

Hochwasserschutz Reuss



Hochwasser im Kanton Uri

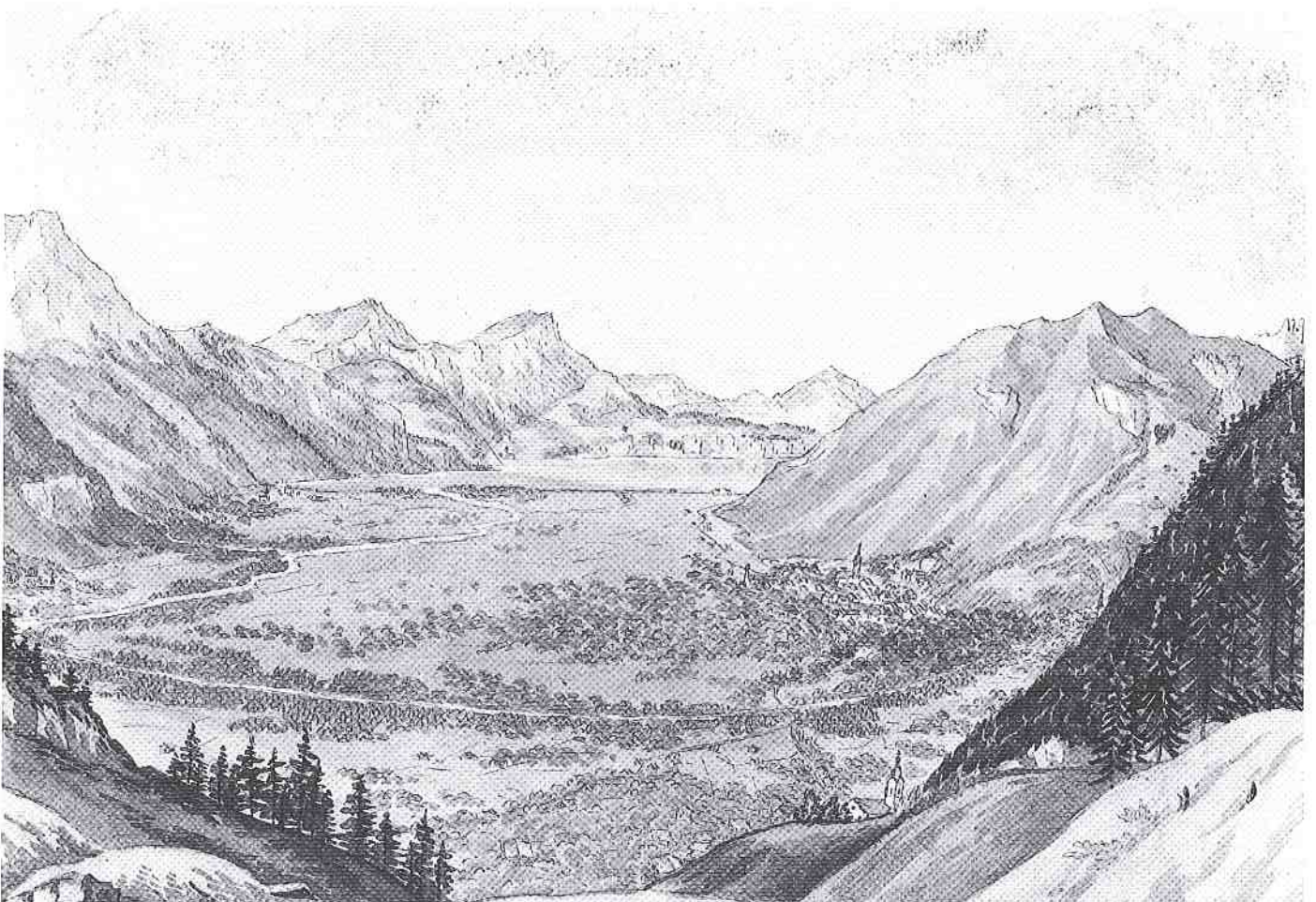
Ein historischer Rückblick und das Hochwasser vom 24./25. August 1987

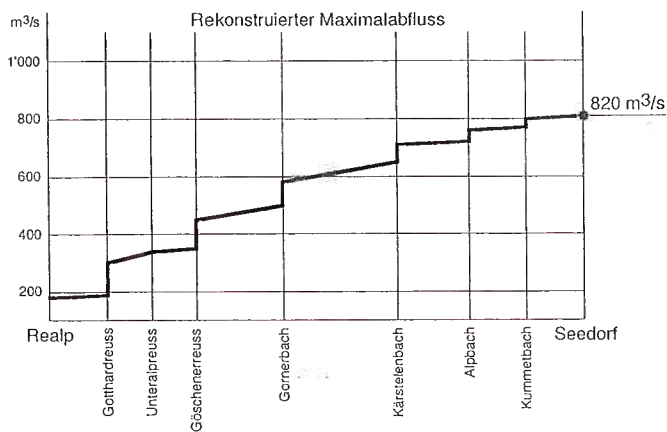
In früheren Zeiten floss die Reuss mäandrierend durch die Reussebene dem Urnersee zu (Bild 1). Seitdem der Mensch in dieser Gegend sesshaft wurde, kämpfte er gegen die Gefahren, die vom Fluss ausgingen. Verschiedene Ereignisse sind überliefert, die das Ausmass des zerstörerischen Hochwassers von 1987 erreichten oder sogar übertrafen (1342, 1480, 1511, 1570, 1599, 1640, 1762, 1834, 1839, 1868). Im 19. Jahrhundert häuften sich die Überschwemmungen. Jahrzehnte nach dem Dammbau anfangs des 20. Jahrhunderts kam es in jener Nacht im August 1987 zu einer verheerenden Überschwemmung. Sie gab den Anstoss zum Gesamtkonzept Reuss, dem eine neue Schutzphilosophie zugrunde liegt.

Die zahlreichen Überschwemmungen im 19. Jahrhundert blieben nicht ohne Folgen: Das Land versumpfte, Malaria breitete sich aus. Die traditionell für den Unterhalt der Reuss verantwortlichen Einrichtungen waren weder organisatorisch, technisch noch finanziell in der Lage, den Fluss zu bändigen. Dazu brauchte es freundeidgenössische Hilfe. Das Hilfskomitee der Schweizerischen Gemeinnützigen Gesellschaft führte nach dem Hochwasser von 1834 eine Gabensammlung durch und stellte die Hilfsgelder grösstenteils für die Regulierung der Reuss zur Verfügung. Auf der Grundlage der topographischen Aufnahmen des Schwyzer Ingenieurs M. Hegner erarbeiteten der Oberingenieur des Kantons Graubünden, Richard La Nicca (1794-1883) und der Urner Ingenieur, Architekt und Unternehmer Karl Emanuel Müller (1804-1869) in den Jahren

1843 und 1844 je ein Verbauungsprojekt. Diese Projekte umfassten die Reuss von Amsteg bis zum Urnersee; realisiert wurde aber nur der Abschnitt von Attinghausen bis zum See. Die Linienführung beider Projekte lehnte sich bis Attinghausen dem natürlichen Flusslauf an. Daran anschliessend plante La Nicca einen geraden Kanal bis unterhalb der Palanggenmündung, der dem natürlichen Lauf folgend nach rechts abog und der darauf in gerader Linie beim Giessen in Flüelen in den See mündete. Müllers Plan dagegen führte die Reuss von der Attinghauserbrücke in gerader Linie bis zum See. Weiter unterschieden sich die beiden Projekte hinsichtlich der Sohlenbreite des Kanals. Die vorgeschlagenen Dammkonstruktionen glichen einander.

Der Urner Landrat gab 1845 dem Projekt von Karl Emanuel Müller den Vorzug. Die Ausführung verzögerte sich, da lange





HQ 1987 (mit Retention)	820 m ³ /s
HQ 1987 (ohne Retention)	1000-1100 m ³ /s
Kapazität alter Reusskanal (bordvoll)	rund 600 m ³ /s
Grösstes, von 1917-1987 in Seedorf gemessenes Hochwasser:	560 m ³ /s
HQ ₅	390 m ³ /s
HQ ₂₀	520 m ³ /s
HQ ₅₀	620 m ³ /s
HQ ₁₀₀	720 m ³ /s
EHQ (Extremhochwasser)	1150 m ³ /s

2

Hochwasser 1987, Längenprofil des Hochwasserabflusses (oben links)

3

Spitzenabflüsse (HQ) bezogen auf die Messstation Seedorf (oben rechts)

4

Dammbruch, Zustand nach dem Hochwasser 1987

5

Überflutungen der Reussebene nach dem Hochwasser 1987



keine Einigkeit bezüglich der Etappierung erzielt werden konnte. Die Arbeiten wurden schliesslich in drei Etappen ausgeführt. Zwischen 1850 und 1852 wurde der Reusskanal vom See bis zur Seedorferbrücke errichtet und in den Jahren 1854-1863 bis zur Attinghauserbrücke verlängert. Damit war das Werk grundsätzlich vollendet.

Verschiedene Hochwasser führten jedoch zu Beschädigungen, wie zum Beispiel das Hochwasser im September 1868. Die richtige Wahl der Sohlenbreite bereitete in diesem Zusammenhang damals Kopfzerbrechen. Da unseren Vorfahren das Instrument des Modellversuches noch nicht zur Verfügung stand, waren sie gezwungen, ihre Vorkehrungen im Massstab 1:1 auszutesten. Als Folge davon musste die Sohlenbreite mehrmals nachträglich verändert werden.

Mit der Zeit vermochte der Fluss das Geschiebe nicht mehr in die Tiefe des Sees zu verfrachten. Die daraus resultierende Sohlenhebung führte in den Jahren 1897 und 1898 zu Überflutungen und zur teilweisen Zerstörung der Dämme. Verantwortlich dafür waren sowohl die Verbreiterung des Querprofils nach 1868 im Unterlauf auf 30 bzw. 35-40 m. Durch diese Verbreiterung wurde die Fliessgeschwindigkeit und Schleppkraft des Flusses zu stark vermindert und es bildete sich seit 1851 vor der Kanalmündung eine mächtige Kiesbank. Es mussten auf jeden Fall



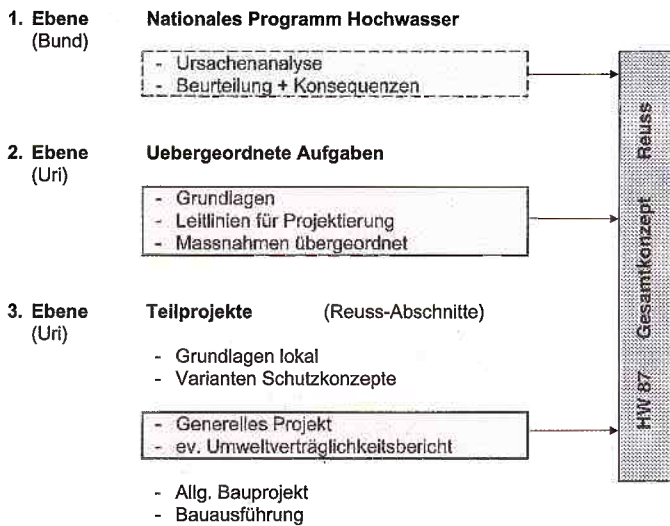
Massnahmen zur Verbesserung der Situation getroffen werden.

Der Landrat genehmigte im Jahre 1899 das vom Kantonsingenieur Johann Müller ausgearbeitete Korrekionsprojekt. Dieses sah vor, die Dämme von der Seedorferbrücke an abwärts bis zum See auf eine Sohlenbreite von 25 m auszubauen bzw. neu zu erstellen und den Kanal soweit wie möglich in den See hinaus zuführen. Die Arbeiten wurden im Frühjahr 1900 begonnen. Ein Jahr später unterspülte ein reisendes Hochwasser bei niederem Seestand den Neubau im Mündungsbereich und richtete grossen Schaden an. Aufgrund eines Gutachtens des Linth-Ingenieurs Heinrich Leuzinger wurden die Dammfüsse im Mündungsbereich auf einer Länge von rund 450 m durch eine Steinvorlage aus grossen Blöcken gesichert. Viele Ergänzungs- und Wiederherstellungsarbeiten waren noch nötig, bis das Verbau-

ungswerk 1912 endlich zufriedenstellend abgeschlossen wurde. Seither schützte es das Urner Reusstal vor Überschwemmungen. Doch in der Nacht vom 24. auf den 25. August 1987 vermochte das in die Jahre gekommene Werk den gewaltigen Wassermassen nicht mehr standzuhalten.

Das Hochwasser vom 24./25. August 1987

Nachträglich zeigte eine Analyse die Ursachen des Hochwassers auf: Von Norden her traf Kaltluft 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, der am 24. August 1987 zwischen 11 Uhr abends und Mitternacht nie-



6

Planungen auf drei Ebenen nach dem Hochwasser 1987, Gesamtkonzept

derging. Bis zu 40 mm Niederschlag wurden in dieser Stunde gemessen, der ohne Bodenretention abfloss. Der Boden war vom Vorregen bereits gesättigt.

Von Realp bis Seedorf traten Maximalabflüsse auf (Bild 2), die aufgrund der Hochwasserspuren rekonstruiert werden konnten. Bei der Messstation in Seedorf wären - hätte die gesamte Wassermenge erfasst werden können - 820 m³/s registriert worden. Die nach dem Ereignis durchgeführten hydrologischen Untersuchungen zeigten, dass die Abflussspitzen noch erheblich grösser ausgefallen wären,

hätten die Stauseen und Überflutungsgebiete keine Retentionswirkung entfaltet. An der Messstation in Seedorf wäre dann ein Spitzenabfluss von rund 1000 bis 1100 m³/s festgestellt worden. Der folgende Vergleich der Spitzenabflüsse des Hochwassers 1987 mit statistischen Spitzenabflüssen (d.h. Spitzenabflüsse mit zugeordneten Jährlichkeiten) verdeutlichen das Ausmass des Ereignisses von 1987 (Bild 3).

Durch die massive Überlastung brachen die teilweise über 100-jährigen Dämme des alten Reusskanales an drei Stellen (Bild 4). Grossflächige Überflutungen mit

schweren Schäden an Siedlungen, Infrastrukturanlagen und Kulturland zwischen Attinghausen und dem Urnersee waren die Folge (Bild 5).

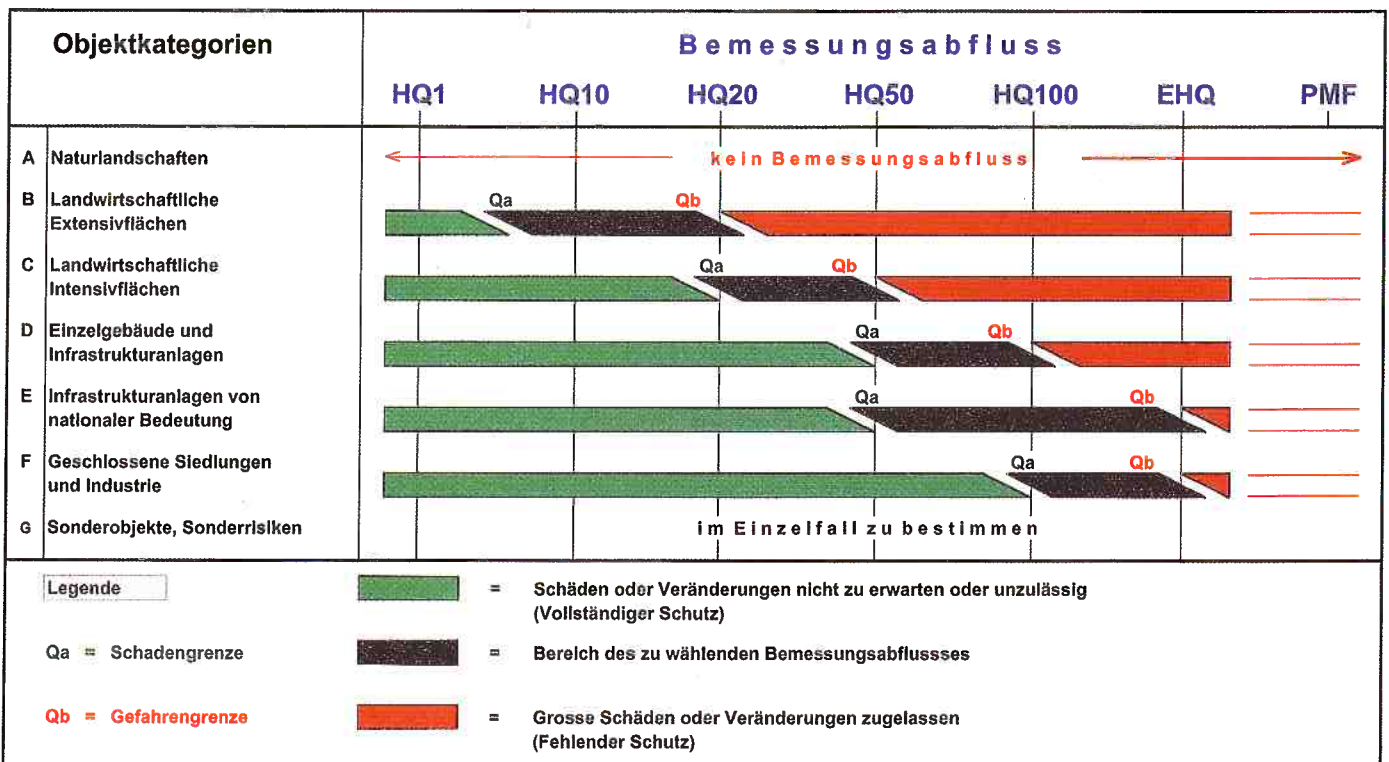
Gesamtkonzept Reuss; neue Schutzphilosophie

Die Behebung der Schäden des Hochwassers von 1987 erfolgte in zwei Phasen, einerseits mittels Sofortmassnahmen, andererseits durch eine längerfristige Sicherung.

Die erste Phase begann mit einem Katastropheneinsatz, der vom kantonalen Führungsstab Uri (KAFUR) geleitet wurde und etwa drei Wochen beanspruchte. Anschliessend wurden zusätzliche Sofortmassnahmen ergriffen. Die Verkehrsverbindungen wurden - definitiv oder zunächst provisorisch - wiederhergestellt. Weiter galt es, eine etwa gleich grosse Hochwassersicherheit zu erreichen, wie sie vor dem Hochwasser bestanden hatte. Diese Phase wurde Mitte 1988 abgeschlossen.

Während der zweiten Phase wurden die provisorischen Bauwerke - wo nötig - in definitive umgewandelt und die Hochwassersicherheit überall dort, wo es angezeigt war, durch Wiederherstellungs- und Folgeprojekte erhöht.

Das Hochwasser 1987 betraf den Kanton Uri auf seiner ganzen Länge. Seit Beginn der Planungsarbeiten der zweiten Phase war es deshalb erklärtes Ziel, sämt-



7

Bemessungsempfehlung für den Hochwasserschutz

liche Massnahmen, zwischen denen ein Bezug bestand, 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 zweiten Phase wurde auf drei Ebenen geplant (Bild 6). 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 übergeordneten Aufgaben und Teilprojekten unterschieden. Übergeordnete Aufgaben erforderten eine abschnittsübergreifende Ausführung. So galt es, für die eigentliche Projektierung Grundlagen zu ermitteln und Leitlinien im Sinne einer «unité de doctrine» aufzustellen. Gewisse Massnahmen, z.B. der Hochwasseralarm, orientieren sich nicht nach den Abschnittsgrenzen und mussten demzufolge ebenfalls übergreifend angegangen werden. Die eigentliche Projektierung erfolgte dann auf der Ebene der Teilprojekte. Das gesamte Programm hat eine Laufzeit von 15 Jahren (1993 bis 2007).

Zu den wichtigsten gesamtheitlichen Aufgaben zählt 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 unterschiedlich gross. Das Gesetz verlangt 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 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. Da eine Richtlinie nie allen Fällen gerecht werden kann, muss sie so flexibel anwendbar sein, dass im Einzelfall auch begründete Ausnahmen möglich sind.

Mit dem Schutzziel wird jenes Mass an Sicherheit festgelegt, das mit Hochwasserschutzmassnahmen erreicht werden soll. Je nach der Gefahr für Leib und Leben sowie je nach Art, Anzahl, Grösse und Bedeutung der gefährdeten Objekte und dem massgebenden Prozess wird das Schutzziel unterschiedlich hoch angesetzt (Bild 7).

Aber nicht nur Objektkategorien sondern auch der sogenannte «massgebende Prozess» sind von Bedeutung. So ist z.B. die Gefährdung von Mensch, Tier und Sachwerten viel höher bei einer gefährlichen Überschwemmung mit grossen Wassertiefen oder hohen Wassergeschwindi-

keiten als bei einer leichten Überflutung mit nur geringer Wassertiefe. Es wird unterschieden zwischen den Prozessen leichte Überflutung, gefährliche Überflutung, Ablagerung, Erosion und Murgänge.

Die Schadensgrenze Q_a bezeichnet einen Bemessungsabfluss (Jährlichkeit), der für die schutzbedürftigen Objekte gerade noch ohne Schäden abfliessen soll. Ab der Gefahrgrenze Q_b ist der Hochwasserschutz nicht mehr gewährleistet. Abflüsse zwischen der Schadensgrenze Q_a und der Gefahrgrenze 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 Schadensszenarios bzw. der massgebenden Prozesse zu wählen. Bei leichten, ungefährlichen Überflutungen ist der untere Wert massgebend. Bei Erosionsprozessen bzw. 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.

Adresse des Verfassers:

Peter Piintener, dipl. Ing. ETH/SIA, Kantonsingenieur Uri, Amt für Tiefbau, Klausenstrasse 2, 6460 Altdorf

Literatur

Quelle: Hans Stadler, Bericht der Naturforschenden Gesellschaft Uri, 12. Heft

Anne Eckhardt, Zürich

«Vertrauen ist wichtig»

Kommunikation begleitet den Hochwasserschutz an der Reussmündung

Anne Eckhardt vom Büro Basler & Hofmann, Zürich, befragte Heinz Weber, Leiter der Abteilung Wasserbau beim Amt für Tiefbau, über das Kommunikationskonzept beim Hochwasserschutz an der Reussmündung.

Eckhardt: Herr Weber, im Bereich der Reussmündung hat der Kanton Uri einen differenzierten Hochwasserschutz verfolgt. Welche sind die wichtigsten Elemente dieser Schutzphilosophie?

Weber: Die neue Schutzphilosophie akzeptiert, dass nicht jeder Betroffene die gleiche Sicherheit vor Hochwasser beanspruchen kann. Stattdessen wurden Gruppen von Objekten festgelegt, die ähnlichen Schutz erfordern. Ausserdem haben wir nicht mehr nur den Flusslauf in die Betrachtungen einbezogen. Vielmehr hat sich durchgesetzt, dass der gesamte zur Verfügung stehende Raum für die Bewirtschaftung eines Hochwassers untersucht werden muss. Bei seltenen Ereignissen lassen wir die Überflutung grosser Gebiete zu. Der Vorteil sind geringere Ansprüche

an die Schutzbauten. Das ist effizient und kommt der Natur zugute.

Eckhardt: Akzeptieren zu müssen, dass der eigenen Liegenschaft ein höheres Restrisiko als anderen zugemessen wird, ist ja nicht ganz unproblematisch. Wie haben die Betroffenen auf das neue Konzept reagiert?

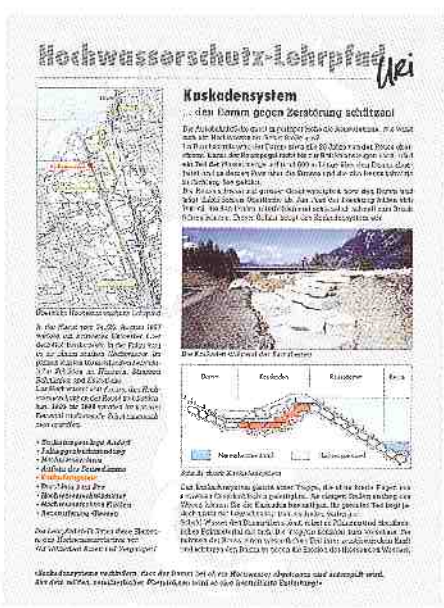
Weber: Die Vertreter der Bauherrschaft waren sich bewusst, dass die neue Schutzphilosophie nicht nur Angelegenheit von Fachleuten, Planern und Behörden ist.

Konzept Kommunikation

Offene und transparente Kommunikation schafft Vertrauen!
 Ein frühzeitiger Dialog mit den Betroffenen ist zentral!
 Ein erfolgreiches Kommunikationskonzept ist projektspezifisch!



1
 Ausschnitt aus der Broschüre zur Volksabstimmung 1993



2
 Ausschnitt aus dem Hochwasserschutz-Lehrpfad Reuss

Sondern sie muss vor allem von den Betroffenen und der Bevölkerung mitgetragen werden. Daher haben wir grossen Wert auf eine stufen- und zeitgerechte Information gelegt.

Eckhardt: Was bedeutet das konkret?

Weber: Zur Mitarbeit an der neuen Schutzphilosophie wurden die betroffenen Fachstellen des Kantons und des Bundes eingeladen, die Gemeindebehörden, die Kommission Hochwasserschutz als beratendes Organ des Regierungsrates und der Regierung. Zusätzliche wichtige Betroffene, zum Beispiel Umweltschutzorganisationen, haben sich anschliessend an der Erarbeitung der Schutzkonzepte beteiligt. Je konkreter die Massnahmen wurden, desto mehr standen direkte Gespräche mit einzelnen Betroffenen im Vordergrund. Als dann der Entwurf des Gesamtkonzepts vorlag, wurden ein Informationstag und eine Presseorientierung durchgeführt.

Eckhardt: Noch haben Sie aber die Bevölkerung direkt nicht erreicht...

Weber: Das Gesamtkonzept diente schlussendlich als Grundlage für die Verhandlungen zur Finanzierung und die Volksabstimmung. Für die Volksabstimmung wurde jedem Haushalt eine Informationsbroschüre zugestellt. In der Broschüre wurden die neue Schutzphilosophie, Massnahmen, Kosten, Termine und die Finanzierung erläutert. Vor der Abstimmung führte die Baudirektion Uri in den Gemeinden Informationsveranstaltungen durch, zu denen die Einwohnerschaft eingeladen war. Mit einer Tonbildschau wurde der Inhalt zur Abstimmungsvorlage erläutert. Ergänzend kamen noch Fachvorträge dazu, es gab Gelegenheit zur Diskussion. Fragen konnten direkt beantwortet werden. 1993 wurde der Kredit zur Verwirklichung des Hochwasserschutzprogramms dann mit grosser Zustimmung angenommen...

Eckhardt: Das heisst, Sie konnten mit der Ausführung beginnen?

Weber: Mit der Projektierung. Der erste Entwurf des Bauprojekts wurde den Gemeindebehörden und allen betroffenen Grundeigentümern beziehungsweise möglichen Einsprechern erläutert. Damit konnten viele berechtigte Anliegen schon in einem frühen Stadium berücksichtigt werden. Wir haben auch viele Einzelgespräche geführt, von Seiten der Bauherrschaft waren immer der Projektleiter oder dessen Stellvertreter dabei. So konnte das Vertrauen aufgebaut werden, das später

wichtig war, bei den Landerwerbsverhandlungen bis zum Abschluss der Bauarbeiten.

Eckhardt: Haben Sie auch die nicht direkt Beteiligten orientiert?

Weber: Vor der Planaufgabe wurde das Projekt in den Gemeinden öffentlich vorgestellt. Zusätzlich wurde allen Haushalten eine Broschüre mit Erläuterungen zum Projekt zugestellt, und in der Lokalpresse wurde über das bevorstehende Verfahren berichtet. Die Kommunikation führte dazu, dass nur relativ wenige Einsprachen erhoben wurden. Diese Einsprachen konnten anschliessend ohne zusätzliche Beschwerdeverfahren erledigt werden. Auch bei der Bauausführung haben wir einen guten Kontakt zu den betroffenen Grundeigentümern und zur Presse gesucht. Die Anstösser haben die Projektleitung daraufhin oft und engagiert unterstützt.

Eckhardt: Wie geht es nun weiter?

Weber: Demnächst werden wir zwischen Attinghausen und Flüelen einen Hochwasserschutz-Lehrpfad eröffnen. Dort sind die Schutzmassnahmen beschrieben, so dass man die Bauwerke und Beiträge zum Umweltschutz vor Ort anschauen und verstehen kann. Die Renaturierungsmassnahmen führen dazu, dass sich das Landschaftsbild entlang der Reuss immer noch laufend verändert, neue Lebensgemeinschaften entstehen, was sicher allen Anwohnern, aber auch denjenigen, die ihre Freizeit im Reusstal verbringen, auffallen wird. Wir würden uns freuen, wenn das Projekt weiterhin im Gespräch bleibt.

Eckhardt: Welche Schlussfolgerungen ziehen Sie heute, nach Beendigung der Arbeiten, aus dem Projekt?

Weber: Für die Kommunikation gibt es kein Rezept, das in jedem Fall gleich angewendet werden kann. Aber immer gilt, die Betroffenen frühzeitig einzubeziehen und berechtigte Anliegen aufzunehmen. Vertrauen ist wichtig. Durch eine offene und transparente Kommunikation und Verhandlungsweise wird Vertrauen geschaffen. Ist das Vertrauen erst einmal aufgebaut, erträgt es auch, dass nicht alle Anliegen erfüllt werden können.

Adresse des Interviewten:
 Heinz Weber, Ing. HTL, Abteilungsleiter, Amt für Tiefbau, Abteilung Wasserbau, Klausenstrasse 2, 6460 Altdorf

Sicherheit, Effizienz und Ökologie

Wiederaufbau der Dämme an der Reussmündung im Kanton Uri

Schon vor dem zerstörerischen Hochwasser vom August 1987 war bekannt, dass die bereits über 100-jährigen Dämme in der Reussmündung im Kanton Uri den heutigen Sicherheitsvorstellungen nicht mehr genügen. Neben drei Dammbriichen, die notdürftig während des Hochwassers repariert werden konnten, waren die Dämme auf der ganzen Länge geschwächt und grösstenteils ungenügend verdichtet.

Unter Fachleuten war man sich schnell einig, dass eine Sanierung einzelner Stellen nicht vertretbar schien und ein umfassender Wiederaufbau des fünf Kilometer langen Abschnittes erforderlich sei. Dieser Wiederaufbau sollte sich nach den vom Kanton Uri neu entwickelten Schutzziele richten und die Abflusskapazität sollte von 800 auf rund 1150 m³/s gesteigert werden. Zugleich müssten aber nicht nur Sicherheit und Effizienz, sondern auch ökologische Aspekte berücksichtigt werden. Zu Beginn wurden das Dammalter, der geschwächte Dammaufbau, die engen Platzverhältnisse, die monotone Linienführung und die stabile Flusssohle erfasst. Daraus wurden folgende Punkte abgeleitet, die im Wiederaufbau berücksichtigt werden sollten:

- Keine Veränderung der Flusssohle (bereits im Gleichgewicht)
- Geringfügiges Vergrössern von Gerinnebreiten und Dammhöhen
- Gezielte Entlastungen des Reussgerinnes bei Eintreten eines definierten Abflusses, d.h. keine unkontrollierte Brechenbildung bei den Dämmen
- Aufgelockerte Gestaltung durch Variation der Dammneigung und der Linienführung des Böschungsfusses
- Gezielte Verbesserung der Lebensräume für die Natur

Diese Punkte wurden mit den nachfolgend beschriebenen Hochwasserschutzmassnahmen erfolgreich umgesetzt.

Massnahmen an der Dammsubstanz

Ein zentrales Anliegen bei den Hochwasserschutzmassnahmen war es, die über



1
Verschiebung des Reussdammes (Bild: Irène Elber)

2
Ersatz des Uferschutzes (Bild: Irène Elber)



vier Kilometer verlaufende monotone Linienführung der Dämme zu durchbrechen. Einem Fluss den natürlichen Raum für das Mäandrieren wieder zuzugestehen, war im intensiv genutzten Raum jedoch nicht denkbar, umfasst die Mündungsebene doch wertvollstes Kulturland. Auch das Verlegen der parallel zur Reuss verlaufenden Autobahn hätte die finanziellen Möglichkeiten bei weitem gesprengt. Gleichwohl konnte eine Lösung gefunden werden.

Entlang der Autobahn waren einzelne Restflächen vorhanden, die neu dem Flussraum zugeteilt wurden. Auf einer Länge von 500 m macht die Reuss heute einen Bogen mit bis zu 15 m Ablenkung von der Geraden. Zudem konnte durch geringfügige Abstriche beim Kulturland Raum gefunden werden, der den auf 1:3 bis 3:5 abgeflachten Böschungen nun ein leichtes Schlingeln gestattete. Auch wenn es sich

dabei um kleine Korrekturen handelt, so geben sie dem Gerinne doch einen abwechslungsreicheren Charakter und lockern das Erscheinungsbild in verblüffender Weise auf (Bild 1).

Neben der Flussverbreiterung und Dammerhöhung sollten die Dammkronen den Erfordernissen eines modernen Unterhaltes angepasst werden. Dazu wurden sie mit einer für schwere Lastwagen tragfähigen Koffierung und einer Breite von 4 m ausgebildet.

Auch die alte und teilweise provisorisch instandgesetzte Dammsubstanz musste umfassend saniert werden. Aus finanziellen Gründen konnte das vorhandene Schüttmaterial nicht über die ganze Länge durch ideales Material ersetzt werden. Mit dem Konzept eines luftseitigen Auflastfilters wurde ein wirtschaftlicher Dammaufbau erreicht, der «flächendeckend» die Schwachstellen im alten Damm abdeckte,

mit dem vorhandenen Material auskam und die zu sanierende Bausubstanz auf ein Minimum beschränkte.

Um die Dämme vor dem abfliessenden Wasser im Gerinne zu schützen, waren auf der ganzen Länge bauliche Massnahmen erforderlich. Die eng ineinander verkeilten Reussbollen mit Durchmessern von 20 bis 30 cm wichen einem Blocksatz mit Blöcken von 1 bis 4 t Gewicht. Insgesamt wurden dazu rund 230 000 t Blöcke benötigt (Bild 2).

Entlastungen des Reussgerinnes

Für das Abfliessen der geforderte Kapazität hätten die Reussdämme massiv erhöht werden müssen, was bei den flachen Uferböschungen erhebliche Kulturlandflächen beansprucht hätte. Die vorhandene Autobahnbrücke über die Reuss beschränkte zudem durch die sehr geringe Höhe die Abflusskapazität. Die Brücke anzuheben, hätte einen Neubau der Zufahrtsrampen über mehrere Hundert Meter verlangt. Statt einer Dammerhöhung wurden daher zwei Entlastungsanlagen, Altdorf und Reussdelta, konzipiert, die das Reussgerinne ab einer gewissen Abflussmenge gezielt und kontrolliert entlasten (Bild 3).

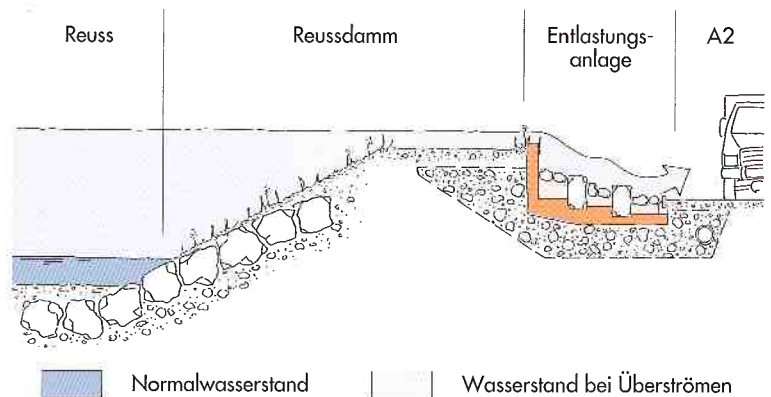
Bei der Entlastungsanlage Reussdelta geschieht eine solche Entlastung bereits ab einem 20-jährlichen Hochwasser - entsprechend rund $520 \text{ m}^3/\text{s}$ Abfluss. Die Anlage erstreckt sich etwas oberhalb der Autobahnbrücke über eine Länge von rund 800 m. Sie ist als überströmbarer Dammabschnitt mit einer gegenüber dem übrigen Damm um 0,9 m reduzierten Höhe ausgebildet. Überfliessendes Wasser muss gezielt in die Reussebene geleitet werden, wobei ein im Terrain heute kaum mehr wahrnehmbarer Sekundärdamm die Überflutungsfläche bis zu einem 50-jährlichen Ereignis in Grenzen hält. Die Folgen einer Überflutung sind in diesem Gebiet, welches teilweise als Naturschutzfläche mit Moorcharakter gilt, gut verkraftbar oder sogar willkommen.

Bei der Entlastungsanlage Altdorf ereignet sich eine Überflutung alle 50 Jahre - entsprechend $620 \text{ m}^3/\text{s}$ Abfluss. Die Anlage setzt sich aus zwei rund 180 m langen Teilstücken zusammen. Auch diese in ihrer Höhe um rund 1 m reduzierten Dammabschnitte sind überströmbar ausgebildet und liegen je leicht gegen die Reuss angewinkelt plaziert. Aufgrund von hydraulischen Modellversuchen an der Versuchsanstalt für Wasserbau der ETH Zürich wurde erkannt, dass auf diese Weise eine grössere Entlastungsmenge auf einer kürzeren Strecke erreicht werden kann. Das Wasser, welches hier das Reussgerinne verlässt, ergiesst sich direkt auf die Auto-



3 Entlastungsanlage Altdorf während des Baus (links)

4 Querschnitt durch die Entlastungsanlage Altdorf (unten)



bahn und fliesst parallel zur Reuss in Richtung See. Bis zu einem Ereignis analog dem Hochwasser 1987 beschränkt eine rund 1,5 m hohe Hochwasserschutzmauer den Abfluss auf die Autobahn. Dank gezielter Massnahmen am Entwässerungssystem sind die Folgen eines Wasserabflusses auf der Autobahn abgesehen von den Verkehrsumleitungen gering. Werden die 1,5 m Wasserhöhe überschritten, so überströmt das Wasser die Mauer (Bild 4). Die ganze Reussebene bis zum Bahndamm bildet dann ein grosses Retentionsbecken. Im Bereich des Altdorfer Giessens beschränkt das um wenige Dezimeter erhöhte rechte Ufer diese Überflutungsfläche gegen Osten. Die Folgen sind eine kurzfristige Überflutung von wenigen Dezimetern Wasser, Geschiebe wird hingegen nicht eingetragen.

Renaturierungsmassnahmen

Mit dem Wiederaufbau des Reussgerinnes strebte man auch eine gezielte Verbesserung der Lebensräume für Fische, Eidechsen, Vögel, Spinnen usw. an.

Das Reussgerinne verliert durch den Ausbau des SBB-Kraftwerkes Amsteg an Attraktivität für Fische. Gebündelte Zugsabfahrten verursachen einen grossen Strombedarf. Dies führt dazu, dass sich zu jeder vollen Stunde eine kleine Flutwelle die Reuss herunter bewegt. Fische müssen einen Unterschlupf aufsuchen und werden in ihrem Lebensraum gestört. Ersatzweise wurde der Altdorfer Giessen als Fischgewässer aufgewertet und umfassend renaturiert. Insbesondere bei der Wahl des

Sohlenmaterials konnte den Laichbedürfnissen umfassend Rechnung getragen werden. Zudem wurde auch am Reussgerinne konsequent auf eine fischgerechte Ausbildung des Uferschutzes geachtet. In unregelmässigen Abständen angeordnete Buhnen gestatten es den Fischen, in Bereichen mit geringer Strömungskraft Unterschlupf zu suchen.

Für Eidechsen und ihre Begleitbewohner wurden am Ufer vereinzelt Steinhäufen oder Totholzhaufen aufgebaut. Dass diese Trockenstandorte sehr schnell besiedelt wurden, zeugt von einem hohen Bedarf. Auch die unterschiedliche Begrünung der Ufer, z.B. mittels Magerwiesen, kommt diesen Tieren zugute.

Der Mündungsbereich des Palangenbaches, ein Seitengerinne der Reuss, wurde auf einer Länge von 100 m aufgeweitet, um eine natürliche Kiesverlandung zu begünstigen. Solche Kiesflächen sind ständigen Veränderungen durch geringfügige Hochwasser unterworfen, und es bilden sich kurzzeitig spezielle Kleinvegetationen, die so von Spinnen, Eidechsen und seltenen Vögeln bewohnt werden. An anderen Stellen wurden gezielt Niedrigwasserzonen modelliert. Auch solche Flächen stellen in der Natur heute gesuchte Reservate dar.

Adresse des Verfassers:

Martin Bosshard, dipl. Bauing. ETH, Basler & Hofmann, Ingenieure und Planer AG, Forchstrasse 395, 8029 Zürich

Bei Hochwasser bilden sich Dünen...

Hydraulik an der Reussmündung im Kanton Uri

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

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

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

Hydraulische Modellversuche

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

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

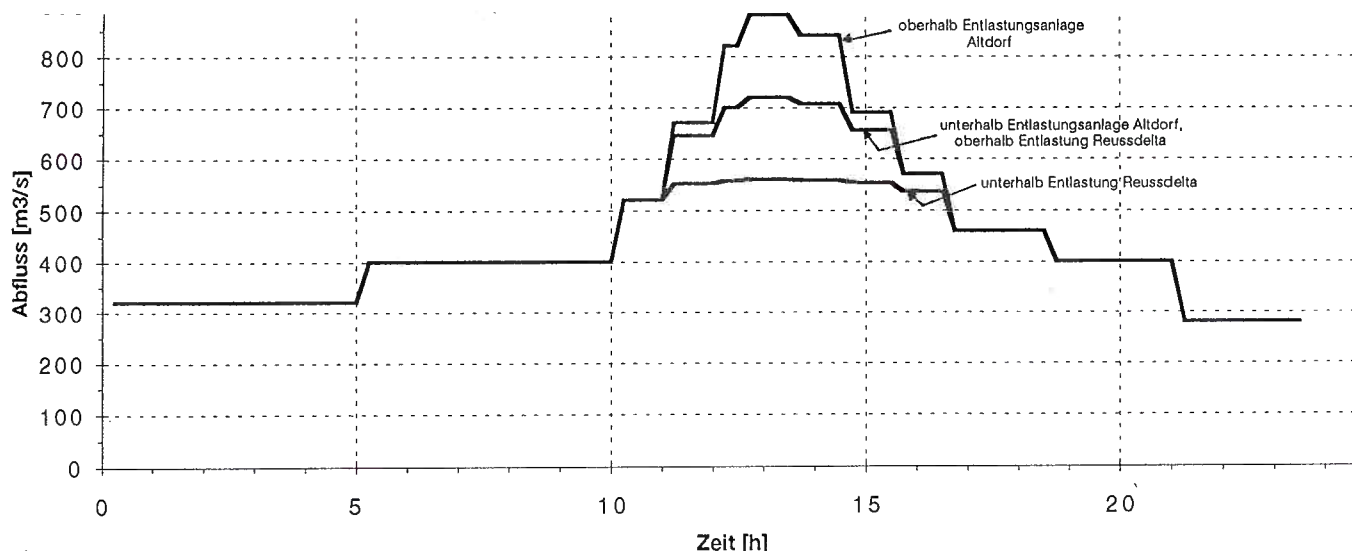
Die so gewonnenen Erkenntnisse führten gegenüber einer ersten rechnerischen Simulation zu massgeblichen Optimierungen. So konnte die Länge der Ent-

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

Rechnerisches Erfassen der Situation

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

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





2

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

3

Steindepot für den neuen Blocksatz (Bild: Irène Elber)

4

Resultate aus den MORMO-Berechnungen (unten)

tate aus den hydraulischen Modellversuchen vorgenommen:

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

Eichung des numerischen Modells

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

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

Dynamische Berechnungen zur Beurteilung der langfristigen Sohlenlage und Einzelereignisse

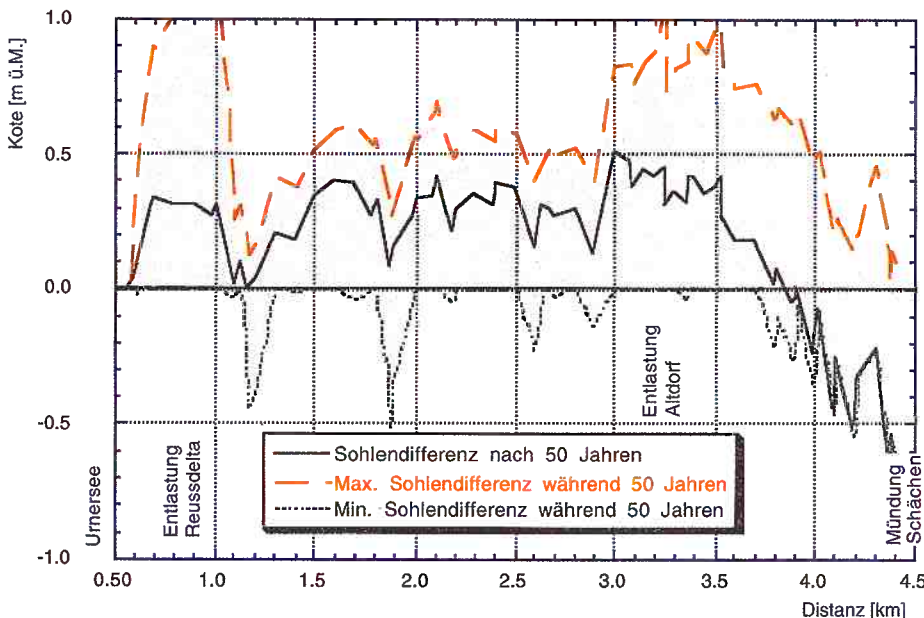
Die Langzeitsimulation erfolgte analog zur Eichung des numerischen Modells

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

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

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

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



Adresse des Verfassers:

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

Kehrt der Eisvogel zurück?

Verbesserungsmassnahmen für Natur und Landschaft an der Reussmündung im Kanton Uri

Wasserbauliche Massnahmen mit einem Kostenvoranschlag von mehr als 15 Millionen Franken erfordern eine Umweltverträglichkeitsprüfung. Der Umweltverträglichkeitsbericht für den Hochwasserschutz an der Reuss beinhaltet die Projektauswirkungen und die in das Projekt integrierten Umweltschutzmassnahmen. Wichtigste Verbesserung zugunsten von Natur und Landschaft war die Renaturierung des Altdorfer Giessens.

Da die Reuss durch den Schwallbetrieb des Kraftwerks Amsteg für Fische an Attraktivität verloren hat, besitzt der Giessen Bedeutung als Ersatzlebensraum. Zu den Aufwertungsmassnahmen im Bereich des Reussgerinnes zählten die extensive und vielfältige Wiederbegrünung der sanierten Dammschnitte mit Magerwiesen, Ruderalfluren, Gebüschflächen und Einzelbaumpflanzungen, die rauhe Gestaltung des Uferbereichs als Unterschlupf für im Wasser lebende Tiere und lokale Gerinneaufweitungen zur Bildung von Kiesflächen.

In allen Projektierungs- und Ausführungsphasen wirkten Umweltspezialisten mit. Dadurch konnten die im Umweltverträglichkeitsbericht dargestellten Verbesserungsmassnahmen optimal umgesetzt werden. Bei Bedarf fand, insbesondere zur Gestaltung und Wiederbegrünung, auch eine Beratung direkt auf der Baustelle statt.

Aufwertungen am Altdorfer Giessen und im Reussdelta

Bei Extremhochwasser wird der maximale Überflutungsbereich durch zwei Sekundärdämme begrenzt. Diese zurückversetzten Verteidigungslinien mussten sowohl aus landschaftlicher wie ebenso aus landwirtschaftlicher Sicht günstig platziert werden. Der Sekundärdamm im Gebiet Flüelen-Altdorf wurde deshalb parallel zum Altdorfer Giessen geführt und in die Renaturierung dieses Gewässers miteinbezogen. Im Reussdelta bei Seedorf wurde der zurückversetzte Damm entlang der Alten Reuss geschüttet. Damit konnte die Böschung des Gewässers neu gestaltet werden (Bild 1).



1

Neu gestalteter Altdorfer Giessen (Bild: Irène Elber)

2

Eidechsenhabitat Trockenstandort Attinghausen

Die ökologischen Massnahmen am Altdorfer Giessen verfolgen primär das Ziel, das Gewässer als Laichgebiet für die seltene Seeforelle sowie für die Bachforelle aufzuwerten. Dabei hat der Giessen nach wie vor seine Funktion als Entwässerungskanal der Melioration zu erfüllen.

Eine neue, saubere Kiessohle wurde in den Bach eingebracht, dessen Gerinne heute leicht geschwungen verläuft, so dass Prall- und Gleitufer unterschiedliche Strömungsverhältnisse bewirken. In den Uferbereichen wurden Unterstände aus Holz und Stein eingebaut, welche den Fischen Unterschlupfmöglichkeiten bieten, bis sich natürlicherweise entsprechende Standorte wie Uferunterspülungen, einwachsende Gehölzwurzeln usw. gebildet haben. Ufersicherungen erfolgten, soweit sie erforderlich waren, mit ingenieurbioologischen Massnahmen (ausschlagfähige Faschinen mit Strauchpflanzungen im angrenzenden Böschungsbereich, Schilf-

pflanzungen) oder lokal mit unregelmässigen Kies- und Steinschüttungen.

Stellenweise blieben die Ufer auch unberührt von Bauarbeiten. Die Gewässerböschungen wurden abwechslungsreich mit Gehölzen, Magerwiesen und Hochstaudenfluren bepflanzt. Einzelne Böschungsabschnitte wurden auch der Spontanbegrünung überlassen. Zur Förderung des Lebensraumes für Eidechsen wurden zusätzlich Stein- und Asthaufen in den oberen Böschungsbereichen platziert (Bild 2).

Kontrollen der Fischereiverwaltung und die Resultate einer Diplomarbeit an der EAWAG Dübendorf zeigen, dass dem Altdorfer Giessen heute eine grosse Bedeutung als Laich- und Jungfischgewässer zukommt. Ein Problem stellt jedoch die sich abzeichnende Wiederverschlückung der Bachsohle dar. Das eingeleitete Wasser aus dem Schächenbach führt Schwefelbestoffe mit, welche sich im Giessengerin-

ne setzen und so den Porenraum in der saubere Kiessohle verstopfen. Es ist deshalb geplant, das Schächenwasser zukünftig nicht mehr dem Giessen sondern dem Dorfbach Altdorf zuzuführen.

Die Entwicklung der gewässerbegleitenden Vegetation entlang des Giessens wird dieses Jahr im Rahmen einer Diplomarbeit am Geobotanischen Institut der ETH Zürich untersucht. Die Resultate werden Hinweise für notwendige Pflegemassnahmen liefern.

Als spezielles Gestaltungselement wurden in den Sekundärdamm Reussdelta entlang der Alten Reuss Eisvogel-Nistwände integriert. Es handelt sich dabei um Steilwände, welche direkt aus dem Wasser aufsteigen und in die künstliche Brutröhren für den Eisvogel eingelassen sind (Bild 3 und 4).

Aufwertungen am Reussgerinne

Im Bereich des Reussgerinnes mussten sich die Gestaltungsmassnahmen nach den engen Platzverhältnissen und den Vorgaben des Hochwasserschutzes richten. Der heutige Flusslauf präsentiert sich nach wie vor stark verbaut. Die frühe-

re monotone Gerinnegeometrie wurde jedoch zugunsten einer leicht geschwungenen Linienführung durchbrochen. Die Gerinneaufweitungen ermöglichten teilweise die Entstehung von Kiesflächen, welche bei Hochwasser umgestaltet und wieder abgetragen werden. Grössere Kiesflächen bilden sich im Bereich der Mündungsaufweitung des Palanggenbaches und der Abflachung des Uferbereichs Albenschnitt bei Attinghausen.

Auf diesen Schwemmlächen entwickeln sich spontan Auenvvegetationen, die zunächst aus krautigen Pflanzen, längerfristig aber auch aus Gehölzen bestehen werden. Hochwasser unterbrechen die Vegetationsentwicklung durch Erosion oder Aufschüttung und lassen sie wieder von vorne beginnen. Die unterschiedlich stark bewachsenen Kiesflächen bieten den verschiedenen Kleintieren wie Eidechsen, Insekten und Spinnen einen wichtigen Lebensraum. Für Eidechsen wurde auf der landseitigen Dammböschung bei Attinghausen ein spezieller Trockenstandort eingerichtet, der sich aus einem Mosaik von spaltenreichen Mäuerchen und Ruderalflächen zusammensetzt.

Bepflanzung und Abfluss

Die Bepflanzung der Dammböschungen mit Gehölzen stellt einen Kompromiss mit den hydraulischen Anforderungen an das Reussgerinne dar. Um die Abflusskapazität sicherzustellen, wurden auf den wasserseitigen Böschungen nur abschnittsweise und jeweils uferseitig versetzt Sträucher bzw. Hecken gepflanzt. Eine Pflegeplanung für die Dammvegetation sorgt dafür, dass die heutige Gehölzverteilung auch langfristig bestehen bleibt. Die Begrünung der Dämme erfolgte etappenweise über mehrere Jahre. Dadurch wurde es möglich, die Entwicklung der Vegetation zu verfolgen und die gewonnenen Erkenntnisse in spätere Ansaaten einfließen zu lassen. Entsprechend wurden das Saatgut und der Bodenaufbau für die Magerwiesen im Verlauf der Begrünungsarbeiten angepasst.

Adresse der Verfasser:

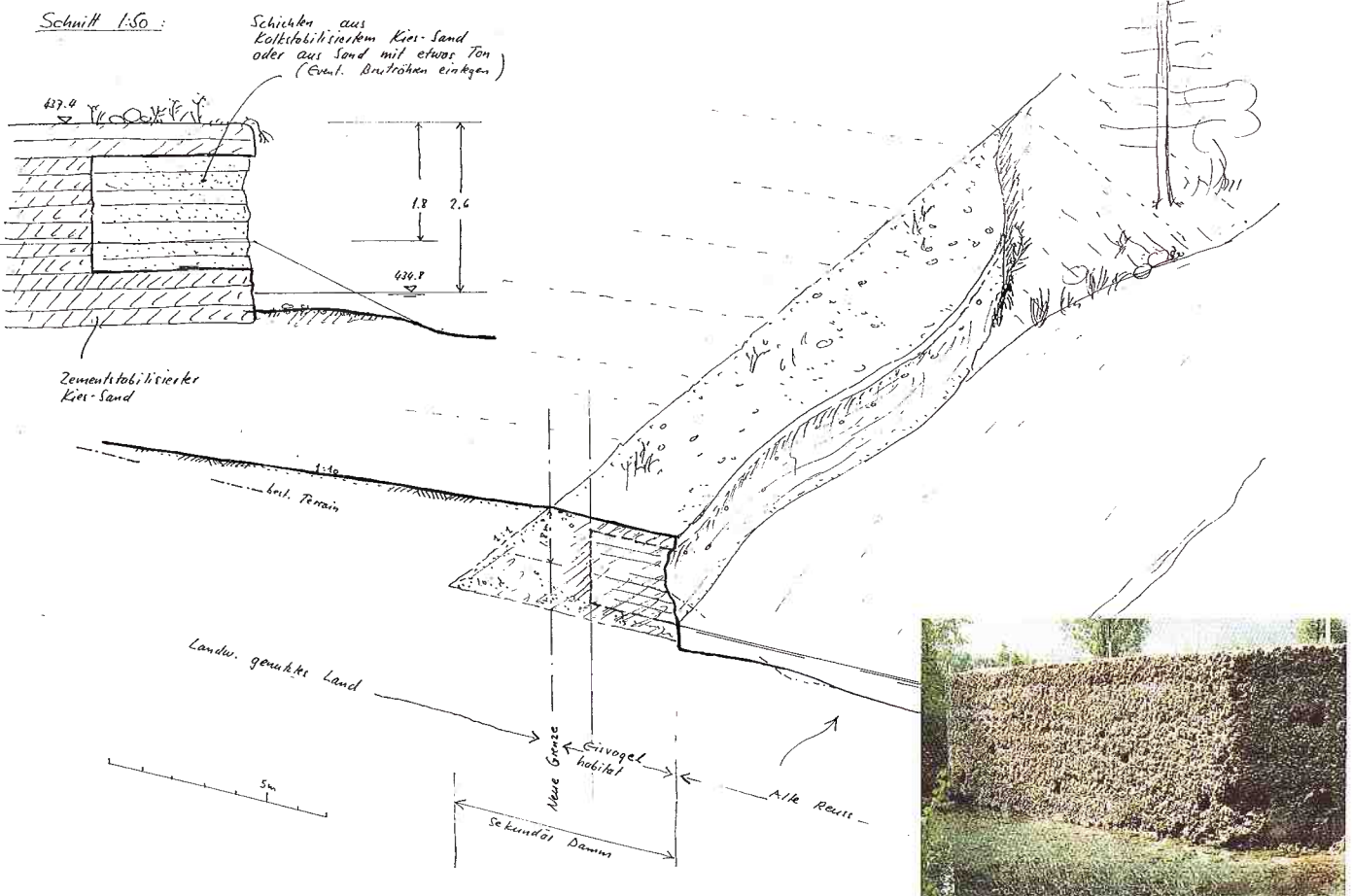
Bernard Griesser, Dr. sc. nat. ETH, Heinz Kaspar, dipl. Bauing. ETH; Basler & Hofmann, Ingenieure und Planer AG, Forchstrasse 395, 8029 Zürich

3

Eisvogel-Nistwände im Sekundärdamm Reussdelta entlang der Alten Reuss, Projektskizze als Ausführungshilfe auf der Baustelle

4

Realisierte Eisvogel-Nistwand



Unsicherheiten mit neuen Verfahren begegnen

Wirtschaftlicher Dammbau an der Reussmündung im Kanton Uri

Die Reussdämme im Mündungsgebiet zum Urnersee wurden gegen Ende des letzten Jahrhunderts mit den dazumal sehr einfachen technischen Hilfsmitteln in einem sumpfigen Überschwemmungsgebiet geschüttet. Möglichkeiten von Material und Technik waren begrenzt, so dass die Situation vor dem Hochwasser 1987 den Sicherheitskriterien nicht mehr genügte.

Zur Zeit des Baus der Reussdämme gab es kaum die Mittel, das Schüttmaterial angemessen zu verdichten. Aus wirtschaftlichen Gründen war es auch nicht möglich, die notwendigen Kubaturen über eine grössere Strecke zu transportieren. Die so entstandenen Dämme entsprachen den neuen Sicherheitsvorstellungen nicht mehr und eine Sanierung, insbesondere des Abschnittes See bis Amsteg, drängte sich auf.

Um Genaueres über die innere Struktur der Dämme zu erfahren, wurden seit 1991 die Resultate von rund 40 in die Dämme abgeteufte Kernbohrungen ausgewertet. Die Auswertungen zeigten einen sehr heterogenen Aufbau der Dämme mit kleinräumigen Abfolgen von Kies- und Sandschichten, die teilweise schlecht verdichtet schienen.

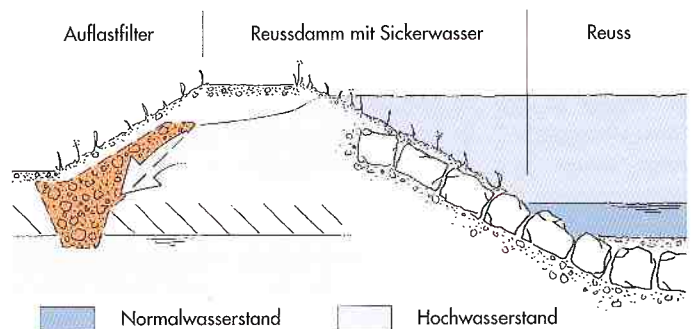
Für das Sanierungskonzept ergab sich somit folgende Problematik: Die inhomogene, nur schwerlich bestimmbare Grundsubstanz eines kilometerlangen Bauwerks musste kostengünstig, ökologisch und mit geringen Risiken saniert werden.

Schnell wurde klar, dass der Ersatz des gesamten Schüttmaterials durch geotechnisch optimales Material ausser Betracht fiel. Vielmehr musste von der bestehenden Substanz ausgegangen werden. Unkenntnisse über die innersten Bereiche des Dammes, materialbedingte Schwachstellen oder nicht erkannte Inhomogenitäten mussten abgedeckt und die differenzierten Schutzgradbestimmungen beachtet werden.

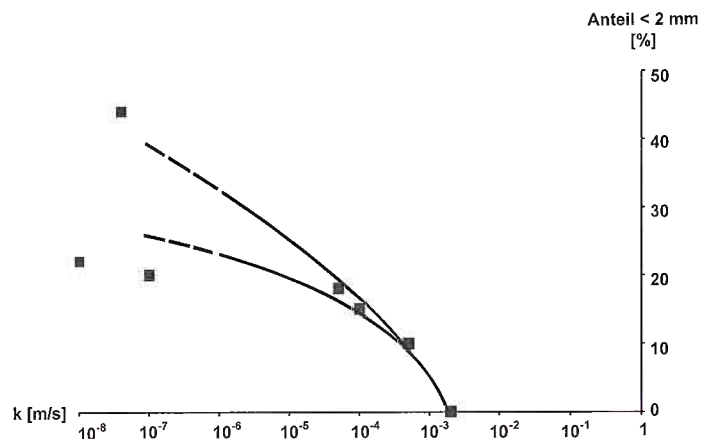
Drei Sanierungstypen wurden definiert. Der weitaus grösste Teil der Uferbereiche konnte einer Teilsanierung unterzogen werden: Wie bei einer Betonsanierung musste hier nur die äusserste Schicht



1
Klassischer Dammbau bei der Dammverschiebung unterhalb Brücke Seedorf



2
Querschnitt durch Damm mit Auflastfilter



3
Korrelation zwischen Kornverteilung und Durchlässigkeitswert



4

Brechen von Steinen und Aussieben zu Auflastfiltermaterial

des Dammes neu erstellt werden, der Kernbereich wurde belassen. Gewisse Abschnitte erlaubten eine markante Dammverschiebung, was aus gestalterischer Sicht sehr erwünscht war. Schlussendlich gab es aber auch Dammbereiche, deren Totalsanierung wegen Schwachstellen im Fussbereich oder infolge massiver Durchwurzelung unausweichlich war (Bild 1 und 2).

Geotechnische Dimensionierung

Durch das Entlastungsventil, welches bei einem Hochwasserereignis unter anderem Wasser auf die Nationalstrasse abführt, waren bei der Dimensionierung auch unübliche Lastfälle abzudecken. Der Damm kann während einer Hochwasserentlastung auch auf der Luftseite einer Strömung ausgesetzt sein. Für die Berechnung massgebend war hier, dass ein schnelles Absinken des Wasserspiegels die Stabilitätsverhältnisse am luftseitigen Dammfuss vermindert.

Bei der Berechnung der Böschungstabilität spielte die Annahme des inneren Sickerlinienverlaufs eine massgebende Rolle. Mit Hilfe einer Modellierung können wir heute instationäre Verhältnisse, das heisst zeitliche Veränderungen der Sickerlinie bei Auftreten einer kurzzeitigen Hochwasserwelle, zuverlässig berechnen. Hochwasser in Alpentälern sind im Gegensatz zu solchen in grossen Ebenen immer mit intensiven und langdauernden Regenfällen verbunden. Die Dämme werden dabei intensiv durchnässt und das Schüttmaterial ist vor Ansteigen des Wasserspiegels bereits gesättigt. In einem solchen gesättigten Material gleicht sich die Sickerlinie sehr schnell dem stationären Zustand an. Daher wurde bei der Bemessung vom stationären Zustand, einer ungünstigen Annahme, ausgegangen. Da-

neben waren auch weitere Nachweise zu erbringen wie innere Dammerosion, Ufererosion, Auftrieb und Kolkerscheinungen.

Der Lastfall einer plötzlichen Absenkung des Wasserspiegels auf der Luftseite ist für einen Damm ungewöhnlich. Konsequenzen ergaben sich daher bei der Gestaltung des luftseitigen Fussbereiches, der sich zwingend zusammen mit dem Absinken des äusseren Wasserspiegels entwässern muss. Bei einer zeitlichen Diskrepanz hätte sich die Sickerlinie oberflächennah in Böschungsrichtung eingestellt und hätte damit die Stabilität in unzulässigem Masse reduziert. Die erforderliche Entwässerung wurde mit der Durchlässigkeit des oberflächennahen Materials erreicht. Die Luftseite wurde mit einem zwei Meter dicken und auf das Absinken des Spiegels angepassten Auflastfilter abgedeckt.

Der Auflastfilter verhindert nun auch, dass Feinanteile ausgespült werden können. Unsicherheiten wie Unkenntnisse des innersten Bereiches des Dammes, materialbedingte Schwachstellen oder nicht erkannte Inhomogenitäten lassen sich so umgehen.

Geeignetes Material für den Auflastfilter

Die Anforderungen an den Auflastfilter sind gegensätzlich. Einerseits muss er eine definierte Durchlässigkeit aufweisen und selbst im verdichteten Zustand durchlässiger sein als das anstehende Material (nicht zu feinkörnig), andererseits aber auch die Filterkriterien gegenüber dem anstehenden Material gewährleisten (nicht zu grobkörnig). Um möglichst viel vom vorhandenen Material wieder zu verwenden, wurde der Auflastfilter aus dem bestehenden Dammmaterial gewonnen.

Wie hat aber ein Kiesmaterial von genau definierter Durchlässigkeit von $k=10^{-4}$ m/s auszusehen? Ausgehend von der Kornverteilung von Kiesen wurden diverse Formeln und Erfahrungswerte herangezogen. Dabei zeigte sich ein äusserst breit gestreutes, für die Praxis unbrauchbares Band von Resultaten. Zudem ist die Durchlässigkeit stark abhängig von der vorhandenen Verdichtung. Um die entstandenen Fragen zu klären, führten wir gemeinsam mit dem Institut für Geotechnik der ETH Zürich Versuche durch. Das Resultat ist eine praxistaugliche Schnellbeurteilung der Durchlässigkeit von verdichteten Kiesen in Abhängigkeit von der Kornverteilung (Bild 3).

Ausführung des Auflastfilters

Dem Grundsatz folgend, das vorhandene Dammschüttmaterial wieder zu verwenden, wurde gemeinsam mit der ausführenden Arbeitsgemeinschaft nach Aufbereitungslösungen gesucht. Der Anteil an kiesigem Schüttmaterial war verhältnismässig gross. Das Schüttmaterial verfügt jedoch über einen grossen Sandanteil, was die Durchlässigkeit stark vermindert. Ausgehend von der Beziehung Sandanteil zu Durchlässigkeit, wie sie die Versuche gezeigt hatten, wurde die Aufbereitungsanlage konzipiert.

Aufgrund des stellenweise sehr hohen Anteils an Blöcken mit Durchmesser grösser als 200 mm musste das Material gebrochen werden. Die dazu verwendete Anlage konnte auch das Zerkleinern der Reussbollen aus dem alten Uferschutz bewerkstelligen. Nach dem Brechen wurde das Material mittels Förderband über ein Sieb mit Lochdurchmesser von 8 mm geführt. Durch den Umstand, dass das Material immer in erdfeuchtem Zustand angeliefert



5

Verlegearbeiten von Dichtungsmatten

kam, klebte stets ein Teil des Feinanteiles an den grösseren Körnern. Nach dem Siebdurchgang war folglich nur ein Teil der Körner kleiner 8 mm ausgesiebt. Durch Regulieren der Förderbandgeschwindigkeit konnte der Unternehmer den gewünschten Anteil an Körnern kleiner als 2 mm einfach steuern.

Mit dieser Methode konnte man Aufstausmaterial aus dem bestehenden Dammmaterial in einem Arbeitsgang herstellen. Ein Mischen mit Zuschussmaterial war nicht mehr erforderlich, und im Gegensatz zum Mischprozess an der Einbaustelle konnten die Qualitätskontrollen einfach vorgenommen werden. Das ausgesiebte Material zeigte eine ideale Kornverteilungskurve für einen hochwertigen Sand. Es wurde im Kernbereich des Dammes wieder eingebaut und erwies sich als sehr gut verdichtbar. Ausschussmaterial musste nie abgeführt werden (Bild 4).

Das nachträgliche Abdichten von undichten Dämmen

Der rechtsufrige Reussdamm in Attinghausen weist im Gegensatz zu anderen Bereichen entlang der Reussdämme eine dichte Wohnbebauung in geringer Entfernung zum Gewässer auf. Der Grundwasserspiegel befindet sich im Normalfall wenige Dezimeter unter den Kellerböden, die nur knapp über dem Niveau der Reusssohle liegen.

Die äusserst lang andauernden Niederschläge im Frühling 1999 liessen den Grundwasserspiegel auf Rekordmarken anschwellen. Dazu trat ein weiteres durch den Neubau des Uferschutzes bedingtes Phänomen auf. In die Sohle und an das Ufer eines Flusses wird laufend Feinmaterial eingeschwemmt. Es kommt daher mit der Zeit zu einer Kolmatierung, einer in-

tensiven Abdichtung der äussersten Schicht. Durch den Neubau des Uferschutzes wurde diese dichte Schicht zwangsläufig aufgerissen. Die Folge war eine verstärkte Infiltration von Reusswasser in das Grundwasser, was zusammen mit einem hohen Grundwasserspiegel in Attinghausen zu Wasseraufstößen in den Kellern führte.

Während eines Hochwassers würde sich die Kolmatierung auf natürliche Weise wieder ausbilden und die Wasseraufstöße zum Verschwinden bringen. Dieser Prozess bedarf aber mehrere Hochwasser in einer ungewissen Zeitspanne - eine für die betroffenen Anwohner unzumutbare Situation. Daher musste nach einer Lösung gesucht werden, die mit verhältnismässigem Aufwand umzusetzen war.

Zunächst wollte man sich über den Verlauf des Sickerwasserspiegels quer zum Dammbau Klarheit verschaffen. Piezometer wurden gesetzt und deren Wasserspiegel in Relation zur jeweiligen Abflusskote in der Reuss gebracht. Die rechnerischen Simulationen, die an den gemessenen Werten geeicht wurden, bestätigten den fehlenden Druckabbau in der oberflächennahen Uferschicht. Um den ursprünglichen Zustand wieder zu erreichen gab es verschiedene Möglichkeiten: Injektionen, oberflächliches Abdichten oder Verlängern des Sickerweges durch Einbau beispielsweise einer Spundwand. Injektionen wurden aus Umweltschutzgründen verworfen und weil die Erfolgsquote bei verhältnismässigem Volumeneinsatz fraglich ist. Ein Verlängern des Sickerweges hätte aufgrund der vorhandenen Geologie eine über 15 m lange Dichtwand erfordert. Oberflächliches Abdichten dagegen versprach den besten Erfolg und erwies sich auch als die günstigste Methode.

Nachdem das Wasser auf die rechte Gerinneseite gedrängt und eine Baupiste geschüttet worden war, wurde der Blocksatz weggeräumt, eine Dichtungsmatte von der Sohle bis knapp unter die Dammkrone verlegt und mit Sand überschüttet. Anschliessend wurde der Uferschutz wieder aufgebaut. Als Dichtungsschicht wurde eine Bentonitmatte ausgewählt, bei der Bentonitpulver in Geotextilien eingeschlossen ist. Bentonit stellt einen natürlichen Baustoff dar, der sich aus sehr feinkörnigen Tonmineralien zusammensetzt. Er quillt bei Wasserzutritt stark auf und dichtet ab (Bild 5).

Folgerungen

Mit dem gewählten Konzept der luftseitigen Auflastfilter wurde eine Sanierungsmethode für alte Flussdämme gefunden, die sich kostengünstig, ökologisch und mit geringen Projektrisiken realisieren lässt. Der Wasserabfluss auf der Luftseite, Unsicherheiten betreffend dem innersten Bereich des Dammes, materialbedingten Schwachstellen und nicht erkannten Inhomogenitäten wurden mit dieser Sanierung abgedeckt. Zudem berücksichtigte dieses Vorgehen differenzierte Schutzbedürfnisse.

Adresse des Verfassers:

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

Bilder

Irène Elber, Altdorf und Zürich

Die Ausführungsproblematik aus der Sicht des Unternehmers

Bei der Sanierung der Reussdämme ging es darum, die bestehende innere Bausubstanz gezielt zu verbessern, die Geometrie den neuen Anforderungen anzupassen und den Uferschutz in Form von Blocksätzen auf die gesamte Länge neu zu bauen. Dazu kamen verschiedene Zusatzarbeiten. Ein Vertreter der beteiligten Bauunternehmungen (vgl. Kasten) zeigt nachfolgend verschiedene Aspekte der Ausführung auf.

Neben dem eigentlichen Wasserbau waren die folgenden Zusatzarbeiten zu leisten:

- Bau der Entlastungsanlage Reussdelta: Befestigung der luftseitigen Dammböschung mit speziell gehauenen Steinen

- Verbreiterung der Standspur entlang der Autobahn: Ersatz der Kofferung, Einbau einer neuen Entwässerungsleitung in Geopur

- Bau der zwei Entlastungsbauwerke Altdorf: armierte Betonkonstruktion von je 180 m Länge mit einbetonierten Blöcken

- Stützmauererhöhung in Beton entlang der «Stillen Reuss»

- Neubau der Stützmauer entlang der Reussstrasse in Attinghausen: Abbruch Betonmauer, Aufbau einer Natursteinmauer

- Gestaltung und Renaturierung der Dammböschung bei der Schwinghalle Attinghausen: Aufbau von unterteilten Trockenmauern mittels bestehenden Steinen.

Sanierungskonzept

Da in der Phase der Projektierung nur wenig Informationen über den tatsächlichen Aufbau der Reussdämme zur Verfügung standen, wurden den Bauarbeiten vorausgehend systematisch Baggerschlitz zur Erkundung von allfälligen Schwachstellen ausgeführt. Die Aufschlüsse dienten als Entscheidungsgrundlage, in welcher Form die Dämme saniert werden sollten. Das Projekt unterschied drei Sanierungstypen:

- Teilsanierung: Der Aufbau des Dammkörpers und die Zusammensetzung des

Schüttmaterials versprachen eine ausreichende Sicherheit des Querschnittes. Die Dämme werden im Kern belassen, land- und wasserseitig jedoch verstärkt und erhöht.

- Totalsanierung: Sind ausgeprägte Schwachstellen in Form von durchlässigen Blocklagen (z.B. alte Flickstellen von historischen Damnbrüchen), von ungeeignetem Schichtaufbau oder in Form von Wurzeltellern vorhanden, müssen die Dämme bis zur Basis abgetragen werden und mit teilweise aufbereitetem Material neu aufgebaut werden.

- Verschiebung: Unterhalb der Brücke Attinghausen lassen es die geometrischen Verhältnisse zu, die Uferlinie markant seitlich zu verschieben. Die Reussdämme werden am neuen Ort neu gebaut und die alte Substanz entfernt.

Arbeitsablauf

Bestimmend für den Arbeitsablauf war die Wasserführung der Reuss. Für die Fundation des Blocksatzes musste im Flussbett ein rund 2 m tiefer Aushub getätigt werden. Auch wenn dies im Schutz einer in der Reuss geschütteten Baupiste erfolgen konnte, der Wasserspiegel in der Baugrube entsprach meist jenem des Gerinnes. Ein Abpumpen des Wassers konnte die Verhältnisse kaum verbessern, die Durchlässigkeit des anstehenden Materials war viel zu gross. Somit mussten die Bauarbeiten im Wasser auf die niederwasserführenden Monate Dezember bis Mai beschränkt bleiben. Diese knappen Termine sowie die zu bewegenden Kubaturen bedingten den Einsatz von zwei unabhängigen und vollausgerüsteten Equipen auf beiden Ufern.

Taktbestimmend für die gesamten Arbeiten war der Einbau des wasserseitigen Blocksatzes. Hier gelangten je nach Menge des auszuwechselnden Schüttmaterials zwei bis drei schwere Hydraulikbagger mit einem Einsatzgewicht von 30 bis 35 t zum Einsatz (Bild 1). Ab einer wasserseitigen Baupiste erstellte der erste Bagger unter Wasser den Fundamentaushub für den neuen Blocksatz und das neue Blocksatzfundament. Das Aushubmaterial wurde abtransportiert und je nach Qualität für Schüttungen verwendet oder wurde aufbereitet. Für den Abtransport kamen

Beteiligte Unternehmungen – Umfang der Bauarbeiten

Im Zusammenhang mit der Sanierung der Urner Reussdämme im vier Kilometer langen Abschnitt von der Reussmündung bis zur Attinghausbrücke durfte die Arbeitsgemeinschaft Murer AG, Schelbert AG, Erstfeld, im Winterhalbjahr 96/97 das erste Baulos am Gerinne realisieren. Es handelt sich um das Baulos 4, das den untersten Gerinneabschnitt von der Brücke «Weg der Schweiz» im Norden bis zur Seedorferbrücke im Süden umfasst. Die Loslänge misst 1300 m. Der gleichen Arbeitsgemeinschaft, erweitert um die Partner Bau AG, Erstfeld, und Atag Bau AG, Schattdorf, oblag im Winter 98/99 auch die Ausführung des Bauloses 7, des 1500 m langen Gerinneabschnittes von der Mündung des Palanggenbaches bis zur Attinghausbrücke. Die Arbeitsgemeinschaft Porr Suisse AG, Altdorf, Marti AG, Altdorf, durfte im Winter 97/98 das mittlere Gerinne-Baulos 5 von der Seedorferbrücke bis zur Mündung des Palanggenbaches mit einer Länge von 1100 m ausführen.

geländegängige, knickgelenkte Volvo-Kipper zum Einsatz. Ein zweiter Bagger folgte nachlaufend, verfüllte das neue Fundament und erstellte den Blocksatz an der Böschung. Je nach Höhe der einzubauenden Ufersicherung wurde ein dritter Bagger eingesetzt, der von der Dammkrone aus operierte. Die Fertigstellung der Dämme auf die endgültige Höhe, der Einbau des luftseitigen Auflastfilters sowie der Entwässerungsleitung im Bereich der Autobahn A2 erfolgte im Nachgang und benötigte je eine zusätzliche Equipe samt den notwendigen schweren Schütt- und Verdichtungsgeräten (Bild 2 und 3).

Für das Versetzen der bis zu 2 m³ grossen und bis zu 6 t schweren Blocksteine waren alle Bagger mit hydraulischen Steinzeugen bestückt und aus Umweltschutzgründen mit biologisch rasch abbaubaren Hydraulikölen ausgerüstet (Bild 4).

Vor allem die engen Platzverhältnisse entlang der Autobahn am rechten Ufer stellten grosse Anforderungen an die Logistik. Um die Erschliessung der Baustelle für den Antransport von täglich bis zu 1100 t Blöcken zu gewährleisten, erwies sich der Bau einer provisorischen Dienstbrücke über die Reuss für jedes der beiden südlichen Baulose als äusserst wertvoll. Die ganze Materialaufbereitung und die Installationsflächen konnten so am linken Ufer angeordnet werden und waren auch

für die Baustellen am rechten Ufer ohne Umwege direkt erreichbar (Bild 5).

Hochwassersicherheit

Dem Schutz vor Hochwasser wurde während den Bauarbeiten eine grosse Bedeutung beigemessen. Es mussten jederzeit die folgenden Bedingungen eingehalten werden:

- Um den Wasserabfluss durch die in die Reuss geschüttete Baupiste nicht übermässig zu behindern, arbeiteten die Equipen links und rechts in der Länge um mindestens 150-200 m verschoben.

- Der bestehende Uferschutz durfte jeweils nur über eine Länge abgebrochen werden, die innerhalb einer Tagesleistung wieder neu erstellt werden konnte. Über das Wochenende durfte keine Lücke im Blocksatz vorhanden sein.

- Kam eine Totalsanierung eines Uferabschnittes zur Anwendung, durfte nie der ganze Dammquerschnitt vollständig abgetragen werden. Es musste im Querschnitt etappenweise vorgegangen werden. Die minimale Höhe von 3,5 m ab Gerinnesohle musste jederzeit in einer Querschnittsbreite von 2 m in der Krone einen ersten Schutz gegen aufkommende Hochwasser gewährleisten.

- Bei Aufkommen eines grösseren Hochwassers musste die Möglichkeit bestehen, innert kürzester Zeit auf Notdepots an Schüttmaterial und Blocksteinen zurückzugreifen.

- Eine Notfallorganisation gewährleistete, dass auch zu Unzeiten mit schweren Geräten interveniert werden konnte.

Diese Vorsichtsmassnahmen haben sich als zwingend notwendig erwiesen und sich auch bewährt. Die Baustelle blieb zwar von grösseren Ereignissen verschont. Das Ausrücken einer Equipe für Notschüttungen musste aber an einem Sonntag veranlasst werden und konnte einen Baustellenschaden abwehren.

Materialaufbereitung

Das Abbruchmaterial aus den alten Steinsätzen des Uferschutzes sowie überschüssiges Kies- und Aushubmaterial wurden in zwei mobilen Aufbereitungsanlagen aufbereitet. Zuerst wurde es zu Koffermaterial 0-120 mm gebrochen und Teile davon in einem zweiten Arbeitsgang zu Auflastfilter ausgesiebt. Mit diesem Vorgehen konnten mit Ausnahme des zusätzlich benötigten tonigen Materials für die Deckschichten der Wuhrwege sämtliches auf

der Baustelle anfallende Material wiederverwendet werden (Bild 6).

QS-Sicherung

Um die geforderte Qualität jederzeit sicherzustellen, wurden folgende Prüfungen vorgenommen:

- Zur Gewährleistung einer einwandfreien Blocksatzfundation unter Wasser gelangten periodisch Taucher zum Einsatz. Sie kontrollierten die Aushubtiefe, ob beim Versetzen der Blöcke ein enges Fugenbild erreicht wurde oder ob Verfüllungen notwendig waren.

- Laufende Kontrolle der Blocksätze auf Lage, guten Verbund und enge Fugenausbildung.

- Periodische Verdichtungskontrollen bei den Dammschütтарbeiten.

- Stichprobenweise Siebanalysen des aufbereiteten Auflastfiltermaterials.

Die Einhaltung der geforderten Qualitätsstandards zeugt trotz der knappen Termine vom hohen Können aller am Bauwerk beteiligten Personen. Vor allem die auf ihren Geräten eingesetzten Baumaschinenführer haben einmal mehr bewiesen, dass sie ihr Metier meisterlich beherrschen. Die Tatsache, dass sich bei allen drei Baulosen trotz exponierter Lage und grossem Maschineneinsatz kein nennenswerter Unfall ereignete, beweist, dass sehr sicherheitsbewusst und konzentriert gearbeitet wurde.

Adresse des Verfassers:
Christoph Keller, dipl. Baumeister, Murer AG, Bifang 381, 6472 Erstfeld

1
Konzentrierte Blocksatzarbeiten am linken Ufer in Attinghausen

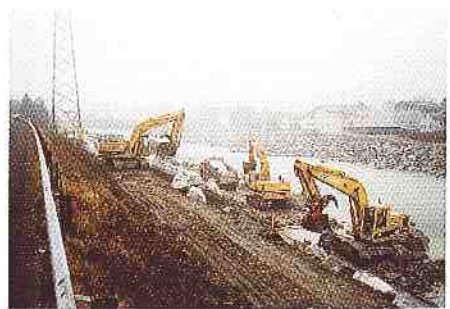
2
Einbau der Vorflutleitung entlang der Autobahn

3
Einbau der tonwassergebundenen Deckschicht beim Wuhrweg

4
Mit Steinzangen ausgerüstete Bagger

5
Provisorische Dienstbrücke über die Reuss (Bild: Irène Elber)

6
Materialaufbereitungsanlage



Bauausführung, Betrieb und Unterhalt

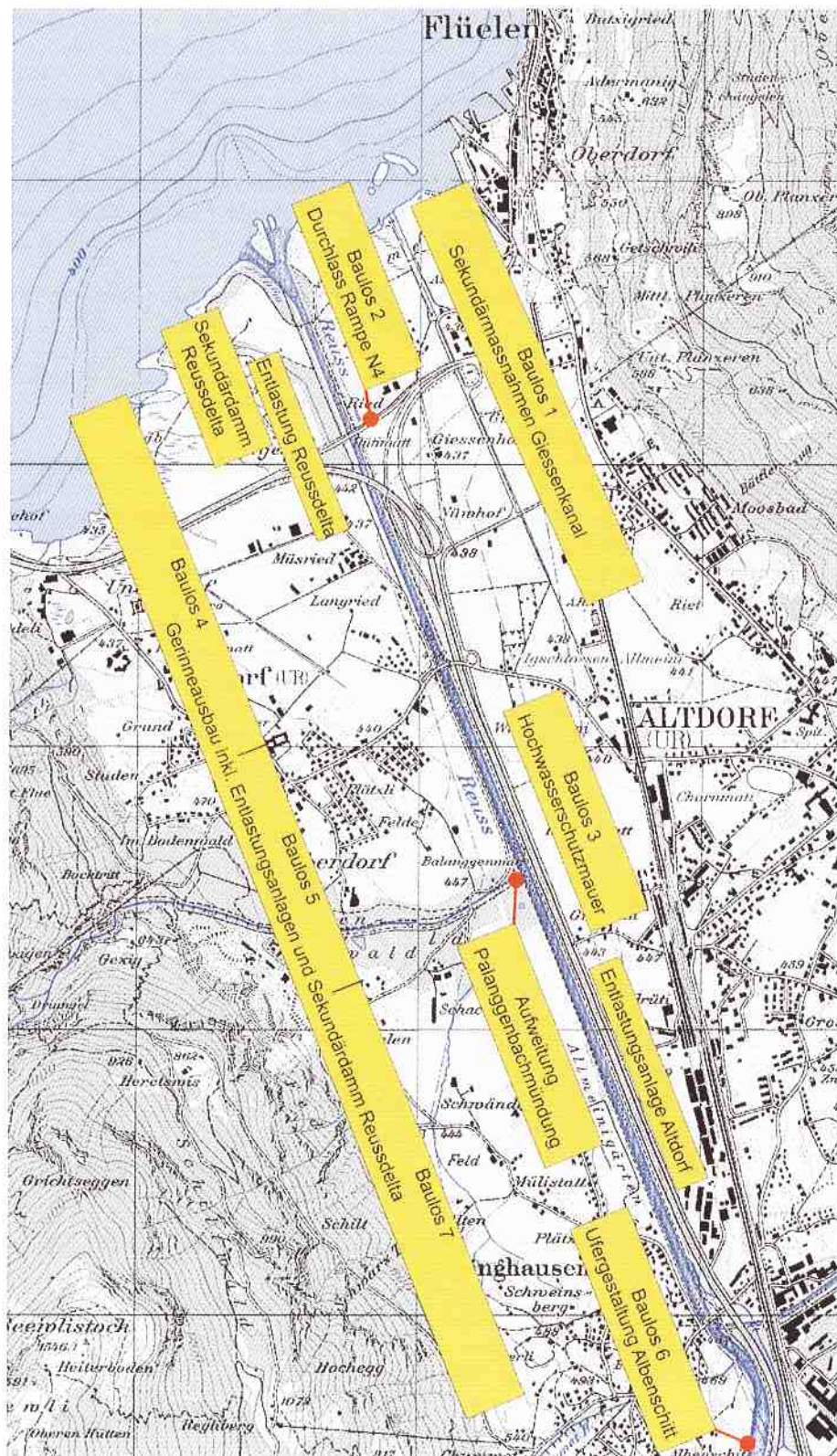
Hochwasserschutzmassnahmen an der Reussmündung im Kanton Uri

Bauausführung und Bauprogramm sowie die Kosten, die wesentlich tiefer ausfielen als ursprünglich geplant, sind Themen dieses Beitrags. Weiter wird auf das Sperrungskonzept für die Autobahn im Falle eines bedeutenden Hochwassers eingegangen. Für die Überwachung und den Unterhalt werden in diesem Artikel die zu regelnden Tätigkeiten erläutert.

Die im Artikel «Sicherheit, Effizienz und Ökologie» beschriebenen Massnahmen wurden für die Ausführung in sieben Baulose unterteilt (Bild 1). Gleichzeitig mit den Bauarbeiten der Hochwasserschutzmauer und dem rechten Damm entlang der Nationalstrasse wurden diverse Anlageteile der A2 wie Entwässerung, Leitschranken, Wildschutzzäune und Lärmschutzwände ersetzt bzw. neu gebaut. Die Hochwasserschutzmauer erfüllt als Mehrzweckbau neben den Anforderungen des Hochwasserschutzes ebenfalls jene des Gewässer- bzw. Störfallschutzes sowie des Wild- und des Lärmschutzes. Die Bilder 3 bis 6 geben einen Überblick zu allen Bauteilen, wobei Vergleiche mit dem Zustand vor Baubeginn die Veränderung besonders deutlich machen.

Die folgenden Vorgaben bestimmten im Wesentlichen das Bauprogramm (Bild 2). Um die Hochwasserrisiken, auch während der Bauzeit, möglichst gering zu halten und die geforderten Schutzziele schnell zu erreichen, wurden zuerst die Massnahmen im Überflutungsraum ausgeführt (Sekundärdamm Altdorfer Giessen, Hochwasserschutzmauer, Durchlass Rampe A4). Mit der Revitalisierung des Altdorfer Giessens wurde dazu bereits vor Beginn der eigentlichen Bauarbeiten an den Reussdämmen ein für die Ökologie wertvoller Ersatzlebensraum zur Verfügung gestellt.

Während der Umbauarbeiten an den Dämmen des Reusskanales war die Hochwassersicherheit jederzeit zu gewährleisten. Deshalb wurden die Bauvorgänge für eine Linienbaustelle vorgegeben, wobei die Hauptarbeiten in der wasserarmen Zeit vom Dezember bis Mai auszuführen waren.



Eine andere wichtige Vorgabe zur Bauausführung wurde an die Baustellenerschliessung gestellt. Verlangt wurde eine für die Bevölkerung möglichst störungsfreie und umweltfreundliche Anlage. Dies wurde erreicht, indem die Baustellen am rechten Ufer über die Standspur der Nationalstrasse und jene am linken Ufer über den Uferweg erschlossen wurden. Mit zwei Hilfsbrücken über die Reuss, drei Installationsplätzen und einem zentralen Deponieplatz für das unbrauchbare, überschüssige Bodenmaterial wurden die Transportwege und damit die Immissionen zusätzlich stark vermindert.

Die Realisierungszeit der einzelnen Baulose beim Gerinneausbau konnte gegenüber dem Programm des Bauprojektes durch optimale, während der Ausführung angepasste Arbeitsabläufe von ursprünglich vier auf drei Jahre reduziert werden. Im Weiteren konnten die Arbeiten aller Baulose, begünstigt durch gute Witterungsverhältnisse, fast ohne zeitliche Einschränkungen ausgeführt werden.

Der Kostenvoranschlag rechnete mit Gesamtaufwendungen von Fr. 56 420 000.-. Die voraussichtlichen Endkosten unter Berücksichtigung der ausstehenden Abschlussarbeiten und der Landerwerbskosten betragen rund Fr. 29 230 000.-. Eine Aufteilung der Kosten nach einzelnen Bauteilen ist in Bild 2 dargestellt.

Die Minderkosten von Fr. 27 190 000.- lassen sich wie folgt begründen: Konkunkturbedingt günstigere Arbeitsvergebungen führten zu rund 30% Minderkosten im Betrage von Fr. 17 000 000.-. Weitere Einsparungen von rund Fr. 10 190 000.- lassen sich auf Optimierungen bei der Detailprojektierung bzw. Bauausführung und auf Reservepositionen im Voranschlag, die nicht beansprucht wurden, zurückführen.

Der Schlüssel zur Finanzierung wurde für die einzelnen Bauteile bereits vor der Volksabstimmung aufgrund der Interessenlage ausgehandelt. Gestützt darauf sowie auf der Basis der voraussichtlichen Endkosten präsentieren sich die Finanzierungsanteile der verschiedenen Kostenträger wie folgt:

Bund (BWG)	Fr.	13 230 000.-
Nationalstrasse	Fr.	8 660 000.-
Besonders bevorteilte Dritte	Fr.	2 920 000.-
Kanton	Fr.	4 420 000.-
Total	Fr.	29 230 000.-

Das vorsorgliche Sperren der Nationalstrasse A2

Wichtige Elemente des Hochwasserschutzes bilden die beiden Entlastungsanlagen. Die Anlage Altdorf wird ab einem 50-jährlichen Ereignis bis 170 m³/s Wasser entlasten und so verantwortlich sein für

einen 1,5 m tiefen Fluss auf der A2. Ohne ein wirkungsvolles Alarmkonzept, das frühzeitig das Sperren der Autobahn einleitet, wäre eine solche Entlastung undenkbar.

Das Sperren der A2 mitsamt dem Evakuieren der Verkehrsteilnehmer benötigt rund eine halbe Stunde. Dies ist eine lange Zeit, wenn man sich die für Alpenflüsse typischen Abflussganglinien vor Augen hält. Das Charakteristische ist eine über wenige Stunden dauernde Hochwasserspitze, wobei der maximale Abfluss im voraus nicht bestimmbar ist.

Die einzig praktikable Vorwarnmöglichkeit stellt das Beobachten des Wasserspiegelanstieges in der Reuss dar. Ein Hochwasser wird nicht auf die Dienstzeit eines speziell geschulten Fachmannes Rücksicht nehmen, sondern zu jeder Tages- und Nachtzeit auftreten. Somit war eine Alarmierung gesucht, die keinerlei Interpretation bedarf und die standardmässig abläuft: Bei Überschreiten eines Wasserspiegels, der rund 1,0 m unter dem Entlastungsniveau liegt, wird ein automatischer Voralarm an den diensttuenden Polizisten im Werkhof Flüelen übermittelt. Dieser orientiert die Feuerwehr und die Wasserbauverantwortlichen des Kantons und ordnet nach festgelegtem Drehbuch sofort das Vorbereiten einer A2-Spernung an. Steigt der Wasserspiegel weiter auf eine

Baulos Nr.	Bauteile	1996				1997				1998				1999				2000				Kosten Fr.
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
1	Giessenkanal	■																				1.370.000
2	Durchlass Rampe N4	■																				850.000
3	Hochwasserschutzmauer	■																				3.090.000
4	Gerinneausbau Weg der Schweiz bis Seedorferbrücke inkl. Entlastung Reussdelta und Sekundärdamm Reussdelta					■																6.430.000
5	Gerinneausbau Seedorferbrücke bis Palanggenbach inkl. Mündung Palanggenbach									■												3.660.000
6	Ufergestaltung Albenschitt									■												630.000
7	Gerinneausbau Palanggenbach bis Attinghauserbrücke inkl. Entlastungsanlage Altdorf													■								5.600.000
	Abdichtungsmassnahmen in Attinghausen																	■				500.000
	<i>Projekt und Bauleitung, Landerwerb, Nebenkosten</i>																					7.100.000
	Totalkosten																					29.230.000



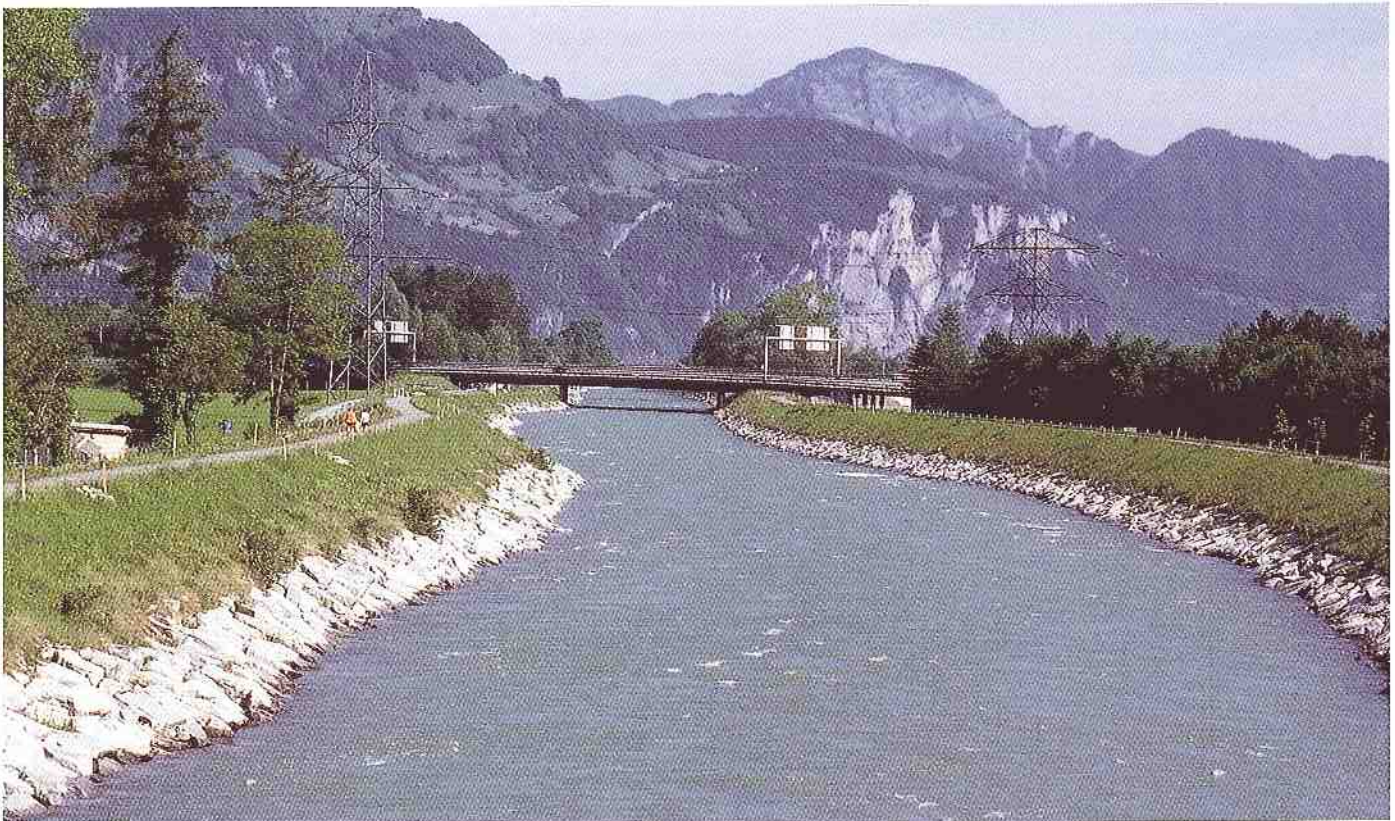
3.1, 3.2, 3.3
Giessen: vorher (links) – Bau (rechts) – nachher (oben)

4.1, 4.2
Hochwasserschutzmauer: vorher (unten) – nachher (rechts)





5.1, 5.2, 5.3
Entlastungsanlage Altdorf: zu Beginn (oben rechts) – Bau (links) – nachher (oben links)



6.1, 6.2
Reussgerinne: vorher (oben rechts) – nachher (unten)

Bilder

Irène Elber, Altdorf und Zürich

Höhe von 0,6 m unter Entlastungsniveau an, so wird die Sperrung vollzogen.

Sinkt der Wasserspiegel nach einer ausgelösten Sperrung plötzlich wieder ab, wäre diese unnötig, da kein Wasser auf die A2 geflossen wäre. Dieser Fall wird, wie das Analysieren aller bisher aufgezeichneten Hochwasser zeigt, relativ selten auftreten. Die Analyse ergab, dass von 1974 bis 1993 (20 Jahre) fünf Sperrungen der A2 ausgelöst worden wären, wobei in drei Fällen kein Wasser auf die Autobahn geflossen wäre. Diese Fehlerquote wird akzeptiert, wenn man bedenkt, dass der Aufwand für die Sperrung relativ klein ist und die Verkehrsteilnehmer dadurch geschützt werden.

Überwachungs- und Unterhaltsplan

Die Bauwerke für den Hochwasserschutz an der Reuss im Abschnitt See-Attinghausen stellen einen grossen volkswirtschaftlichen Wert dar, den es zu erhalten gilt. Durch eine Überwachung und einen sorgfältigen Unterhalt kann die Nutzungsdauer des Bauwerkes gewährleistet und wesentlich erhöht werden. Schäden und Mängel können frühzeitig erkannt und behoben werden, bevor die Sicherheit des Werkes gefährdet ist. Zuständig für die Überwachung und den Unterhalt ist das Amt für Tiefbau des Kantons Uri.

Für die Bauwerke gibt es verschiedene Normen oder Empfehlungen der SIA, wie ein Überwachungs- und Unterhaltsplan aussehen soll. Diese Normen sind jedoch vor allem für Bauwerke über dem Wasser ausgelegt. Aus diesem Grund haben das ASTRA, das BAV, das BWB und die SBB 1998 eine Empfehlung herausgegeben, die sich den Bauwerken im Wasser widmet («Sicherheit von Bauwerken im Wasser, Empfehlungen für die Überwachung und Hinweise für den Neubau»).

Anhand dieser Norm wird für die Bauwerke des Hochwasserschutzes an der Reuss ein Überwachungs- und Unterhaltsplan erstellt. Im Nachfolgenden ist dessen Inhaltsverzeichnis aufgelistet und die einzelnen Kapitel werden kurz erläutert.

Ziele, Methodik

Erklärung der Begriffe, Methodik, Parallelen zu Norm SIA 469 (Erhaltung von Bauwerken) und weiteren Normen und Empfehlungen der SIA.

Objektbeschreibung, Nutzungs- und Sicherheitsplan

Beschreibung der realisierten Bauwerke und der zu erfüllenden Anforderungen auch betreffend der Sicherheit sowie die zu berücksichtigenden Nutzungszustände.

Überwachung: Beobachtung, Inspektion, Kontrollmessung, Funktionskontrolle

Festlegung eines sinnvollen Überwachungsrythmus durch Haupt- und Zwischeninspektionen (Häufigkeit und Umfang der Inspektionen) zur Sicherstellung der vereinbarten Nutzung. Vorgehen bei der Inspektion und Inhalt eines Inspektionsberichtes. Häufigkeit und Umfang von Kontrollmessungen. Diese Kontrollmessungen sind nur sinnvoll, wenn auch Grenzwerte definiert werden und die Messungen mit einer Nullmessung verglichen werden können. Die Definition dieser Grenzwerte (Interventionswerte) stellt somit eine wichtige Grundlage für den Betrieb des ausgeführten Bauwerkes dar. Es ist vorgesehen, die Überwachungsrythmen und Kontrollmessungen in einer übersichtlichen Checkliste aufzuführen.

Die Nullmessung enthält die Vermessung der Querschnittsgeometrie (Dämme, Sohle, Blocksatz) der Reuss im Abstand von 100 m. Im Bereich der Entlastungsanlagen sind die Profilaufnahmen zu verdichten. Zusätzlich soll die Mündung am Palanggenbach ebenfalls neu vermessen werden.

Die wichtigsten zu überwachenden Bauwerke sind die beiden Entlastungsanlagen, der Blocksatz im Reusskanal und die Mündung des Palanggenbaches. Interventionsgrenzen sind insbesondere für den Abschnitt unterhalb der Schächenbarmündung, die Entlastungsanlagen, den Abschnitt unterhalb der Entlastung Altdorf und die Mündung des Palanggenbaches festzulegen.

Überwachungs- und Unterhaltsplan

Konkretes Umsetzen in Checklisten und Anweisungen

Überprüfung: Sicherheits-/Zustandsbeurteilung, Prognose für Zustandsentwicklung

Eine Überprüfung ist insbesondere dann erforderlich, wenn aufgrund der Überwachung eine ungenügende Sicherheit vermutet wird, beispielsweise durch ein Übertreffen der Interventionswerte. Die Überprüfung basiert auf den Ergebnissen der Überwachung und besteht aus einer allfälligen zusätzlichen und erweiterten Zustandsaufnahme. Es sind eine Risikobeurteilung (Abschätzen der Eintretenswahrscheinlichkeit und des Schadensmasses) und eine Prognose für die Entwicklung notwendig. Als Prognoseninstrument kann beispielsweise das numerische Simulationsprogramm MORMO eingesetzt werden. Weitere Gründe für eine Überprüfung können auftretende Kolke (morphologisch bedingt oder an

Brücken), alternierende Kiesbänke oder Dünen sein.

Erhaltungs-/Massnahmenplanung:

Die Überprüfung kann ergeben, dass für die Erhaltung des Nutzungszweckes Massnahmen zu treffen sind. In einer Auflistung sind mögliche Massnahmen dargestellt.

Adresse der Verfasser:

Heinz Weber, Ing. HTL, Peter Gisler, Techniker TS, Amt für Tiefbau, Abteilung Wasserbau, Klausenstrasse 2, 6460 Altdorf

Am Bau Beteteiligte

Bauherr:

Kanton Uri, vertreten durch Baudirektion Uri, Amt für Tiefbau, Abteilung Wasserbau, Altdorf
Projektverfasser und Bauleitung:
Ingenieurgemeinschaft Projekta AG/Basler und Hofmann AG, Altdorf

