliessgeschwindigkeiten deutlich höher. Neben einem unvorteilhaften Abflussbild mit hohen stehenden Wellen waren auch sehr starke Kolkungen zu verzeichnen.

Durch Anordnung von Rauhigkeitsrippen (für die konstruktive Gestaltung siehe *Schleiss*, in diesem Heft) konnten die Abflussverhältnisse wieder jenen der Vorversuche angeglichen werden. Bild 6 dokumentiert für die Ufermauer im Bereich der Steintalmündung die Wirkung der Rauhigkeitsrippen bezüglich Kolktiefe.

Aus diesen Versuchen darf der Grundsatz abgeleitet werden, dass in Gebirgsflüssen die Anordnung von glatten Ufern vermieden werden sollte. Diese Beobachtung deckt sich interessanterweise mit den unabhängigen Erfahrungen von *Dénes* (1994) in Bolivien, welche unter ganz anderen Umständen gemacht wurden.

5.2 Geotextilien

Wo das Projekt massiven Schutz durch Blockwurf vorsah, wie etwa zum Schutz der Kantonsstrasse, sollten die Blöcke auf ein Geotextil verlegt werden. Dies bot Anlass für eine besondere Untersuchung und den Einbau einer geeigneten Matte im Modell (Bild 7).

Wird ein starres Geotextil verwendet, so ist die Verzahnung der Blöcke mit dem Untergrund nicht mehr gewährleistet. Es besteht die Gefahr, dass die Blöcke bereits bei einer geringeren Strömungsbelastung abgleiten, wodurch der Erosionswiderstand reduziert wird. In einer Versuchsserie in einer Laborrinne konnte gezeigt werden, dass bei Verwendung eines schlaffen Geotextils die kritische Schubspannung für den Transportbeginn gegenüber dem Fall idealer Verzahnung ohne Geotextil aber lediglich um 10 bis 20 % abgemindert wurde.

Der im Modell auf einer Matte, deren Materialkennwerte entsprechend den Modellgesetzen umgerechnet wurden, eingebaute Blockwurf hielt der erforderlichen Belastung stand.

Ob in der Natur an Gebirgsflüssen effektiv ein Geotextil als Unterlage für den Blockwurf verwendet werden soll, hängt vorwiegend von der Kornzusammensetzung des Untergrunds und damit von der Erfordernis, die primären Eigenschaften des Geotextils bezüglich Trennen und Filtrieren auszunützen, ab. Es muss aber gleichzeitig möglichst schlaff sein und wegen der Belastung beim Einbringen der Blöcke eine hohe Festigkeit gegen Durchdrücken und Durchschlagen aufweisen.

Bild 7. Anordnung des Geotextils im Modell.

6. Schlussbemerkungen

Ein hydraulisches Modell ist für Flussbauten in Gebirgsflüssen ein zwar aufwendiges, doch für Schutzbauten wie in Gurtnellen ein unentbehrliches Hilfsmittel. Die Eigenheiten der Gebirgsflüsse müssen erkannt und beim Modellbau gebührend berücksichtigt werden. Die Resultate bezüglich der Gestaltung von Brückendurchlässen und Ufermauern sind auf andere Projekte in ähnlicher Umgebung übertragbar.

Literatur

Bezzola, G. R., Kuster, P., Pellandini, St. (1990): The Reuss River Flood of 1987 – Hydraulic Model Tests and Reconstruction Concepts. International Conference on River Flood Hydraulics, Wallingford, UK, 17. – 20. Sept., 1990, Paper J2, 317–326.

Bezzola, G. R., Abegg, J., Jäggi, M. (1994): Saltina-Brücke Brig-Glis. «Schweizer Ingenieur und Architekt», Nr. 11, 165–169.

Dénes, R., (1994): Uferschutzmauern mit hoher hydraulischer Rauhigkeit. «Schweizer Ingenieur und Architekt», Nr. 4, 41–46.

Jäggi, M., Abegg, J. (1993): Cimavilla-Brücke, Poschiavo. «Schweizer Ingenieur und Architekt», Nr. 16/17, 295–298.

Naef, F., Jäggi, M. (1990): Das Hochwasser vom 24./25. August 1987 im Urner Reusstal. «Wasser, Energie, Luft», Heft 9, 222–227.

Reling, J. (1988): Industrielle Endoskopie., Verlag Moderne Industrie, Landsberg/Lech.

Schindler, C. (1972): Zur Geologie der Gotthard-Nordrampe der Nationalstrasse N2. «Eclogae geol. Helv.», Vol. 65/2, 391–423.

Schleiss, A. (1996): Flussbauliche Massnahmen an der Reuss zum Hochwasserschutz von Gurtnellen. In diesem Heft.

Schneider, T. R. (1988): Geologische Grundlagen Abschnitt Amsteg–Pfaffensprung. Bericht Nr. 431b des Büros Dr. T. R. Schneider AG, Geologische Beratung, Altdorf (unveröffentlicht).

Adressen der Autoren: PD Dr. *Martin Jäggi*, Beratender Ingenieur für Flussbau und Flussmorphologie, Zürichstrasse 108, CH-8123 Ebmatingen.
Gian Reto Bezzola, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich, ETH Zentrum, CH-8092 Zürich.
Pius Kuster, Leica AG, Civil Engineering Systems, CH-9435 Heerbrugg.

Zur Ökologie und zur Landschaftsplanung

Albert M. Gmür

1. Charakteristik des Planungsgebietes im Raume Gurtnellen

Im Siedlungsgebiet von Gurtnellen befindet man sich innerhalb gewachsener urbaner Strukturen. Um die historische Wilerbrücke sowie die kleine Kirche gruppieren sich verschiedene, zum Teil ältere Wohnhäuser sowie das grosse Kreisschulhaus. Die dynamische Reuss ist der zentrale Bestandteil dieser Landschaft (Bild 1).

Gurtnellen wird durch die Gotthardbahnlinie und die Nationalstrasse N2, die beide im ganzen Urner Reusstal wahrzunehmen sind, in hohem Masse geprägt (Bilder 2 und 3). Es sind einerseits deren Bauten, die das Aussehen des Landschaftsraumes mitbestimmen, andererseits aber auch die stetig vorhandenen Geräusche des Verkehrs, die hier eine starke Geräuschkulisse bilden. Das Rauschen der Reuss ist, den unterschiedlichen Wasserführungen folgend, im Sommer ausgeprägt. Im Winter aber, bei Niedrigwasser, sind die Flussgeräusche bescheiden.

Bis zum Unwetter besass die Reuss einen grünen Saum in Form dichter Erlengehölze (Bild 1). Diese Gehölzkulisse bildete in Gurtnellen einen wohltuenden Unterbruch im Dorfbild. Nachdem diese uferbegleitenden Gehölze durch das Unwetter weggerissen wurden, nimmt man im Dorf die verschiedenartigen Belastungen durch Bahn und Strassen verstärkt wahr.

Die Reussabschnitte oberhalb und unterhalb Gurtnellens sind noch weitgehend landschaftlich erhalten. Die kräftige Natur kann hier noch erlebt werden, wobei die erwähnten Verkehrsträger dieses Erlebnis an manchen Orten beeinträchtigen.

2. Ökologie

Die Aufgaben, die sich hier stellten, waren insofern vorgegeben, als es in erster Priorität galt, gemäss den festgelegten Schutzzielen die nötigen Hochwasserschutzmassnahmen zu ergreifen. Als wichtigstes Naturgut musste die Reuss geschont werden.

Im Juni 1989 wurde der Bericht zur Umweltverträglichkeit (UVB) erstellt. Damit wurde in der Schweiz Neuland betreten, indem ein derartiges Vorhaben erstmals einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) unterzogen werden musste. Der UVB sowie der ergänzende Massnahmenplan Fischerei bezeichneten die vorgesehenen Uferverbauungen als wichtigste Projektkomponente. Es wurde festgestellt, dass das Projekt die Ansprüche der Gewässerökologie gebührend berücksichtigte.

Der Bau wurde in Übereinstimmung mit diesen Vorgaben ausgeführt. Es wurde darauf geachtet, an den Ufern und im Reussbett möglichst vielfältige Habitate zu schaffen. Auf Querwerke und Sohlenstabilisierungen wurde verzichtet. Die vorhandenen Wandermöglichkeiten für Fische blieben somit ungestört erhalten. Aus denselben Gründen wurde die Sohle auch nicht verändert. Die ursprüngliche durchgehende Niederwasserrinne, deren Charakteristik auf den vorhandenen Residualblöcken beruht, konnte wiederhergestellt werden, indem u. a. einzelne neue grosse Blöcke in die Reuss eingebracht wurden. Die ufersichernden Blockwürfe wurden mit grossen Fugen versetzt, damit möglichst viele Fischrefugien entstehen. Es wird erwartet, dass mit diesen Massnahmen sowie den zahlreichen neuen, aus Blockgruppen gebildeten Fischereibuhnen ruhige Widerwasser entstehen, um bei künftigen Hochwässern den Fischen Zuflucht zu bieten.

Bei der Einmündung des Gornerbaches wurde die Sohle mit grossen Blöcken grob strukturiert. Daneben wurde eine

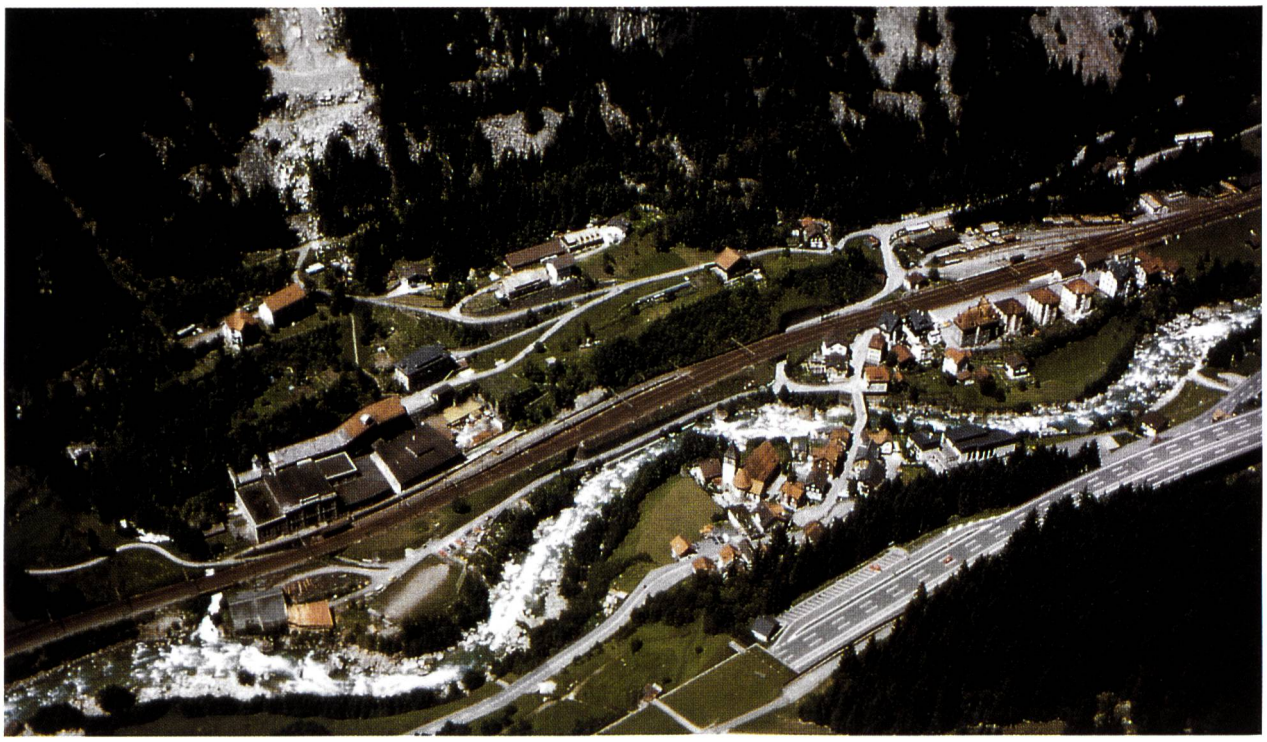


Bild 1. Luftbild Gurtnellens aus dem Jahre 1983 (Swissair Foto AG).

Bild 2. Gurtnellen mit der Autobahn N2.

Bild 3. Gurtnellen mit der Gotthardbahn.

Bild 4. Ansicht des künstlichen Felssporns.

Halbinsel geschüttet, und etwas reussaufwärts entstand der künstliche Felssporn (Bild 4). Es wurde auch ein grösserer, tiefer Kolksee geschaffen, der besonders bei Niedrigwasser für die Fische wertvoll sein wird (Bild 5).

Diese unterschiedlich gestalteten Standorte führen neben der gewässerökologisch erwünschten Vielfalt auch zu differenzierten Möglichkeiten, die Massnahmen in Natur und Landschaft einzugliedern. Bepflanzt wurden die neu angelegten Anlageteile dort, wo dies aus ökologischen oder landschaftlichen Gründen angezeigt war. Verschiedene Stellen wurden aber weder begrünt noch bepflanzt, sondern der natürlichen Sukzession überlassen.

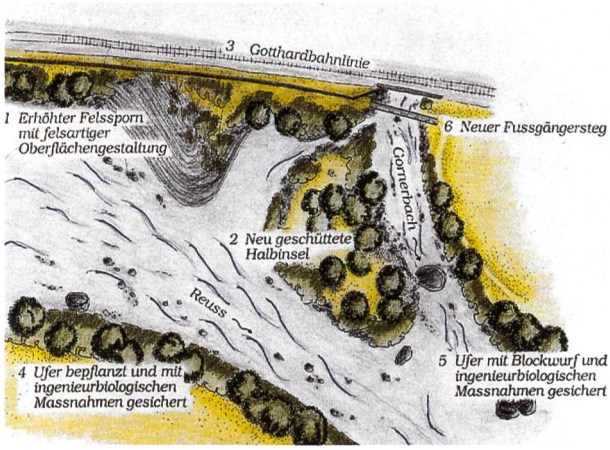


Bild 5. Situationsplan Halbinsel und Felssporn.

3. Schwerpunkte der Landschaftsgestaltung

3.1 Landschaftspflege im Siedlungsgebiet

Das landschaftsgestalterische Projekt wurde in Abstimmung mit den Schutzzielen bearbeitet. Die Massnahmen des Hochwasserschutzes hatten Vorrang. Im Siedlungsgebiet Gurtnellen ergaben sich trotzdem einige Möglichkeiten zur Gestaltung von Teilbereichen.

Es wurde versucht, wo immer möglich, nicht nur den ursprünglichen Zustand vor dem Hochwasserereignis wieder zu erreichen, sondern neue Werte zu schaffen und die vorhandene Situation aufzuwerten. Aus der landschaftsplanerischen Bearbeitung im Dorfbereich ergaben sich folgende Schwerpunkte:

- Unmittelbar oberhalb der Wilerbrücke wurde eine Auskragung über der linksufrigen Mauer erstellt. Diese ergab sich aus der Situation des linksufrigen Anschlusses der Strasse an die Brücke. Die Idee der Auskragung und die daraus resultierende Verbreiterung des Vorplatzes zum rekonstruierten Gammahaus fand breite Zustimmung. Es entstand dadurch eine Aussichtsterrasse, die eine Aufwertung des Dorfkerns bedeutet.
- Ein grosszügigeres Umgelände ohne zusätzliche Bauten bringt die Kirche von Gurtnellen auf der rechten Reussseite besser zur Geltung. Mit einer grosszügigen Freitreppe Richtung Reuss (anstelle der durchgehenden, hohen Ufermauer) konnte zudem nun auch der Flussraum mit einbezogen werden, ohne die Hochwassersicherheit zu schmälern (Bild 6).
- Eine neue Fussgängerverbindung entlang der Reuss, von der Wilerbrücke zur Kirche, konnte ins Projekt aufgenommen werden. Nachdem bis anhin die Kirchgänger einen Umweg über die enge, befahrene Dorfstrasse in Kauf nehmen mussten, stellt dies einen Fortschritt dar.
- Die Rauhigkeitsrippen, ein wichtiges Merkmal der neuen Ufermauern im Dorfgebiet, bestehen aus Gneisquadern. An der reusszugewandten Seite sind sie bruchroh. Die Quader sind in den Abmessungen so aufeinander abgestimmt, dass sich die Rippen nach oben leicht verjüngen und damit elegant wirken. Diese Ausführungsart hat sich aus einer Vielzahl von Varianten ergeben. Auswahlkriterien waren die Widerstandsfähigkeit gegenüber den Belastungen bei Hochwasser sowie ästhetische Gründe (Bild 7).
- Ein neues Geländer sichert stellenweise die neuen Mauerbauten und bringt mit seinem leuchtenden Tomatenrot etwas frische Farbe in den Dorfkern.

Bild 6. Ansicht der Kirche von Gurtnellen.

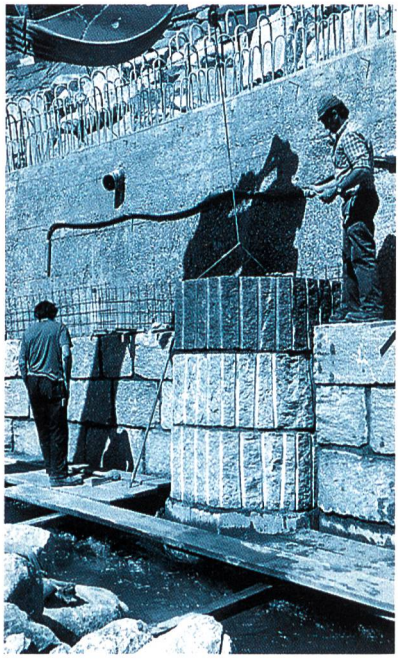


Bild 7. Aufbau einer Rauhigkeitsrippe 1992.

Die neuen Mauerbauten wurden mit Natursteinen ausgeführt, damit der ursprüngliche Charakter des Ortsbildes möglichst wiederhergestellt werden konnte.

3.2 Landschaftspflege ausserhalb des Siedlungsgebietes

Im Gegensatz zum Siedlungsgebiet wurde in den naturnahen Reussabschnitten oberhalb und unterhalb des Dorfkernes darauf geachtet, die Sicherungsmassnahmen möglichst unauffällig zu gestalten. Es wurde versucht, diese in die Landschaft einzufügen oder möglichst naturnah zu erstellen. Einige Beispiele:

- Für die Gestaltung des grossen künstlichen Felssporns oberhalb der Einmündung des Gornerbaches wurden Natursteinquader verwendet. Diese Quader wurden in verschiedenen Schichtstärken lagenweise so angeordnet, dass der Eindruck einer geologischen Verwerfung entsteht. Die Oberfläche des Felssporns wurde zusätzlich bearbeitet, indem beispielsweise die Fugen tief ausgekerbt sowie Vertiefungen auf einzelnen Steinplatten und Bohrlöcher angebracht wurden. Dadurch wurden gute Voraussetzungen für eine spätere natürliche Besiedlung durch Pflanzen und Kleintiere geschaffen.
- Die Böschungen oberhalb der notwendigen Blockwürfe wurden mit ingenieurbiologischen Baumassnahmen, beispielsweise mittels Buschlagen, gesichert.
- Die neuen Blockwürfe der Uferböschungen wurden mit Feinmaterial überschüttet, so dass eine natürliche, spontane Besiedlung mit Pflanzen möglich ist, oder sie wurden bepflanzt.

4. Zur Ausführung der Landschaftsbauarbeiten

Die Landschaftsbauarbeiten waren Bestandteil der Tiefbauarbeiten und wurden denselben Unternehmungen übertragen. Gewässerbau und Oberflächengestaltung gingen nahtlos ineinander über, indem beispielsweise die Uferböschungen mit dem Fortschritt der Ufersicherungsarbeiten fertig ausgebildet, d. h. mit Feinmaterial abgedeckt und zum Teil bereits mit Weidensteckhölzern bepflanzt, wurden.

Für die nachfolgenden Pflanzarbeiten im Gebiete von Gurtnellen konnten unter der Anleitung von Fachleuten einige Schulklassen motiviert werden, die hier eine ausgezeichnete Arbeit leisteten. Zwei Zahlen verdeutlichen den Umfang der Pflanzungen:

- Insgesamt wurden ca. 2000 Weidensteckhölzer in die Uferbereiche eingebracht.
- Dazu kamen rund 2000 bewurzelte Jungpflanzen (u. a. Erlen, Bergahorn, Hartriegel, Weissdorn), die in mehreren Etappen gepflanzt wurden.

5. Zukunftsaussichten

Die neuen Uferschutzmassnahmen fügen sich gut in den Dorfkern ein. Es wird allgemein anerkannt, dass durch die grosszügigere Gestaltung der Kirchenumgebung der Flussraum gewonnen hat und die Kirche aufgewertet wurde.

Noch fehlt der Reuss der grüne Saum, den sie bis zum Unwetter in Form dichter Erlengehölze besessen hat. Die neuen Pflanzungen an den Ufern werden in den nächsten drei bis fünf Jahren noch eine gewisse Aufwuchspflege nötig haben. Es wird erwartet, dass sich innerhalb der nächsten 10 bis 15 Jahre wieder ein dichter Gehölzbestand entwickelt, der in der Gemeinde wohltuende Akzente setzen wird.

Adresse des Verfassers: *Albert M. Gmür,* Landschaftsarchitekt HTL, Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Bellerivestrasse 36, CH-8034 Zürich.

Bautechnische Besonderheiten bei der Projektierung und Bauausführung

Hans Bär

1. Ausgangslage

Mit der Wahl eines naturnahen Gerinneausbaus mitsamt den flussbaulich erforderlichen Fundationstiefen der Uferverbauungen stand im voraus auch fest, dass im Bereich der bestehenden Bauten beachtliche Baugrubensicherungen auszuführen sind. Deshalb wurde zuerst der Zustand der Wilerbrücke und der benachbarten Bauten bestimmt, und, wo notwendig, Rissaufnahmen, Materialprobenentnahmen und geodätische Messungen zur Beweissicherung durchgeführt. Bei der Bahnlinie wurde in Absprache mit den SBB eine Nullmessung vorgenommen, um später die Setzungseinflüsse eruieren zu können.

Vom Büro Dr. T. R. Schneider, Altdorf, wurde der Dorfbereich geologisch im Detail kartiert. Mit Hilfe von 18 Sondierbohrungen, wovon vier im Fundationsbereich der Wilerbrücke, mussten der Lockergesteinsanteil und die Felslage ermittelt und eine Felsisohypsenkarte ausgearbeitet werden.

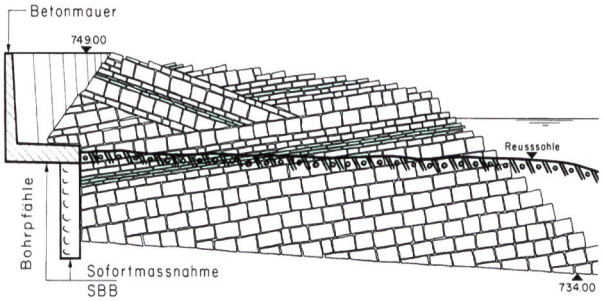


Bild 1. Hauptschutzelement A. Nachbildung eines Felssporns mit Blocksteinen.

Bild 2. Hauptschutzelement A. Schichtweises Versetzen von Blocksteinen im Fundationsbereich des Umlenksporns. Armierung für einen diagonal halbierten Betonwürfel (Kantenlänge 2,75 m).

2. Baugrundmodell und geotechnische Bodenkennwerte

Der Felsuntergrund im Dorfkern Gurtnellen liegt mehr als 15 m unter der Reusssohle. Mit den Sondierbohrungen wurden verschiedene Lockergesteinstypen festgestellt: Alluvionen, Runsenschutt, fluvioglaziale Ablagerungen, Moräne, Block- und Bergsturzmaterial sowie künstliche Schüttungen. Ausser beim Block- oder Bergsturzmaterial bestanden alle Lockergesteine überwiegend aus sandig-kiesigen Ablagerungen mit variablem Siltanteil, reichlich Steinen und Geröllen. Beim hydrogeologischen Baugrundmodell wurde von stark wasserdurchlässigen Verhältnissen ausgegangen.

Die Bemessung der Baugrubensicherungen und der definitiven Ufermauern sowie die Nachweise bezüglich Stabilität und Standsicherheit im Bau- und Endzustand erfolgten mit nachstehenden durchschnittlichen Bodenkennwerten:

Scherfestigkeit	$\phi' = 40°$, $c' = 0$
Raumgewicht, feucht	$\gamma_f = 21$ kN/m³
Raumgewicht, unter Wasser	$\gamma' = 11$ kN/m³

Die Inhomogenität des Baugrundes führt oftmals dazu, dass die üblichen, auf der Kenntnis der Bodenkennwerte und auf der Annahme von einfachen Modellen basierenden Berechnungsmethoden bei der Bauausführung hinterfragt werden müssen. Bei der Bauausführung wurde die bereits von *Terzaghi/Peck* empfohlene Beobachtungsmethode angewandt und die während des Baus angetroffenen Untergrundverhältnisse mit der Projektannahme überprüft. Dazu gehörte auch das frühzeitige Bestimmen der bei der Bauausführung beobachteten Messgrössen und die Ermittlung der Grenzwerte auf der Grundlage der Arbeitshypothese. Ausserdem wurden Massnahmen vorbereitet, mit denen die Risiken in engen Grenzen gehalten werden konnten.

3. Bau des künstlichen Felssporns (Hauptschutzelement A)

Die bauliche Ausführung und Nachbildung eines Felssporns samt Verwerfung erforderte pro Steinschicht eine definierte Lagezuordnung. Diese räumliche Festlegung setzte einen beträchtlichen Planungsaufwand voraus. Jede Steinlage wurde geometrisch definiert und auf der Baustelle abgesteckt (Bild 2).

Der Kern des Felssporns besteht aus Massenbeton in der Qualität eines B 25/15 und wurde zusätzlich mit grösseren Gesteinsblöcken angereichert und schichtweise eingebaut. Auf Kühlung des Betons wurde verzichtet. Die untersten Steine wurden gegen Kolkeinflüsse zusätzlich mit Armierungseisen im Beton verankert. Um der Spornverkleidung ein möglichst natürliches Aussehen zu geben, musste die Grösse der Steine sorgfältig gewählt werden, damit die Schichtfugen und Klüfte einem Felsbild entsprachen (Bild 1). Mit Kompressoren wurde der an die Steinfugen angrenzende Beton entfernt. Zudem wurden Spalten und Fugen lokal ausgebohrt, um die Wurzelbildung eines späteren Bewuchses zu erleichtern.

4. Erstellen des Uferschutzes oberhalb der Kirche (Hauptschutzelement B)

Die Ausführung der rund 10 m tiefen, erdüberdeckten Winkelstützmauer am Böschungsfuss unterhalb der Kantonsstrasse bedingte für den Bauzustand beträchtliche Sicherungsmassnahmen. Diese bestanden weitgehend aus verankerten, aufgelösten Elementwänden mit Einzelabmessungen von 2,0 auf 2,0 m. Zwischen den rund 40 cm

Bild 3. Hauptschutzelement B. Verankerte Stabwand mit Gunitverkleidung sowie Bauhilfsbrücke über die Reuss.

Bild 4. Hauptschutzelement B. Schachtaushub.

dicken Betonelementen wurde ein feinmaschiges Netz samt 5 cm starkem Gunit appliziert. An der 4:1 geneigten Böschung mussten auch Schutzmassnahmen gegen herabfallende Steine getroffen werden. Die Berechnung der Hangstabilität im Bauzustand erfolgte mit einer Sicherheit ≥1,25. Wegen der Kantonsstrasse wurden die temporären Anker in der Klasse 2 ausgeführt. Die Kantonsstrasse wurde während der ganzen Bauzeit messtechnisch überwacht. Die konsequente Anwendung der «Beobachtungsmethode» erlaubte, bei der Bauausführung auf die unterste Ankerlage zu verzichten. Die entsprechend grösseren Hangdeformationen sowie die Setzungen in der Kantonsstrasse konnten verantwortet werden, da keine heiklen Versorgungsleitungen vorhanden waren. Die gemessenen maximalen Setzungen bei der Kantonsstrasse betrugen 33 mm (reussseitiger Strassenrand) bzw. 16 mm (bergseitiger Strassenrand). Der gemessene Setzungsverlauf zeigte eine zeitliche Übereinstimmung mit den Aushubarbeiten beim Böschungsfuss, das heisst, die Setzungen wurden vorwiegend durch die Aushubentlastung verursacht.

Beim Anfang des Hauptschutzelements B, rund 80 m südlich der Kirche, wurde die Stützmauer als zugedeckte Betonscheibe in die Böschung gegen die Kantonsstrasse geführt. Die 8 m tiefe Baugrube unmittelbar bei der Kantonsstrasse wurde mit einer rückverankerten Stabwand abgeschlossen (Bild 3). Von der Aushubsohle aus wurde die vom Unternehmer vorgeschlagene Variante «Betonschacht» gegenüber der ursprünglich vorgesehenen Bohrpfahlwand abgeteuft (Bild 4). Der Schachtaushub wies eine Länge von 13,60 m, eine Breite von 2,60 m sowie eine Tiefe von 20 m auf. Die Schachtsohle befand sich rund 12 m unterhalb des Reusswasserspiegels. Der Aushub der ca. 30 cm dicken, gegenseitig gespriessten Schachtwände mit Wandetappen von 2,0 m Schalungslängen erfolgte lediglich mit offener Wasserhaltung innerhalb des Schachtes. Nur dank dem sehr dicht gelagerten und verzahnten Bodenmaterial (Alluvionen, teilweise durchsetzt mit Runsenschutt) trat kein hydraulischer Grundbruch im unteren Bereich des Schachtes auf. Der Schachtinhalt von rund 520 m³ wurde mit einem Beton B 35/25 ohne Zwischenfall verfüllt.

Die insgesamt 22 künstlichen Residualblöcke (diagonal halbierte Betonwürfel mit Kantenlänge von 2,75 m), welche in der Böschung und entlang dem Mauerfuss eingegraben sind, wurden konventionell geschalt und in Ortsbetonbauweise erstellt. Um Abplatzer beim Verkippen der Betonprismen bei extremen Hochwasserflüssen zu vermeiden, wurde eine äussere, kreuzweise verlegte Armierung Durchmesser 16 mm, mit einem Stababstand von 15 cm und einer Betonüberdeckung von 5 cm eingebaut (Bild 5).

5. Baugrubensicherung für die rechte Ufermauer oberhalb der Dorfbrücke (Hauptschutzelement C)

Bedingt durch die sehr engen Platzverhältnisse bei der Dorfbrücke musste das Reusswasser mit Hilfe eines Umleitkanals – anstelle eines provisorischen Fangdamms – abgeführt werden (Bild 6). Anschliessend konnte mit den Aushub- und Baugrubensicherungsarbeiten begonnen werden. Mit vertretbarem Risiko konnte nur im Winterhalbjahr gearbeitet werden. Der Umleitkanal wurde aus Stahlrahmen konstruiert und mit Holzbrettern ausgekleidet. Die Durchflusskapazität von HQ_{10} = 150 m³/s entsprach einem 10jährlichen Winterhochwasser. Im April, beim Einsetzen der Schneeschmelze, musste der Kanal wieder entfernt

Bild 5. Hauptschutzelement B. Künstliche Residualblöcke in Form von diagonal halbierten Betonwürfeln.

werden. Die Arbeiten im Fundationsbereich der Stützmauer sowie die Unterfangung des bestehenden Brückenwiderlagers mit verankerten Elementwänden bedingten deshalb ein striktes Einhalten des Bauprogramms sowie vorsorgliche Massnahmen in bezug auf schlechte Witterungseinflüsse. Im Titelblatt ist der Bauzustand der Dorfbrückenunterfangung samt dem Umleitkanal ersichtlich. Dank der grossen Steinblöcke im Bereich des linken Widerlagers der Brücke auf Kote 724,0 m ü. M. konnte auf die ursprünglich tiefer geplante Fundation von 722,0 m ü. M. verzichtet werden. Die 3 m tiefe Unterfangung des Brückenwiderlagers verursachte beim Brückenauflager eine vernachlässigbar kleine Setzung zwischen 1 und 2 mm.

Unmittelbar oberhalb der Wilerbrücke wurde die Baugrube mit einer rückverankerten, aufgelösten Elementwand über die ganze Mauerhöhe gesichert (Titelblatt). Dies erlaubte örtliche Anpassungen und das Integrieren von anstehenden Steinblöcken. Anschliessend wurde die Stützmauer einhäuptig geschalt und die Rückwand dadurch platzsparend mit der Elementwand kombiniert. Mit rechnerischem Einbezug der Elementwand, jedoch ohne Berücksichtigung der Anker im Endbauzustand, konnten die Abmessungen der Stützmauer reduziert werden. Ausserdem resultiert durch die platzsparende und kostengünstige Mauerkonstruktion eine nur minimale Einengung des Reussprofils.

Im Abschnitt entlang dem Bahndamm und dem Häggerigerweg – unterhalb der bestehenden Stützmauer der SBB – wurde die Baugrube mit einer 2fach rückverankerten Elementwand gesichert. Die provisorischen und ausreichend langen Bodenanker sicherten die Gesamtstabilität des Bauzustandes auf einem Niveau von 1,4 nach *Janbu*. Unter Berücksichtigung der Ankernorm SIA-191 wurde für die Bauausführung die Ankerklasse 3 gewählt. Bei den zuerst ausgeführten Ankern resultierte beim Injizieren teilweise ein grosser Zementverbrauch. Der maximale Zementverbrauch beim ersten Anker betrug beinahe 20 t, welcher infolge Hohlraumverfüllung im Bergsturzmaterial entstand. Mit Verwendung von Sackankern konnte der Zementverbrauch drastisch auf etwa 1 t pro Anker reduziert werden.

Die Gebrauchslasten von 230 kN bis 500 kN wurden mit einfachen Ankerkraftkontrollmessungen bei einer um 30 % erhöhten Last überprüft. Praktisch alle Anker erfüllten einwandfrei die Prüfkriterien gemäss SIA-Norm 191. Die verwendete Verankerungslänge lag zwischen 4 und 7 m.

Unterhalb der Elementwand wurde der restliche Aushub von 6 m Tiefe für den Bau der tiefer gelegenen Gewichtsmauer abschnittweise ausgeführt (Bild 7). Mit den angelieferten Gneisblöcken von rund 0,5 bis 1,0 t Gewicht wurden Etappen von rund 5 m Länge reussseitig geschalt und anschliessend sofort schichtweise betoniert. Mit diesem Vorgehen konnten auch vorhandene Steinblöcke in den Mauerkörper einbezogen werden. Seitlich anfallendes Sickerwasser wurde gefasst und der offenen Wasserhaltung der Baugrube zugeführt.

Mit dem gewählten Vorgehen, unter Einbezug der Gewölbewirkung, konnten die Verankerungen minimiert und die temporären Sicherungsmassnahmen kostengünstiger ausgeführt werden. Der Bauvorgang wurde mit Kontrollmessungen (Ankerkräfte, Setzungen beim SBB-Damm usw.) überwacht. Die gemessenen Setzungen oberhalb des Häggerigerweges lagen bei den talseitigen Fahrleitungsmasten der SBB zwischen 2 und 13 mm. Die Geleise der Gotthardbahnlinie erlitten durch die Baueinflüsse des Hochwasserschutzes geringe Setzungen und mussten nicht nachträglich angehoben werden.

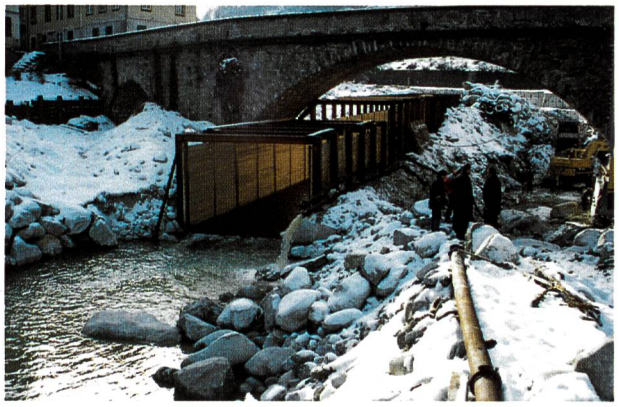


Bild 6. Hauptschutzelement C. Umleitkanal bei der Dorfbrücke.

Bild 7. Hauptschutzelement C. 2fach verankerte Elementwand unterhalb der SBB-Stützmauer. Gewichtsmauer, etappenweise ausgeführt; Integrieren einer alten Bruchsteinmauer, welche beim Aushub zum Vorschein kam.

6. Schlussbemerkungen

Bei der Realisierung des Hochwasserschutzes Gurtnellen wurde grosse Priorität auf eine wirtschaftliche Lösung gelegt. Dies setzt eine sinnvolle Entscheidungsführung beim Erkennen, Quantifizieren und Akzeptieren von Risiken im Bau- und Nutzungszustand voraus.

Mit der Beobachtungsmethode wurde angestrebt, die bei der Projektierung festgelegten Annahmen in der Bauausführung zu überprüfen und den örtlichen Verhältnissen anzupassen. Das gemessene Deformationsverhalten, ein blockreicher Untergrund, günstige Hangwasserverhältnisse usw. wurden für den nächsten Bauzustand miteinbezogen und auch auf Einsparungsmöglichkeiten untersucht. Der entstandene Mehraufwand für Kontrollen, Messinterpretationen, Planungsunterlagen usw. konnte bei weitem aufgefangen werden.

Eine enge Zusammenarbeit und der offene Gedankenaustausch zwischen den projektierenden und ausführenden Fachleuten ist auch heute noch wichtig und nicht durch Richtlinien, Normen und Spezifikationen zu ersetzen. Falls bei der Planung und Bauausführung ein genügender Spielraum gegeben ist, sind unter Einhaltung der baulichen Prämissen Optimierungsmassnahmen bei den Baukonstruktionen möglich.

Diesen Anliegen wurde beim Hochwasserschutzprojekt Gurtnellen von allen Beteiligten grosse Beachtung geschenkt.

Adresse des Verfassers: *Hans Bär,* Bauingenieur HTL, Projektleiter, Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Bellerivestrasse 36, CH-8034 Zürich.

Bauausführung – Bauprogramm – Kosten

Ernst Philipp

Randbedingungen für die Ausführung

Aus dem genehmigten Projekt ergaben sich zahlreiche Randbedingungen für die Bauausführung. Es wurde speziell auf eine für die Bevölkerung störungsarme Baustellenerschliessung geachtet. Die drei Hilfsbrücken erlaubten die Erschliessung aller Baustellen, ohne die enge Dorfdurchfahrt und die Wilerbrücke zu benützen. Im weiteren musste die Wilerbrücke als Verbindung nach Gurtnellen-Dorf während der ganzen Bauzeit erhalten bleiben.

Die Beeinträchtigung des Gewässers durch den Baubetrieb musste minimiert werden. Zur Kontrolle der Wasserqualität wurde eine pH-Messeinrichtung mit permanenter Aufzeichnung installiert. Die Aufzeichnung der Messergebnisse der zwei Messsonden am Projektanfang/-ende (Bild 1) erfolgte in der Bauleitungsbaracke. Bei Überschreiten des definierten pH-Grenzwertes wurde ein optischer Alarm ausgelöst.

Wegen der kurzen Bauzeit musste teilweise an beiden Ufern gleichzeitig gearbeitet und die Fundation in den Niedrigwasserzeiten ausgeführt werden. Die drei Hauptschutzelemente mussten entsprechend ihrer Hochwasserschutzprioritäten von der Wilerbrücke flussaufwärts realisiert werden. Ein spezielles Augenmerk war der Reusswasserführung bei der Wilerbrücke und südlich der Kirche zu schenken (zum Teil enge Platzverhältnisse und tiefe Baugruben). Die Wasserhaltungsmassnahmen wurden aufgrund der geplanten Bauzeiten für die einzelnen Bauphasen (Fundation, Vormauerung, Steinsätze usw.) vorgesehen und während der Bauausführung unter Berücksichtigung des Hochwasserrisikos optimiert.

Von den Gebäuden in unmittelbarer Reussnähe wurden vor Baubeginn Rissprotokolle aufgenommen. Es wurden keine nennenswerten Schäden durch den Reussausbau festgestellt. Der ganze Projektbereich wurde in vier Baulose entsprechend den Prioritäten unterteilt.

1. Baulos

Am 7. Januar 1991 wurden die Bauarbeiten des 1. Bauloses mit dem Bauteil Nr. 14 Häggerigerweg (Bild 13) gestartet. Das Hauptmerkmal galt dabei der Bauerschliessung und der kritischen Bauphase mit der Wasserumleitung und den tiefen Baugruben im Bereich der Wilerbrücke für den Winter 1991/92. In einer ersten Bauphase wurde die Erschliessung ab der Bielen inklusive Baubrücke südlich der Kirche erstellt (Bild 2). Die rund 56 m lange Hilfsbrücke diente zusätzlich als Fussgängerweg und während des Un-

Bild 1. pH-Messstelle Nord, Messsonde in Schutzrohr.

Bild 2. Erstellung der Baubrücke südlich Kirche.

Bild 3. Abdichtung Schutzdamm mit Folie; Kolkschutz-Blöcke.

terbruches des Häggerigerweges als Ersatzerschliessung. Das Wasser wurde mit etappenweise ausgeführten Schutzdämmen für 10jährliche Hochwasser umgeleitet. Auf der Wasserseite des Schutzdammes wurden eine Folie zur Reduktion des Sickerwassers sowie Steinblöcke als Kolkschutz verlegt (Bild 3). Bis in den Herbst 1991 wurde die Sicherung mit verankerten Elementwänden weitestmöglich vorangetrieben und im südlichen Bereich teilweise die Gewichtsmauer eingebaut. Ab Anfang September 1991 wurde innert zwei Monaten der 5 m breite, 4,50 m (Einlauf) beziehungsweise 3,50 m (Auslauf) hohe und 64 m lange Umleitkanal eingebaut (Bild 4). Vom November 1991 bis Ende Januar 1992 wurden die Baugrubensicherungen mit verankerten Elementwänden fertiggestellt. Aus zeitlichen und wirtschaftlichen Überlegungen wurde anstelle der vierten Elementwandreihe der Fundamentquerschnitt angepasst. Dabei wurde der Aushub ab Unterkante dritter Elementwandreihe in zwei Längsetappen erstellt und die untersten 1,50 m mit einer Böschungslinie von 1:1 ausgeführt. Um Gewässerverschmutzungen durch Zementwasser zu verhindern, wurde die Baugrubenentwässerung mittels Sickerleitungen, Sickerkies und einem Entwässerungsgraben mit Pumpensumpf ausgeführt (Bild 5). Mitte April 1992 konnte der Umleitkanal termingerecht auf die Hochwasserperiode wieder ausgebaut werden. In der Folge wurden etappenweise die Betonwände inklusive der

Bild 4. Erstellung Umleitkanal für Abflüsse von bis zu 150 m³/s.

Bild 6. Linienbaustelle Häggerigerweg.

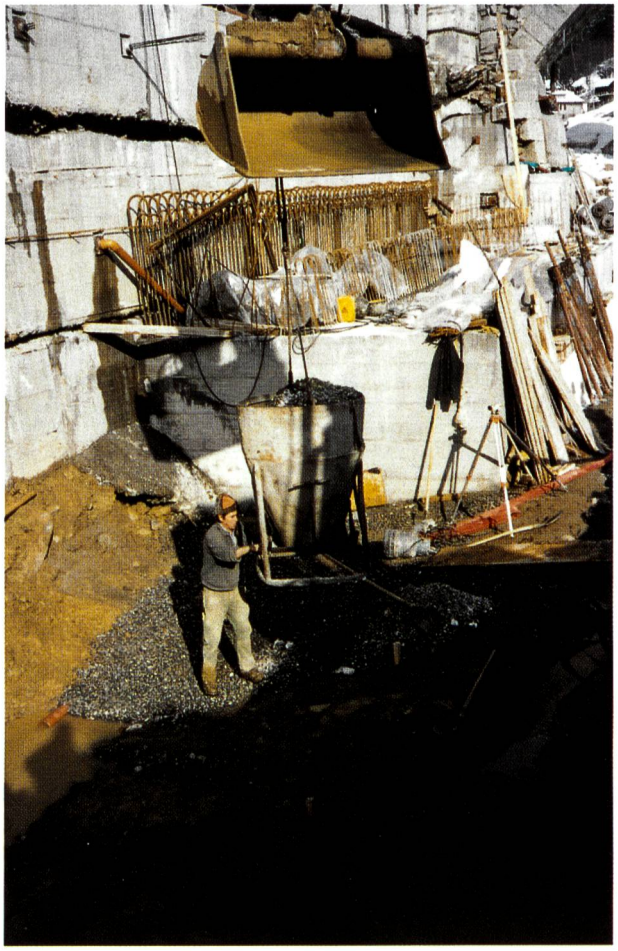


Bild 5. Entwässerung Fundamentbereich mit Sickerleitung, Sickerkies und Entwässerungsgraben.

Bild 7. Auskragung flussaufwärts der Wilerbrücke.

Bild 8. Betonmauer Bauteil 19 Kirche Süd.

Bild 9. Vormauerung der Betonmauer vor der Kirche in Richtung Wilerbrücke gesehen.

Vormauerungen, die Instandstellung des Häggerigerweges samt Werkleitungen sowie die Auskragung südlich der Wilerbrücke bis Juli 1993 fertiggestellt (Bilder 6 und 7).

2. Baulos

Hauptteil des 2. Bauloses waren die Schutzmauer südlich der Kirche mit einer Betonscheibe sowie die Treppenanlage bei der Kirche. Mit den Bauarbeiten wurde im Januar 1992 begonnen. Das Programm wurde mit dem 1. Baulos so abgestimmt, dass gleichzeitig an beiden Ufern gearbeitet werden konnte. Dabei musste insbesondere auf die Reusswasserumleitungen geachtet werden. Zuerst wurde der Bauteil 18 Bielen–Kirche mit einem doppelten Blocksatz bis Mai 1992 erstellt. Parallel dazu wurden die Baugruben entlang der Kantonsstrasse vom April bis Mitte Juni 1992 gesichert. Anfang Oktober 1992 wurde die Betonscheibe des Bauteils 19 Kirche Süd abgeschlossen. Gleichzeitig wurde dazu die zuletzt mit Schüttmaterial überdeckte Betonmauer bis März 1993 ausgeführt (Bild 8). Die Uferschutzmauer des Bauteils 15 Kirche–Wilerbrücke inklusive der Vormauerungen und die Treppenanlage wurden im März 1994 fertiggestellt (Bild 9).

3. Baulos

Mit drei parallel laufenden Baulosen südlich der Wilerbrücke war im Winterhalbjahr 1992/93 die grösste Bautätigkeit. Durch eine optimale Koordination der verschiedenen Bauphasen konnte die Bauzeit, begünstigt durch die Witterung und minimale Hochwasserabflüsse, verkürzt werden.

Im Oktober 1992 wurden die Bauarbeiten mit der Erstellung der Dienstbrücke südlich des Felssporns, die die Lärmimmissionen im Dorfbereich auf ein Minimum reduzierte, begonnen. Parallel dazu erfolgten die Steinsatzarbeiten des Bauteils 21, und gleichzeitig wurde der Mündungsbereich der Wilerplanggen und das linke Ufer südlich der Baubrücke ausgebaut. Ab November 1992 bis Juni 1993 wurden der Bauteil 20 mit dem künstlichen Felssporn und die Halbinsel südlich der Gornerbachmündung als letztes Hauptschutzelement gebaut. Zur besseren Erschliessung der Baustelle wurde noch eine kleinere Baubrücke ab dem Sportplatz über den Gornerbach erstellt. Damit konnten die Zugänglichkeit zu den Bauteilen 16 Sportplatz, 17 Sportplatz–Gornerbach und der Halbinsel verbessert und das Bauprogramm optimiert werden. Die Bauteile 16 und 17 beinhalten einen Blocksatz, welcher im März 1993 abgeschlossen wurde. Die Fertigstellung am rechten Ufer entlang der Bielen erfolgte im Zusammenhang mit dem Rückbau der Dienstbrücke.

4. Baulos

Mit den Bauarbeiten des letzten Bauloses wurde im November 1993 gestartet. Der Bauteil 13 Schulhaus–Steintal, die Kombination einer Gewichtsmauer mit einer aufgesetzten Winkelmauer inklusive Rauhigkeitselementen und Vor-

Bild 11. Gewichts-/Winkelstützmauer nördlich des Steintals.

Bild 10. Bau-Furt nördlich der Wilerbrücke.

Bild 12. Hochwasserabfluss vom Juni 1992.

Bild 13, rechts. Übersicht mit Bauteilnummern.

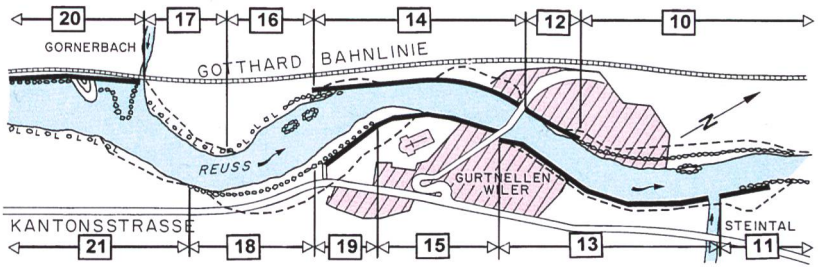
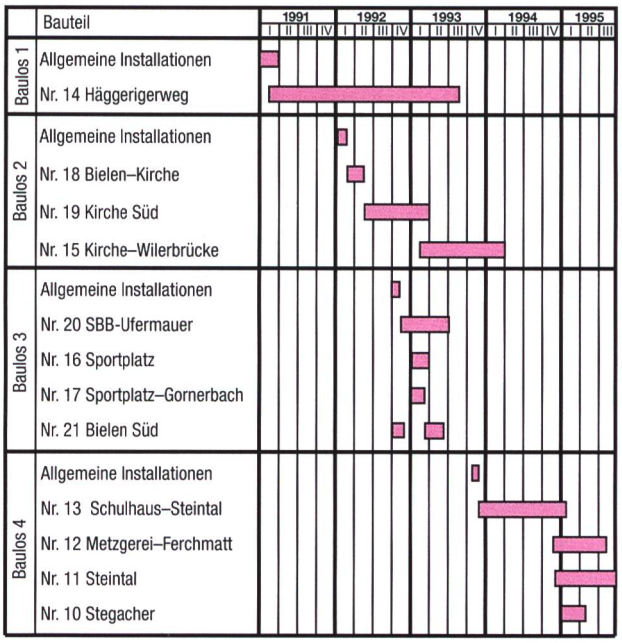


Bild 14, rechts unten. Zeitlicher Ablauf der Bauausführung.



mauerung, wurde bis Januar 1995 fertiggestellt. Anstelle einer Baubrücke wurde im Herbst 1994 eine Furt für die Erschliessung des linken Reussufers gebaut (Bild 10). Während der Ausführung wurde von der geplanten Winkelmauer des Bauteiles 12 Metzgerei–Ferchmatt zur Kombination Gewichtsmauer/Winkelmauer gewechselt. Damit konnten die sehr zahlreichen, grossen Blöcke in die neue Ufermauer integriert werden. Die Unterfangungen nördlich der Wilerbrücke auf einer Länge von rund 35 m, die neue Ufermauer des Bauteils 12 und die Ergänzung des einlagigen Steinsatzes bis zum bereits ausgeführten Steinsatz des Bauteils 10 wurden bis Juli 1995 ausgeführt.

Nördlich des Steintals auf einer Länge von 50 m wurde der Ufertyp des Bauteiles 13 weitergezogen (Bild 11). Weiter flussabwärts wurde ein einlagiger Steinsatz bis zum Zusammenschluss des bereits mit dem 3. Baulos vorgezogenen Steinsatzes am Projektende eingebaut.

Bauprogramm

Der Zeitablauf ist oben unter den Baulosen aufgeführt und in Bild 14 ersichtlich. Gegenüber dem Bauprogramm des Allgemeinen Bauprojektes konnten die Realisierungszeiten der einzelnen Bauteile durch optimale, während der Ausführung fortlaufend angepasste Arbeitsabläufe reduziert werden. Im weiteren konnten die Arbeiten der vier Baulose begünstigt durch gute Witterungsverhältnisse fast ohne zeitliche Einschränkungen ausgeführt werden; Ausnahmen bildeten ferienbedingte Unterbrüche und drei kleinere Hochwasserabflüsse (Bild 12).

Kosten

Im Kostenvoranschlag vom April 1990 wurden die Gesamtbaukosten (Bauarbeiten und Projektierung) exklusive Teuerung zu 33 065 000 Franken ermittelt. Die voraussichtlichen Endkosten, unter Berücksichtigung der ausstehenden Abschlussarbeiten und der Landerwerbskosten exklusive Teuerung, betragen 19 050 000 Franken. Die Minderkosten von 14 015 000 Franken lassen sich wie folgt begründen: Konjunkturbedingt günstigere Arbeitsvergebungen führten zu Minderkosten von 4 130 000 Franken. Weitere Einsparungen von rund 4 520 000 Franken ergaben sich, weil die Reservepositionen des Voranschlags nicht beansprucht wurden und das Detailprojekt gegenüber dem bewilligten Auflageprojekt verbessert werden konnte. Optimierungen während der Bauausführung infolge günstigerer Untergrundverhältnisse (grosse vorhandene Blöcke, höherer Felsverlauf bei Felsspornerhöhung, durch gute Standfestigkeit des Untergrundes weniger Anker), optimaler Bauabläufe mit geringeren Wasserhaltungsmassnahmen und der Integration von bestehenden Uferschutzanlagen in die definitiven Hochwasserschutzmassnahmen führten zu weiteren Minderkosten von 5 365 000 Franken.

Zum besseren finanziellen Ergebnis haben eine Reihe günstiger Umstände beigetragen wie: tiefe Preise, über Jahre gute Witterungsverhältnisse, keine grösseren Hochwasserabflüsse, bessere Untergrundverhältnisse und innovatives Handeln von Unternehmungen und Bauleitung.

Adresse des Verfassers: *Ernst Philipp,* Bauing. HTL, Bauamt Uri, Abteilung Wasserbau, Klausenstrasse 2, CH-6460 Altdorf.

KANTON URI Hochwasser 1987 der Reuss bei Gurtnellen Sicherheit für die Zukunft

Am Bau Beteiligte

Bauherrschaft

Baudirektion Kanton Uri, CH-6460 Altdorf
Bundesamt für Wasserwirtschaft, Postfach, CH-2501 Biel (Oberaufsicht)

Allgemeines

Amt für Tiefbau, Abteilung Wasserbau, CH-6460 Altdorf (Projektleitung, örtliche Bauleitung)
Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Bellerivestrasse 36, CH-8034 Zürich (Projekt)
Alois Hodel, Ingenieurbüro für Vermessung, Bahnhofstrasse 69, CH-6460 Altdorf (Vermessung)
Ernst Winkler+Partner AG, Ingenieur- und Vermessungsbüro, Gitschenstrasse 17, CH-6460 Altdorf (Prüfstatik)
Elvia-Bauherrenhaftpflichtversicherung, Gitschenstrasse 14, CH-6460 Altdorf
Hans Bossart-Feser, Expertisen+Schatzungen, Bärengässli 2, CH-6460 Altdorf
Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie an der ETH Zürich, ETH Zentrum, CH-8092 Zürich (Modellversuche)
Dr. T. R. Schneider AG, Geologische Beratungen, Bahnhofstrasse 55, CH-6460 Altdorf

Bauausführung

Los 1

Gebrüder Arnold AG, Bauunternehmung, Postfach 251, CH-6463 Bürglen
Stump-Bohr AG, Bahnhofstrasse 37, CH-6460 Altdorf
Stuag, Schweiz. Strassenbau- und Tiefbauunternehmung AG, Attinghauserstrasse 54, CH-6460 Altdorf
ProMinent Dosiertechnik AG, Trockenloostrasse 85, CH-8105 Regensdorf
VSL International AG, Hauptsitz, Bernstrasse 9, CH-3421 Lyssach
Granito Piretta SA, Industria del granito cava granito Gotthardi, Angelo, CH-6707 Iragna
Aquarius für dichte Bauten AG, Gibraltarstrasse 25, CH-6003 Luzern
Arthur Weber Stahl AG, Militärstrasse 10, CH-6467 Schattdorf
Elektrizitätswerk Altdorf, Herrengasse 1, CH-6460 Altdorf
Herger Peter, Kernbohrungen, Baumgärtli 3, CH-6467 Schattdorf
Walker Albert, Sägerei und Holzhandel, Gotthardstrasse, CH-6484 Wassen

Los 2

Murer AG, Bauunternehmung, Bifang 381, CH-6472 Erstfeld
Ongaro & Co. SA, Graniti, CH-6705 Cresciano
Begrünungen Hunn AG, Landschaftsbegrünungen, Pilatusstrasse 1016, CH-5630 Muri
Betag-Betonfräs AG, Kernbohrungen, Hellgasse 53, CH-6460 Altdorf
Terr-Bohr AG, Grosszelg 24, CH-5436 Würenlos

Los 3

ARGE Gornerbach, V. Sicher AG, Bauunternehmung, Grünen Wald, CH-6482 Gurtnellen
R. Kalbermatter GmbH, Bauunternehmung, Gotthardstrasse, CH-6484 Wassen
Tiefbau AG, Bauunternehmung, Gotthardstrasse 32a, CH-6454 Flüelen
Graniti Maurino SA, Industria del Granito, Personico, CH-6710 Biasca

Los 4

Walker-Porr AG, Bauunternehmung, Seedorferstrasse 56, CH-6460 Altdorf
Pagani SA, impresa costruzioni e trasporti, CH-6703 Osogna
Mattli Beton AG, Betonzentrale, Schöni, CH-6484 Wassen
Alfred Imhof, Metallbau, Attinghauserstrasse 53, CH-6460 Altdorf
Josef Lussmann AG, Heizung/Sanitär, Hochmühlegasse 3, CH-6460 Altdorf

Hauptschutzelement C: Auskragung der Ufermauer beim Anschluss an die Wilerbrücke.