# Die Geschichte des Hochwasserschutzes in der Schweiz

Von den Anfängen bis ins 19. Jahrhundert

Daniel L. Vischer

Berichte des BWG, Serie Wasser – Rapports de l'OFEG, Série Eaux – Rapporti dell'UFAEG, Serie Acque
Nr. 5 – Bern, 2003

Bundesamt für Wasser und Geologie **BWG**
Office fédéral des eaux et de la géologie **OFEG**
Ufficio federale delle acque e della geologia **UFAEG**
Uffizi federal per aua e geologia **UFAEG**
Federal Office for Water and Geology **FOWG**

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr,
Energie und Kommunikation
Département fédéral de l'environnement, des transports,
de l'énergie et de la communication
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti,
dell'energia e delle comunicazioni

# Die Geschichte des Hochwasserschutzes in der Schweiz

Von den Anfängen bis ins 19. Jahrhundert

Daniel L. Vischer

Berichte des BWG, Serie Wasser – Rapports de l'OFEG, Série Eaux – Rapporti dell'UFAEG, Serie Acque
Nr. 5 – Bern, 2003

Bundesamt für Wasser und Geologie **BWG**
Office fédéral des eaux et de la géologie **OFEG**
Ufficio federale delle acque e della geologia **UFAEG**
Uffizi federal per aua e geologia **UFAEG**
Federal Office for Water and Geology **FOWG**

Impressum

| | |
|---|---|
| Herausgeber | Bundesamt für Wasser und Geologie BWG |
| ISSN | 1660-0746 |
| Auflage | 1000 d / 400 f |
| Zitiervorschlag | Bundesamt für Wasser und Geologie:<br>Die Geschichte des Hochwasserschutzes in der Schweiz, Berichte des BWG, Serie Wasser (Biel 2003, 208 S.) |
| Sprachversionen | Original in deutsch. Diese Publikation ist auch auf französisch erschienen. |
| Internethinweis | Die Publikation ist im PDF-Format auf der BWG-Internetsite www.bwg.admin.ch verfügbar. |
| Bezugsadresse | BBL, Vertrieb Publikationen, CH-3003 Bern<br>Internet: www.bbl.admin.ch/bundespublikationen |
| Bestellnummer | 804.505 d |
| Copyright | © BWG, Biel, Oktober 2003 |

# Geleitwort

Das schweizerische Wassernetz hat seine Geschichte und es prägt unsere Geschichte. Seit Äonen durchfliesst das Wasser unsere Landschaft und hat deren Relief geformt. Das Gebirge hat seinerseits mit seinen Aufwölbungen von mehr oder weniger erosionsbeständigen Gesteinen den Weg des Wassers bestimmt. Unser Gewässernetz widerspiegelt auch die Geschichte der Menschen. Ihre Siedlungspolitik wurde massgeblich von den zahlreichen Bächen, Flüssen und Seen beeinflusst. Seit rund tausend Jahren greift der Mensch in das Gewässernetz ein: Er schützt sich vor allem vor Hochwasser.

Mit dieser Geschichte befasst sich dieses Buch. Macht dies Sinn? «Wir brauchen die Geschichte zum Leben», schrieb Nietzsche und unterschied drei Arten von Geschichtsschreibung: die monumentalische, die antiquarische und die kritische.

Die monumentalische greife eine herausragende Leistung oder Persönlichkeit heraus, um sie der Nachwelt als leuchtendes Beispiel vor Augen zu stellen. Die Geschichte des schweizerischen Hochwasserschutzes stellt zum Beispiel die Linth-Korrektion als eine tapfere Tat für die notleidende Bevölkerung unter der Leitung des umsichtigen Retters Hans Conrad Escher dar.

Die antiquarische Geschichtsschreibung wolle unsere Vergangenheit, unsere Identität für alle sichtbar machen und erhalten. Die grossen Gewässerkorrektionen an der Rhone, der Broye, der Aare, dem Rhein oder dem Tessin haben den versumpften Talböden fruchtbares Land abgerungen und damit die bäuerlichen Wurzeln der Schweiz verstärkt.

Die kritische Geschichtsschreibung will weder Vorbilder schaffen noch unsere Herkunftsfrage lösen, sondern Lehren aus begangenen Fehlern ziehen. Sie möchte herausfinden, was richtig und was falsch war. Die Kander-Korrektion etwa entsprang einer genialen Idee. Doch sie wurde verwirklicht, ohne dass zuvor die Folgen genügend abgeschätzt worden wären. Darum ist Thun mit seiner Umgebung noch heute hochwassergefährdet.

Wir versuchen, daraus zu lernen. Wir nehmen uns vor, kein Hochwasserschutzprojekt (und auch kein anderes technisches Vorhaben) mehr umzusetzen, bevor wir nicht alle Folgen eingeschätzt haben.

Wir beteuern uns gegenseitig: Neue Projekte dürfen keine Elemente enthalten, welche die menschlichen Lebensgrundlagen schmälern.

Doch sind wir denn überhaupt in der Lage, alle Folgen eines Projektes vorauszusehen? Wir setzen ja ein Kräftespiel zwischen bestehenden und neuen Eingriffen in die Natur in Gang, die Präferenzen von späteren Generationen kennen wir heute noch nicht, und immer wieder stellen wir mit Überraschung fest, dass ein vermeintliches Detail zentral gewesen wäre. Wir verfügen zwar über viele Mittel, um unsere Projekte auf Schwachstellen abzuklopfen. Wir prüfen sie routiniert auf ihre Umweltverträglichkeit und verfeinern stetig die Instrumente, um die Folgen abzuschätzen. Hellsichtig sind wir dadurch aber noch nicht geworden.

Umso wichtiger ist es, kritisch in die Vergangenheit zu blicken, das Schicksal früherer Projekte zu rekonstruieren und zu analysieren. Was beabsichtigten die damaligen Promotoren? Wo sind sie einem Irrtum erlegen? Welche Kräfte haben zusammengewirkt? So schärfen wir unser Wahrnehmungsvermögen, und so füllt sich auch der Begriff der Nachhaltigkeit mit Leben: Plötzlich sind jene späteren Generationen, von denen wir immer reden, wir selbst: Hätten die Vorfahren der Briger die Saltina nicht so stark eingeengt, wäre uns die gewaltige Überschwemmung von 1993 mit zwei Todesopfern und Schäden von einer halben Milliarde Franken erspart geblieben.

Die vorliegende Geschichte des Hochwasserschutzes in der Schweiz enthält Anteile der monumentalischen, der antiquarischen und der kritischen Geschichtsschreibung. Jede dieser drei Sichtweisen liefert uns neue Grundlagen, um aktuelle Projekte im Wasserbau nachhaltiger zu gestalten.

Moritz Leuenberger
Bundesrat

# Vorwort

## Anlass zur vorliegenden Schrift

Zum Jubiläum «100 Jahre Bundesgesetz über die Wasserbaupolizei» hat das damalige Eidgenössische Amt für Strassen- und Flussbau im Jahr 1977 unter dem Titel «Hochwasserschutz in der Schweiz» eine Schrift veröffentlicht, die vor allem die Entwicklung des Wasserbaus von 1877–1977 zur Darstellung brachte.
Aus Anlass des Jubiläums zum 125-jährigen Bestehen der Bundesgesetzgebung im Wasserbau hat das Bundesamt für Wasser und Geologie Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. Daniel L. Vischer beauftragt, eine Schrift über den Hochwasserschutz in der Schweiz vor 1877, das heisst von den Anfängen bis ins 19. Jahrhundert, zu verfassen. Hochwasserschutz war, ist und bleibt eine Grundvoraussetzung für eine prosperierende Gesellschaft. Ziel der vorliegenden Schrift ist es, an die Ursprünge dieser wichtigen Sparte der schweizerischen Wasserwirtschaft zu erinnern.

### Inhalt und Umfang

Die Schrift vermittelt eine Übersicht über die Ursachen der Hochwasser und ihre Folgen sowie über die einstigen Deutungsmuster. Dann streift sie die Entwicklung der für den Hochwasserschutz wichtigen Wissenschaften und Bauweisen. Das Schwergewicht wird auf den Flussbau, den Wildbachverbau und die Seeregulierungen gelegt – also auf jene Massnahmen, die das Bundesamt für Wasser und Geologie bis heute beschäftigen.
Diesbezüglich kleinere Eingriffe ins Gewässernetz erfolgten wohl schon in der Römerzeit, doch gibt es darüber keine Berichte. Dasselbe gilt für das frühe Mittelalter. Die ersten spärlichen Dokumente stammen aus dem 11. und 12. Jahrhundert und lassen meist einen grossen Interpretationsraum offen. Die eigentliche Ära des baulichen Hochwasserschutzes setzte erst in der Neuzeit ein. Dabei kann die Kanderumleitung von 1711–1714 als Vorläufer und die Linthkorrektion von 1807–1816 als wegweisende Arbeit – sowohl für den Flussbau wie für den Wildbachverbau – gewertet werden. Zu den Höhepunkten gehörten dann zweifellos die Korrektion des Alpenrheins ab 1862, die Korrektion der Rhone ab 1863 und die Juragewässerkorrektion ab 1868. Die Geschichte der Seeregulierungen ist durchwegs eng mit der Baugeschichte der Siedlungen an den Seeausflüssen verknüpft und beginnt dort mit dem Bau der ersten grösseren Mühlen und Wasserwerke.
Eine vollständige und ausgewogene Darstellung müsste natürlich Bände füllen. Hier kann es also nur um eine Übersicht und die Beleuchtung wichtiger Beispiele gehen. Dabei werden jeweils auch die Namen der massgebenden Persönlichkeiten erwähnt. Sozusagen als Gegengewicht widmet sich dafür ein Kapitel drei interessanten Kritikern dieses Establishments. Am Schluss wird noch in groben Zügen die Entwicklung des Engagements der Eidgenossenschaft vom Ancien Régime bis 1877 skizziert.

### Methodik

Der Verfasser stützte sich in erster Linie auf Sekundärliteratur, das heisst, er fasste die in zahlreichen Aufsätzen bereits aufgearbeiteten Informationen zusammen. Die ihm zur Verfügung stehende Zeit erlaubte nur wenig Archivarbeit. Es gehört aber mit zum Ziel dieser Schrift, die erwähnten, weit verstreuten Aufsätze zu zitieren und in einem Literaturverzeichnis aufzulisten. Damit soll auch eine Grundlage für vertieftere Studien geschaffen werden.
Das Format der Schrift erleichtert die Wiedergabe von Abbildungen, weshalb die Publikation reich illustriert werden konnte. Die Illustrationen sollen mithelfen, den Text sowohl den Fachleuten wie einem weiteren interessierten Leserkreis nahe zu bringen. Die teils eindrücklichen Abbildungen mögen auch verdeutlichen, mit welchen Mitteln frühere Wasserbauer die Probleme der damaligen Gesellschaft gelöst haben.

### Dank

Mit Herrn Prof. Vischer stand dem Bundesamt für Wasser und Geologie für die vorliegende Schrift ein profunder Kenner der Wasserbaugeschichte und zugleich ein Wasserbauexperte von internationalem Rang zur Verfügung. Für das grosszügige Zurverfügungstellen seines Erfahrungsschatzes und seines Fachwissens sei ihm an dieser Stelle bestens gedankt. Der Dank gilt auch all jenen Institutionen, die mit Informationen und Abbildungen zu dieser Schrift beitrugen. Ein weiterer Dank gebührt Frau Dr. Karin Schram für die Lektorenarbeit sowie Herrn Andreas Götz, der die Arbeit inhaltlich begleitete.

Bundesamt für Wasser und Geologie
Der Direktor
Christian Furrer

# Inhalt


**1 Hochwasser, ihre Ursachen und einstigen Deutungsmuster . . . . . .9**

***1.1 Arten von Hochwassern . . . . . .9***
Natürliche Hochwasser, vom Unwetter bis zu Schwallwellen in Seen . . . . . .9
Von Menschen durch Stauanlagen verursachte Hochwasser . . . . . .11
Hochwasser und Murgänge beziehungsweise Rüfen . . . . . .12
Das Geschiebe als Ursache von Überschwemmungen . . . . . .12
***1.2 Deutungsmuster für Hochwasser . . . .13***
Einflüsse überirdischer Wesen . . . . . .13
Launen und Schwächen der Natur . . . . .15
Eingriffe des Menschen . . . . . .16
Soziale und politische Komponenten . . . .19

**2 Relevante Entwicklungen . . . . . .21**

***2.1 Wem gehören die Täler? . . . . . .21***
Die Dynamik der natürlichen Flüsse . . . . .21
Die Schutzstrategien der Anwohner . . . . .23
***2.2 Besondere Plagen . . . . . .25***
Ein Jahrhundert der Hochwasser . . . . . .25
Die Malaria und andere Seuchen . . . . . .25
***2.3 Hochwasserschutz als nationales Entwicklungsprogramm . . . . . .26***

**3 Fortschritte in der Wissenschaft . . . . . .29**

***3.1 Die Vermessung . . . . . .29***
Kartographie . . . . . .29
Ingenieurvermessung . . . . . .30
***3.2 Die Hydrologie . . . . . .32***
Pegelmessungen . . . . . .32
Abflussmessungen . . . . . .32
Hochwasserhydrologie . . . . . .33
***3.3 Die Hydraulik . . . . . .33***
Die Kontinuitätsgleichung für den Abfluss . . . . . .33
Die Kontinuitätsgleichung für die Seeretention . . . . . .34
Die Abflussgleichung für Normalabfluss . . . . . .34
Die vollständige Abflussgleichung . . . . . .35
Die Geschiebetriebformel . . . . . .36
Murgangtheorie . . . . . .36
***3.4 Flussbaulehrbücher . . . . . .37***

**4 Die Bauweisen im Flussbau und Wildbachverbau . . . . . .39**

***4.1 Die Methoden . . . . . .39***
Wie lässt sich Hochwasserschutz gewährleisten? . . . . . .39
Der Zusammenhang mit dem Erosionsschutz . . . . . .39
Von den Schupfwuhren zur Korrektion . .40
Handarbeit gegen Flussarbeit . . . . . .40
Mittelgerinne und Vorländer, Arbeitsrichtung . . . . . .41
Kolmation . . . . . .42
Besonderheiten des Wildbachverbaus . . .43
***4.2 Bauelemente und Baumaterial . . . . . .44***
Längs- und Querwerke . . . . . .44
Weiden, Tannen, Kies und Blöcke . . . . . .44
***4.3 Die Mittel . . . . . .46***
Werkzeuge und Maschinen . . . . . .46
Beginn der Mechanisierung im Dampfzeitalter . . . . . .47
Sprengtechnik . . . . . .49

**5 Erste situative Eingriffe an Fliessgewässern . . . . . .51**

***5.1 Örtliche Sicherungen in der Helvetier- und Römerzeit . . . . . .51***
***5.2 Die Lütschinenumleitung, eine Legende? . . . . . .51***
***5.3 Sagenumwobene und tatsächliche Felsarbeiten am Renggloch im 13., 16. und 18. Jahrhundert . . . . . .52***
***5.4 Längswerke im 14. Jahrhundert . . . . .53***
***5.5 Einige wenige Flussbegradigungen im Mittelland ab dem 15. Jahrhundert . . . . . .53***
Zwei Schlingendurchstiche an der Reuss im Mittelland . . . . . .53
Eine Serie von Schlingendurchstichen an der Zürcher Glatt? . . . . . .54
***5.6 Die situative Umleitung der Engelberger Aa von 1471 . . . . . .54***
***5.7 Die Zugerseeabsenkung von 1591–1592 . . . . . .55***
***5.8 Die angebliche Hüribachumleitung von 1665 . . . . . .57***
***5.9 Das Schwellen- oder Wuhrwesen . . . .57***
Die Schwellen- oder Wuhrpflicht der Anstösser . . . . . .57
Das Schwellenreglement für das Amt Trachselwald von 1766 . . . . . .58
Der visionäre Vorschlag eines Unbekannten und ein Wettbewerb . . . . .58

**6 Die Kanderumleitung von 1711–1714, eine geniale Idee unbekümmert verwirklicht** . . . . . .61

***6.1 Die Kander und ihr Einfluss im Unterland*** . . . . . .61
***6.2 Das Projekt*** . . . . . .62
Die Idee eines Kanderdurchstiches nimmt Gestalt an . . . . . .62
Eine Art Umweltverträglichkeitsprüfung . .62
Der rudimentäre Bauplan . . . . . .63
***6.3 Die kurze Bauzeit*** . . . . . .64
Wechsel des Bausystems und des Bauleiters . . . . . .64
Die Sache entgleitet den Beteiligten . . . . .65
***6.4 Ein langes Trauer- und Nachspiel*** . . . .67
Überschwemmungen in Thun und am See . . . . . .67
Anpassungsarbeiten in Thun . . . . . .67
Zu viel Wasser für die einen, zu wenig für die andern . . . . . .68
Der Sündenbock . . . . . .68

**7 Die Linthkorrektion von 1807–1816 setzt neue Massstäbe** . . . . . .71

***7.1 Warum hob sich das Linthbett im 18. Jahrhundert?*** . . . . . .71
Die Fakten und die Folgen . . . . . .71
Ein kleiner geologischer Exkurs . . . . . .72
Menschliche Einflüsse . . . . . .72
Das Verschwinden des Tuggenersees . . . .73
***7.2 Studien zur Senkung des Linthbetts, Vorbereitungen*** . . . . . .75
Korrektionsvorschläge und das Projekt von Andreas Lanz 1784 . . . . . .75
Hans Conrad Escher von Zürich als Promotor . . . . . .76
***7.3 Die Bauausführung*** . . . . . .77
Der Flussbauexperte Johann Gottfried Tulla von Karlsruhe . . . . . .77
Die Bauarbeiten am Molliser- und am Linthkanal . . . . . .78
***7.4 Das Linthwerk und die Nacharbeiten*** . . . . . .84
Die Eidgenössische Linthkommission . . . .84
Die wichtigsten Nacharbeiten . . . . . .85
Die Linthingenieure . . . . . .85

**8 Die Korrektion des Alpenrheins von 1862–1900** . . . . . .87

***8.1 Die Konzentration der Flussdynamik auf die Mündung*** . . . . . .87
Die Dynamik vor den menschlichen Eingriffen . . . . . .87
Das Ziel der Eingriffe . . . . . .87
Streichwehre, Schupfwuhren, Hinterdämme . . . . . .88
***8.2 Die Regulierung von Ragaz bis Monstein (so genannte St. Galler Regulierung)*** . . . . . .88
Die Sorge um die Wasserscheide bei Sargans . . . . . .88
Der Blick auf das Ganze . . . . . .89
Beginn der Flussbauarbeiten . . . . . .91
Binnenkanäle und Brücken . . . . . .92
***8.3 Der Fussacher Durchstich*** . . . . . .93
Die Suche nach möglichen Laufverkürzungen . . . . . .93
Ein kompromissfähiger Vorschlag . . . . . .94
Projekt und Bauausführung . . . . . .94

**9 Die Rhonekorrektion oberhalb des Genfersees** . . . . . .97

***9.1 Von der grauen Vorzeit bis 1800*** . . . . .97
***9.2 Politische und technische Neuausrichtung nach 1800*** . . . . . .98
***9.3 Koordiniertes Vorgehen ab 1860*** . . . . .99
Eidgenössische Solidarität . . . . . .99
Die wesentlichsten Merkmale der Korrektion von 1863–1894 . . . . . .100
***9.4 Zwei Deklamationen und weitere Korrektionen*** . . . . . .103

**10 Die erste Juragewässerkorrektion von 1868–1891 als Höhepunkt** . . . . . .105

***10.1 Ursachen und erste Massnahmen*** . . .105
Das bedrohliche Wachsen der Seen und Sümpfe seit der Bronzezeit . . . . . .105
Die unablässige Arbeit zweier geschiebereicher Flüsse . . . . . .105
Erste Massnahmen . . . . . .105
***10.2 Eine Vielfalt von Projekten und zwei Defilees von Experten*** . . . . . .106
Eine grobe Übersicht . . . . . .106
Das erste Expertendefilee . . . . . .107
Das zweite Expertendefilee . . . . . .107

*10.3 Die Entstehung des Bauprojekts* . . . .108
Lokale Initiativen, Johann Rudolf Schneider . . . . . .108
Das wegweisende Projekt von Richard La Nicca von 1842 und das dritte Expertendefilee . . . . . .109
Hartnäckige Widersacher bis zum Bundesbeschluss von 1867 . . . . . .110
*10.4 Die Bauarbeiten 1868–1891* . . . . . .110
Die Oberaufsicht des Bundes, die grobe Etappierung . . . . . .110
Der Nidau-Büren-Kanal . . . . . .111
Der Hagneckkanal . . . . . .113
Der Broyekanal und der Zihlkanal, Anpassungsarbeiten . . . . . .114
Fertigstellung und Ausblick auf die zweite Juragewässerkorrektion . . . . . .115

**11 Andere Flusskorrektionen des 19. Jahrhunderts** . . . . . .117

*11.1 Die Birskorrektion im Unterlauf ab 1811* . . . . . .117
*11.2 Die Glattkorrektion ab 1813* . . . . . .120
Die Korrektion der unteren Glatt 1813–1830 . . . . . .120
Die Gesamtkorrektion 1878–1895 . . . . .123

*11.3 Die Aarekorrektion zwischen Thun und Bern ab 1824* . . . . . .123
Zustände bis zum Abschluss des Kanderdurchstichs 1714 . . . . . .123
Die Arbeiten zur Sicherung von Thun . . .124
Die Aarekorrektion von Thun bis zur Uttigenfluh 1871–1892 . . . . . .126
Die Aarekorrektion vom Schützenfahr bis zur Gürbemündung 1824–1859 . . . .129
*11.4 Die Korrektion der Urner Reuss ab 1850* . . . . . .130
*11.5 Die Broyekorrektion ab 1853* . . . . . .132
*11.6 Die Emmekorrektion ab 1886* . . . . . .136
*11.7 Die Tessinkorrektion ab 1888* . . . . . .139

**12 Wildbachverbauungen** . . . . . .143

*12.1 Das Erscheinungsbild der Wildbäche* 143

*12.2 Zuerst nur Massnahmen auf dem Schuttfächer und am Ablauf* . . . . . .143
Warum wurde auf Schuttfächern gesiedelt? . . . . . .143
Korrektionsarbeiten . . . . . .143
Geschiebeauffangbecken . . . . . .148
*12.3 Ausweitung der Massnahmen auf den gesamten Lauf* . . . . . .150
Von der Symptom- zur Ursachenbekämpfung . . . . . .150
Die ersten Sperrentreppen . . . . . .150
Die ersten kleinen Murbremsen . . . . . .153
*12.4 Die Ära der Sperrentreppen* . . . . . .153
Gedankenaustausch in der Alpenregion .153
Ein gesamtschweizerisches Konzept . . . .154
Wildbachsperren als Herausforderung, die Verbauung der Nolla . . . . . .156
Der rechte Mann am rechten Platz . . . . .161

**13 Einige interessante Kritiker des Flussbau-Establishments** . . . . . .163

*13.1 Noch mehr Flussumleitungen in Seen?* . . . . . .163
*13.2 Ein naturphilosophisches Gestaltungsprinzip?* . . . . . .166
*13.3 Gerader oder gewundener Flusslauf?* . . . . . .169

**14 Hochwasserschutz an Seen** . . . . . .173

*14.1 Ziele des Hochwasserschutzes und Lösungen* . . . . . .173
*14.2 Übersicht über die grösseren Seen* . .174
*14.3 Der Vierwaldstättersee, verbindendes und trennendes Element in der Innerschweiz* . . . . . .174
*14.4 Der Zürichsee, von der verrammelten zur freien Limmat* . . . . . .177
*14.5 Der Genfersee, Wasserkunst contra Hochwasserschutz* . . . . . .181
*14.6 Kein Hochwasserschutz am Bodensee – ausser einem kleinen Rückbau 1856* . . . . . .188

**15 Entwicklung der Bundesaufgaben** . . . . . .191

*15.1 Die Zeit bis zur Restauration* . . . . . .191
*15.2 Die Zeit nach der Bundesverfassung von 1848* . . . . . .192
*15.3 Der erste eidgenössische Oberbauinspektor* . . . . . .194

**Literaturverzeichnis** . . . . . .197
**Bildquellen** . . . . . .206

Abb. 1 Sihlhochwasser in Zürich 1732, aus einem Stich von D. Redinger. Fliessrichtung von links nach rechts.

# 1 Hochwasser, ihre Ursachen und einstigen Deutungsmuster

## 1.1 Arten von Hochwassern

Hochwasser können auf natürliche Weise entstehen oder von Menschen verursacht werden. Dabei ist die Grenze in einigen Fällen eine fliessende. Im Rahmen der vorliegenden Schrift ist es aber nicht möglich, die verschiedenen Einflüsse auszuleuchten. Denn Hochwasserhydrologie ist heute ein Fachgebiet, dessen Erkenntnisse viele Bücher und Kongressbände füllen. Deshalb folgt hier eine bloss rudimentäre Darstellung der wichtigsten Arten von Hochwassern; die Betonung liegt dabei auf den heute nicht oder kaum mehr bekannten.

Abb. 2 Eisbarre in der Sihl bei Zürich-Wiedikon um 1900, Blick Sihl aufwärts.

**Natürliche Hochwasser, vom Unwetter bis zu Schwallwellen in Seen**

Die weitaus überwiegende Zahl von Hochwassern entsteht durch Starkregen. In grösseren Einzugsgebieten müssen diese mehrere Tage anhalten, bis die Flüsse und grösseren Seen ausufern. In kleineren Einzugsgebieten genügt oft ein heftiger Gewitterregen zur Auslösung einer Katastrophe. Daher wurde in der Schweiz das Wort Unwetter zum Synonym für ein solches Ereignis. Entgegen einer verbreiteten Meinung erzeugt die Schneeschmelze allein selten Hochwasser. Sie kann aber die natürlichen und künstlichen Speicher eines Einzugsgebiets derart auffüllen, dass ein zusätzlicher Starkregen «voll durchschlägt». Darunter versteht man eine weitgehende, weil wenig gedämpfte Umwandlung des Niederschlags in einen Hochwasserabfluss. Denselben Auffüllungseffekt haben auch so genannte Vorregen. Zu den erwähnten Speichern gehören in erster Linie die Böden, dann aber auch Geländemulden und die normalerweise vorhandenen Freiräume in den natürlichen und künstlichen Gewässern.
In Wildbächen können sich während eines Hochwassers Bäume und Blöcke an einem Hindernis verfangen. Solche Verklausungen stauen zunächst das Wasser zurück, bis sie unter dem Wasserdruck nachgeben und damit einen Schwall erzeugen, der den Abfluss plötzlich erhöht. Ähnliches geschieht auch, wenn kleinere Rutsche oder seitliche Murgänge ein Fliessgewässer vorübergehend blockieren.
Ein gewisses Pendant dazu bilden die Eisbarren in den Flüssen. Sie entstehen, wenn Hochwasser gefrorene Flüsse aufbrechen und die Eisschollen gehäuft abtreiben. Dann können sich diese Eisschollen ebenfalls an einem Hindernis verfangen und so genannte Eisbarren (Eisstände) bilden, die allenfalls brechen und gefährliche Schwallwellen erzeugen. Sie vermögen aber auch durch ihre Stauwirkung Ausuferungen flussaufwärts zu erzeugen – wobei zu sagen ist, dass eine geschlossene Eisdecke infolge ihres Reibungseinflusses die Flussspiegel ohnehin erhöht. Dieses Phänomen ist in der Schweiz heute fast unbekannt. Früher gab es in kühleren Klimaperioden mehr Frosttage. Zudem war die «Eisproduktion» in den einst verzweigten Flüssen grösser als in den mittlerweile kanalisierten. Als Beispiel sei die Erinnerung eines Einwohners von Dietikon an die 1890er Jahre angeführt: «Gefürchtet war damals im Frühjahr das Sihleis, das oft in mächtigen Platten die Limmat herunterkam, sich am Wuhr (einfaches Wehr für die Fassung eines Fabrikkanals) staute und sich zu senkrechten Wänden türmte. Da gab es ... dorfauf und dorfab den Warnruf ‹s'Sihlys chund!› Und die Mannen eilten mit Haken, Stangen, Karsten usw. ans Wuhr hinaus, um dem Unheil zu wehren» (Lüthi 2001).
Alte, natürliche Seen brechen kaum je aus. Hingegen geschieht das etwa bei sehr jungen Seen, die durch rezente Hangrutsche oder Bergstürze aufgestaut wurden. Dort besteht die Gefahr der Breschenbildung in der Schuttmasse, die zum schnellen Auslaufen des Sees unter Erzeugung einer Flutwelle führt. Die Bresche entsteht durch innere Auswaschung oder durch Überflutung, das heisst durch innere oder äussere Erosion. Als Beispiel kann der Hinterrhein oberhalb Thusis erwähnt werden, der früher ab und zu durch den bei Hochwasser rasch wachsenden Schuttfächer der Nolla bis zu 12 m aufgestaut wurde, dann jeweils bald ausbrach und das Domleschg schwer heimsuchte (siehe Kapitel 12).
Vergleichbare Flutwellen verursachen plötzlich auslaufende Gletscherseen und Gletschertaschen (subglaziale Seen). Der Mechanismus ist dadurch gekennzeichnet, dass Eismassen eine Zeit lang Schmelzwasser zurück-

Abb. 4 Schwallwellen im Lauerzersee und im anschliessenden Sumpf anlässlich des Goldauer Bergsturzes von 1806. Aquarell von D. A. Schmid aus der Zeit.

Abb. 3 Aufstau des Mauvoisinsees durch den Schuttkegel des Giétrogletschers 1818.

halten, das sich dann einen Weg ausschmilzt. Dieser Weg folgt meist einem bereits vorher im Eis bestehenden Gerinne, das heisst einem so genannten intra- oder subglazialen Kanal. Berüchtigt waren früher die verhältnismässig häufigen Ausbrüche des Mattmark-, des Gorner- und des Märjelensees. LÜTSCHG (1926) gibt an, dass der vom Allalingletscher immer wieder neu gebildete Mattmarksee von 1589 bis 1850 26-mal ausbrach und insbesondere 1633 und 1680 verheerend wirkte. 1633 soll das Ereignis die halbe Bevölkerung von Saas zum Auswandern gezwungen haben. Wesentlich seltener, aber noch gefährlicher waren die Ausbrüche des Mauvoisinsees. Dieser wurde jeweils durch den Giétrogletscher gebildet, der durch Eisstürze im Tal der Dranse de Bagnes einen riesigen Eiskegel aufhäufte. Das geschah zum letzten Mal 1818, als der entsprechend aufgestaute Mauvoisinsee 2 km lang, 200 m breit und 60 m tief wurde. Vergeblich versuchte der damalige Walliser Kantonsingenieur Ignaz Venetz (1788–1859) mit seiner Mannschaft einen Ausbruch zu verhindern. Mit Äxten schlugen sie im Eiskegel eine grosse Kerbe aus, die als Hochwasserentlastung wirken und sich nur allmählich aufweiten sollte. Doch bahnte sich die Dranse ihren Weg unvermittelt unter dem Eiskegel durch und verheerte das Tal bis nach Martigny hinunter. Neben dem Verlust von 44 Menschenleben waren riesige Verwüstungen zu beklagen (KAISER K. 1990).

Eine besondere Art von Hochwassern stellen Schwallwellen dar, die in Seen durch Uferinstabilitäten erzeugt werden. Zu solchen Instabilitäten gehören Bergstürze, Rutsche, Uferabbrüche, Lawinen, Eisstürze und starke Murgänge, die rasch in den See eintauchen und dort grössere Wassermassen verdrängen. Bei den Schwallwellen handelt es sich um lange Wellen, die sich schnell ausbreiten und dann an den Ufern zerstörerisch auflaufen. In gewisser Hinsicht gleichen sie den Seebeben-Wellen (Tsunamis) in den Meeren. Als Beispiel kann der Bergsturz von Goldau 1806 erwähnt werden. Er erzeugte neben den grossen, direkten Schäden in seiner Sturzbahn auch indirekte ausserhalb derselben. So berührte ein kleiner Teil der Sturzmassen damals den Lauerzersee und erzeugte dort zusammen mit dem Luftdruck Schwallwellen, die das Ufer heimsuchten und 10 Todesopfer forderten (FELCHLIN, ohne Datum).

## Von Menschen durch Stauanlagen verursachte Hochwasser

Vor dem Bahnzeitalter, das den Kohleimport ermöglichte, war der Holzbedarf enorm. Das Holz war damals die weitaus grösste Wärmequelle für Wohn- und Gewerbebauten sowie für die ab Mitte des 18. Jahrhunderts aufkommende Industrie. Der einheimische Kohle- und Torfabbau fiel nur lokal ins Gewicht. Zudem diente das Holz auch als Baustoff. Dementsprechend wurde in den Wäldern sehr viel Holz geschlagen. Dabei ergab sich in den Gebirgswäldern zwangsläufig ein Transportproblem. Eine der bevorzugten Lösungen war das Triften, das darin bestand, dass die geschlagenen Stämme einem Wildbach übergeben wurden, der sie talwärts schwemmte. Am Zielort wurden die Stämme in einem Becken mit Rechen aufgefangen und dann aus dem Wasser gezogen. Nun führte ein solcher Wildbach oft nicht genügend Wasser. Deshalb erstellte man oberhalb der Beschickungsstelle so genannte Triftklausen. Das waren Wehre, die den Wildbach während einer gewissen Zeit aufstauten und ihm dann nach schnellem Öffnen einer Schütze den Weg wieder freigaben. Das erzeugte einen Schwall, der die im Bachbett angehäuften Stämme mitnahm.

Ein solcher Schwall erzeugte gewöhnlich kein ausufernd es Hochwasser, doch konnte er auf den Steilstrecken die Erosion verstärken. Bekannt wurde der Fall der Rovana, in deren Oberlauf 1854–1858 zwei Triftklausen in Betrieb waren. Das hatte zur Folge, dass die Rovana ihr Bachbett am Fuss von Campo Vallemaggia in bloss 5 Jahren bis zu 30 m vertiefte, was die Terrasse, auf der das Dorf liegt, ins Rutschen brachte. Dann wurde das Triften in der Rovana untersagt. Andere Wildbäche reagierten weniger drastisch. Zu ihnen gehörte etwa die Eau Froide, über welche die Saline von Roche zwischen Aigle und Villeneuve mit Holz versorgt wurde. Die zugehörige Triftklause bei Joux Verte bestand aus einem Trockenmauerwerk von 8 m Höhe und 30 m Länge. Mit ihrem Baujahr 1695 gilt sie als älteste Bogenstaumauer der Schweiz (Schnitter 1992).

Abb. 5 Triften von Holz in Wildbächen. Forstarbeiter machen gestrandete Stämme flott. Gezeichnet von Th. Schuler 1857.

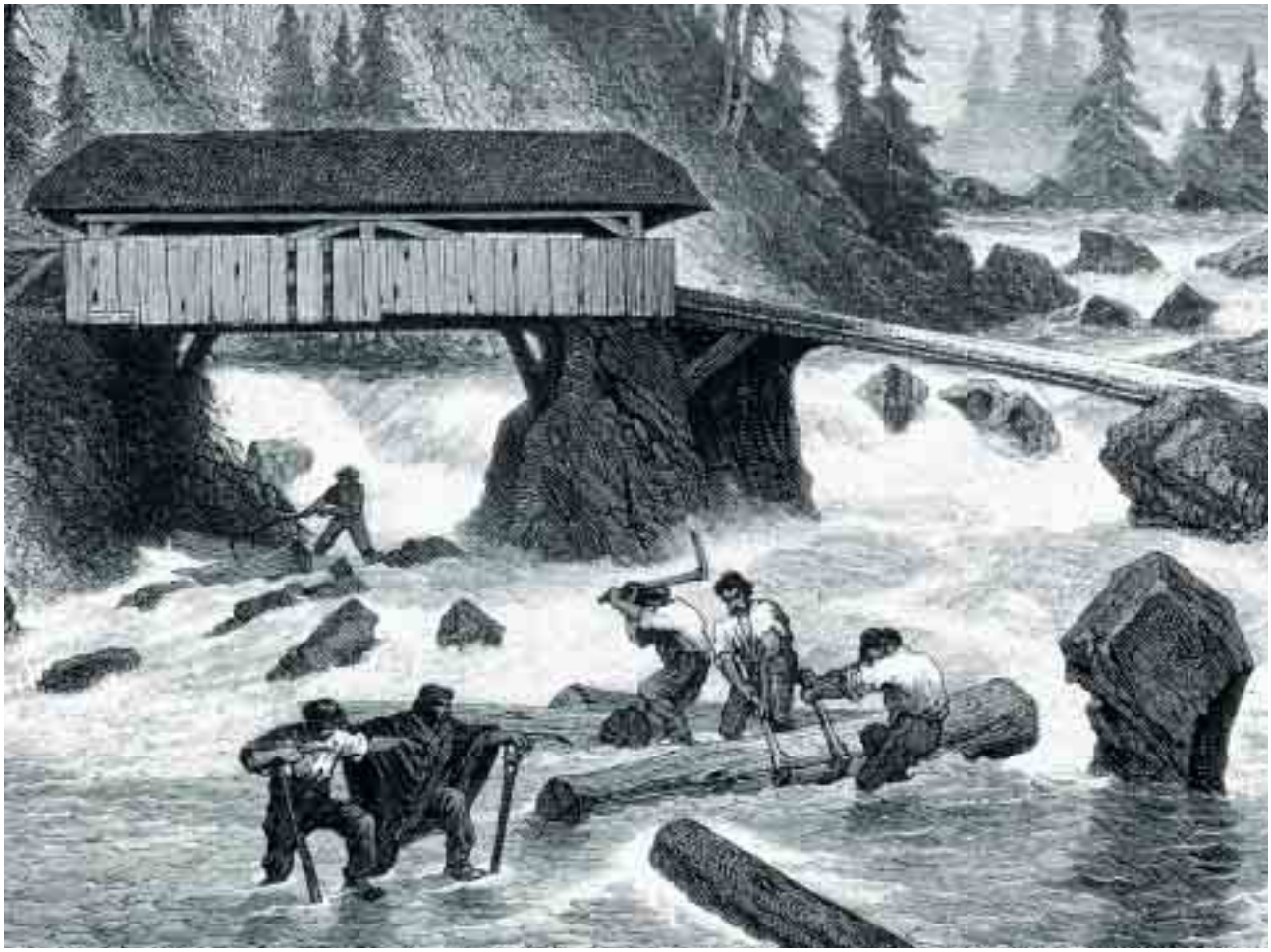


Abb. 6 Ausbruch des Trachtbachs 1846 in Brienz, gezeichnet von L. Vogel.

Schliesslich sei noch die Möglichkeit erwähnt, dass ein für andere Zwecke – wie etwa für die Kraftnutzung, die Wasserversorgung oder die Fischzucht – erstellter Stauweiher oder Stausee ausbricht. Das geschah in der Schweiz nur selten. Das einzig nennenswerte Ereignis datiert von 1877, als der im gleichen Jahr gebaute Erddamm Crap Alva am Albulapass brach. Dieser Damm war von einem ortsansässigen Wirt, der keine technischen Ratschläge einholte, mit einer Länge von 115 m und knapp 5 m Höhe verwirklicht worden, um einen Fischweiher zu schaffen. Durch die Bresche liefen etwa 150'000 m³ Wasser aus und richteten längs der Albula bis Bergün einige Schäden an. Verletzt wurde niemand. Die Flutwelle wurde durch den damaligen Bündner Oberingenieur Friedrich von Salis (1825–1901) einlässlich beschrieben (von Salis 1879).

## Hochwasser und Murgänge beziehungsweise Rüfen

Ein Wildbach kann bei Hochwasser sehr viel Geschiebe führen. Dabei bewegt sich das Geschiebe im Schnitt um Grössenordnungen langsamer als die Strömung. Ein Wildbach kann aber auch muren, das heisst Murgänge bilden. Bei solchen vermengen sich das Wasser und die Feststoffe derart, dass sie sich gemeinsam bewegen. Ein Charakteristikum ist dabei ein Abfluss in mehreren Schwällen, was wohl im Wortteil «Gang» zum Ausdruck kommt.
Viele Murgänge ereignen sich aber auch in normalerweise nicht durchflossenen Runsen, wenn dort Schutt von einem plötzlichen Wasseranfall mobilisiert wird. Dabei entsteht meist nur ein einziger Schwall. Ein Synonym für Murgang – und im Volksmund gängiger – ist der Ausdruck Rüfe, mit dem freilich auch oberflächliche Hangrutsche bezeichnet werden.
Gebirgs- und Flachlandflüsse muren in der Schweiz nicht. Sie weisen nur mehr oder weniger geschiebereiche Abflüsse auf.

## Das Geschiebe als Ursache von Überschwemmungen

Das Geschiebe wird vor allem bei Hochwasser transportiert. Darum sind für die Geschiebeführung eines Flusses die Häufigkeit und die Grösse der Hochwasser massgeblich.
Kann ein Fluss das anfallende Geschiebe nur teilweise weiterbefördern, bleibt der Rest liegen. Dadurch hebt sich die Sohle, was das Freibord an den Ufern verrin-

gert und somit das Ausufern der Hochwasser begünstigt. So gesehen verursacht das Geschiebe durchaus Überschwemmungen.
Von besonderem Interesse sind in diesem Zusammenhang Flussstrecken, die über lange Zeit eine stabile Sohle aufweisen und dann verhältnismässig rasch die geschilderte Veränderung erfahren. Die Gründe dafür lassen sich wie folgt skizzieren:

- Der Geschiebeanfall aus dem Einzugsgebiet erhöht sich, ohne dass die Häufigkeit und die Grösse der Hochwasser zunehmen.
- Die Häufigkeit und die Grösse der Hochwasser verringern sich, während der Geschiebeanfall gleich bleibt.
- Das Flussbett wird verbreitert, was die Geschiebetransportfähigkeit des Flusses vermindert.

Eine Umkehrung dieser Verhältnisse begründet naturgemäss eine Eintiefung der Flusssohle, was im Zusammenhang mit Überschwemmungen weniger interessiert. Ein weiterer Grund für eine Hebung ergibt sich bei der Ausmündung eines Flusses in einen See infolge der Deltabildung. Darauf wird in den Kapiteln über die Korrektion der Linth und des Alpenrheins näher eingegangen.
Hier sei vor allem auf die Erhöhung des Geschiebeanfalls aus dem Einzugsgebiet hingewiesen, das heisst auf eine Erosion, die nicht durch vermehrte Starkregen, sondern durch andere Einflüsse verstärkt wird.

## 1.2 Deutungsmuster für Hochwasser

Wie nahm einst die Bevölkerung die Hochwasserkatastrophen wahr? Wie ordnete sie diese ein? Dem Verfasser sind keine Studien bekannt, die diese Frage der Perzeption in früheren Zeiten behandeln. Er improvisiert hier deshalb einige Thesen, die den wohl verbreitetsten Denkmustern entsprechen. Sie sind einander zum Teil verwandt. Allerdings werden unter den weiter oben geschilderten Arten von Hochwassern nur die von Starkregen – allenfalls verbunden mit Schneeschmelze – erzeugten berücksichtigt. Diese überwiegen, wie angeführt, zahlenmässig derart, dass sie die anderen Arten zu Sonderfällen machen.
An sich war den Betroffenen immer klar, dass solche Hochwasser mit Wetterlagen zusammenhängen, die man – wie bereits erwähnt – noch heute als Unwetter apostrophiert. Wenn dabei sehr viele Rüfen, Murgänge und tief greifende Rutschungen vorkamen, glaubte man bisweilen auch noch an gleichzeitige Erdbeben. Davon berichtet beispielsweise eine zeitgenössische Analyse des Hochwassers von 1852 (Zschokke 1852). Grundsätzlich betrifft die Deutungsfrage hier jedoch allein die Entstehung der Hochwasser und der sie verursachenden Unwetter. Die Thesen lassen sich in drei Gruppen teilen: Einflüsse

- überirdischer Wesen (transzendente)
- der Natur
- des Menschen.

Abb. 7 «Die Emmeschlange ist ausgebrochen …
vom grünen Zwerglein mit mächtigem Tannenbaum geleitet.»

**Einflüsse überirdischer Wesen**

- böser Geist, böses Fabelwesen
- blindes Schicksal
- Predigt Gottes
- Strafe

Es gibt für manchen Wildbach eine Sage, die dessen Hochwasseraktivität einem bösen Ungeheuer oder zumindest einem unruhigen Geist zuschreibt. So gilt für den vom Pilatus nach Norden abfliessenden Renggbach der biblische Pontius Pilatus als Schadensverursacher. Sein überall Unruhe erzeugender Leichnam wurde nach einer längeren Irrfahrt in einem Weiher auf der Pilatus-Oberalp versenkt. In diesem Pilatussee verhielt er sich ruhig, solange niemand etwas ins Wasser warf. Geschah dies aber, so erzeugte er ein fürchterliches Unwetter, brachte den Renggbach zum Ausbrechen und gefährdete die Stadt Luzern (siehe Kapitel 5). Deshalb verbot Luzern den Zutritt zum Pilatussee und organisierte entsprechende Wachen. Um diesem jahrhundertealten Aberglauben entgegenzutreten, begab sich 1585 ein mutiger Stadtpfarrer von Luzern in zahlreicher Gesellschaft vor Ort. Dort warf er Steine in den See und liess seine Begleiter durch das Wasser waten,

Abb. 8 «Vorstellung der Grossen Wasser Flut, die Gottes Hand den 25. und 26sten December, Anno 1717 über viel Land gefüehrt, in dere viel Menschen, Vieh, Häuser und Güetter jämmerlich umkomen und zu Grund gegangen.» Gezeichnet von J. Füesslinus.

ohne dass etwas geschah. Das veranlasste 1594 die Regierung dann zur «Us- und Abgrabung dieses Seews zur Uslöschung dieses Aberglaubens» (Stirnimann 1882). Deshalb ist der kleine Pilatussee heute nicht mehr zu sehen.

Solche und ähnliche Prozessionen, aber vor allem die im 17. und 18. Jahrhundert einsetzende Aufklärungsbewegung, machten die Sagen schliesslich zur Folklore. Doch blieben transzendente Deutungsmuster bis Ende des 19. Jahrhunderts bestehen. Eines davon betrachtete die Hochwasser als blindes Schicksal. Man glaubte also, bei Unwettern und Hochwassern handle es sich um höhere Gewalt, die blind zuschlägt und darum auch keine Verantwortlichkeiten begründet. Die englische Sprache bezeichnet diese Gewalt als «Act of God», ohne ihr damit einen Sinn geben zu wollen. Als Beispiel diene eine Zeichnung, die der Zürcher Johannes Melchior Füesslinus Anfang des 18. Jahrhunderts anfertigte. Gezeigt wird eine fast apokalyptisch anmutende Untergangsszene (möglicherweise im Norden Deutschlands) und sie wird wie folgt kommentiert: «Vorstellung der grossen Wasser Flut, die Gottes Hand den 25. und 26sten December Anno 1717 über viel Land gefüehrt, in dere viel Menschen, Vieh, Häuser, Güetter jämmerlich umkomen und zu Grunde gegangen.»

Ein anderes Deutungsmuster – diesmal mit moralischem Einschlag – sieht in einem verheerenden Hochwasser eine Predigt. Solche Naturkatastrophen entsprechen dem Reden und Handeln Gottes. Das von ihm geschickte Ereignis, eben das Schicksal, solle die Menschen aufrütteln und zu besserem Tun anspornen. Ganz in diesem Sinne verfasste Jeremias Gotthelf (1797–1854) 1838 sein meisterliches Werk über «die Wassernot im Emmental». Er beschreibt darin das grosse Schadenshochwasser der Emme von 1837 und schliesst es – er war ja Pfarrer – mit einer Predigt ab. Dabei tritt er der Ansicht entgegen, das Ereignis entspreche einem blinden Schicksal. Er sieht es als Anlass, bei dem Gott die Menschen auf bessere Wege weist: «Ein Tor möchte sagen, die gepriesene Weisheit und Güte komme ihm vor wie mutwilliges Kinderspiel, das auch zerstöre, um wieder von vorne beginnen zu können. Der arme Tor kennt Gottes Walten nicht, weiss nicht, dass in der Zerstörung immer ein Keim einer herrlicheren Schöpfung liegt …» (Gute Schriften 1958).

Noch verbreiteter war früher die Ansicht, die Hochwassernot sei wie jede andere Naturkatastrophe eine Strafe für die Sündhaftigkeit der Betroffenen. Das klassische Vorbild dafür war die biblische Sintflut, die eine als verdorben charakterisierte Bevölkerung vernichtete. Das deutsche Wort Sintflut steht eigentlich für eine immer währende Flut, wurde später aber auch als Sündflut gedeutet, das heisst als ausgedehnte

Überschwemmung infolge allgemeiner moralischer Verfehlungen.

**Launen und Schwächen der Natur**

- Übellaunigkeit der Gewässer
- Schwäche

Ein weiteres Deutungsmuster sieht die Hochwasser als Launen der Natur. So wurden die Gewässer insbesondere in vorchristlichen Zeiten als Lebewesen wahrgenommen. Aber auch nachher wurde ihnen eine gewisse Persönlichkeit zugebilligt. Wie transzendent das gemeint war – das heisst, wie stark die Gewässer damit gleichsam beseelt wurden – bleibe dahingestellt. Jedenfalls wurden die Fliessgewässer charakterisiert und oft entsprechend benannt. Die unbändigen unter ihnen wurden so generell als Wildflüsse und Wildbäche bezeichnet oder konkreter als Höllbach, Mauvoisin (schlechter oder verfluchter Nachbar), Rabiusa (die Wütende, Stürmische) usw. (Vischer 1989a). In diesen Zusammenhang gehört auch das Sprichwort: «Ein grosser Herr und ein grosser Fluss sind schlechte Nachbarn, sie nehmen immer etwas mit.» Dabei dachte man beim Herrn an die Übergriffe eines Fürsten und beim Fluss eben an Hochwasserschäden.
Gegen solche Übergriffe in Form von Ausuferungen galt es sich zu schützen; der freche oder übellaunige Nachbar sollte abgewiesen werden. Deshalb spielt ja auch das Wort Wehr, das den Tätigkeiten wehren, abwehren, bewahren entspricht, in der Sprache des Hochwasserschutzes eine grosse Rolle. Dabei ist bemerkenswert, dass diese Tätigkeiten etymologisch sogar von einer Umschliessung des sich Wehrenden mit einem Flechtwerk, Zaun oder Schutzwall abstammen.
Statt dass man die Gewässer einfach abwehrt, kann man sie erziehen. Diese pädagogische Absicht wird jedenfalls mit dem Wort Korrektion suggeriert, das eine grosse Flussbauarbeit bezeichnet. Denn Korrektion bedeutet auf deutsch Verbesserung und «correction»

Abb. 9 Der Rhein ist gebändigt! Oben der korrigierte Rhein im Fussacher Durchstich mit einer der 1899/1900 erstellten Stahlbrücken, unten der Rhein in Ketten. Vignette von H. Scherrer.

*Rheinnot*

*Wie liegt die Nacht so schwer überm Tal,*
*so feucht und so frostig allüberall*
*Kein Sternlein grüsset mit seinem Schein*
*die wildschwarzen Wogen im rauschenden Rhein.*

*Sie grollen und rollen auf kiesigem Grund;*
*sie wachsen wehkündend von Stund zu Stund.*
*Auf zitterndem Damme, in dunkler Nacht,*
*mein Vater steht auf der Wasserwacht.*

*Die nahende Not verkünden vom Turm*
*die heulenden Glocken; sie läuten Sturm.*
*Sie läuten so traurig, talauf und talab,*
*den Sommersegen ins nasse Grab.*

*Wohl schaffen schaufelnd beim Fackelschein*
*die Männer und Frauen in stummen Reih'n.*
*Wohl tragen sie Rasen und Erde herbei;*
*die Wellen spotten: «Der Jungstrom ist frei!»*

*Sie lecken mit zorniger Zunge den Damm;*
*sieh da! - hochgehender Wogenkamm*
*stürzt über! - Die sandige Wehre weicht;*
*ein Wehruf über die Wasser streicht. -*

*Sie kommen, sie kommen so hoch, so voll;*
*sie beugen die Saaten in wildem Groll.*
*Indes das Sturmgeläute verklingt,*
*die gurgelnde Flut in die Häuser dringt.*

*Und über den Wassern, Irrlichtern gleich,*
*da leuchten Laternen den Männern so bleich.*
*Die flüchten aus überflutetem Stall*
*das brüllende Vieh aus dem Wogenschwall.*

*Und oben im Hause, dass Gott erbarm,*
*sitzt zitternd die Mutter, das Kleinste im Arm.*
*Sie hat die lange, die traurige Nacht*
*mit schwerem und bangendem Herzen durchwacht.*

*Nun hebt der Morgen den Schleier hinweg,*
*verschwunden sind Garten, Strasse und Steg.*
*Die Kronen der Bäume nur zeigen die Spur*
*der untergegangenen Segensflur.*

*Da horch! Wie tröstender Engelsang*
*ruft über die Fluten der fromme Klang*
*der Morgenglocke ins Kämmerlein:*
*«Die Liebe ist stärker als unser Rhein!»*

Abb. 10 Rheinnot, Gedicht von Johannes Brassel (1848–1916) von St. Margrethen.

auf Französisch überdies noch Zurechtweisung. Mit einer Gewässerkorrektion soll also ein gefährliches Gewässer verbessert oder gar gebessert werden.
Eine ähnliche, wohl von der Aufklärung beeinflusste Sprachregelung findet sich ja auch im Strafrecht, wo ein Straffälliger zu seiner Besserung in eine Korrektionsanstalt eingewiesen werden kann. Es geht dort offensichtlich um die Korrektion einer «schwachen Natur».
In der mittleren Silbe enthält das Wort Korrektur zudem das Wort «recht» im Sinne von «gerade». Eine Flusskorrektion bedeutet also gewissermassen ein Zurecht- oder Geradebiegen, das heisst die Streckung eines Flusses. Für eine solche wurden auch die Synonyme Rektifikation und Regelung oder Regulierung eingeführt. In der deutschschweizerischen Literatur tauchen diese Begriffe Anfang des 19. Jahrhunderts auf. So soll gemäss Tagsatzungsbeschluss von 1804 «das ganze Linthbett bis auf Grynau herab gehörig regliert und gesichert werden». Und im Inspektionsbericht einer Kommission von 1810 ist von der «Correction» der Linth oberhalb von Näfels die Rede.

**Eingriffe des Menschen**

Gemäss einem anderen Deutungsmuster werden die Hochwasser durch Eingriffe im Einzugsgebiet erzeugt oder zumindest verstärkt. Als die wichtigsten unter ihnen erscheinen:

- Entwaldungen
- Einbauten in die Fliessgewässer
- Nachlässigkeiten.

Im Vordergrund der Perzeption stand Anfang des 19. Jahrhunderts der so genannte Raubbau an den Wäldern. Damit war ein damals intensivierter Holzschlag gemeint, der vor allem die Nadelwälder und damit die Gebirgswälder lichtete. Veranlassung dazu gab der Bau- und Brennholzbedarf einer wachsenden Bevölkerung und Industrie. Auf diese Abholzung wurden die zunehmenden Hochwasserkatastrophen zurückgeführt.
Da diese Ansicht innerhalb weniger Jahrzehnte zum Paradigma wurde, das noch heute verbreitet ist, rechtfertigt sich eine längere Erklärung. Schon während der Linthkorrektion von 1807–1816 äusserte man die Vermutung, dass «eine unvorsichtige Zerstörung der Waldbekleidung» die Erosion im Glarnerland verstärkt habe (Linth-Escher-Gesellschaft 1993). Der Oberförster des Berner Oberlandes Karl Albrecht Kasthofer (1777–1853) betrachtete 1822 diese Zerstörung sogar als Ursache der damaligen Klimaverschlechterung. Und der von der Schweizerischen Gemeinnützigen Gesellschaft

Abb. 11 Räbloch im Oberlauf der Emme. Forstarbeiter seilen sich in der Schlucht ab, um Verklausungen von Triftholz zu lösen. Zeichnung nach E. Rittmeyer (1820–1904).

mit einschlägigen Untersuchungen beauftragte, in Zürich tätige Ingenieur Luigi Negrelli (1799–1858) empfahl 1835 dringend die «Erhaltung der Wälder». Andere Experten schlugen in die gleiche Kerbe (Brändli 1998).
Detaillierter äusserte sich der Wildbachspezialist Joseph Duile (1776–1863) aus Innsbruck, der 1841 die Glarner Wildbäche begutachtete. Hinsichtlich der Abholzung in den Gebirgswäldern bemängelte er sowohl die «unbedachtsame Auslichtung der Waldungen an steilen Bergseiten» als auch gewisse Methoden der Holzfäller. Jene würfen den Abfall einfach in die Runsen, was die Verklausungsgefahr erhöhe. Auch verletzten sie beim Abriesen der Stämme (über Gleitbahnen in Form so genannter Erdriesen) das Erdreich derart, dass die Erosion und gar die Entstehung von Rüfen begünstigt würden. Duile erwähnte aber noch weitere anthropogene Einflüsse, wie das Beweiden der Gebirgswälder sowie einige schlecht angelegte Wasserbauten, als Ur-

sache für die Verwilderung der Wildbäche. Von den negativen Einflüssen des Triftens war ja bereits in Abschnitt 1.1 die Rede. Es war sowohl für Duile wie für andere jedoch selbstverständlich, was Charles Lardy (1780–1858) in seiner Denkschrift von 1842 ausdrückte, nämlich, dass das intensive Regen- und Schmelzwasser die Hauptursache der Hochwasserkatastrophen sei.
Interessant waren in diesem Zusammenhang zwei extreme Ansichten aus Frankreich, die in den entsprechenden Publikationen als Leitsätze herausgehoben wurden. Die eine stammte vom Ingenieur Alexandre Surell (1813–1887), der 1841 in seiner über 300-seitigen «Etude sur les torrents des Hautes-Alpes» festhält:

- «Le développement des forêts provoque l'extinction des torrents»,
- «La chute des forêts revivifie les torrents éteints».

Übersetzt: Die Bewaldung bewirkt die Ausrottung der Wildbäche; die Entwaldung belebt die ausgerotteten Wildbäche wieder. Die andere Ansicht kam vom Ingenieur François Vallès (1805–1867), der 1857 in seinen mehr als 500-seitigen «Etudes sur les inondations, leurs causes et leurs effets» zum Schluss kommt:

- «Les déboisements diminuent plutôt qu'ils n'augmentent l'intensité des inondations.»

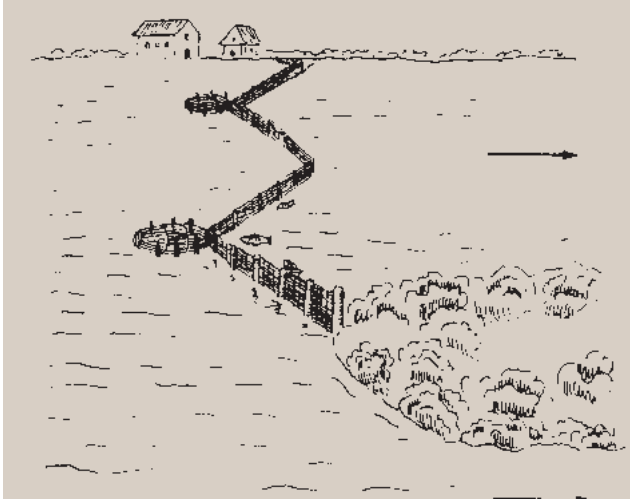


Abb. 12 Fischfachen und Reusen in einem Nebenarm der Limmat im 17. Jahrhundert. Skizze von M. Baumann 1977.

Zu Deutsch: Die Entwaldung verringert die Intensität der Hochwasser eher, als dass sie sie verstärkt (Surell 1870, Vallès 1857). Surell erfuhr in der Schweiz wenig Beachtung und darum auch kaum Widerspruch. Hingegen wirkte Vallès provozierend. Noch 20 Jahre später fühlte sich der Berner Ingenieur Robert Lauterburg (1816–1893) veranlasst, ihm vehement entgegenzutreten. In seiner Arbeit «Über den Einfluss der Wälder auf die Quellen- und Stromverhältnisse der Schweiz»

Abb. 13 Künstliche Aareschwelle bei Interlaken, Zeichnung von S. Birmann (1792–1847), Stich von G. Geissler.

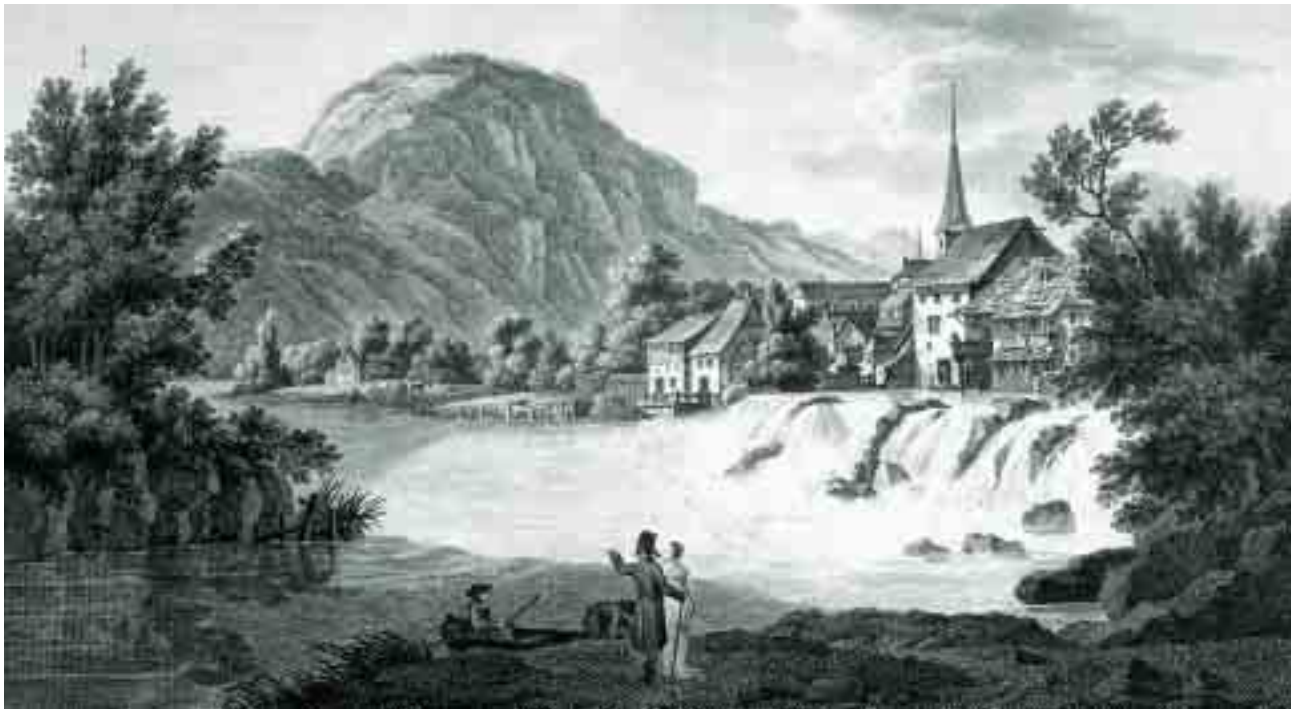


Abb. 14 «Scene aus der Überschwemmung des St.-Gallischen Rheintals im Herbst 1868», «nach der Natur aufgenommen von E. Rittmeyer».

(Lauterburg 1877) belegte er aufgrund eigener Beobachtungen und Versuche, dass ein gesunder Wald die Niederschläge stärker zurückhält als unbewaldetes Gelände und dementsprechend auf Hochwasser dämpfend wirkt. Dabei wies er aber auch auf die Grenzen der Speicherfähigkeit des Waldes hin, Grenzen, die er aus heutiger Sicht freilich zu hoch ansetzte (Vischer 1988). Dieser Vorbehalt ging in der öffentlichen Diskussion jedoch unter, so dass die Wälder ab etwa 1870 schlechthin als Hochwasserverhinderer betrachtet wurden. Das so genannte Abholzungsparadigma, wie es heute im Rückblick bezeichnet wird (Brändli 1998, Pfister & Brändli 1999), spielte dann auch bei der Einführung des Eidgenössischen Forstpolizeigesetzes 1876 eine grosse Rolle, umso mehr, als sich gerade in dieser Zeit die extremen Hochwasser häuften (Vischer 1994a).

Etwas einfacher als die Waldfrage war die Wahrnehmung hinderlicher Einbauten in den Fliessgewässern. Man sah sich Ausuferungen von Flüssen und Seen ausgesetzt, weil jene vom Menschen aufgestaut wurden. Allerdings war es früher, als noch keine verlässlichen Staukurvenrechnungen durchgeführt werden konnten, nicht leicht, die Reichweite eines Staus abzuschätzen. Stauende Einbauten wurden sowohl für den Hochwasserschutz wie für die Wassernutzung erstellt. Zu den ersteren gehörten namentlich die Schupfwuhren, von denen weiter unten noch die Rede sein wird. Zu den letzteren waren die einst zahlreichen Fischfachen und Mühlewehre zu zählen. Fischfachen bestanden aus Flechtzäunen, die quer oder schief in einer Bach- oder Flussströmung standen, um wandernde Fische in Reusen oder Netze zu lenken. Die Mühlewehre wurden weitgehend als feste Schwellen oder Leitwerke ausgeführt, die die Strömung in einen Mühlekanal leiteten und für die Wasserräder auch eine gewisse Fallhöhe erzeugten. Die Kehrseite war natürlich ein Stau stromaufwärts.

Ein bemerkenswertes Beispiel ist die Aareschwelle bei Interlaken. Sie wurde um 1430 von den Mönchen des Klosters Interlaken mit rund 2 m Höhe schräg über den Fluss gelegt, um die Klostermühlen mit Triebwasser zu beschicken und namentlich die stromaufwärts ziehenden Fische aufzuhalten. Die Fische, unter ihnen insbesondere die leckeren Alböcke (Felchen), sollten nicht in den Brienzersee gelangen, sondern in die Reusen der Mönche. Diese Aareschwelle staute aber den Brienzersee auf und führte zu einer Versumpfung der ober-

liegenden Ebene bis nach Meiringen, ein Zustand, der auch nach der Aufhebung des Klosters bis in die erste Hälfte des 19. Jahrhunderts andauerte. Vergeblich versuchten die Hasler und Brienzer während der Reformationsunruhen von 1528 mit der Waffe in der Hand die verhasste Aareschwelle für immer zu zerstören (Geiser 1914). Auch an anderen Seen entstanden solche Probleme (siehe Kapitel 14).
Als ähnlich ungünstig erwies sich das 1566 in der Reuss erstellte Mühlewehr des Klosters Hermetschwil für die oberliegende Reussebene. Es wurde zwar aufgrund eines Beschlusses der Tagsatzung 1584 geschleift, aber bereits 8 Jahre später vom Kloster wieder aufgebaut (Grünig 1988). Erst 1829 erfolgte seine teilweise und 1860 seine vollständige Entfernung (Hauri 1958).
Ein weiterer anthropogener Einfluss auf die Hochwasser – wenn auch meist ein schleichender – ist die Nachlässigkeit. Die Geschichte lehrt ja, dass die Einzelheiten einer Naturkatastrophe schnell vergessen sind. Darum wurde auch schon früher jedes grössere Ereignis gerne als «das grösste seit Menschengedenken» hingestellt, auch wenn es wenige Jahre oder Jahrzehnte zuvor am selben Ort schon einmal aufgetreten war. Dieses Vergessen führte zwangsläufig zu nachlassender Wachsamkeit und damit zu Nachlässigkeit, was sich in zweifacher Hinsicht manifestierte. Einerseits wurden Unterhaltsarbeiten an Schutzbauten vernachlässigt, andererseits leichtsinnige bis fahrlässige Veränderungen an einem Bach- oder Flussbett vorgenommen und geduldet. So wurde in Langenthal Anfang des 17. Jahrhunderts eine Häuserreihe auf die Langete gesetzt, die deren Ausbrechen in die Siedlung bis ins 20. Jahrhundert begünstigte (Binggeli 1983). Andererseits wurden Gebiete besiedelt, die sporadischen Überschwemmungen ausgesetzt waren. Das traf beispielsweise für mehrere Siedlungen im Ausuferungsbereich des Bodensees zu.

### Soziale und politische Komponenten

- Los der Armen

Wer sich täglich Sorgen um das Überleben machen muss, kümmert sich kaum um fünfjährliche oder noch seltenere Gefahren. Das erklärt, weshalb einige gerade wegen Überflutungen fruchtbare Gebiete landwirtschaftlich genutzt und teilweise besiedelt wurden. Die arme Bevölkerung musste oder wollte das damit verbundene Risiko tragen. Deshalb wurden Hochwasser auch als das Los der Armen wahrgenommen, als etwas eben, das vor allem die Unterprivilegierten beutelt.
Als Beispiel diene das Tal des Alpenrheins, das vor der 1862 begonnenen Rheinregulierung immer wieder von Rheinausbrüchen heimgesucht wurde. Dort lagen um 1830 zwischen Haag und dem Bodensee rund die Hälfte der Dörfer – das sind etwa 40 – auf entsprechend unsicheren, aber nährstoffreichen Schwemmböden (Kaiser 1992).
Freilich war die Freizügigkeit der Bevölkerung vor den modernen, im Nachgang zur Französischen Revolution erlassenen Staatsverfassungen nicht oder nur bedingt gewährleistet. Der Wohnort war damals meist von einer obrigkeitlichen Bewilligung abhängig oder wurde gar verfügt. Letzteres galt insbesondere für die untere und ärmere Klasse. Diese bevölkerte die allfällig unsicheren Unter- und Vorstädte oder wurde gar zur Kultivierung von Sümpfen und Schwemmland verpflichtet. Entsprechende Planungsgrundsätze finden sich expressis verbis bei Wilhelm von Traitteur (1788–1859), der 1825 für das zaristische Petersburg Folgendes empfahl: «Les parties inhabitées du coté du champ de Volkof doivent être destinées pour la classe inférieure de la population.» Übersetzt: Die unbewohnten Gebiete auf dem Volkoffeld sollen der unteren Bevölkerungsschicht vorbehalten bleiben. Und das Volkoffeld lag eben in einem notorischen Überschwemmungsgebiet (Vischer 2001a). Dasselbe Prinzip dürfte unausgesprochen auch für die Schweiz des Ancien Régime gegolten haben.
Als Beispiel sei der Schachen (Flussniederung) im Emmental erwähnt. Dort siedelten sich früher nur Taglöhner und einige Handwerker an. Der Boden war karg und mit dem Servitut der Schwellenpflicht belastet. Doch vermochte das entsprechende Schwellenwesen ein zeitweiliges Ausbrechen der Emme und damit die Verwüstung von Land und Siedlungen nicht zu verhindern. Deshalb waren die Schachenbewohner fast durchwegs arm. So schrieb 1770 der Pfarrer von Trachselwald: «In diesem Schachen hat das Elend und die Armuth der Menschen Heimath» (Thomi 2000).

Abb. 15 Auflandungserscheinungen im Aarelauf oberhalb von Uttigen, Blick flussaufwärts gegen Thun. Ölbild von J. L. Aberli (1723–1786).

# 2 Relevante Entwicklungen

## 2.1 Wem gehören die Täler?

### Die Dynamik der natürlichen Flüsse

Das Sonnenlicht – also die einstrahlende Sonnenenergie – treibt auf der Erde Kreisläufe an, die markante Veränderungen bewirken. Besonders augenfällig geschieht dies beim Wasserkreislauf, der zum Abtrag von Bergen und Hügeln und zur Aufschüttung von Ebenen – etwa zu Lasten von Seen – führt. Langfristig gesehen findet also ein topographischer Einebnungsprozess statt. Dabei spielt die unablässige Arbeit der Flüsse und Bäche eine gewichtige Rolle.
Unter den Fliessgewässern lassen sich dementsprechend zwei Arten unterscheiden: Die einen befinden sich im Zustand der Erosion, das heisst, sie vertiefen ihr Bett. Darum fliessen sie auch meist einarmig und verhältnismässig gestreckt ab. Sie prägen vor allem den oberen Teil der Einzugsgebiete und formen dort die charakteristischen V-Täler. Die andern befinden sich im Zustand der Auflandung, in dem sie ihre Feststoffe ablagern. Sie sind meist im unteren Teil der Einzugsgebiete wirksam und schütten dort die grossen Talebenen auf. Ihr Lauf ist typischerweise mehrarmig oder mäandrierend. Zwischen den beiden Arten können auch Gleichgewichtsstrecken vorkommen, wo die Sohle über eine längere Zeit – beispielsweise über zwei bis drei menschliche Generationen – auf derselben Höhe bleibt.
Der Mensch, der sich an den Gewässern niederlässt, ist der Dynamik derselben zwangsläufig ausgesetzt. Er muss zur Kenntnis nehmen, dass die Natur bezüglich der Topographie grundsätzlich nicht im Gleichgewicht ist. Sie verändert sich, und zwar nicht kontinuierlich, sondern sporadisch, das heisst vornehmlich bei Hochwasser.
Bei Flüssen und Bächen im Erosionszustand werden neben der Sohle auch die Ufer abgetragen. Das kann bei steilen Talflanken Rutschungen auslösen. Die Anwohner verlieren dabei nicht nur Land, sondern sind durch Bodenbewegungen gefährdet. Solche Instabilitäten kennzeichnen insbesondere die so genannten Erosionstrichter im Oberlauf, die oft ein grosses Ausmass annehmen und eine Landnutzung erschweren oder verunmöglichen.
Bei Flüssen und Bächen im Auflandungszustand hebt sich die Sohle. Das begünstigt, wie schon in Abschnitt 1.1 erläutert, die Ausuferungen und Übersarungen (Überdeckung mit abgelagerten Feststoffen). Dabei können die Fliessgewässer vollends ausbrechen und sich einen neuen Lauf schaffen. Die Anwohner werden einerseits durch Überschwemmungen bedroht, andererseits büssen sie durch Übersarungen oder neue Bettbildungen Land ein.
Auf den Talebenen lassen sich diesbezüglich zwei Entwicklungsmuster unterscheiden: Die Dynamik der verzweigten Flüsse und jene der mäandrierenden.
Ein verzweigter Fluss beansprucht naturgemäss viel Platz. Bei Nieder- und Mittelwasser fliesst er in zwei bis drei Armen ab, die durch zahlreiche bewachsene oder unbewachsene Sand- und Kiesbänke getrennt sind. Bei stärkeren Abflüssen beansprucht er aber mehr und auch neue Arme, zwischen denen weitere

Abb. 16 Erosion im Einzugsgebiet der Nolla bei Tschapina nach A. von Salis, 1870.

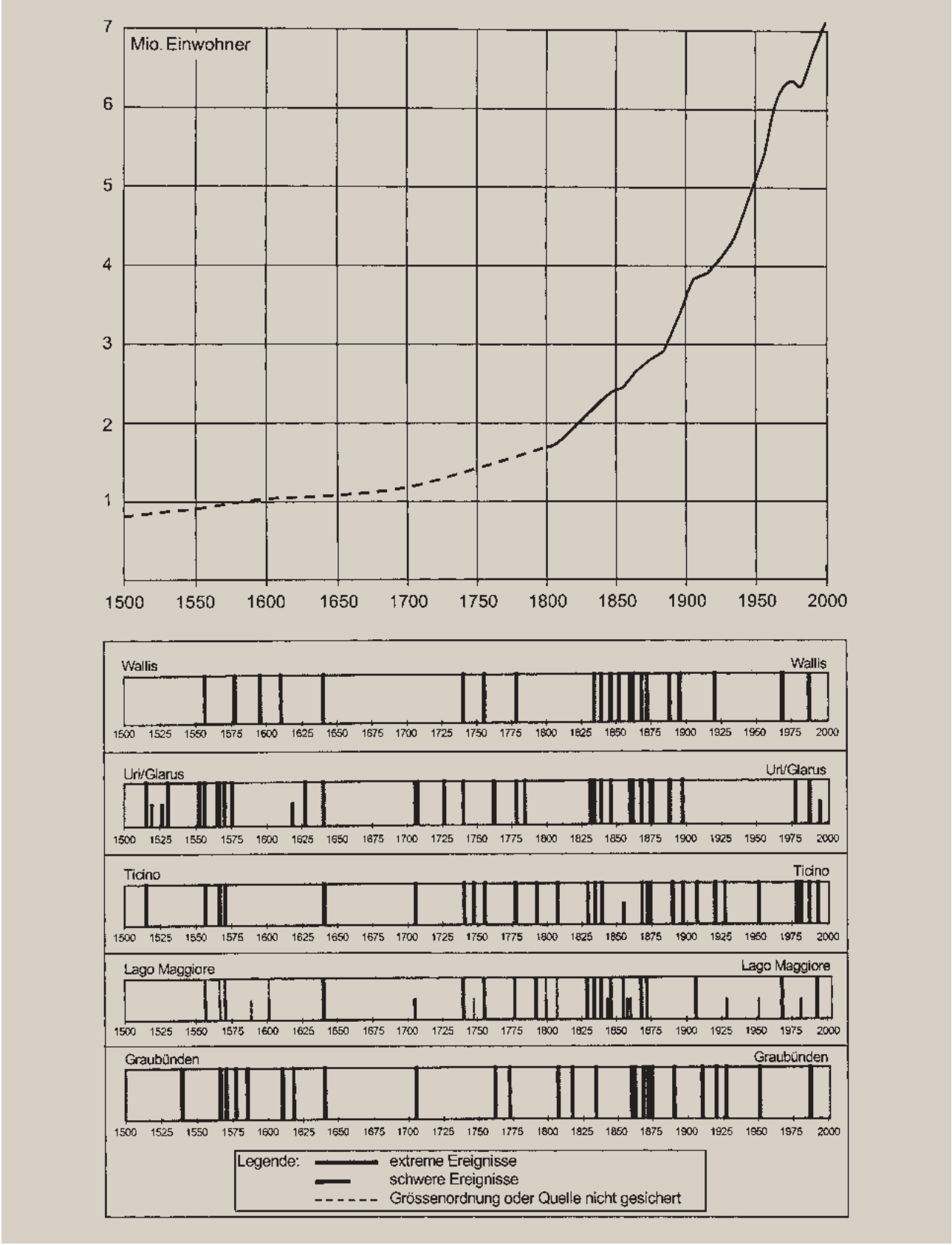



Abb. 17 Die Bevölkerungsentwicklung im Gebiet der heutigen Schweiz und die grossen Hochwasserereignisse in der Zeit von 1500–2000.

Inseln liegen. Bei Hochwasser überflutet er alles und verwandelt sein Bett oft nachhaltig. Dieses Bett nimmt daher bei Flüssen – etwa vom Ausmass des Alpenrheins oder der schweizerischen Rhone – eine Breite von vielen hundert Metern und nicht selten die ganze Talebene ein.
Ein mäandrierender Fluss ist im Wesentlichen einarmig. Er weist nur vereinzelte Inseln auf. Bei Nieder- und Mittelwasser folgt er träge seinem gewundenen Lauf. Bei Hochwasser gräbt er aber das Aussenufer in den Krümmungen ab und legt am Innenufer Bänke an. Daher verschiebt sich sein Bett nach aussen, was die Mäandrierung verstärkt. Schliesslich berühren sich die Flussschlingen fast oder ganz, so dass ein Durchbruch entsteht. Das bedeutet, dass ein Hochwasser plötzlich den direkten Weg einschlägt und eine oder gleich mehrere Schlingen abschneidet. Diese bilden Alt- oder Totwasser, so genannte Giessen, die dann verlanden.
Sowohl die verzweigten wie die mäandrierenden Flüsse sind deshalb von Sümpfen begleitet, die in den Altarmen oder in den bis zur Oberfläche durchnässten Flussniederungen entstehen. Mehrarmige Fliessgewässer können nach einem Ausbruch auch Seen zurücklassen, die mit der Zeit ebenfalls verlanden.

**Die Schutzstrategien der Anwohner**

Die Anwohner dynamischer Flüsse und Bäche können grundsätzlich zwischen drei Strategien wählen:

- Auszug aus den gefährdeten Gebieten
- Ausharren und situative Flurverteidigung, Wasserwehr
- Sicherung der Gebiete durch Hochwasserschutz.

Die erste Strategie wurde im Alpenraum häufig verfolgt. Sie ist aber nicht Gegenstand der vorliegenden Schrift. Deshalb wird sie hier nur durch ein einziges Beispiel illustriert: 1831 brach die Lütschine kurz nach der Einmündung des Saxetenbachs bei Wilderswil aus und ergoss sich durch dieses Dorf über das Bödeli nach Matten und Interlaken. Die Folge war eine rund 1 Meter starke Übersarung, deren Spuren an einigen alten Häusern heute noch zu sehen sind. Ein zeitgenössischer Bericht vermerkte dazu lakonisch: «… der Saxetenbach vereint (mit der Lütschine) den Damm durchbrochen, über alles Feld herabgekommen, die Einwohner von Matten zum Teil zum Auswandern gebracht» (Grossniklaus 1957).
Die zweite Strategie führte unter anderem zur Organisation einer Wasserwehr. Diese gelangt hier ebenfalls nicht zur Darstellung. Sie wurde meist von den Betroffenen selbst gestellt und bei Hochwassergefahr an kritische Stellen beordert. Dort galt es etwa den Ausbruch eines Fliessgewässers zu verhindern, einzelne bedrohte Anlagen zu sichern oder Rettungsarbeit zu leisten. Hinsichtlich Aufbau und Führung glich die Wasserwehr der Feuerwehr.

Abb. 18 Zusammenfluss von Ill und Alpenrhein, Blick rheinaufwärts. Zeichnung von F. Schmidt, Stich von F. Salathé, um 1880. Auf der Schweizer Seite erkennt man eine Reihe von Buhnen zum Schutz von Kulturland bei Rüthi.

Die dritte Strategie des vorbeugenden und vorwiegend baulichen Hochwasserschutzes gewann vor allem ab 1700 an Bedeutung. Vorher war das Gebiet der heutigen Schweiz noch nicht stark besiedelt. Um 1700 erreichte die Bevölkerungszahl erst 1,3 Millionen. Dann setzte ein Wachstum ein und liess diese Zahl bis 1900 – trotz einer beeindruckenden Auswanderungsquote – auf 3,3 Millionen ansteigen (Höpflinger 1986). Das entspricht fast einer Verdreifachung in 200 Jahren. Doch soll hier nicht auf die Ursachen eingegangen werden, sondern bloss auf die Folgen: Es wurde in der Schweiz zunehmend enger!
Wo sollte diese Bevölkerung siedeln, wo das Land kultivieren? Die mittlere Höhe der Schweiz beträgt 1350 m ü. M. Und rund die Hälfte ihres Gebiets liegt über 1000 m ü. M. In einer Zeit, als man noch vermehrt auf die Landwirtschaft angewiesen war, liessen dort die Klima- und Bodenverhältnisse keine grössere Besiedlung zu. Also machte sich die Bevölkerungszunahme vor allem in der unteren Hälfte bemerkbar, was zwangsläufig zu einem Siedlungsdruck auf die weiten Talebenen führte.
Das erklärt, weshalb der schweizerische Hochwasserschutz vor allem in den Talebenen einsetzte. Die Ära der Wildbachverbauungen im Oberlauf der Fliessgewässer folgte erst später. Zu den Hochwasserschutzmassnahmen auf den Talebenen gehörten – neben

Abb. 19 Die Überschwemmungen von 1876 in der Ostschweiz. Töss im Tösstal, gezeichnet von J. Weber.

dem Objektschutz – zuerst nur Uferbefestigungen, dann Eindämmungen und schliesslich Flusskorrektionen. Die den letzteren zugrunde liegende Devise wurde 1812 vom bekannten Flussbauexperten Johann Gottfried Tulla (1770–1828) von Karlsruhe in die Worte gekleidet: «Ein Fluss oder Strom hat nur ein Bett nötig, man muss daher, wenn er mehrere Arme hat, auf die Ausbildung eines geschlossenen Laufs hinwirken. Dieser ist soviel als möglich gerade zu halten, damit dem Hochwasser ein geregelter Abfluss verschafft wird, die Ufer leichter erhalten werden können, der Fluss sich tiefer einbette, also der Wasserspiegel sich senke, und das Gelände nicht überschwemmt werde. Die alten Flussarme sind zur Verlandung zu bringen, verlandete Flächen sind anzupflanzen» (Vischer 2000a).

Der Hochwasserschutz für ganze Gebiete kann auch als Landnahme gewertet werden. Die Talebenen, die bislang gleichsam den Flüssen gehörten, wurden diesen streitig gemacht. Dabei engte der Mensch den Spielraum der Flüsse mehr und mehr ein, bis ihnen schliesslich nur noch ein Kanal zwischen Dämmen verblieb. Und tatsächlich wurde diese Landnahme später, im Zusammenhang mit den Meliorationsarbeiten, die ihr folgten, als Innenkolonisation bezeichnet. Sie geschah freilich mit friedlichen Mitteln und bildete sozusagen einen Kontrapunkt zur weit aggressiveren Kolonisation überseeischer Gebiete durch die Grossmächte (Vischer 1986a).

Es muss aber gesagt werden, dass nicht jede grössere Flusskorrektion unter die Rubrik Landnahme fällt. Als Beispiel sei die Linthkorrektion von 1807–1816 angeführt (siehe auch Kapitel 7). Früher floss die Linth weit unterhalb von Ziegelbrücke in den Tuggenersee, wo sie ihr Geschiebe ablagerte. Im 16. Jahrhundert war dieser See jedoch aufgefüllt und verschwand gleichsam von der Landkarte. Von da an transportierte die Linth einen Teil ihres Geschiebes in den Zürichsee-Obersee weiter.

Der andere Teil blieb liegen und bewirkte eine allmähliche Hebung der Linthsohle flussaufwärts. Damit stieg natürlich auch der Linthspiegel an, was bis zum 18. Jahrhundert markante Folgen zeitigte. So uferten die Linth und ihre Nebenbäche vermehrt aus. Ferner hoben sich die Grundwasserspiegel und bewirkten eine zunehmende Versumpfung der Linthebene. Entsprechend wurde der Walensee eingestaut und begann die Ufersiedlungen unter Wasser zu setzen (Schindler 2001). Es begann also eine Destabilisierung, die schliesslich die Linthkorrektion begründete. Dort trat an die Stelle einer Landnahme eigentlich eine Rückeroberung früher genutzter Gebiete. Ähnliches liesse sich auch zur Begründung der Juragewässerkorrektion und anderer Korrektionen anführen.
Zum Thema der Strategien gehört auch ein oft übersehener Umstand. Im 19. Jahrhundert gesellten sich zu den landwirtschaftlichen Interessen an den Talebenen bald auch starke Verkehrsinteressen. So veranlasste besonders der Eisenbahnbau ab etwa 1850 – weil er sich aus Gefällsgründen gerne an die Flussniederungen hielt – zahlreiche Hochwasserschutzmassnahmen und gab darum für einige Flusskorrektionen den Ausschlag. Dasselbe gilt auch in Bezug auf manchen Strassenbau. Entsprechend war damals fast jeder Bahn- und Strassenbauingenieur auch ein Wasserbauingenieur (Vischer 2001b).

## 2.2 Besondere Plagen

### Ein Jahrhundert der Hochwasser

Hochwasser treten im Verlauf der Jahrhunderte nicht regelmässig auf. Es gab immer wieder hochwasserreiche Perioden, die von hochwasserarmen abgelöst wurden. So kann den Chroniken entnommen werden, dass der Schweizer Alpenraum vor allem im 19. Jahrhundert eine markante Hochwasserperiode erlebte (Pfister 1996). Aufgrund von Abschätzungen lässt sich auch feststellen, dass diese Periode vielerorts sogar das Rekordhochwasser brachte. Als Beispiel sei hier das in Kapitel 1 angeführte Emmehochwasser von 1837 erwähnt. Es übertraf alle vorher und nachher registrierten Ereignisse bei weitem (Weingartner 1998).
Das bedeutet, dass die geschilderte Bevölkerungszunahme praktisch mit einer starken Zunahme der Hochwasser und der durch sie erzeugten Überschwemmungen und Versumpfungen zusammenfiel. So gesehen ist es erst recht verständlich, dass der schweizerische Hochwasserschutz gerade damals einen starken Aufschwung nahm. Man wollte sich gegen die Ausuferungen wehren – einerseits zur Verteidigung bestehender Siedlungen und Fluren und andererseits zur Sicherung der Landnahme.

### Die Malaria und andere Seuchen

Die Malaria war früher in Europa vom Mittelmeer bis etwa zum 60. Breitengrad verbreitet. Als Wechsel-, Kalt-, Faul- oder Sumpffieber ist sie auch in der Schweiz seit dem 18. Jahrhundert aktenkundig. Lange Zeit führte man sie auf giftige Dünste (Miasmen) von Sümpfen und stehendem Wasser zurück. «Mal' aria» heisst denn auch auf Italienisch schlechte Luft. Dass sie aber eigentlich von einer bestimmten Mücke, die freilich gerne in Sümpfen brütet, auf den Menschen übertragen wird, wurde erst 1898 entdeckt.
Die Bestrebungen des Hochwasserschutzes und der Entsumpfungsprogramme galten darum auch dem Kampf gegen die Malaria. Das widerspiegelte sich sehr deutlich im 1807 von Hans Conrad Escher (1767–1823) mitverfassten «Aufruf an die Schweizerische Nation zur Rettung der durch die Versumpfung

Abb. 20 Seuchentod: Allegorie aus einem Kalender von 1854.

ins Elend gestürzten Bewohner der Gestade des Walensees und des unteren Linthtales». Dort hiess es unter anderem: «… ein in dem trägen Morast und faulenden Wasser bereiteter Krankheitsstoff teilt sich … dieser ganzen, zwischen hohen Gebirgen gefangenen Luftmasse mit. Daher die stets gefährlicher werdenden Wechsel- und tödlichen Faulfieber, welche ... periodisch herrschen und ihre Verwüstungen anrichten» (Linth-Escher-Gesellschaft 1993).
Diese Malaria war zwar nicht ganz so gefährlich wie die tropische, beutelte aber eine vielerorts schon durch andere Umstände geschwächte Bevölkerung. Die Hochwasserschutz- und die begleitenden Entsumpfungsmassnahmen hatten denn auch eine allgemeine Hebung der Volksgesundheit zum Ziel. Deshalb ist es kein Zufall, dass der Promotor des grössten Projekts, der Juragewässerkorrektion von 1868–1891, ein Arzt war: Johann Rudolf Schneider (1804–1880).
Es scheint, dass die Malaria etwa um 1900 aus der Schweiz wie überhaupt aus Mittel- und später aus Nordeuropa verschwand. Eine detaillierte Beschreibung dieser Krankheit und ihrer Verbreitung liefert Bircher (1992) für das St. Galler Rheintal. Interessant ist auch sein Hinweis auf den Typhus, der damals in häufigen und tödlichen Epidemien mehrere Gebiete heimsuchte. Dieser Typhus wird auf eine Verschmutzung der zahlreichen Ziehbrunnen durch Überschwemmungen oder durch kontaminiertes Grundwasser zurückgeführt. Letzteres war eine Folge des allgemeinen Anstiegs des Grundwassers und der entsprechend verringerten Trockentiefe.

## 2.3 Hochwasserschutz als nationales Entwicklungsprogramm

Die Französische Revolution und die anschliessenden Kriege veränderten das Wesen der Schweiz nachhaltig. Dabei wurde für den Hochwasserschutz folgende Wende bedeutsam: Einerseits begann man grossräumiger zu denken und zu planen. Das war eine unerlässliche Voraussetzung für ein über die Kantonsgrenzen hinaus reichendes Vorgehen. Andererseits führten die neuen politischen Strukturen zu einem besseren Interessenausgleich zwischen Stadt und Land. Die Folge waren eigentliche Entwicklungsprogramme für benachteiligte Regionen.
Die Frage, warum sich diese Entwicklungsprogramme stark in Flusskorrektionen und Meliorationen niederschlugen, muss hier offen bleiben. Die entsprechende Stossrichtung war aber nicht etwa nur eine schweizerische. Sie wurde auch von mehreren anderen europäi-

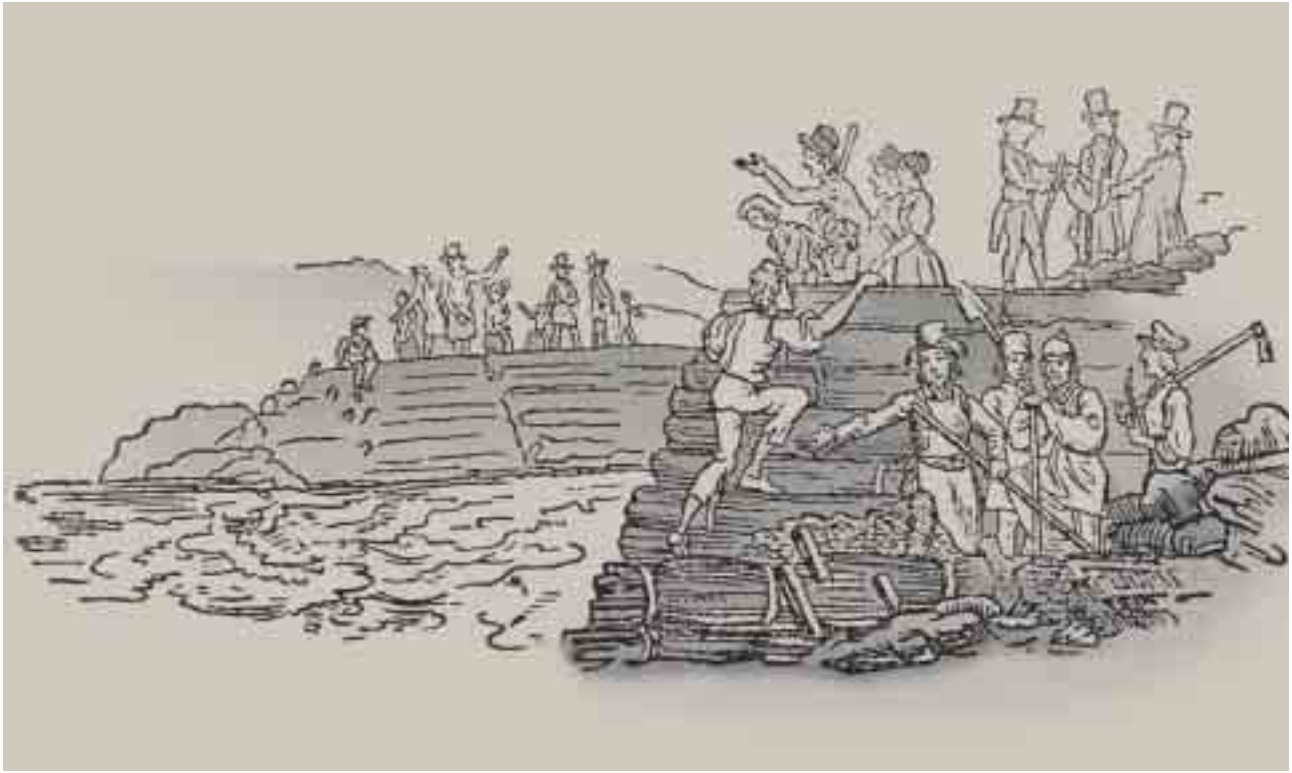


Abb. 21 Fertigstellung der Linthkorrektion: «… ein Sumpf getrocknet, eine arme Gegend gesund und glücklich gemacht», Zeichnung M. Disteli, 1842, retuschiert von W. Thürig, 2001.

schen Ländern eingeschlagen.
Aus heutiger Sicht ist von Interesse, dass man damals auf die Flusskorrektionen stolz war. Sie waren ein Ausfluss des Gestaltungswillens zur Verwandlung einer Wildnis in eine Kulturlandschaft. Das Verschwinden der zahlreichen Arme, Inseln und Auen auf den Talebenen wurde kaum beklagt. Es gab davon ja genügend. Erst als unberührte Flusslandschaften gleichsam Mangelware wurden, kamen Bedenken auf. Ihre öffentliche Wertschätzung erhielten die natürlichen Gewässer aber erst im 20. Jahrhundert. Dasselbe gilt auch für die Sümpfe. Sie wurden bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts durch Meliorationen entwässert und dienten dann als Kulturland oder dem Torfabbau.
Ein politisches Stimmungsbild aus der Schweiz des 19. Jahrhunderts vermittelt der so genannte Disteli-Kalender von 1842. Bei diesem handelt es sich um eine damals volkstümliche Streitschrift der liberalen Bewegung gegen die aristokratisch-klerikale. Er enthält unter anderem eine Zeichnung von grossen Uferbauten, auf denen sich eine feiernde Bevölkerung versammelt. Der Begleittext lautet: «Da sehen wir, wie der Linthkanal fertig wird, durch vereinten vaterländischen Bürgersinn und Bürgerkraft. Dieses Bild ruft … den Lippenfrommen und Augenverdrehern unserer Zeit die biblischen Worte zu: Geh hin und thu desgleichen. Ein Sumpf getrocknet, eine arme Gegend gesund und glücklich gemacht, allem Volk ein Beispiel zur Nachahmung aufgestellt, dem Land eine dauernde Zierde ... das sind Tatsachen, die ... von Vaterlandsliebe (und) auch von werkthätiger Religion zeugen» (Disteli 1842).
Mehr zur damaligen Politik und zu den konkreten Festlegungen auf eidgenössischer Ebene findet sich in Kapitel 15 über die Entwicklung der Bundesaufgaben.

Abb. 22 Ausrüstung für eine Kartierung des Birslaufs 1798: Theodolit, Messkette, Messlatte, Bussole usw. (siehe auch Rickenbacher 1999).

# 3 Fortschritte in der Wissenschaft

Zu den wichtigsten Wissenschaften des Flussbaus gehören die Vermessung, die Hydrologie und die Hydraulik. Sie entwickelten sich in Europa und damit auch in der Schweiz erst in der Renaissance, also 1350–1600, zu verlässlichen Grundlagen. Ihre Hauptanwender waren zunächst militärische Stellen. Denn diese waren an Kartenwerken interessiert und meist auch für den Bau von Strassen, Kanälen, Brücken und Festungswerken mit den zugehörigen Wassergräben verantwortlich. Und sie widmeten sich neben dem Schutz der Städte vor Feinden auch dem Schutz vor Hochwassern.
Die entsprechenden Kenntnisse erwarben sich die Militäringenieure im Meister-Schüler-Verhältnis oder in Genie- und Artillerieschulen. Die Verselbständigung des Bauingenieurwesens begann erst 1716, als der französische König für sein Reich ein kleines Zivilingenieurkorps schuf. Das führte 1747 zur Eröffnung der Ecole des Ponts et Chaussées in Paris, die freilich für rund 50 Jahre die einzige Bauingenieurschule des Kontinents blieb. Immerhin erfolgte 1765 in Sachsen die Gründung der Bergakademie Freiberg, wo Bergbauingenieure mit bemerkenswerten Kenntnissen im Bau- und Maschineningenieurwesen ausgebildet wurden. Dann folgten im Zeichen der Industrialisierung weitere Gründungen. Die für die Schweiz wichtigsten Ingenieurschulen wurden, neben der Ecole des Ponts et Chaussées, 1795 die Ecole Polytechnique de Paris, 1815 das Polytechnische Institut in Wien, 1825 die Polytechnische Schule in Karlsruhe und natürlich 1853 die Ecole spéciale de Lausanne (heute ETH Lausanne) und 1855 die Eidgenössische Polytechnische Schule (heute ETH Zürich).

Abb. 24 Samuel Bodmer mit Gehilfen bei Kartenaufnahmen, Skizze von S. Bodmer, um 1710.

Abb. 23 Situation der Linthebene mit den Vorprojekten für die Linthkorrektion, gezeichnet von Andreas Lanz 1884.

## 3.1 Die Vermessung

### Kartographie

Die Landkarten waren bis Ende des 18. Jahrhunderts deskriptiv, basierten also nicht auf einer eigentlichen Vermessung. Als Beispiel kann die kunstvolle Schweizer Karte von Johann Jakob Scheuchzer (1672–1733) erwähnt werden, die etwa den Massstab 1:140'000 hatte. Sie gewährte hinsichtlich des Gewässernetzes zumindest einen Überblick. Einen Eindruck von der damaligen Aufnahmetechnik vermittelt eine Vignette, die Samuel Bodmer (1652–1724) bei der Kartierung der Berner Staatsgrenze um 1710 darstellt. Er, der bernischer Artillerieleutnant war und sich Geometra nannte, zeichnet dort freihändig, während sein Gehilfe ebenso freihändig ein Fernrohr bedient. Bodmer machte sich als Projektverfasser der 1711–1714 durchgeführten Kanderkorrektion einen Namen.
Nach dieser Zeit erfolgte ein allmählicher Übergang von den deskriptiven zu den massstäblichen Karten. Bereits die 1784 präsentierten Vorprojekte von Andreas Lanz (1740–1803) für die Linthkorrektion fussten auf einer von ihm verfertigten und schon fast modern anmutenden Karte. Lanz war ebenfalls bernischer Artillerieoffizier und Geometra und nannte sein Werk «geometrischer Plan von einem Theil des Wallenstatter-Sees samt dessen Ausfluss und Vereinigung der Glarner- und Wesener-Linth» (Zaugg 1997).

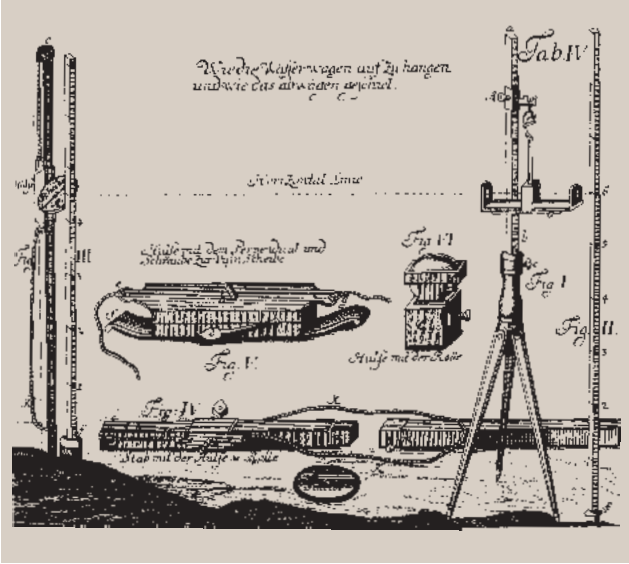


Abb. 25 Nivelliergerät in Form einer Hängewaage mit Zubehör. Zeichnung J. Leupold, 1724.

Ein modernes nationales Kartenwerk entstand aber erst 1838–1864 mit den 25 Dufourkarten 1:100'000. Von den im Seeland vom Berner Mathematik- und Physikprofessor Friedrich Trechsel (1776–1849) geleiteten Vorarbeiten profitierte insbesondere Richard La Nicca (1794–1883), der seine Projektierungsarbeiten für die Juragewässerkorrektion ab 1840 auf eine gute Karte 1:60'000 des Gebiets abstützen konnte.

**Ingenieurvermessung**

Wie stand es früher mit den geodätischen Grundlagen der Bauplanung und -ausführung?

Solange sich der Flussbau mit kleinen Eingriffen begnügte, war er nicht auf besonders präzise Pläne oder Längs- und Querprofile angewiesen. Über Linienführungen und Dammhöhen wurde grundsätzlich vor Ort entschieden. Das änderte sich aber, als grössere Korrektionen projektiert und durchgeführt wurden.
Leider finden sich bei den entsprechenden Beschreibungen wenig konkrete Angaben. Interessant ist aber ein Hinweis auf die Messtechnik, die 1638–1664 beim Bau des Canal d'Entreroches zwischen Neuenburger- und Genfersee Verwendung gefunden haben soll (Kapelle 1987). Es seien dort Diopter zum Anvisieren, Messtische zur Lagebestimmung und Hängewaagen oder Pendelinstrumente zur Höhenbestimmung (Nivellierung) eingesetzt worden. Diopter waren Zielgeräte mit Lochblende und Zielmarke, die einerseits als Diopterlineal auf dem Messtisch verwendet wurden, andererseits die Visuren mit den Nivellierinstrumenten ermöglichten. So konnte beispielsweise eine Höhenbestimmung über 10 km mit einer Genauigkeit von 40 cm erreicht werden, was damals wohl genügte.
Mitte des 17. Jahrhunderts wurde das Zielfernrohr, das heisst das Fernrohr mit Fadenkreuz, erfunden sowie die Röhrenlibelle. Sie ersetzten das Diopter und die Waagen oder Pendel der Nivellierinstrumente, was die Messgenauigkeit erheblich verbesserte. Ab 1730 waren auch die ersten damit ausgerüsteten Theodoliten erhältlich (Ingensand 1992). Allerdings ist unklar, wie schnell diese Neuerungen die Praxis des Flussbaus erreichten. Jedenfalls benötigte die erste wesentliche Flusskorrektion der Schweiz, die bereits erwähnte Kanderkorrektion von 1711–1714 mit ihrem nur wenige hundert Meter langen Durchstich, noch keine sophistische Vermessung (Vischer & Fankhauser 1990).
Wesentlich höher waren die Ansprüche bei der Linthkorrektion von 1807–1816. Dort galt es, die Linth durch den 5 km langen Molliserkanal (heute Escherkanal) in den Walensee und anschliessend durch den 17 km langen Linthkanal in den Zürichsee zu leiten. Das erforderte klare Vorstellungen über die Wasserstände und die Gefällsverhältnisse. Nachdem Andreas Lanz das Gebiet schon 1783 nivelliert hatte, nahm 1807 der Zürcher Schanzenherr Johannes Feer (1763–1823), der damals zu den führenden Vermessern der Schweiz gehörte, ein weiteres und detaillierteres Nivellement vor, das offenbar den Bedürfnissen der Bauarbeiten voll gerecht wurde (Pestalozzi 1852). Und 1808 erstellte der badische Ingenieur-Geometer Johann Christian Obrecht (geb. 1778) mittels eines «englischen Theodolits» im Linthgebiet bereits ein Triangulationsnetz (Speich 2001).
Mehr zu reden gab die Nivellierarbeit bei den zahlreichen Vorstudien für die Juragewässerkorrektion von 1868–1891. Besonders die im 18. Jahrhundert vorgeschlagenen Projekte litten darunter, dass die Gefällsverhältnisse im Seeland und damit das Zusammenwirken des Murten-, Neuenburger- und Bielersees unklar waren. Diese Projekte beschränkten sich deswegen meist auf Teilkorrektionen in einem eng überblickbaren Raum. Dazu trugen freilich auch die damals weniger durchlässigen Grenzen zwischen den eidgenössischen Orten (heute Kantone) bei. Als Beispiele können der Berner Artilleriemajor Benjamin Anthoni Tillier (1709–1759) und der autodidaktische Walliser Ingenieur Pierre Joseph de Rivaz (1711–1772) erwähnt werden. Sie schlugen 1749 und 1760 Korrektionsmassnahmen im Bereich des Zusammenflusses der Zihl mit der Aare vor. Beim einen hiess es später, «er nivellierte wahrscheinlich mit schlechten Instrumenten» (Schneider 1881), beim anderen, «er hatte aber offenbar

Abb. 26 Feldmesser mit Messtisch und Diopterlineal in Stein am Rhein, 1730.

Abb. 27 Richard La Nicca mit Nivelliergerät vor der Kulisse einer Flusslandschaft, um 1850.

ganz schlechte Instrumente» (Peter 1921).
Erst Anfang des 19. Jahrhunderts wurden im Seeland topographische Unterlagen verfügbar, die eine Gesamtplanung ermöglichten. Sie entstanden, wie bereits angedeutet, unter der Leitung von Friedrich Trechsel. Dieser führte nach einer Triangulationsvermessung des ganzen Kantons Bern 1816–1817 ein Nivellement längs der Aare von Murgenthal bis Aarberg durch, das er 1840 erneuern und bis Murten ausdehnen liess (Schneider 1881). Bei dieser Gelegenheit wurden auch Pegel gesetzt und Flussquerprofile aufgenommen. Anhand dieser und anderer Grundlagen erarbeitete Richard La Nicca das erste umfassende Projekt, das er 1842 in seinem «Bericht und Antrag zur Correction der Juragewässer» vorlegte und das 1868–1891 mit einigen Anpassungen verwirklicht wurde. Dass sich La Nicca der Bedeutung der Vermessung voll bewusst war, belegt unter anderem ein bekanntes Porträt, das ihn mit einem modernen Nivellierinstrument vor der Kulisse einer Flusslandschaft zeigt.
Eine Zeit lang bereitete die Vereinheitlichung des Höhen-Nullpunktes und des Masssystems offenbar noch Schwierigkeiten. So basierten die Pläne von La Nicca auf dem Nullpunkt Pegel Murgenthal und gaben die Höhen zuerst in Bernfuss und später in Schweizerfuss an. In gleicher Weise wurden auch die Unterlagen der Berner Korrektion anfänglich auf Murgenthal bezogen. Später wurde auf den Nullpunkt Pierre du Niton in Genf umgestellt, der aber noch nicht dem heute etwa angeführten «alten Horizont» entsprach. Die obere Korrektion der Kantone Freiburg, Waadt und Neuenburg stellte von Anfang an auf den Nullpunkt Pierre du Niton ab, bis auf einige Pläne, die sich auf den Nullpunkt Noc de La Douane d'Yverdon bezogen (Peter 1921).

## 3.2 Die Hydrologie

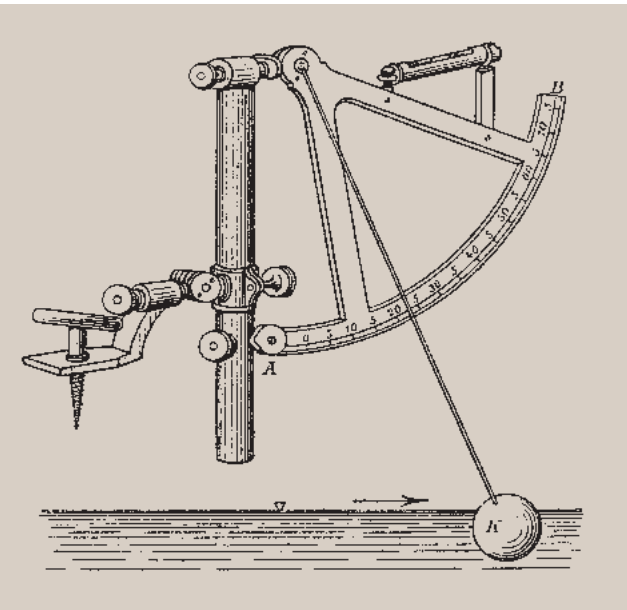
### Pegelmessungen

Lange Zeit war der Hochwasserschutz bloss auf die Sicherung der Ufer und die Erhaltung eines genügenden Freibords ausgerichtet. Dementsprechend interessierten lediglich die höchsten Wasserstände und nicht die zugehörigen Abflüsse. Dennoch wurden die Wasserstände bis ins 18. Jahrhundert kaum systematisch erhoben, sondern nur in Einzelfällen und in Bezug auf Uferbauten oder Brücken definiert. Bei extremen Ereignissen wurden dort manchmal Hochwassermarken angebracht und mit der zugehörigen Jahrzahl angeschrieben. Eine der ältesten Marken in der Schweiz trägt das Kornhaus in Rorschach; sie gibt den Hochstand des Bodensees von 1566 an. Weitere erhaltene Marken stammen aus dem 17. Jahrhundert oder sind noch jüngeren Datums (EHB 1907).
Die erste schweizerische Pegelstation soll 1780 am Genfersee in Vevey errichtet und bis 1817 betrieben worden sein (EHB 1907). Es muss aber schon früher eine zumindest provisorische an der Rhone in Genf gegeben haben. Denn im Genfer Staatsarchiv befindet sich eine «Note de la hausse et de la baisse du Rhône du 7 février 1739 au 6 février 1740» (Kasser & Schnitter 1967).
Dem Beispiel von Vevey folgten andere Stationen von Seepegeln, so 1806 in Genf, 1807 in Weesen, 1810 in Zürich und 1817 in Neuenburg. Gleichzeitig wurden auch Flusspegelstationen gebaut, wie 1807 an der Linth in Ziegelbrücke und 1808 am Rhein in Basel. Dabei wurde der Pegel von Basel auf Veranlassung von Johann Gottfried Tulla (1770–1828) im Hinblick auf die von ihm projektierte Oberrheinkorrektion gesetzt (Vischer 2000b) und täglich abgelesen, was damals noch keine Selbstverständlichkeit war. Diese Gründerzeit widerspiegelt die damals markante Zunahme von verheerenden Hochwassern (EHB 1907).
Zwischen den einzelnen Pegelstationen bestand aber zunächst kein Zusammenhang. Erst die 1863 von der Naturforschenden Gesellschaft der Schweiz gebildete Hydrometrische Kommission, die 1866 das Eidgenössische Hydrometrische Zentralbureau schuf, erreichte die erwünschte Vereinheitlichung. Chef des Zentralbureaus war der rührige Berner Ingenieur Robert Lauterburg (1816–1893), der zu berichten weiss, dass vorher fast jede Station einen anderen Pegelhorizont hatte und die Pegelteilung auf- oder abwärts in verschiedenen Fussgrössen oder in Metern angeschrieben war (Vischer 1988a). 1872 wurde das Zentralbureau dann verstaatlicht und damit zum Vorläufer der heutigen Landeshydrologie.

### Abflussmessungen

Sobald der Hochwasserschutz an den Fliessgewässern mehr als nur eine Ufersicherung anstrebte, benötigte man Abflussmessungen. So musste ja insbesondere ein neues Flussbett für eine bestimmte Kapazität ausgelegt werden (heute als Bemessungshochwasser bezeichnet). Als Grundlage diente die hydraulische Kontinuitätsgleichung, die ab Mitte des 18. Jahrhunderts verfügbar war: Abfluss gleich mittlere Fliessgeschwindigkeit im Querschnitt mal Querschnittsfläche (siehe Abschnitt 3.3). Dabei bereitete das Ausloten der Querschnittsfläche bedeutend weniger Probleme als die Erhebung der mittleren Fliessgeschwindigkeit. Für punktuelle Geschwindigkeitsmessungen waren zwar seit der Renaissance zahlreiche Geräte bekannt: Schwimmer, hydraulische Waagen und Pendel, wasserradförmige Rotoren und ab 1732 Pitotrohre. Das Abtasten eines ganzen Querprofils war damit aber unmöglich oder schwierig (Vischer 1996). Wahrscheinlich wurden in der Schweiz zunächst vor allem Schwimmer benutzt.
Eine wesentliche Verbesserung brachte der um 1790 von Reinhard Woltman (1757–1837) entwickelte Messflügel, der so genannte Woltmanflügel. Er wurde 1807 erstmalig in der Schweiz eingesetzt, und zwar von Johann Gottfried Tulla im Rahmen seines Mandats bei der Linthkorrektion. Weitere Anwendungen erfolgten ab 1810 an der Aare zwischen Thun und Bern, unter anderem durch Hans Conrad Escher (1767–1823) und Friedrich Trechsel, sowie auch im Bereich der Juragewässerkorrektion und am Alpenrhein (EHB 1907).

Abb. 28 Strompendel nach M. von Bauernfeind, um 1860.

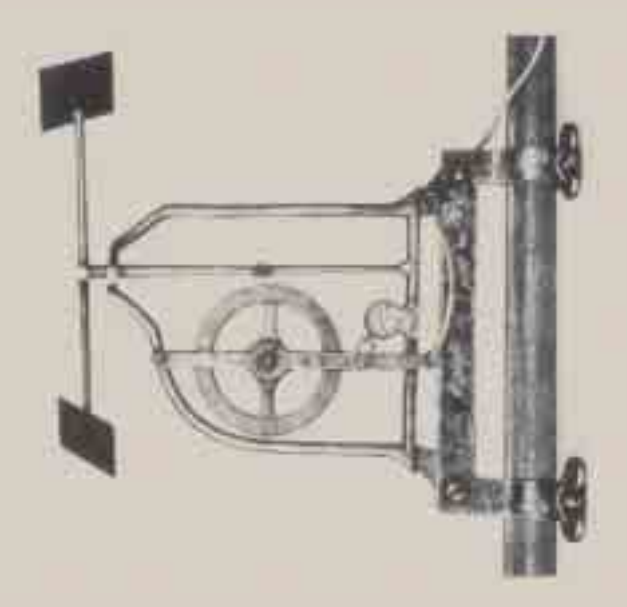


Interessant sind die Vergleichsmessungen, die Professor Marc Thury (1822–1905) 1853 an der Rhone in Genf vornahm. Er setzte den Woltmanflügel sowie Schwimmer ein und gab schliesslich Letzteren den Vorzug (Lambert 1988). Ein anderes Ergebnis zeitigte die Aufsehen erregende «Internationale Rheinstrom-Messung» von 1867 in Basel. Im Wettbewerb standen Woltmanflügel, Pitotrohre, Oberflächenschwimmer und Schwimmstäbe (Stabschwimmer). Die besten Werte ergaben die Woltmanflügel und die Pitotrohre (Koella 1988). Unter den Schweizer Vertretern befanden sich Professor Carl Culmann (1821–1881) von der Eidgenössischen Polytechnischen Schule, Robert Lauterburg vom Eidgenössischen Hydrometrischen Zentralbureau und der amtierende Linthingenieur Gottlieb Heinrich Legler (1823–1897). Legler war offensichtlich ein Verfechter der Schwimmstabmethode, die denn auch bis über die Jahrhundertwende von 1900 hinaus neben dem Woltmanflügel in Gebrauch blieb.

### Hochwasserhydrologie

Eine Hochwasserhydrologie im heutigen Sinne gab es früher nicht. Interessant ist das Vorgehen, das Tulla 1807 für die Bemessung der Umleitung der Linth durch den Molliserkanal in den Walensee wählte. Er führte – wie der Zeitgenosse Johann Heinrich Pestalozzi (1790–1857) anmerkte – «an einer normalen Flussstelle in der Gegend der Näfelser Brücke Profil- und Geschwindigkeitsmessungen» durch. Wie bereits erwähnt, verwendete er dafür den Woltmanflügel und erhielt beim höchsten von ihm erfassten Abfluss einen Wert von 4725 Kubikfuss pro Sekunde (Pestalozzi 1852). Dann schätzte er – wohl aufgrund einer Befragung der Anwohner –, dass der grösste je beobachtete Abfluss etwa den dreifachen Abflussquerschnitt beansprucht haben müsse. Dementsprechend multiplizierte er seinen Messwert mit 3 und rundete ihn für den Bemessungsabfluss auf 15’000 Kubikfuss pro Sekunde (405 $m^3/s$) auf (Legler 1868). Er war zu dieser Extrapolation aus drei Gründen gezwungen: Erstens konnte er ja nicht warten, bis sich der grösste beobachtete Abfluss sozusagen vor seinen Augen wiederholte. Zweitens hielt ein Spitzenabfluss in der Linth zu wenig lange an, um sich mit einer Messflügelkampagne erfassen zu lassen. Drittens führte die Linth bei einem Spitzenabfluss so viel Geschiebe, Schweb und Geschwemmsel, dass der Einsatz eines Messflügels unmöglich war.
Die gleichen Schwierigkeiten der Hochwasserbestimmung in Wildbächen und Gebirgsflüssen haben die Hydrometer ja heute noch. Und sie lösen das Problem der fehlenden Direktmessung ebenfalls durch Extrapolation. Grosse Fortschritte haben aber seit 1900 die statistischen Auswertungen der abgeschätzten Hochwasserspitzen gemacht, um beispielsweise einen Anhaltspunkt für das hundert- oder gar das tausendjährliche Ereignis zu gewinnen. An so etwas konnte man zu Tullas Zeiten mangels Messreihen freilich nicht denken.

Abb. 29 Messflügel von R. Woltman, 1786, Flügeldurchmesser 1 Fuss.



## 3.3 Die Hydraulik

### Die Kontinuitätsgleichung für den Abfluss

Es wurde bereits erwähnt, dass die heute so selbstverständliche Kontinuitätsgleichung erst Mitte des 18. Jahrhunderts Verbreitung fand. Ihre Formulierung wird entweder Leonardo da Vinci (1452–1519) oder Antonio (alias Benedetto) Castelli (1578–1643) zugeschrieben. Sie erschien in Castellis Abhandlung «Della misura dell’ acque correnti» (Über die Messung des fliessenden Wassers), die mehrfach publiziert wurde. Dabei fand sie vor allem in der posthumen Ausgabe von 1660 und deren Übersetzung von 1661 ins Englische Beachtung. Dort heisst es unter anderem: «In zwei ungleichen Querschnitten, durch die innerhalb derselben Zeit derselbe Abfluss fliesst, sind die Querschnitte umgekehrt proportional zu ihren Geschwindigkeiten.» Damit war aber noch nicht gesagt, dass der Abfluss gleich dem Produkt aus Querschnittsfläche und Durchfluss-Geschwindigkeit ist, weshalb noch einige Zeit verstrich, bis die Kontinuitätsgleichung in dieser Form Eingang in die Praxis fand (Vischer 1996).
Eine andere Form stellte Jacob Leupold (1674–1727) in seinem Buch über den «Schauplatz der Mühlebau-

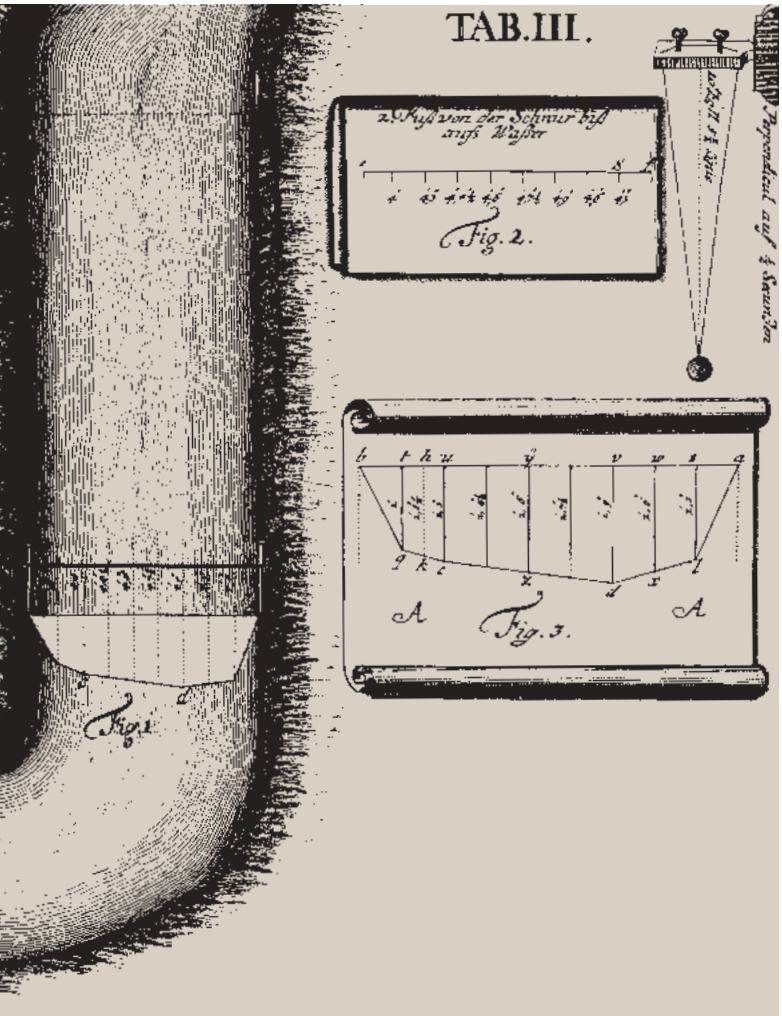



Abb. 30 Abflussmessung mit Schwimmer und Halbsekundenpendel in einem Mühlekanal. Zeichnung J. Leupold, 1735.

kunst» in den Vordergrund. Er gab dort Anweisungen für die Abflussmessung in einem Mühlekanal mittels eines Schwimmers und eines Halbsekundenpendels. Bestimmt wurden der Kanalquerschnitt sowie die Fliessstrecke und die Fliesszeit des Schwimmers. Dann empfahl er, den Kanalquerschnitt mit der Fliessstrecke zu multiplizieren und durch die Fliesszeit zu dividieren, um den Abfluss zu erhalten.

### Die Kontinuitätsgleichung für die Seeretention

Unklar ist, ab wann die Kontinuitätsgleichung als Seeretentionsgleichung benutzt wurde. In der heute verwendeten Form einer Differentialgleichung wurde sie erstmals 1755 von Euler formuliert. Doch verstanden damals nur wenige die Infinitesimalrechnung, so dass Anwendungen lange Zeit selten und auf Abflussberechnungen beschränkt blieben. Bei Seen konnte man die Differentialgleichung ja auch nur numerisch lösen, wofür erst entsprechende Verfahren entwickelt werden mussten. Es ist aber denkbar, dass man unabhängig davon eine Wasserbilanzmethode improvisiert hat: Zufluss minus Zuwachs des Seeinhalts gleich Abfluss – so etwa im Stil einer täglichen Buchhaltung.
Sicher hat man aber eine solche Bilanzierung bei der Kanderkorrektion von 1711–1714 nicht durchgeführt. Bezüglich der Wirkung der Kanderumleitung in den Thunersee tappte man damals völlig im Dunkeln (siehe Kapitel 6). Auch der Genfer Gelehrte Jean-Louis Calandrini (1703–1758) verwendete diese Methode in seinem Gutachten von 1749 über den Genfersee nicht. Er musste zur Frage Stellung nehmen, ob sich der Seespiegel erhöhe, weil der Seegrund infolge der Sedimentation ansteige (siehe Kapitel 14). Statt dass er diesen Zusammenhang einfach ausschloss, ermittelte er die Sedimentationshöhe für die Periode 1712–1748 zu «deux pouces et un quart» (zweieinviertel Zoll, das heisst ca. 65 mm) und bezeichnete sie dann als unbedeutend. Das zeigt, dass das Phänomen der Seeretention damals physikalisch noch nicht verstanden wurde (Lambert 1986).
Wahrscheinlich hat man aber für die Linthkorrektion von 1807–1816 eine gewisse Retentionsrechnung durchgeführt, obwohl man bisher keine einschlägigen Akten gefunden hat. Tulla legte ja – wie erwähnt – den Bemessungsabfluss des Molliserkanals mit 15’000 Kubikfuss pro Sekunde (405 $m^3/s$) fest. Diesem maximalen Zufluss zum Walensee stellte er dann einen maximalen Ausfluss durch den Linthkanal von bloss 10’000 Kubikfuss pro Sekunde (270 $m^3/s$) gegenüber, das heisst, er setzte damit eine kräftige Retentionswirkung des Walensees voraus.

### Die Abflussgleichung für Normalabfluss

Die ersten Ansätze zur formelmässigen Erfassung der Abflüsse stammen ebenfalls aus der Zeit der Renaissance. Sie scheiterten aber daran, dass der Einfluss des Gerinnebetts verkannt wurde. Man glaubte lange, die Fliessgeschwindigkeit sei an der Gerinnesohle grösser als an der Oberfläche.
Den heute bekannten Zusammenhang zwischen der Rauigkeit des Gerinnebetts, der Schwerkraft und der Fliessgeschwindigkeit hielt wohl Albert Brahms (1692–1758) als Erster fest. Die zugehörige Formel stammte von Antoine Chézy (1718–1798), der sie 1768 für den Vergleich verschiedener Kanäle entwickelte. Er sah in ihr aber noch keine allgemeine Abflussformel für den gleichförmigen stationären Freispiegelabfluss (Normalabfluss) und publizierte sie auch nicht. Zum Durchbruch gelangte sie erst, als sie von Albert Eytelwein (1764–1848) aufgrund von Vorarbeiten von Reinhard Woltman erneut abgeleitet und 1801 veröffentlicht

wurde: Mittlere Fliessgeschwindigkeit im Querschnitt gleich Faktor mal Wurzel aus hydraulischem Radius und Gefälle. Dabei glaubte Eytelwein, der Faktor sei eine Konstante, während er in Wirklichkeit von der Rauigkeit abhängt und geschätzt oder empirisch bestimmt werden muss. In der Folge nannte man ihn Chézy-Koeffizient – eigentlich ein Reibungsbeiwert – und die Abflussformel Chézy-Formel (Rouse & Ince 1980).
In der Schweiz wurde die Chézy-Formel erstmals von Johann Gottfried Tulla angewendet, und zwar 1807 bei der Linthkorrektion (Vischer 2000b). Es scheint, dass Tulla zunächst mit der Konstanten von Eytelwein rechnete, jene dann aber aufgrund von Abflussmessungen mit dem Woltmanflügel den Rauigkeitsverhältnissen in der Linth anpasste (Pestalozzi 1852).
Die bestechend einfache Chézy-Formel wurde bald durch kompliziertere Beziehungen ergänzt. Dabei ging es letztlich darum, den Chézy-Koeffizienten aufzuhellen. Als diesbezüglich erfolgreich erwiesen sich der bernische Kantonsingenieur Emil Oscar Ganguillet (1818–1894) und der Sekretär der bernischen Baudirektion Wilhelm Rudolf Kutter (1818–1888). Sie veröffentlichten ab 1868 für den Chézy-Koeffizienten empirische Ausdrücke, die sie aufgrund von Hunderten von Experimenten anderer Forscher und insbesondere von eigenen Messungen etabliert hatten. Ihre wichtigste Arbeit wurde 1889 ins Englische übersetzt und erhielt weltweite Bedeutung. Später gelang es, diese Ausdrücke im Verein mit der Chézy-Formel zu vereinfachen und in jene Abflussformel überzuführen, die heute je nach Land als Gauckler-, Manning- oder Strickler-Formel bezeichnet wird (Vischer 1999). Ihre Verallgemeinerung im Jahr 1923 auf alle Gerinne – also auch auf Rohre – ist das Verdienst von Albert Strickler (1887–1963), der damals Sektionschef im Eidgenössischen Amt für Wasserwirtschaft war (Vischer 1987).

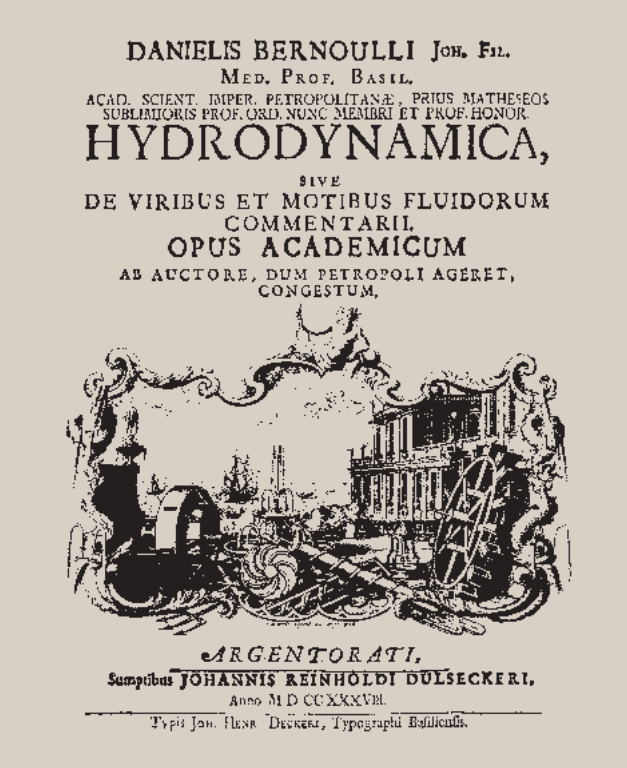

DANIELIS BERNOULLI Joh. Fil.
Med. Prof. Basil.
Acad. Scient. Imper. Petropolitanæ, prius Matheseos Sublimioris Prof. Ord. nunc Membri et Prof. Honor.
HYDRODYNAMICA,
sive
DE VIRIBUS ET MOTIBUS FLUIDORUM COMMENTARII.
OPUS ACADEMICUM
ab Auctore, dum Petropoli agéret, congestum.
ARGENTORATI,
Sumptibus JOHANNIS REINHOLDI DULSECKERI.
Anno M D CC XXXVIII.
Typis Joh. Henr. Deckeri, Typographi Basiliensis.

Abb. 31 Titelblatt des Buchs «Hydrodynamica» von D. Bernoulli, 1738.

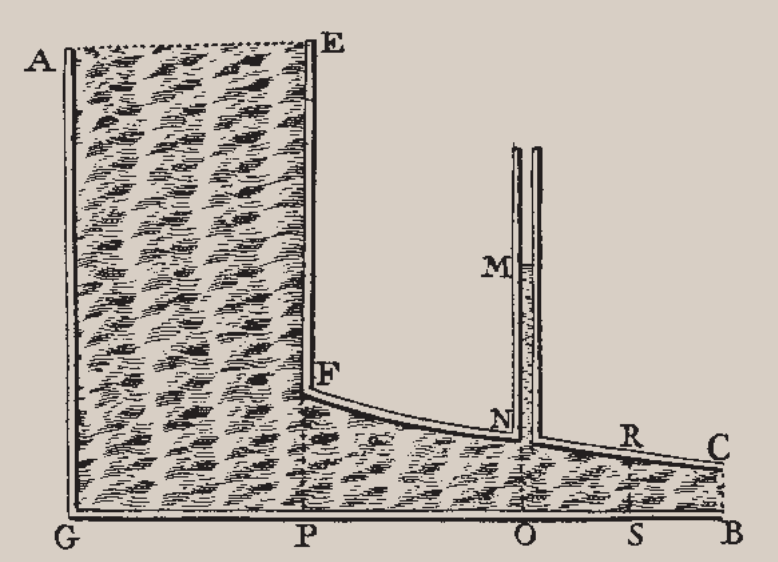



Abb. 32 Figur aus dem Buch «Hydraulica» von Johann I Bernoulli, 1743.

## Die vollständige Abflussgleichung

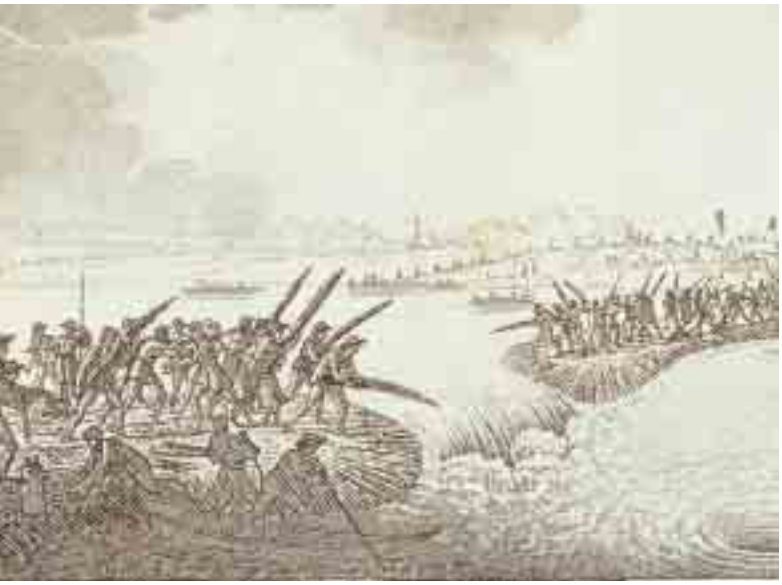
Die Chézy-Formel gilt – ebenso wie die Gauckler-, Manning- oder Strickler-Formel – für Normalabfluss. Sie entspricht also einem Gleichgewichtszustand zwischen der treibenden Schwerkraft und der bremsenden Reibung in einem langen Kanal. Für ein Ungleichgewicht, das heisst für eine beschleunigte oder verzögerte Strömung in einem beliebigen Gerinne, ist ihre Anwendung eigentlich unzulässig. Dennoch wurde sie im Flussbau Ende des 19. Jahrhunderts praktisch generalisiert. Dazu mag der Umstand beigetragen haben, dass in den zahlreichen einarmigen Flüssen der Schweiz eben nahezu Normalabfluss herrscht und in den kanalisierten ohnehin.
Erst als ab Mitte des 19. Jahrhunderts der Einfluss grösserer Wehre erfasst werden musste, bedurfte es zwingend einer vollständigen Abflussgleichung. Denn bei geschlossenem Wehr folgen die Wasserspiegel so genannten Staukurven und bei offenem manchmal Senkungskurven. Als Grundlage diente die Bernoulli-Gleichung für stationäre Abflüsse. Diese war in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts von den Basler Ge-

lehrten Daniel (1700–1782) und Johann I (1667–1748) Bernoulli entwickelt und publiziert worden (Vischer 1982). Sie musste aber, um für Freispiegelabflüsse zu taugen, noch durch ein Reibungsglied erweitert werden. Als solches wurden Anfang des 19. Jahrhunderts die Chézy-Formel und später die Gauckler-, Manning- oder Strickler-Formel eingeführt, wobei als Gefälle das so genannte Energieliniengefälle genommen wurde.
Diese erweiterte Bernoulli-Gleichung stand also erst etwa ab 1850 zur Verfügung. Bekannt wurde die Arbeit von Jacques Antoine Charles Bresse (1822–1888), der die Gleichung für breite Rechteckgerinne in seinem Lehrbuch von 1860 einlässlich diskutierte und insbesondere den Einfluss der kritischen Wassertiefe sichtbar machte. Die Lösung der Gleichung für beliebig geformte Gerinne durch ein schrittweises Vorgehen in einer Tabelle (numerische Lösung) führte später Konrad Pressel (1857–1929) ein (Jaeger 1949).

**Die Geschiebetriebformel**

Gemäss dem Prinzip von Actio gleich Reactio leuchtet es ein, dass die auf das Geschiebe wirkende Strömungskraft der örtlichen Sohlenreibung entspricht. Dieser Zusammenhang soll aber erst 1879 von Paul François Dominique du Boys (1847–1924) in einer Formel ausgedrückt worden sein: Schleppspannung gleich Produkt aus spezifischem Wassergewicht, Wassertiefe und Gefälle (Rouse & Ince 1980). Immerhin muss festgehalten werden, dass bereits Johann Gottfried Tulla einen Ansatz kannte, der die auf einen Stein wirkende Schleppkraft dem Produkt aus Wassertiefe und Gefälle proportional setzte. So legte er 1807 die Dimensionen des Molliserkanals (heute Escherkanal) der Linthkorrektion derart fest, dass dieses Produkt bei Hochwasser kleiner war als in der flussaufwärtigen Linthstrecke. Damit wollte er erreichen, dass das grobe Geschiebe im Kanal langsamer «fortrollt», dabei zerkleinert wird und so nicht liegen bleibt (Pestalozzi, H. 1852, Vischer 2000b).

Abb. 33 Figur aus dem Buch «Praktische Anweisung zur Bauart der Faschinenwerke und der dazu gehörigen Anlagen an Flüssen und Strömen» von J. A. Eytelwein, 1818. Schliessen eines Flussarms mit Faschinen.



Einen äusserst fruchtbaren Ansatz für die Projektierung von Korrektionen stellte die Definition eines Gleichgewichtsgefälles dar. Sie erschien 1875 wie beiläufig in einem französisch verfassten Memorandum von Adolf von Salis (1818–1891), dem damaligen eidgenössischen Oberbauinspektor. Dieser bezeichnete jenes Gefälle der Fliessgewässer, bei dem sich die Geschiebezufuhr und -abfuhr gerade die Waage halten, als «la pente correspondant à l'équilibre» (das dem Gleichgewicht entsprechende Gefälle) oder «la pente qui leur convient» (das ihnen zukommende Gefälle) (von Salis 1875). Die damit verbundene «Philosophie» vertiefte Karl Pestalozzi (1825–1891), Professor am Eidgenössischen Polytechnikum (heute ETH Zürich), 1881 in einer Schrift über «die Geschiebebewegung und das natürliche Gefälle in Gebirgsflüssen». Er postulierte, dass jedes Fliessgewässer dieses Gleichgewichts- oder natürliche Gefälle natürlicherweise anstrebe und verband damit auch die Vorstellung einer Normalbreite. Als Konsequenz empfahl er, das Gerinne korrigierter Flüsse möglichst mit dem entsprechenden Gleichgewichtsgefälle und der Normalbreite auszuführen. Allerdings hielt er es als wenig wahrscheinlich, dass man diese Grössen rechnerisch bestimmen könne; man müsse sich darum an Beobachtungen in der Natur halten (Pestalozzi, K. 1881). Schliesslich setzte sich von Salis in einem Kapitel über «die naturgesetzliche Gestaltung der Längenprofile der Gewässer und die Möglichkeit ihrer künstlichen Modifikation» nochmals mit dieser Gleichgewichtstheorie auseinander (von Salis 1883). Dabei behandelte er auch den Einfluss einer Zerkleinerung der Geschiebekörner.
Tatsächlich wurde eine eigentliche Geschiebetheorie zur Berechnung der Geschiebeführung und damit auch der jährlichen Geschiebefracht erst Anfang des 20. Jahrhunderts verfügbar. Aufgrund dieser Theorie liess sich dann auch das Gleichgewichtsgefälle in Funktion einer bestimmten Breite ermitteln. Brauchbare Formeln zur Quantifizierung der natürlichen Aussortierung und der Zerkleinerung der Geschiebekörner folgten erst ab 1980. Etwa zur gleichen Zeit begann man, die Gleichgewichtstheorie angesichts der Instabilitäten des Klimas und des Gebirges etwas zu relativieren.

**Murgangtheorie**

Eine Murgangtheorie gab es früher nicht. Bis weit ins 20. Jahrhundert hinein wurden Murgänge in der Schweiz weder gemessen noch theoretisch bearbeitet. Ja, in vielen Hochwasserberichten aus Gebirgstälern wurde kaum zwischen Hochwasser- und Murgangkatastrophen unterschieden. Eine Sensibilisierung für den Unterschied brachte dann das katastrophale Hochwasserereignis von 1987. Dementsprechend erfuhr die schweizerische Murgangforschung damals einen kräftigen Aufschwung.

## 3.4 Flussbaulehrbücher

Über die Wasserbautechnik gab es schon früh einige bemerkenswerte Lehrbücher. So sei etwa jenes des Tessiners Agostino Ramelli (1531– ca.1610) erwähnt, das 1588 in Paris herauskam. Es behandelte aber vor allem Pumpen, verschiedene Mühlen, Krane und andere Hebewerkzeuge, Erdbaugeräte und Fangedämme sowie ein Arsenal von Belagerungsgeräten (Vischer 2001b). Das heisst, es war mehr für die hydraulischen Maschinen und Baugeräte wegweisend. Lehrbücher, die ausserdem oder ausschliesslich dem Flussbau gewidmet waren, erschienen erst im 18. Jahrhundert. In der Schweiz dürften wohl folgende Bände bekannt geworden sein (Vischer 1986b):

- Jacob Leupold (1674–1727), Berlin 1724
- Bernard Forest de Bélidor (1698–1761), Paris 1737–1753
- Johann Esaias Silberschlag (1716–1791), Leipzig 1766 und 1772/73
- Lucas Voch (1728–1783), Augsburg 1767
- Johann Albert Eytelwein (1764–1848), Berlin 1799.

Das erste Lehrbuch über Wildbachverbauung erschien erst sehr viel später. Es stammte von Joseph Duile (1776–1863), Innsbruck 1826. Dieser stützte sich auf viele eigene Erfahrungen aber auch auf zwei bereits 1779 und 1808 in Innsbruck erschienene einschlägige Schriften: «Von den Überschwemmungen im Tirol» von Franz Zallinger zum Thurn (1743–1828) und «Über Bergfälle und die Mittel denselben vorzubeugen oder wenigstens ihre Schädlichkeit zu vermindern» von Georg von Aretin (1771–1844). Duile verfasste 1841 auch einen Bericht mit vielen grundsätzlichen Bemerkungen über die Wildbäche im Kanton Glarus (Duile 1826 und 1841, ÖBLF 1984).

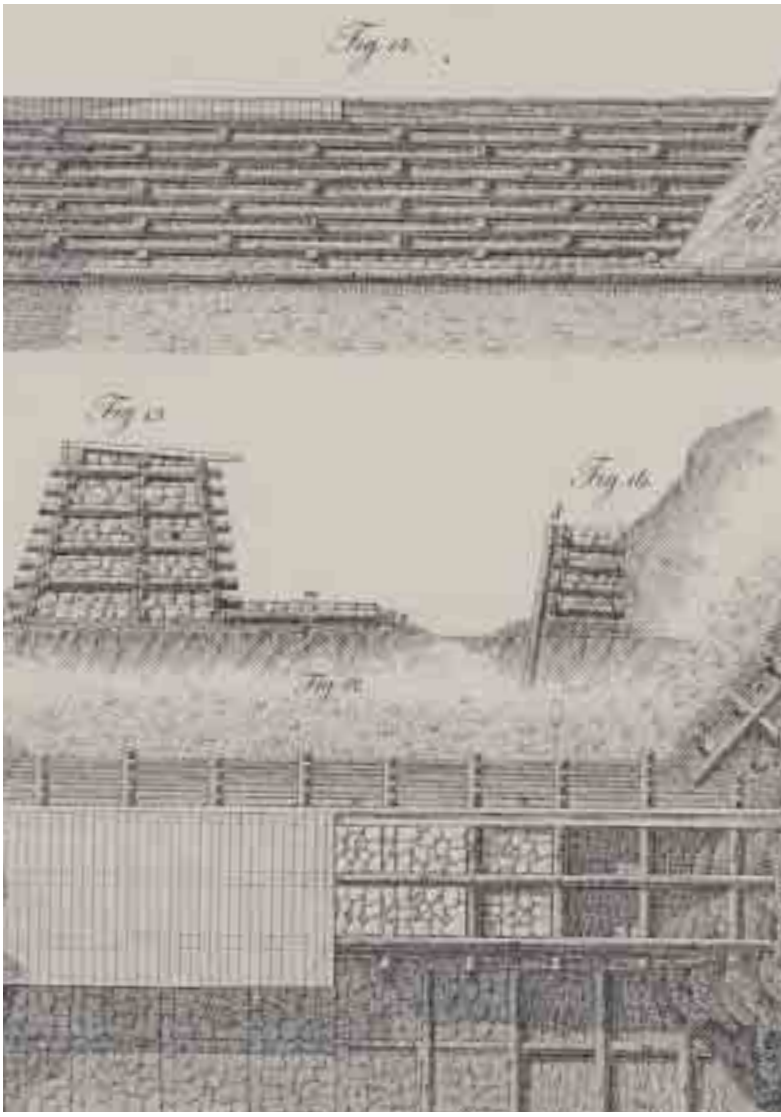


Abb. 34 Figur aus dem Buch «Über die Verbauung von Wildbächen im Gebirge» von J. Duile, 1826. Einsatz von Holzkästen für Wildbachsperren.

Abb. 35 Wasserhaltung von Hand … «auf was Art durch Menschen-Arme das Gewässer aus einem Grundbau zu schöpfen», nach B. F. de Bélidor, 1740.

# 4 Die Bauweisen im Flussbau und Wildbachverbau

## 4.1 Die Methoden

**Wie lässt sich Hochwasserschutz gewährleisten?**

Um den Hochwasserschutz von Siedlungen und Kulturen vorbeugend zu gewährleisten, gibt es grundsätzlich vier Möglichkeiten:

- *Gefahrenzonenplanung*: Siedlungen und wertvolle Kulturen werden ausserhalb der Überschwemmungsgebiete angeordnet.
- *Objektschutz*: Bauten und Verkehrswege werden hochwasserfest gemacht, überschwemmungsbeständige Kulturen werden bevorzugt.
- *Flussbau*: Die Gewässer werden durch Uferbauten oder sonstige flussbauliche Massnahmen am Ausufern und Ausbrechen gehindert.
- *Hochwasserrückhalt:* Die Hochwasser werden mittels Rückhaltemassnahmen im Einzugsgebiet gedämpft.

Eine Art Gefahrenzonenplanung führte dazu, dass in der Schweiz viele Städte und Dörfer auf erhöhtem Gelände gegründet wurden. Bei ihrer späteren Ausbreitung beanspruchten sie dann aber oft niedrigeres und deshalb weniger sicheres Gelände. Den dortigen Bewohnern wurde damit mehr oder weniger bewusst ein gewisses Hochwasserrisiko zugemutet (Vischer 2001a). Aber auch die wichtigen Strassen wurden früher meist hochwasserfrei geführt.
Es gab aber auch Fälle, wo sich die Bedrohung mit der Zeit veränderte. Als Beispiel können die Ortschaften Weesen und Walenstadt erwähnt werden, die ursprünglich weitgehend hochwassersicher angelegt waren. Sie wurden vom 17. Jahrhundert an im Sommer mehr und mehr von wochenlangen Ausuferungen des Walensees heimgesucht. Die Ursache bildeten die flussabwärtigen Geschiebeablagerungen der Linth, die den See vermehrt einstauten.
Auch der Objektschutz war in der Schweiz verbreitet. Noch fehlt heute aber eine historische Arbeit über die einschlägigen Vorschriften und Lösungen. Vielerorts erkennbar sind jedenfalls ältere Gebäude, die am Rande von Überschwemmungsgebieten stehen und deswegen nicht unterkellert sind. Ebenso auffällig sind einige Verbindungsstrassen und Bahnlinien, die solche Gebiete auf Dämmen queren.
Im Folgenden soll jedoch nur noch von Flussbau – allenfalls verbunden mit Hochwasserrückhalt – die Rede sein. Denn Hochwasserschutz war in der Schweiz bis weit ins 20. Jahrhundert praktisch ein Synonym für diese beiden Möglichkeiten.

**Der Zusammenhang mit dem Erosionsschutz**

Geschiebeablagerungen verringern das Freibord und erhöhen damit die Wahrscheinlichkeit von Ausuferungen (siehe auch Kapitel 1). Deshalb lässt sich die Liste der Hochwasserschutzmassnahmen durch eine weitere Position ergänzen:

- Geschieberückhalt: Der Geschiebeanfall wird durch Verbauungen im Einzugsgebiet beschränkt.

Nun stammt das Geschiebe vor allem aus den Steilstrecken des Oberlaufs und folglich aus den Wildbächen. Dort gilt es also die entsprechende Erosion zu verringern. Das geschieht durch Verbauungen im Wildbachbett, aber auch auf dessen Geschiebeherden wie Schutthalden, Rutschgebieten, Erosionstrichtern usw.
In den meisten Fällen zielen diese Verbauungen aber nicht bloss auf den Hochwasserschutz der Unterlieger ab, sondern auch auf den Erosionsschutz der Anlieger. Es geht neben dem Hochwasserschutz im Unterlauf also auch um die Erhaltung von Kulturland und die Sicherung von Siedlungen und Verkehrsanlagen im Oberlauf.
Für diese Art des Erosionsschutzes hat sich das Wort Wildbachverbau eingebürgert. Die Abgrenzung zu den Flusskorrektionen und damit zum Flussbau im engeren Sinne sah Adolf von Salis (1818–1891), der erste schweizerische Oberbauinspektor, wie folgt (von Salis

Abb. 36 Versumpfung der Linthebene zwischen Niederurnen und dem Walensee vor der Linthkorrektion 1807–1816. Blick talaufwärts. Zeichnung von H. C. Escher, August 1807.

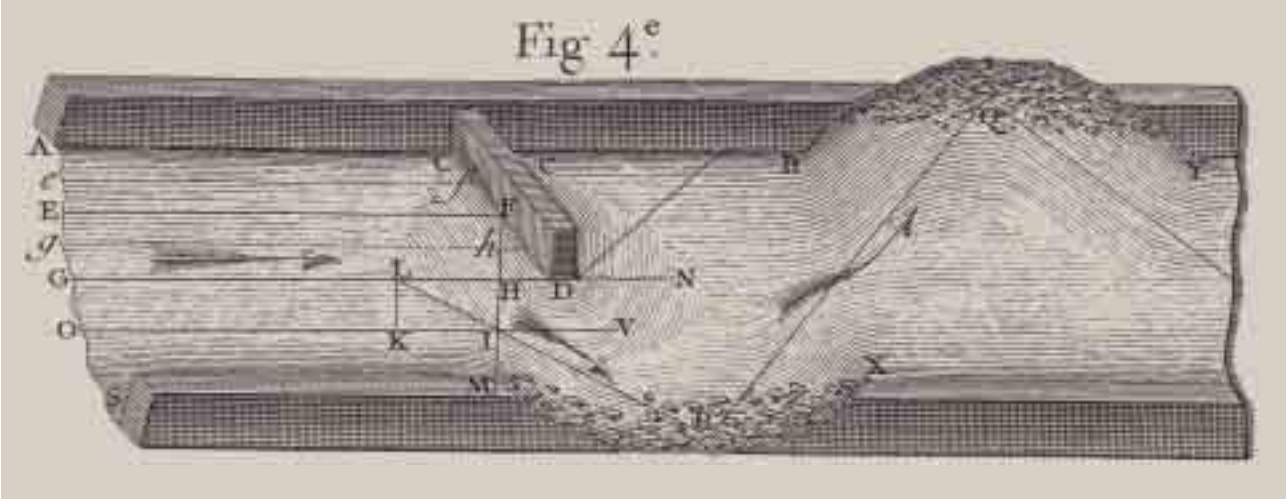



Abb. 37 Schupfwuhre. Einfluss eines kurzen Querwerks auf eine Flussströmung, nach B. F. de Bélidor, 1737–1753.

1883): «Es ist in der Schweiz üblich geworden, sämtliche Ameliorationsarbeiten an den Gewässern in zwei Hauptabtheilungen unter der Bezeichnung Verbauungen und Korrektionen zusammenzufassen, wobei unter ersteren die auf die Verhinderung der Bildung und Abfuhr der Geschiebe abzielenden Massregeln an den Wildbächen, unter letzteren dagegen alles Übrige verstanden wird, was an den Gewässern behufs Regelung ihrer Gebahrung im öffentlichen Interesse zu geschehen hat.»

## Von den Schupfwuhren zur Korrektion

Um ein Gewässer am Ausufern zu hindern, sind Ufererhöhungen nahe liegend. Deshalb hat man schon früh gewässerbegleitende Dämme und Mauern gebaut. Dabei wurden oft nur einzelne Siedlungen und Grundstücke geschützt. Um der Ufererosion vorzubeugen, hat man auch bald einmal vom Ufer aus kurze Querwerke angelegt. So entstanden an den Fliessgewässern die berüchtigten Schupfwuhren (auch als Kipp- oder Stupfwuhren beziehungsweise -schwellen bezeichnet, Götz 1983). Mit ihnen wurde die Hochwasserströmung von einem Ufer zum anderen gelenkt. Damit verlagerte man die Uferangriffe von sich weg zum Nachbarn gegenüber: Sankt-Florians-Politik am Wasser! Entsprechende Klagen von Betroffenen wurden bis Ende des 19. Jahrhunderts laut.
Allmählich setzte sich die Einsicht durch, dass solche Einzelaktionen wenig bringen. Man begann da und dort mit koordinierten Aktionen über längere Fluss- und Bachstrecken. Zunächst ging es um nachhaltigere Ufererhöhungen und -befestigungen und schliesslich um eigentliche Korrektionen mittels Laufbegradigungen oder Umleitungen. Für solche Korrektionen brauchte es natürlich eine ganzheitliche Betrachtung der Flussstrecke aufgrund von verlässlichen topographischen und hydrologischen Unterlagen. So mahnte Hans Conrad Escher 1810 (siehe auch Abschnitt 11.3): «Entweder müssen die Ströme frey ihrer Natur über lassen werden, oder, wenn man an ihren Ufern zu künsteln anfängt, so muss dieses mit vollständiger Übersicht ihrer ganzen Verhältnisse und mit der ausgebreitetsten Sachkenntnis geschehen» (Koch 1826).

## Handarbeit gegen Flussarbeit

Bei einer Flusskorrektion, die dem Hochwasserschutz dient, geht es letztlich darum, ein stabiles Flussbett mit genügendem Freibord zu schaffen. Das verlangt Eingriffe, die das bestehende Bett entsprechend umformen oder erneuern. In der Zeit vor der Mechanisierung der Baustellen versuchte man diese Eingriffe aber möglichst klein zu halten, indem man vieles der Gestaltungskraft der Strömung überliess.
Wollte man einen Fluss umleiten oder eine Flussschlinge durchstechen, hob man für den neuen Lauf nur ein kleines Gerinne aus. Nachher lenkte man den Fluss sukzessive in dieses Gerinne und überliess dessen Ausweitung der Erosion. Sobald das Gerinne die gesamte Strömung aufnahm, konnte man den alten Lauf abschliessen. Freilich war es damals schwierig, den Erfolg dieser Bauweise vorauszusehen. In einigen Fällen entwickelte sich die Erosion weit über das gewünschte Mass hinaus.
Als besonders eindrückliches Beispiel lässt sich die Kanderkorrektion von 1711–1714 anführen (siehe Kapitel 6). Dort wurde die Kander in den Thunersee umgeleitet, ohne dass Massnahmen zu einer Begrenzung der Erosion vorgesehen wurden. Dementsprechend räumte die Kander den im Strättligenhügel ausgebrochenen Umleitstollen rasch aus, was zu dessen Einbruch unter

Nachsacken der Überlagerung führte. Aber auch dieses Material wurde wegerodiert, und die Kander tiefte sich im Strättligenhügel derart ein, dass eine Schlucht entstand, deren Sohle schliesslich 40 m unter der einstigen Stollensohle lag. Damit verbunden war natürlich auch eine entsprechende Rückwärtserosion im Kanderlauf flussaufwärts und eine starke Deltabildung im Thunersee (VISCHER & FANKHAUSER 1990).
Später ging man bei solchen Umleitungen wesentlich behutsamer vor. Das lässt sich besonders gut am Beispiel der 1873–1887 verwirklichten Aareumleitung (siehe Kapitel 10) in den Bielersee durch den Hagneckkanal verfolgen. Für das rund 7 km lange Kanalstück im Grossen Moos zwischen Aarberg und Hagneck hob man zuerst ein an der Sohle bloss 6 bis 9 m breites Gerinne aus. Auf den geraden Strecken verlief dieses in der Kanalachse, auf den krummen, am künftigen Innenufer. Der Aushub wurde unmittelbar daneben auf die Kanaltrasse gelegt. Sobald es der Fortschritt am bereits vorher in Angriff genommenen 900 m langen Durchstich durch den Seerücken bei Hagneck erlaubte, wurde die Aare mittels einer Schleuse bei Aarberg dosiert in dieses Gerinne umgeleitet und begann es erosiv aufzuweiten. An den Innenufern hatte man bereits vorher einen kräftigen Blockwurf als seitliche Begrenzung angebracht; längs den geraden Strecken und an den Aussenufern hob man erst nachher einen Graben aus, um diese Ufersicherung einzubringen. Ferner fasste man den zukünftigen Kanal noch mit Längsdämmen ein, die ein gewisses Vorland freiliessen. Auf diese Weise erreichte man, dass die Aare den Kanal schliesslich selber fertigstellte. Sie schwemmte in den ersten 9 Jahren ausser ihrem Geschiebe über 2 Mio. m³ in den See, was über 60 % des gesamten Aushubs ausmachte (PETER 1922).
Was hier am Beispiel der Aareumleitung aufgezeigt wird, galt in angepasster Form auch für Flusskorrektionen, bei denen keine neuen Flussläufe geschaffen wurden. Auch dort versuchte man Bettausweitungen und -vertiefungen möglichst durch die Erosionskräfte des Flusses bewerkstelligen zu lassen. Strebte man das Gegenteil an, nämlich Bettverengungen und -erhöhungen, so provozierte man sinngemäss eine Verminderung der Erosionskräfte und erzielte damit die erforderlichen Auflandungen.

### Mittelgerinne und Vorländer, Arbeitsrichtung

Wie schon angedeutet, besass der Hagneckkanal links und rechts ein Vorland. Man nennt ein solches Querprofil ein Doppelprofil (Doppeltrapezprofil). Diese Unterteilung wurde in der Schweiz erstmals bei der Linthkorrektion von 1807–1816 eingeführt. Der eigentliche Kanal, der bei Flüssen als Mittelgerinne bezeichnet wird, wurde für den Nieder- und Mittelwasserabfluss sowie für den Geschiebetransport bei Hochwasser bemessen. Für den Hochwasserabfluss selber stand zusätzlich der Vorlandbereich bis zu den Längsdämmen zur Verfügung. Das erlaubte eine bessere Anpassung des Querprofils an das gegebene Abfluss- und Geschieberegime (PESTALOZZI 1852).
Hinsichtlich der Arbeitsrichtung gab es im Flussbau zwei Regeln. Ein neues Flussbett wurde von unten nach oben ausgehoben und erst dann für den Durchfluss freigegeben. Das galt beispielsweise bei der Er-

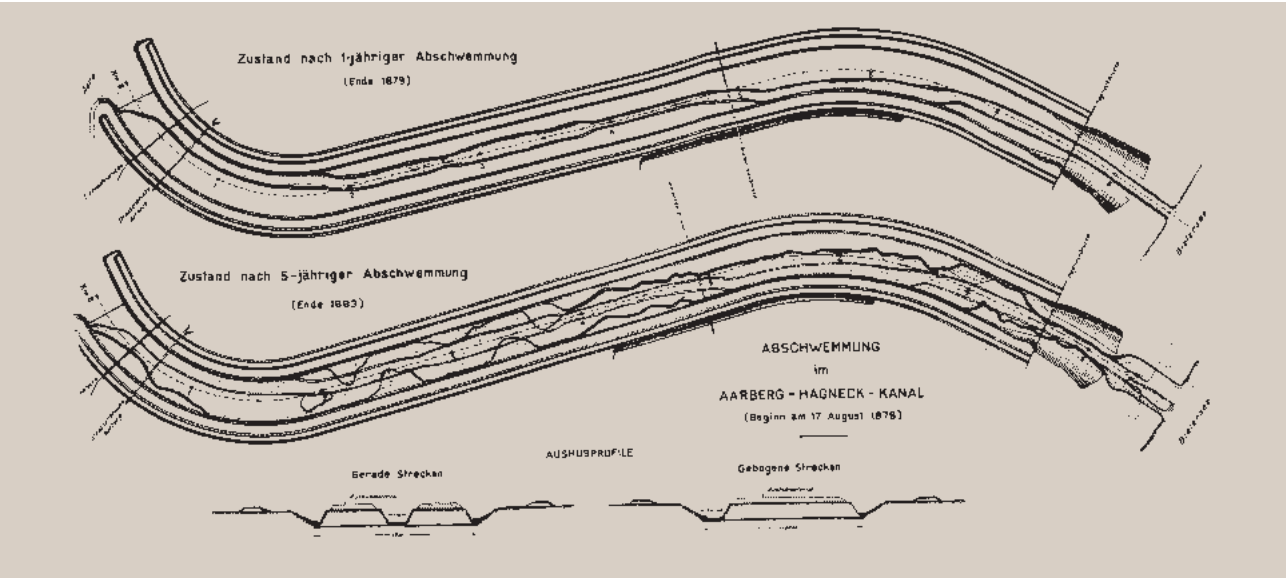



Abb. 38 Juragewässerkorrektion 1868–1891: Hagneckkanal. Situation (in der Breite stark verzerrt, Fliessrichtung von links nach rechts) und Querschnitte. Aushub eines Leitkanals, Bau der Längsdämme, Einbringen des Uferschutzes. Den restlichen Aushub besorgte die Aare mittels Abschwemmung.

stellung eines Leitkanals für einen Schlingendurchstich. Ein bestehendes Flussbett dagegen wurde von oben nach unten abgetieft. Die Arbeitsfront lag dann am Übergang von der ruhigeren zur rascheren Strömung. Bei einem Vorgehen von unten nach oben würde man ja immer vor einem Absturz stehen – also an einem Übergang von einer raschen zu einer langsamen Strömung – und so Gefahr laufen, dass der Aushub durch das infolge Erosion vermehrt anfallende Geschiebe teilweise oder ganz kompensiert wird. Von diesen Regeln gab es aber auch Ausnahmen, so dass die Arbeitsrichtung manchmal Gegenstand fachlicher Auseinandersetzungen war (siehe Abschnitt 11.2).

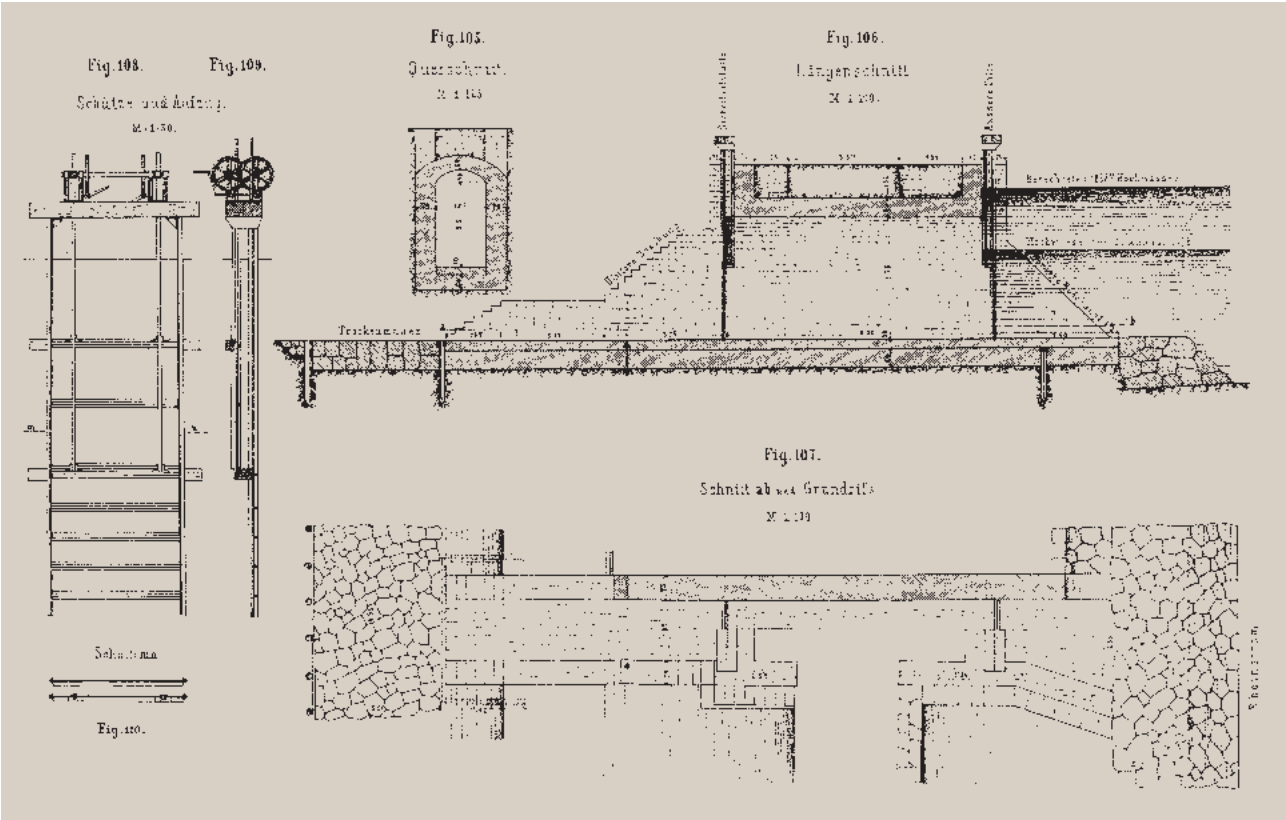
### Kolmation

Wenn schwebstoffhaltige Gewässer ausufern, setzen sich die Schwebstoffe in strömungsarmen Geländepartien ab. Dort entstehen folglich Auflandungen und damit Geländeerhöhungen. Diesen Vorgang nennt man Aufschlämmung oder Kolmation. Er erfolgt bei natürlichen Überschwemmungen völlig ungeregelt. Doch kann er vom Menschen auch gezielt verwendet werden, um tief gelegene Gebiete zu heben oder Kulturland zu düngen. Diese besondere Bewässerungstechnik ist schon seit der Antike bekannt.

Eine der ersten grösseren Anwendungen in der Schweiz ergab sich bei der Hinterrheinkorrektion von 1832–1892 im Domleschg. Dort wurde der Fluss eingedämmt, so dass linksseitig ausgedehnte, aber an sich wüste Überschwemmungsflächen frei wurden. Diese teilte Richard La Nicca (1794–1883) durch Querdämme in Felder ein – so genannte Kolmationsfelder – denen er schwebstoffhaltiges Wasser des Wildbachs Nolla zuleitete. Dafür hatte er bei Thusis eine entsprechende Fassung – eben eine Kolmationsschleuse – erstellt. Sie wurde nur dann geöffnet, wenn die Nolla viel Schwebstoffe führte und die Kolmationsfelder aufnahmebereit waren. Die langsame Entwässerung erfolgte über ein System, das flussabwärts in den Hinterrhein ausmündete.

Bekannt sind auch die Kolmationsschleusen, die von Jost Wey (1843–1908) Mitte der 1870er Jahre in die neuen Rheindämme bei Ragaz, Trübbach, Buchs, Haag und Salez eingebaut wurden (siehe Kapitel 8). Sie dienten der Auflandung der Gebiete zwischen diesen Dämmen und den alten Binnendämmen (Reiff 1990). Ihre Durchlässe waren bis zu 2 m breit. Damit diese Fassungen in den Dämmen keine Schwachstellen bil-

Abb. 39 St. Gallische Rheinkorrektion 1861–1890. Kolmationsschleuse im Hochwasserdamm bei Buchs nach Th. Nosek, 1881.



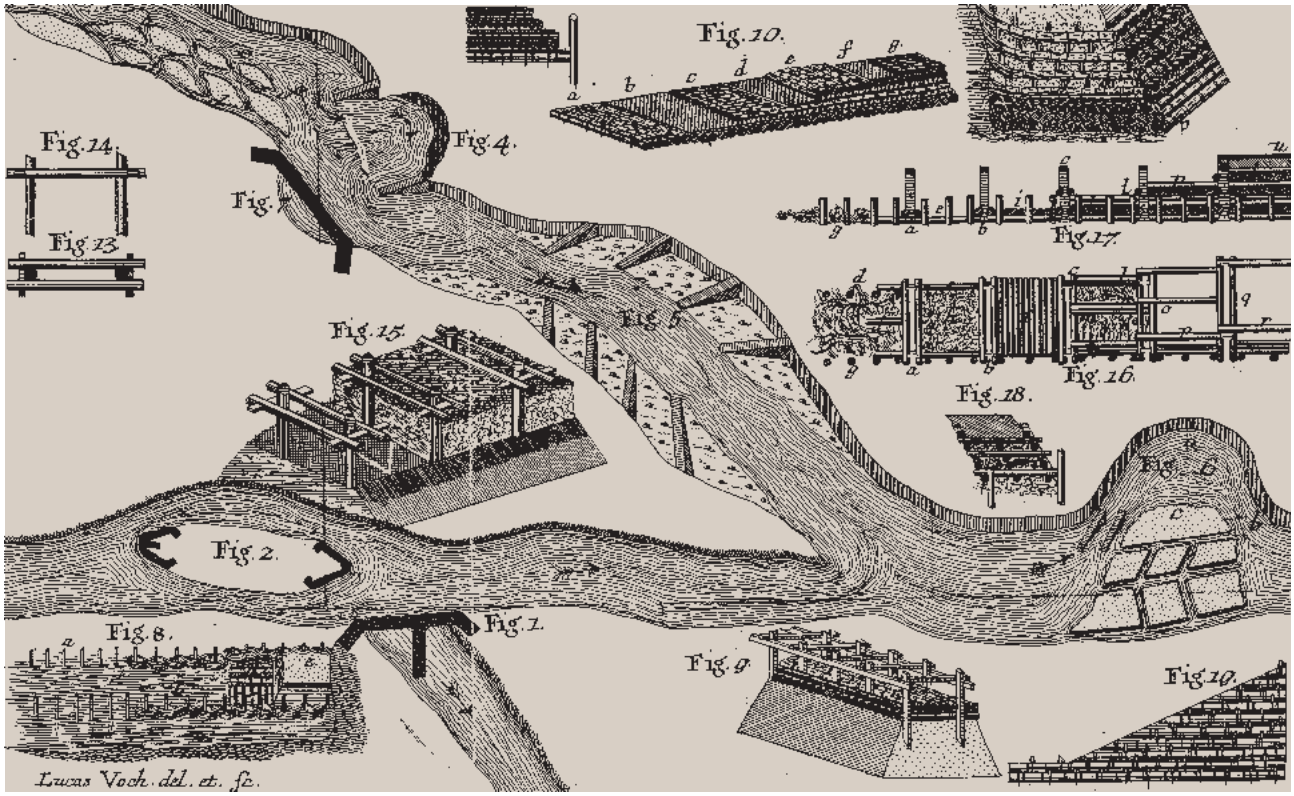



Abb. 40 Anleitung zum Bau von Längs- und Querwerken im Flussbau nach L. Voch, 1767.

deten, waren sie sehr robust ausgeführt: sorgfältige Fundierung, schweres Mauerwerk, zweifacher Tafelschützenverschluss, vorgelagerter Schwimmbalken gegen Treibzeug und Eis (Wey 1875, Fraisse 1875).

**Besonderheiten des Wildbachverbaus**

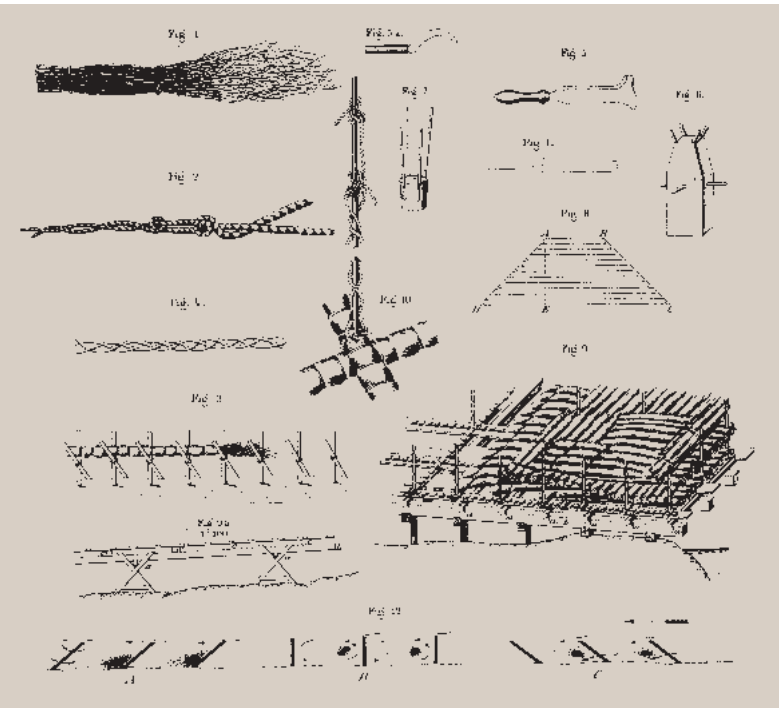
Im Wildbachverbau geht es wie erwähnt um eine Verminderung des Geschiebeaufkommens im Erosionsgebiet. Das erheischt Sohlen- und Ufersicherungen im Bachbett, die eine Tiefen- und Seitenerosion verunmöglichen oder zumindest dämpfen. Das verlangt aber auch die Unterbindung von Geschiebequellen an den Hängen. Sofern die entsprechenden Massnahmen wasserbaulicher Art sind, rechnet man sie zum Wildbachverbau – und die Bauobjekte entsprechend zu den Wildbachverbauungen. Der Übergang zu den Hangverbauungen und anderen erdbaulichen Massnahmen ist aber ein fliessender. Unterhalb der Waldgrenze besteht natürlich noch die Möglichkeit zur Stabilisierung gewisser Geschiebeherde mittels Aufforstung, was jedoch nicht unter die Überschrift Wildbachverbau fällt.
Auch beim Wildbachverbau kann der Strömung eine gewisse Arbeit überlassen werden. Selbstverständlich handelt es sich aber nicht um eine Abschwemmung von Material, sondern um eine Aufschwemmung beziehungsweise um eine erwünschte Auflandung. Klassisch wurde im 19. Jahrhundert folgendes Vorgehen: Am unteren Ende einer Erosionsstrecke wird eine Wildbachsperre gebaut, die dann sukzessive vom anfallenden Geschiebe hinterfüllt wird. Dadurch wird das Bachbett oberhalb bis auf die Höhe der Überfallkrone angehoben. Sobald das geschehen ist, wird am Anfang des neuen Bachbetts die nächste Wildbachsperre erstellt usw. So entsteht schliesslich eine von unten nach oben gebaute Sperrentreppe mit einem höher liegenden Bachbett. Das Ergebnis ist, dass während des Prozesses viel Geschiebe zurückgehalten und letztlich der Hangfuss stabilisiert sowie das Fliessgefälle gebrochen wird.
Dieses Vorgehen fand seine theoretische Begründung zwar erst mit den Geschiebetheorien des 20. Jahrhunderts – vor allem durch die Arbeiten von Robert Müller (1908–1987). Es wurde aber schon von Joseph Duile 1826 empfohlen (Duile 1826) und von Adolf von Salis 1883 praktisch zur Norm erklärt (von Salis 1883): «Wo … je die oberen (Sperren) an den unteren ihre Stütze insoferne finden, als der Standpunkt (Fundament) der Ersteren durch die Letzteren gesichert wird, muss die Ausführung (der Sperren) selbstverständlich von unten nach oben fortschreiten.»

## 4.2 Bauelemente und Baumaterial

### Längs- und Querwerke

Die typischen Bauelemente des Flussbaus sind Längs- und Querwerke. Dabei handelt es sich um eine Art Mauern oder Dämme, mit denen man die Strömung beeinflusst.
Um eine Flusssohle vor Erosion zu schützen oder gar eine Sohlenhebung zu erzwingen, legt man von einem Ufer zum anderen ein Querwerk. Dieses wirkt sozusagen als Türschwelle, über die der Fluss «steigen» muss, und erhielt wohl deswegen den Namen Schwelle (Vischer 1994b). Andernorts spricht man diesbezüglich aber von Wehr oder Wuhr; besonders hohe Ausführungen heissen auch Sperre, Absturzbauwerk oder gar Talsperre.
Zur Bekämpfung der Ufererosion kann man ein Ufer entweder mit erosionsbeständigem Material überdecken oder als Längswerk ausbilden. Da dessen Machart jener des hohen Querwerks gleicht, wird das Längswerk ebenfalls als Schwelle, Wehr oder Wuhr bezeichnet. Darum wurde das Tätigkeitswort schwellen oder wuhren auch zum Oberbegriff für den Bau und Unterhalt von Längs- und Querwerken schlechthin. Entsprechend unterlagen die Flussanstösser häufig der so genannten Schwellen- oder Wuhrpflicht.

Abb. 41 Herstellung von Faschinen, Faschinenteppichen und Buhnen nach R. Scheck, 1885.



Ein alternativer Uferschutz besteht aus kurzen Querwerken, die vom Ufer aus ins Flussbett ragen. Diese haben aber Nebenwirkungen. Vom Einfluss der einzelnen Schupfwuhren (Schupfschwellen, -wehren) auf das Gegenufer wurde bereits gesprochen. Eine besondere Form stellen Serien von Spornen und Buhnen dar, die bei Hochwasser meist überschwemmt werden. Werden sie nur an einem der beiden Ufer angeordnet, so schützen sie dieses zwar, führen aber zu einer stärkeren Beanspruchung des Gegenufers. Falls dieses erodiert wird, verschiebt sich also das Flussbett entsprechend. Werden sie dagegen an beiden Ufern gebaut, engen sie das Flussbett ein und begünstigen eine Sohlenerosion und damit eine Sohlenvertiefung. Beide Effekte lassen sich natürlich flussbaulich nutzen.
Besonders wichtig sind die zwischen den längeren Buhnen liegenden Bereiche, die so genannten Buhnenfelder. Sie werden allmählich durch Sedimente verfüllt, wodurch neues Land entsteht. Mit beidseitig angebrachten Buhnenreihen lässt sich einem Fluss folglich ein Doppelprofil mit dem charakteristischen Vorland aufzwingen.
Die Längs- und Querwerke werden selbstverständlich auch als Leitwerke eingesetzt, um eine Strömung in eine andere Richtung – insbesondere in einen Durchstich oder einen neuen Lauf – zu lenken.

### Weiden, Tannen, Kies und Blöcke

Vor dem Dampfzeitalter und damit vor dem Bahnzeitalter waren grössere Landtransporte zeitraubend und aufwendig. Deshalb benutzte man im Flussbau vornehmlich Material, das vor Ort gewonnen und verarbeitet werden konnte. Dazu gehörten schlanke Weiden, stärkere Baumstämme, Kies und Blöcke. Aus ihnen erstellte man die Längs- und Querwerke sowie den Uferschutz. So entwickelten sich typische Verbundkonstruktionen aus Holz und Stein, die auch verhinderten, dass das Holz wegschwamm.
Verbreitet waren die mit Pfahlreihen und eingeflochtenen Weiden realisierten Flechtzäune. Sie entsprachen in etwa den damaligen militärischen Schutzzäunen, den so genannten Letzinen. Mehrreihig ausgeführt und mit einer Zwischenfüllung aus Kies versehen, bildeten sie recht stabile Elemente. Noch schwerer und widerstandsfähiger waren die Holzkästen. Sie bestanden aus Holzkäfigen, die aus abgelängten Baumstämmen erstellt und mit Kies und Steinen verfüllt und ausgesteift wurden.
Obwohl die Faschinentechnik bereits Anfang des 18. Jahrhunderts in den Lehrbüchern aufscheint, wurde sie in der Schweiz offenbar erst bei der Linthkorrektion von 1807–1816 in grösserem Umfang eingeführt. Dort wurden «zwei geübte Faschinenleger

aus dem Badischen beigezogen, unter deren Anleitung die Arbeiter der Gegend im Faschinenbau Unterricht erhielten» (Pestalozzi 1852). Sofort entsandten auch die Berner, Basler und Thurgauer einige ihrer Arbeiter an die Linth, um sich die Faschinentechnik anzueignen (Koch 1826, Golder 1984, Linth-Escher-Gesellschaft 2000).

Faschinen sind lange Reiswellen aus biegsamen Ruten, zumeist aus jungen Weiden. Sie können als Bauelemente verschiedensten Zwecken dienen. Aneinander gereiht und gut verankert bilden sie Matten, die als Ufer- und Sohlenschutz dienen. Die gleichen Matten lassen sich aber auch mit einer Kiesschicht überdecken und dann aufrollen. Dadurch entstehen gleichsam Überfaschinen mit einem Kieskern, die als Senkwürste oder Senkwalzen bezeichnet werden. Sie eignen sich zur Sicherung eines Böschungsfusses oder, aufeinander geschichtet, für Buhnen usw. (Vischer 1988b).

Flechtwerke und Faschinen bestehen aus ausschlagfähigen Weiden. Sie gehören zu den vitalsten Elementen des so genannten Lebendverbaus. Wo früher die natürlichen Weidenvorkommen nicht ausreichten, wurden eigentliche Weidenplantagen angelegt. Einen Anhaltspunkt für den Materialbedarf liefert ein Plan des Basler Geometers Friedrich Baader (1802–1867) von 1836 für die vergleichsweise kleine Wiesekorrektion (Golder 1991). Er veranschlagte (hier auf den Kilometer umgerechnet):

| | |
|---|---|
| 9500 | Stück Faschinen |
| 24 | Klafter Pfähle (100 m³) |
| 6 | Klafter Bausteine (25 m³) |
| 280 | Klafter Kies (1150 m³) |
| 1500 | Bund Flechtruten. |

Holzkästen enthalten demgegenüber nur Totholz, das heisst geschlagene und bearbeitete Baumstämme. Im Hinblick auf Erneuerungen pflanzte man häufig kleine Tannenwälder. Das erklärt, weshalb einige Auewälder noch heute mit standortfremden Tannengruppen durchsetzt sind.

Die Herstellung und der Unterhalt der Holzkästen waren natürlich arbeitsintensiv. Deshalb suchte man insbesondere für den schweren Uferschutz nach einer Alternative und fand sie im Blockwurf oder Blockbesatz (Trockenpflästerung). Das bedingte freilich die Gewinnung der Blöcke und den Transport vor Ort. Das geschah bereits bei der Linthkorrektion zur Sicherung der Ufer und der Sohle des Mittelgerinnes des Molliser-Kanals (heute Escherkanal), wobei die Blöcke entweder aus Sturzblöcken am Fuss des Walenbergs stammten oder von einem Steinbruch am Gegenhang herangekarrt wurden. Bei der Hinterrheinkorrektion von 1832–1892 gab diese Bauweise dann Anlass zur Erstellung

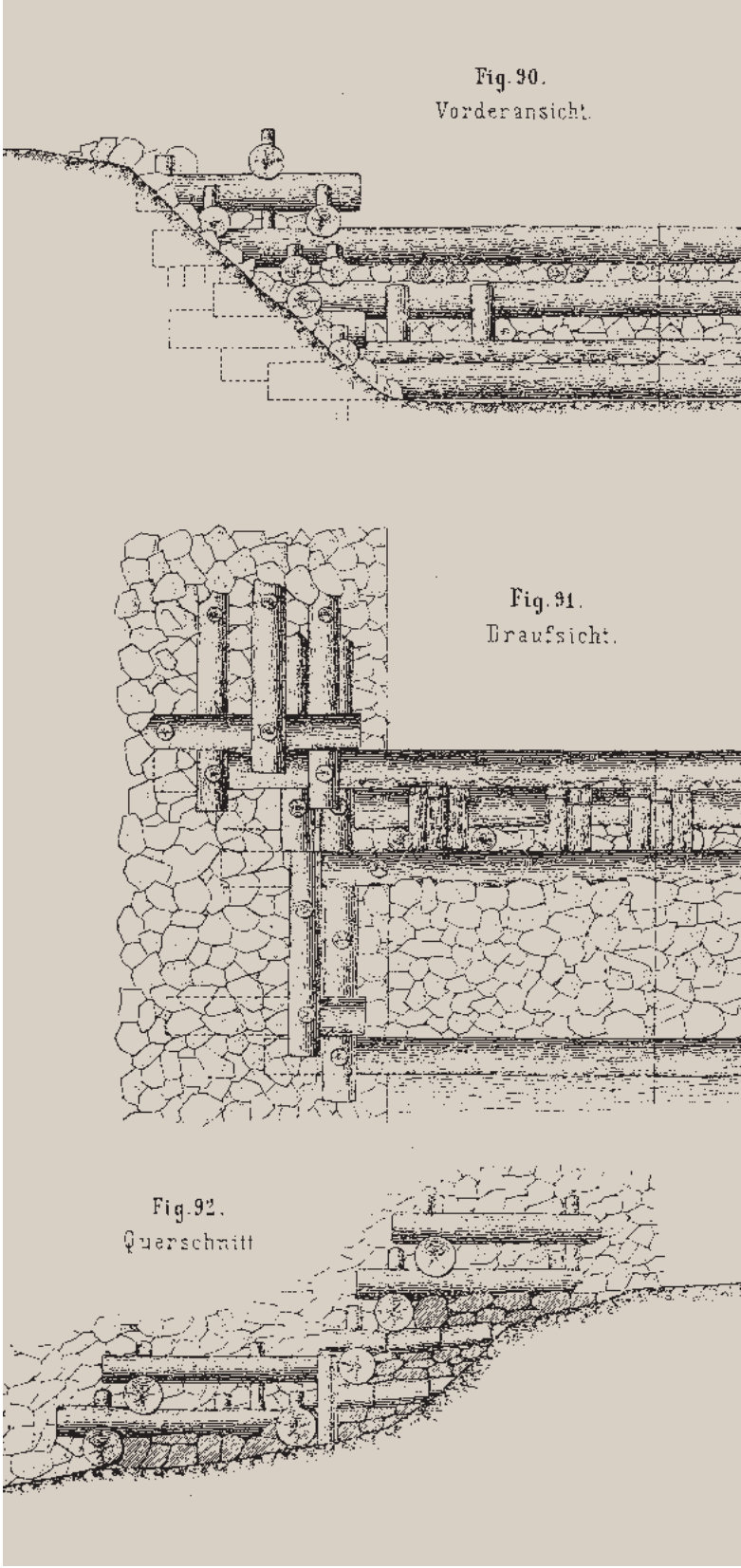



Abb. 42 Holzkastensperre in einer Runse bei Zizers nach Th. Nosek, 1881.

der ersten oberirdischen Bahn der Schweiz. Es handelte sich um eine kurze Dienstbahn, die Richard La Nicca (1794–1883) ab 1832 verwendete, um Blöcke aus einem Steinbruch bei Rodels ans Ufer zu schaffen. Freilich wurden die Wagen noch einzeln und von Hand bewegt. Eigentliche Bauzüge mit kleinen Dampflokomotiven kamen erst bei der Juragewässerkorrektion von 1868–1891 auf, wo vergleichsweise riesige Mengen von Blöcken eingebracht wurden.
Die Holzkastenbauweise hielt sich fortan vor allem im Wildbachverbau. Im Flussbau wurde sie meist von einer ausgeklügelten Verbundbauweise mit Faschinen, Kies und Blöcken abgelöst. In gewissen Fällen – wie etwa bei der Rhonekorrektion ab 1862 – wurden die Blöcke behauen und zu einem Mauerwerk zusammengefügt.
So wurden insbesondere die sichtbaren und auch der Strömung unmittelbar ausgesetzten Oberflächen aus Mauerwerk erstellt, also gepflästert. Kurze abgerundete Buhnen glichen dann einem grossen Schildkrötenpanzer, was ihnen die Bezeichnung Schildkröten eintrug. Ende des 19. Jahrhunderts hielt das Mauerwerk auch im Wildbachverbau Einzug und erlaubte den Bau von besonders grossen Sperren.
Im Übrigen war die Vielfalt der Baumethoden und Macharten gross, was 1883 Adolf von Salis zur Bemerkung veranlasste: «In manchen Gegenden haben sich diese, in andern wieder andere Formen und Konstruktionsarten eingebürgert. Und obwohl dabei entscheidende Gegensätze hervortreten, wird doch beiderseits daran als richtige Regel mit grosser Zähigkeit festgehalten» (Götz 1983).

## 4.3 Die Mittel

### Werkzeuge und Maschinen

Die Baugeräte, die im Hochwasserschutz zur Verfügung standen, waren anfänglich sehr einfach: Handwerkzeuge wie Schaufeln, Spaten, Pickel, Handrammen und Forstwerkzeuge. Als Transportmittel dienten: Tragkörbe, Tragbahren, Stossbennen, Handkarren, Handschlitten sowie von Ochsen oder Pferden gezogene Fuhrwerke und, wo es ein Gewässer zuliess, auch Boote und Flosse. Für das Heben schwerer Lasten benutzte man Dreibeine mit Flaschenzügen und Zangengreifern.
Flussbau war also zunächst vor allem Handarbeit. Das galt sowohl für die Kanderkorrektion von 1711–1714 wie für die Linthkorrektion von 1807–1816. Nun kann man mit Handarbeit im tiefen Wasser nicht viel ausrichten. So sind beispielsweise Aushubarbeiten in einer

Abb. 43 Werkzeuge für Handarbeit. «Zeug und Instrumente zum Wasserbau» und «Gezeug Schutt auszuführen» nach J. Leupold, 1724.

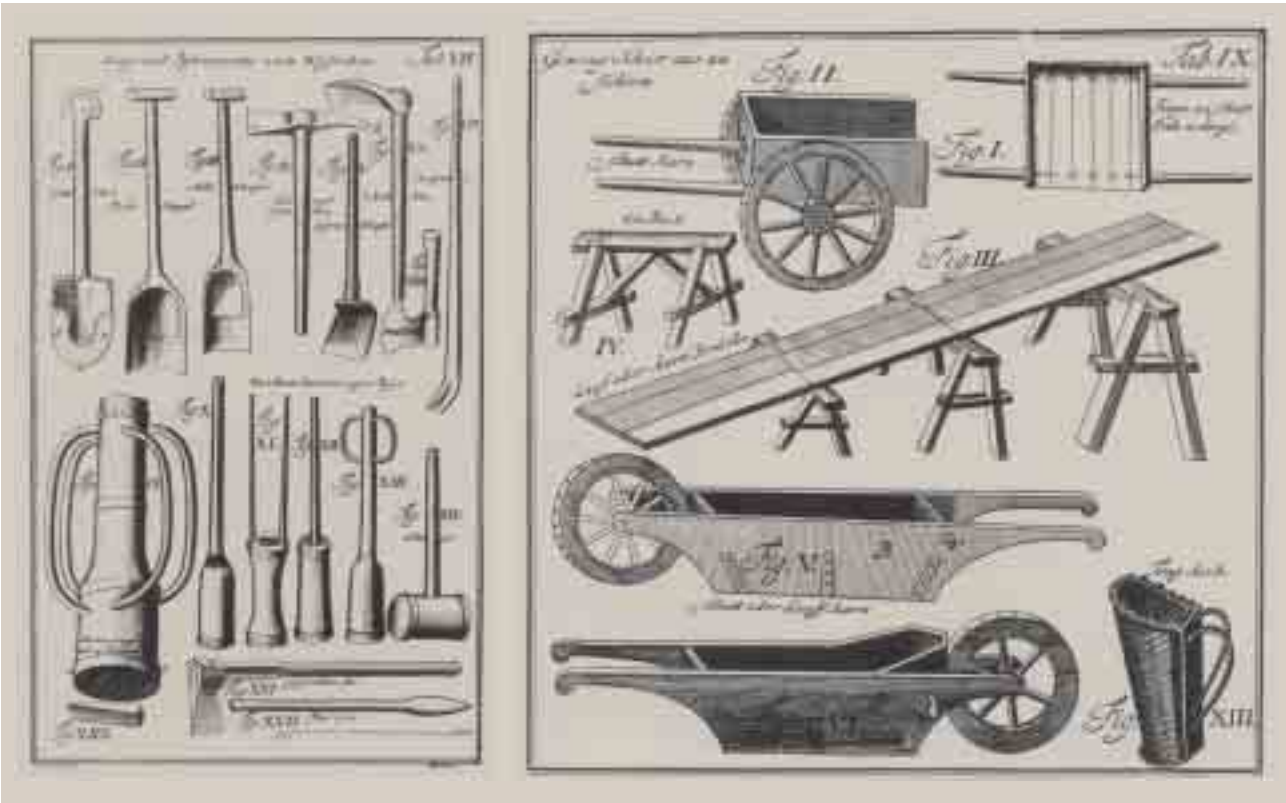


Abb. 44 Geräte zur Auflockerung der Flusssohle. «Dem Sand locker zumachen das solchen das Wasser selbst fortführt.» Zeichnung nach J. Leupold, 1724.

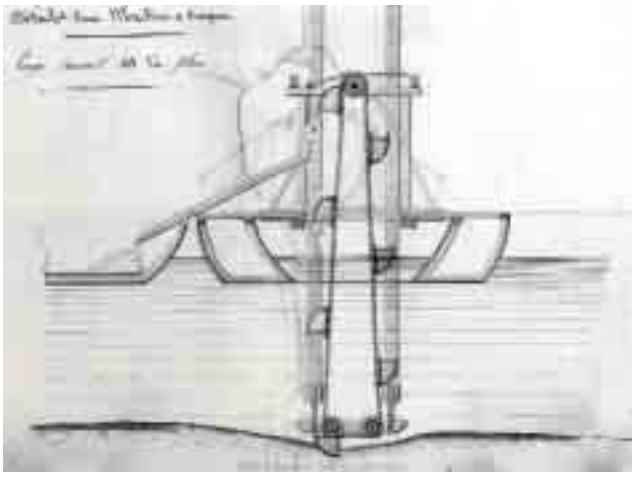


Abb. 45 Mit einem Göpel (Rundlauf für Tiere) angetriebener Eimerkettenbagger mit angedocktem Transportschiff auf der Broye 1835–1836.

Strömung, die mehr als 1 m tief ist oder schneller als 1 m/s fliesst, kaum möglich. Das führte zwangsläufig zu den weiter oben geschilderten Bauweisen, mit denen man die Erosionskraft der Gewässer zu nutzen trachtete. Um der Erosion Vorschub zu leisten, lockerte man die Flusssohle bisweilen auf. Dies geschah mit Geräten wie Pflügen und Eggen oder mit Rudern, deren Blätter eisenbeschlagen waren («Rührschiffe, Bohrruder»).

Es ist also kein Zufall, dass die ersten spezifischen Wasserbaumaschinen für den Aushub im tiefen Wasser konstruiert wurden. Bei einer der ersten Erwähnungen in der Schweiz geht es um ein «Maschinenschiff», das 1750–1754 an Zihl und Aare unter Benjamin Anthoni Tillier (1709–1759) im Einsatz stand. Eine konkrete Vorstellung davon vermitteln Pläne aus der Mitte des 19. Jahrhunderts, die vermutlich vom freiburgischen Kantonsingenieur Joseph de Raemy (1800– 1873) gezeichnet wurden. Sie zeigen einen schwimmenden Eimerkettenbagger, der von einem Göpel angetrieben wird. Auf dem Vorderdeck ist ein entsprechender Rundlauf für zwei Tiere zu sehen, auf dem Hinterdeck ein Stall. Allerdings ist nicht klar, ob diese Pläne die Grundlage für eine Bestellung bildeten oder ob sie einfach den Bagger darstellen, der 1835–1836 auf der Broye und später in andern Gewässern arbeitete (Schöpfer 2001).

Die Verwendung solcher Maschinen blieb aber auf wenige Einzelfälle beschränkt. Einerseits konnten die Eimerkettenbagger nur in verhältnismässig tiefem und ruhigem Wasser arbeiten, weshalb sie bloss für Seen und grössere zahme Flüsse geeignet waren, nicht aber für Wildflüsse. Andererseits waren sie mit ihren Göpeln und Treträdern wenig leistungsfähig und störanfällig. Einen Entwicklungsschub brachte erst der Übergang vom Muskel- zum Dampfantrieb. Dieser diente in der Schweiz zunächst aber hauptsächlich als Fabrikantrieb und begründete in den 1820er Jahren die Dampfschifffahrt auf den Seen und in den späten 1840er Jahren die Dampfeisenbahn. Im Flussbau wurde er erst bei der Juragewässerkorrektion von 1868–1891 eingeführt.

### Beginn der Mechanisierung im Dampfzeitalter

Die Wende zur Mechanisierung gewisser Wasserbauarbeiten brachte offenbar der Bau des Suezkanals von 1859–1869. Dort hatte man sich zuerst auf Handarbeit eingestellt, war dann aber steckengeblieben. Die Hauptkubaturen wurden deshalb von einem beein-

Abb. 46 Dampfbetriebener Eimerkettenbagger mit angedocktem Klappschiff im Schifffahrtskanal Interlaken um 1900 (dort 1891 aus den Beständen der Juragewässerkorrektion übernommen).

Abb. 47 Trotz einer gewissen Mechanisierung noch viel Handarbeit. Bau des Fussacher Durchstichs 1895–1900.

druckenden Gerätepark bewältigt. Das setzte weltweit neue Massstäbe, was sich unter anderem bei den Installationen für den 1869 beginnenden Aushub des Nidau-Büren-Kanals zeigte. Die Verantwortung dafür trug der aus Biel stammende und in Frankreich zum Ingenieur ausgebildete Gustav Bridel (1827–1884). Die Akten sprechen von 4 Dampfbaggern, 2 Dampfkranen, 2 kleinen Dampflokomotiven, 60 Rollwagen, 4 km Schienen, 4 dampfbetriebenen Klappschiffen und 16 bis 20 hölzernen Transportkähnen nebst zahlreichen hölzernen Kippmulden (Peter 1922). Die Maschinen, Lokomotiven und Schienen kamen von den gleichen französischen Firmen, die auch die Suez-Baustelle beliefert hatten. Die Antriebe der Klappschiffe wurden von Escher-Wyss, Zürich, konstruiert, die Schiffskörper aber in der eigenen Werkstätte in Nidau hergestellt. Das restliche Material trugen weitere Schweizer Firmen bei sowie ebenfalls die eigene Werkstätte (Vischer & Raemy 2001).

Aber auch die 1875 in Angriff genommenen Arbeiten am Broyekanal und dann am Zihlkanal wurden unter der Leitung des Neuenburger Ingenieurs Henri Ladame (1838–1926) mechanisiert. Ein Teil des Geräteparks wurde dabei von der Baustelle des Nidau-Büren-Kanals übernommen, ein Teil neu erworben, so unter anderem 5 kleine Schleppdampfer von Escher-Wyss sowie ein kleinerer Dampfbagger.

Es ist interessant festzustellen, wofür die verschiedenen Geräte benutzt wurden: Die Bagger waren schwimmende Eimerkettenbagger und dienten dem Aushub unter Wasser. Die Krane besorgten am Ufer das Umsetzen der Kippmulden auf die Rollwagen und Transportschiffe. Diese Transportmittel bewältigten sowohl den Abtransport des Aushubs als auch den Antransport der Blöcke. Die Rollwagen wurden dabei teils von Pferden teils von den Lokomotiven gezogen, auf kurzen Strecken jedoch auch von Hand bewegt.

Den Aushub über Wasser überliess man also weiterhin der Handarbeit mit Schaufel, Pickel, Stossbenne usw. Deshalb wurde auch der Aushub des Hagneckkanals ab 1874 von Hand getätigt, soweit man ihn nicht durch den Fluss wegschwemmen liess. Das bedeutete insbesondere beim Ausbruch von rund 1 Mio. $m^3$ Molassematerial im Hagneckdurchstich einen bemerkenswerten Kraftakt. Immerhin setzte man dort für den Abtransport des Aushubmaterials und den Antransport der Blöcke ebenfalls Baubahnen ein.

Auch die Erdbewegungen der anderen, Ende des 19. Jahrhunderts vorgenommenen Flusskorrektionen erfolgten teilweise mit Baubahnen. Dampfbetriebene

Krane, Bagger und Transportschiffe wurden jedoch eher selten verwendet. Als Beispiel für eine vergleichsweise starke Mechanisierung kann die erste Baumassnahme der Internationalen Rheinregulierung erwähnt werden. Diese setzte beim Fussacher Durchstich von 1895–1900 folgenden Gerätepark ein: Für den Transport von Blöcken, Kies und anderem Lockergestein standen rund 60 km Geleise, 13 Lokomotiven, 450 grössere Rollwagen mit 75 cm Spurweite und 230 als Muldenkipper ausgebildete Rollwagen mit 50 cm Spurweite zur Verfügung. Besonders wichtig war die 15 km lange Baubahn zu den Steinbrüchen bei Hohenems. Dazu kamen noch Lastschiffe aus Holz und Stahl, worunter einige Selbstfahrer. Dem Umschlag dienten Dampfkrane. Für den Aushub wurden zwei schwimmende Eimerkettenbagger aus Deutschland und ein auf Gleisen fahrbarer Eimerkettenbagger aus Holland angeschafft. Die erforderlichen Zusatzgeräte sowie einige Dampframmen erstellte eine gut ausgerüstete Werkstätte in Lustenau. Diese widmete sich auch dem Unterhalt. Verantwortlicher Ingenieur war der aus Brixen stammende und in Deutschland ausgebildete österreichische Rheinbauleiter Philipp Krapf (1854–1939). Um insbesondere die Bagger zweckmässig einsetzen zu können, besuchte er die Baustellen des 1887–1895 realisierten Nord-Ostsee-Kanals. Trotz dieser Mechanisierung war der Anteil der Handarbeit am Fussacher Durchstich noch beträchtlich (Bergmeister & Leipold-Schneider 2000).

**Sprengtechnik**

In Europa wurde die Sprengtechnik im Bergbau etwa 1620 eingeführt. Es erstaunt deshalb nicht, dass man für den Bau des Umleitstollens für die Kanderkorrektion von 1711–1714 Fachleute aus dem Bergbau beizog. Die Akten erwähnen, dass ein Mineur mit vier Bergknappen aus den Blei-Silber-Bergwerken von Trachsellauenen bei Stechelberg die erforderlichen Sprengarbeiten vornahm (Vischer & Fankhauser 1990).
Parallel zum Bergbau entwickelte sich wohl auch die Abbautechnik in den Steinbrüchen. Jedenfalls setzte man beim Bau des Molliserkanals 1807–1811 zur Gewinnung von Blöcken für den Ufer- und Sohlenschutz schon routinemässig Sprengpulver (Schwarzpulver) ein. Weniger trivial waren offenbar die Unterwassersprengungen in der Trasse des 1807–1816 erstellten Linthkanals. Dort galt es, bei Ziegelbrücke Nagelfluhbänke bis auf eine Tiefe von 3,5 m auszuräumen. Dabei mussten naturgemäss Massnahmen zum Trockenhalten des Sprengpulvers ergriffen werden, die der Baubericht wie folgt festhält: «In das zum Sprengen in den Stein gebohrte Loch wurde eine hölzerne Röhre getrieben, welche über das Wasser hinausragte. Durch einen Flintenlauf, welcher in das Bohrloch gesteckt wurde, sog man das eingedrungene Wasser aus ... Dann schüttete man das Pulver hinein, in welches man ein durchstossenes Schilfrohr mit der darin eingesetzten Stoppine (Lunte, Zündschnur) eingesetzt hatte, und füllte den übrigen Raum des Bohrlochs und der Röhre mit losem trockenem Sand aus» (Vischer 1986).
Keine besonderen Bemerkungen finden sich dagegen über die Sprengungen im Hagneckdurchstich der Juragewässerkorrektion von 1868–1891. Dort galt es, in der anstehenden Wechsellagerung von Sandstein- und Mergelschichten den harten Sandstein abzubauen.

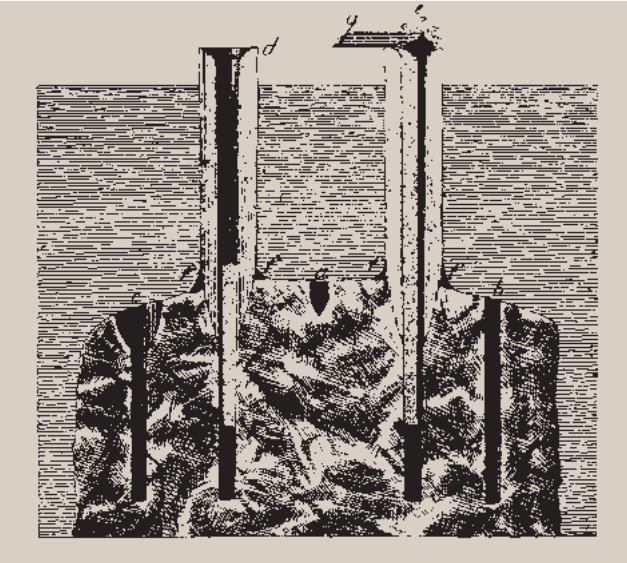


Abb. 48 Unterwassersprengung. Anordnung der Spreng- und Zündmittel nach D. Gilly und J. A. Eytelwein, 1802.

Abb. 49 Ansicht des Rengglochs von Süden, das heisst in Fliessrichtung gesehen. Zeichnung von B. A. Dunker, Stich von F. Alix, 1780.
«... ce Rocher a été percé pour détourner un Torrent …»

# 5 Erste situative Eingriffe an Fliessgewässern

## 5.1 Örtliche Sicherungen in der Helvetier- und Römerzeit

Zur Zeit der Helvetier und Römer erreichte die Bevölkerungszahl im Gebiet der heutigen Schweiz bloss wenige Hunderttausend. Infolge der entsprechend dünnen Besiedlung bestand also kaum Anlass zu ausgreifenden Hochwasserschutzmassnahmen. Hingegen bauten sowohl die Helvetier wie die Römer Ufersiedlungen, Schiffsanlegestellen und Brücken, wo zumindest örtliche Uferbefestigungen nötig waren.
Nun ist anzunehmen, dass die Helvetier dafür ähnliche Holzkastenkonstruktionen verwendeten wie bei ihren militärischen Wällen (von Cäsar 52 v. Chr. als «murus gallicus», das heisst gallische Mauer bezeichnet). Von diesen dürfte deshalb heute kaum mehr etwas zu finden sein. Anders die Römer, die für ihre permanenten Bauten gerne mit Mörtel verfugtes Mauerwerk verwendeten und damit weit beständigere Spuren hinterliessen. Von ihnen sind dementsprechend einige Uferbefestigungen erhalten geblieben (Schnitter 1992).
Römischen Ursprungs ist auch der rund 670 m lange Stollen, der bei Hagneck den Molasserücken am südlichen Bielerseeufer durchörterte. Er wurde beim Bau des am selben Ort ausgehobenen Hagneckkanals für die Juragewässerkorrektion von 1868–1891 gefunden und zerstört. Sein Gefälle deutete darauf hin, dass er Wasser vom Grossen Moos in den See führte. Zu welchem Zweck das geschah, ist jedoch ein Rätsel. Gemutmasst wird, dass der Stollen die römische Heerstrasse entwässerte, die einst das Grosse Moos querte. Dabei wäre es um die Wegschaffung des Regenwassers und des allfällig aufsteigenden Grundwassers gegangen und nicht etwa um die Ableitung von Hochwasser der bisweilen ausbrechenden Aare. Für Letzteres hätte der Querschnitt des Stollens nicht genügt. Es handelte sich also wohl nicht um einen Hochwasserentlastungsstollen (Vischer 1991).

## 5.2 Die Lütschinenumleitung, eine Legende?

Nach der Zeit der Helvetier und der Römer folgte in den Jahren 500 bis 1500 das Mittelalter. Die Bevölkerungszahl im Gebiet der heutigen Schweiz stieg bis auf rund 800'000 an (Höpflinger 1986). Die Siedlungsdichte blieb also immer noch gering, so dass sich Hochwasserschutzmassnahmen weiterhin auf Uferbefestigungen im Bereich von Ufersiedlungen, Schiffsanlegestellen und Brücken beschränken konnten. Über entsprechende Bauten ist aber wenig bekannt. Möglicherweise hat die Technik der in Kapitel 4 beschriebenen Schupfwuhren mittelalterlichen Ursprung.

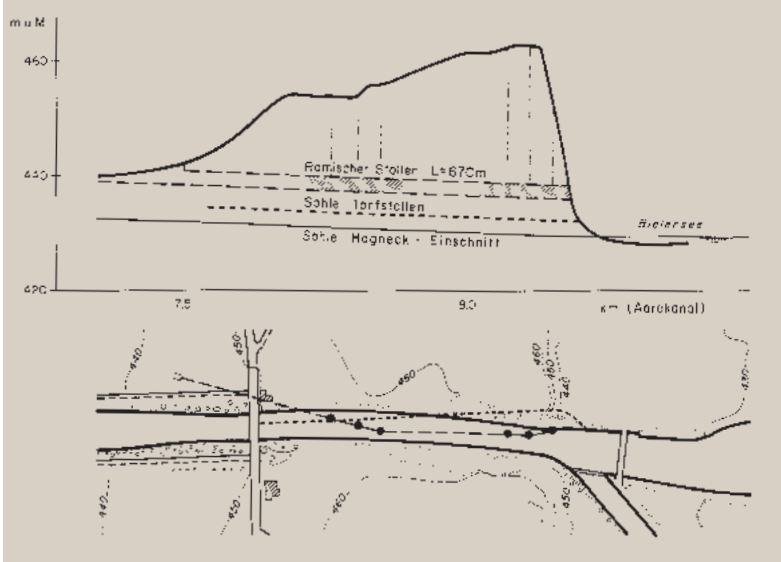



Abb. 50 Längsprofil und Situation des Römerstollens bei Hagneck (mit den 6 gefundenen Bauschächten).

Eine bemerkenswerte Vorbildfunktion erhielt die dem 12. oder 13. Jahrhundert zugeordnete Lütschinenumleitung. Bezieht man sich auf die Heimatliteratur, so waren es die braven und fleissigen Mönche von Interlaken, die sich gegen die vor ihrem Kloster wütende Lütschine zur Wehr setzten und diese schliesslich von Wilderswil nach Bönigen in den Brienzersee abwiesen. Damit hätten sie dort immerhin einen Kanal von nahezu 4 km Länge geschaffen. Blättert man aber in den Chroniken (Geiser 1914), so sieht man, dass die Propstei Interlaken 1133 gegründet wurde und dann 1272 die Herren von Unspunnen bat, an der Lütschine bei Wilderswil Wasser fassen und zum Kloster leiten zu dürfen. Der entsprechende Kanal wurde auf späteren Karten als «Spüli- oder Schiessbach» bezeichnet, was seine Funktion andeutet: Es handelte sich um die bei Klöstern übliche Wasserver- und -entsorgung. Das zeigt, dass die Lütschine also schon zu Zeiten der Propsteigründung nicht etwa – wie es die Überlieferung will – an der Propstei vorbei in die Aare floss, sondern weitab von dieser bei Bönigen in den Brienzersee. Folglich wurde sie entweder vorher umgeleitet, was wenig wahrscheinlich ist, oder überhaupt nie.
Es wird wohl so gewesen sein, dass die Lütschine in grauen Vorzeiten vielarmig und breit über das so genannte Bödeli teils in die Aare, teils in den Brienzersee mündete und dass die Anwohner dann allmählich versuchten, den nach Bönigen führenden Arm zum Vorzugsarm zu machen. Das gelang ihnen schliesslich, was gelegentliche Ausbrüche der Lütschine Richtung

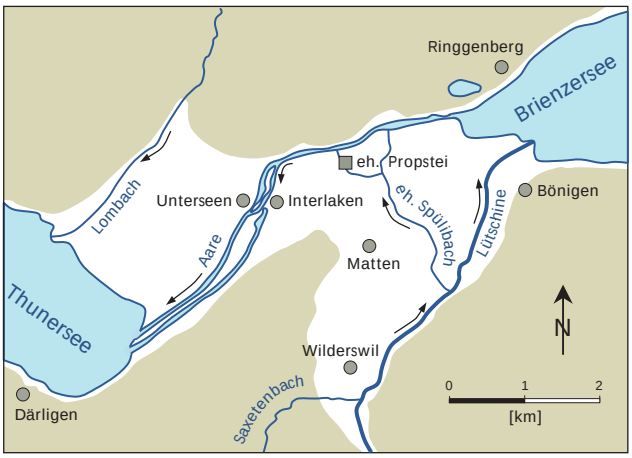



Abb. 51 Situation der heutigen Lütschine und des einstigen Spülibachs auf dem Bödeli von Interlaken.

Interlaken freilich nicht ausschloss. In diesem Sinn ist die Lütschinenumleitung durchaus historische Wirklichkeit. Sieht man sie aber als Ergebnis einer von den Mönchen geplanten und kurzfristig durchgeführten Flussbauarbeit, huldigt man wohl einer Legende (Vischer 1989b).
Diese Legende wurde aber für die Linthkorrektion wegweisend, weil der berühmte, von Hans Conrad Escher (1767–1823) 1807 mitverfasste «Aufruf an die Schweizerische Nation zur Rettung der Bewohner der Gestade des Walensees und des unteren Linthtales» folgenden Passus enthält: «Ist es wohl noch möglich ... dem Fortgang dieses ungeheuren Übels Schranken zu setzen, oder dasselbe gar aufzuheben? – Ja, noch ist beydes möglich: wenn die Glarner-Linth mit ihrem Geschiebe eben so in den Wallen-See geführt wird, wie vormals die Lütschine in den Brienzer- und späterhin die Kander in den Thuner-See geleitet wurden ...» (Linth-Escher-Gesellschaft 1993).

## 5.3 Sagenumwobene und tatsächliche Felsarbeiten am Renggloch im 13., 16. und 18. Jahrhundert

Der bloss 7 km lange Renggbach fliesst vom Pilatus nordwärts in die Kleine Emme oberhalb von Littau. Dabei durchbricht er in einer engen Schlucht – dem so genannten Renggloch – eine schmale Sandsteinrippe. Einen ersten Schuttfächer häufte er oberhalb derselben an und einen zweiten unterhalb. Er führte früher bei Hochwasser eine Unmenge an Geschiebe, so dass er bisweilen auf dem ersten Schuttfächer nach Osten ausbrach, sich dort mit dem ebenfalls wilden Krienbach vereinigte und mit diesem in Luzern in die Reuss ausmündete. Dabei überschwemmte und übersarte er nicht nur Kriens, sondern auch die Luzerner Neustadt (Stadtteil links der Reuss). Die erste urkundliche Erwähnung eines solchen Ausbruchs datiert von 1333. Aus dem 15. Jahrhundert sind 4 Fälle belegt, aus dem 16. gar 14 und aus dem 17. noch 5. Die letzten Ausbrüche ereigneten sich 1723 und 1738 (Roesli 1965). Eine Gedenktafel am alten Bürgerspital und heutigen Polizeiposten in Luzern erinnert daran, dass dort 1738 das Wasser 1,6 m über dem Gehweg stand (Ulmi & Bertschmann 1977). Kein Wunder also, dass der Renggbach für Luzern über hunderte von Jahren eine ernste Bedrohung war und immer wieder Abwehrmassnahmen auslöste. Der Chronist Diepold Schilling (um 1460–1515) von Luzern schrieb denn auch in seiner bildlichen Darstellung des Ausbruchs von 1475: «Der selb Bach costett järlich min heren von Lucern gross gnot, damit er behept (in Schranken gewiesen) wärde, daz er nit lüt und guot verderbe» (Roesli 1965). Das zeigt, dass gewisse Verbauungen schon im 15. Jahrhundert wiederholt vorgenommen wurden – sicher am Unterlauf des Krienbachs, wahrscheinlich aber auch am Renggbach bei der Ausbruchstelle vor dem Renggloch.
Eine Sage will es jedoch anders: Der Renggbach sei früher ständig in den Krienbach und damit nach Luzern geflossen. Dort habe die Gräfin Gutta von Rothenburg in der Neustadt 1233 das Franziskanerkloster gegründet. Um dieses vor dem Wüten des Renggbachs zu schützen, habe sie auf Anraten des Schutzpatrons das

Abb. 52 Überschwemmung des durch den Renggbach angereicherten Krienbachs beim Oberen Tor in Luzern gemäss der Diepold-Schilling-Chronik, 1513.

Renggloch ausbrechen lassen. Dementsprechend wäre das Renggloch eine künstliche Hochwasserentlastung. Und tatsächlich glaubte man noch bis Ende des 19. Jahrhunderts und länger, dass das Renggloch Menschenwerk sei (zum Beispiel Stirnimann 1882), obwohl es keineswegs danach aussieht.
Nun besteht das Renggloch aus einer 10 bis 15 m tiefen Schlucht in hartem Sandstein. Nach einer rund 50 m langen und 10 bis 12 m breiten Einlaufpartie folgen ein Wasserfall von 20 m und eine rund 100 m lange und nur wenige Meter breite Auslaufpartie. Diese Schlucht ist nach Roesli (1965) eindeutig natürlichen Ursprungs und wurde schon vor Jahrtausenden vom Renggbach durchflossen. Schon ihre Abmessungen schliessen eine anthropogene Entstehung im 13. Jahrhundert aus. Damals gab es ja noch kein Sprengpulver, so dass Felsarbeiten mit Spitzen und Feuersetzen bewältigt werden mussten. Auch scheint es die Gräfin Gutta gar nicht gegeben zu haben. Aber vielleicht hat seinerzeit eine andere Gönnerin des Franziskanerklosters zumindest eine Ausräumung der Einlaufpartie veranlasst – eine Massnahme, die auch aus späteren Jahrhunderten bezeugt wird.
Ausser durch solche Ausräumungen versuchte man die Einlaufpartie aber auch durch Felsabtrag aufzuweiten. Aktenkundig sind Spitzarbeiten durch Steinmetze 1572, 1577 und 1586 sowie Sprengarbeiten 1749 und 1766. Dabei dürften insgesamt 1800 m³ Fels entfernt worden sein (Roesli 1965), was an sich wenig ist, aber – zusammen mit den vermuteten Massnahmen auf dem Schuttfächer vor dem Renggloch – doch wirksam war. Denn wie gesagt erfolgte ab 1738 kein Ausbruch des Renggbachs nach Luzern mehr. Die im 19. Jahrhundert geplanten und vorgenommenen Verbauungen zur weiteren Sicherung des Renggbachs werden in Kapitel 12 beschrieben.

## 5.4 Längswerke im 14. Jahrhundert

Zum Schutz von Martigny, das teilweise auf dem Schuttfächer der Dranse liegt, wurden um 1310 Verbauungen vorgenommen. Urkunden weisen auf Landabtretungen zu Gunsten einer Fixierung des Bachlaufs mit Längswerken hin. Diese sollen als Holzkästen mit starken Erlenästen ausgeführt und durch Faschinen ergänzt worden sein (de Kalbermatten 1985). Ähnlich ging man auch zum Schutz von Brig auf dem Schuttfächer der Saltina vor. 1331 forderte ein Erlass des Bischofs von Chatillon von den Nutzniessern eine nachhaltige Abwehr der Saltina. Diese wurde in Form einer rechtsufrigen Mauer – der so genannten Bischofsmauer – erstellt und bewährte sich eine Zeit lang. 1469 und 1640 wurde Brig dann erneut verheerend überschwemmt. Deshalb wurde die Bischofsmauer ausgebessert und durch eine vorgelagerte zweite Mauer verstärkt. Letztere trägt eine Bauinschrift von 1651. Rund 100 Jahre später, das heisst 1756, schlug die Saltina in dieses Dispositiv erneut eine Bresche und verwüstete einige Baumgärten. Somit wurden weitere Verbauungen nötig.
Die Massnahmen an der Saltina betrafen naturgemäss auch ihre Überbrückung von Brig nach Glis. Mit der zunehmenden Eindämmung und Kanalisierung der Saltina wurde die entsprechende Brücke immer kürzer und ihr Durchflussprofil kleiner, was schon nach dem Ausbruch von 1756 kritisch vermerkt wurde (Meyer *et al.* 1997). Über den weiteren Ausbau der Saltina berichtet Kapitel 12.
Ähnliche Abwehrmassnahmen wurden im 14. Jahrhundert wohl auch auf andern Schuttfächern ergriffen. Und das Brückenproblem dürfte sich dort ebenfalls gestellt haben.

## 5.5 Einige wenige Flussbegradigungen im Mittelland ab dem 15. Jahrhundert

### Zwei Schlingendurchstiche an der Reuss im Mittelland

In Abschnitt 2.1 wurde auf die Dynamik natürlicher Fliessgewässer eingegangen. Auf den Ebenen können sie verzweigt oder mäandrierend abfliessen. Sie waren für die Menschen, die sich an ihnen niederliessen, gefährlich. Denn einerseits verursachten sie bei Hochwasser Überschwemmungen und Übersarungen. Andererseits wechselten sie gerade dann ihren Lauf und trugen entsprechend Land ab. So war bei mäandrierenden Flüssen insbesondere der natürliche Durchbruch gefürchtet. Er geschah, wenn ein Hochwasser die Schlingen abschnitt und diese als Altarme zurückliess.
Um einen solchen abrupten Wechsel des Flusslaufs etwas zu steuern, bauten die Betroffenen oft so genannte Schlingendurchstiche. Das heisst, sie leisteten dem erwähnten Durchbruch gleichsam Vorschub, indem sie auf einer möglichen Durchbruchstrecke einen Leitkanal aushoben. Da dieser grundsätzlich ein grösseres Gefälle aufwies als die Schlingen, wurde er vom Fluss auch «angenommen» und durch Erosion aufgeweitet. Auf diese Weise konnte einem mäandrierenden Fluss auch ein gestreckter Lauf vermittelt werden. Ein solcher Eingriff geschah offenbar 1415 an der Reuss zwischen Ottenbach und Birri-Merenschwand,

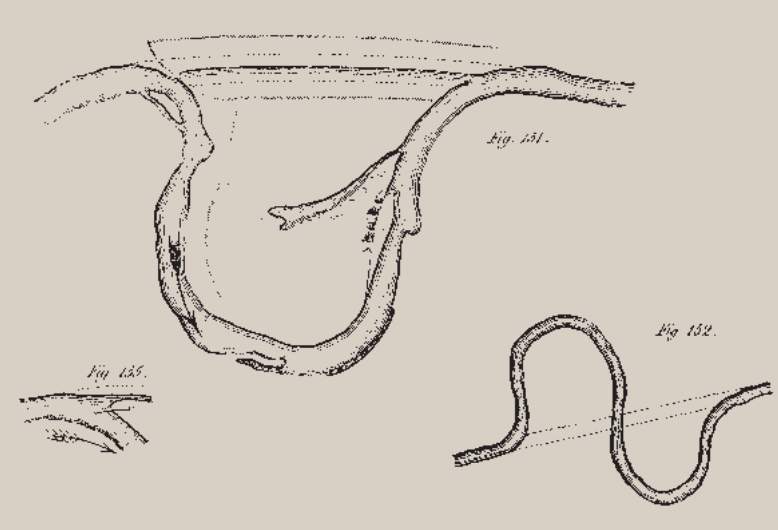



Abb. 53 Anweisung für Schlingendurchstiche von G. Hagen, 1844.

wo eine grosse Reussschlinge künstlich abgeschnitten wurde (Grünig 1988, Käppeli 1969). Eine ähnliche Reussverlegung erfolgte 1594 zwischen Buchrain und Inwil.

**Eine Serie von Schlingendurchstichen an der Zürcher Glatt?**

Aus einer Urkunde von 1590 geht hervor, dass drei Zürcher Ratsherren einen Streit zwischen den Gemeinden Schwamendingen und Wallisellen sowie dem Betreiber der an der Glatt in Wallisellen stehenden Herzogenmühle schlichteten, indem sie eine längere Begradigung der Glatt anordneten. Es ging vor allem um den Hochwasserschutz der Landstrasse, die durch diese Gemeinden und über die so genannte Aubrücke nach Winterthur führte (Bretscher 1952). Die entsprechenden flussbaulichen Arbeiten wurden offenbar Anfang des 17. Jahrhunderts vorgenommen, worüber ein behördlicher Bericht später folgendes Urteil abgibt: «Das ausgedehnte Thal der Glatt litt seit den frühesten Zeiten durch Überschwemmungen und Versumpfung, deren allmälige Überhandnahme schon im 17. Jahrhundert die Grabung eines ziemlich geraden, fast ganz neuen Bettes von der Herzogenmühle bis nach Oberglatt hinab veranlasst hatte. Bei der geringen Tiefe jener Ausgrabungen und der Höhe der Mühleschwellen, welche unverändert beibehalten wurden, entsprach jedoch der Erfolg den Erwartungen nicht. Auch spätere Versuche, dem Übel durch Abschneiden der nachteiligsten Flusskrümmungen einigermassen zu begegnen, führten nur zu der Überzeugung, dass durch bloss theilweise Korrektionen dem Übel niemals abgeholfen werden könne» (Baudirektion Zürich 1867).

Abb. 54 Karte des Glatttals von Dübendorf bis Schwamendingen. «Plan des ersten Quartiers (Quadranten) der Stadt Zürich» von H. S. Gyger, 1667.

Dem Verfasser sind keine Pläne dieser frühen Begradigungen zu Gesicht gekommen. Ein Blick auf die berühmte Karte 1:32'000 des Zürichbiets von Hans Conrad Gyger (1599–1674) aus dem Jahr 1667 zeigt tatsächlich einige Kanäle, die als Beginn dieser immerhin auf rund 9 km vorgenommenen Begradigung der Glatt gedeutet werden könnten. Hinsichtlich Datierung ist zu bedenken, dass Gyger an seiner Karte über 30 Jahre lang gearbeitet hat, so dass diese nicht etwa als Momentaufnahme des Erscheinungsjahres 1667 betrachtet werden darf. Die eigentliche Glattkorrektion wurde aber erst im 19. Jahrhundert durchgeführt (siehe Abschnitt 11.2).

## 5.6 Die situative Umleitung der Engelberger Aa von 1471

Vor 1471 teilte sich die Engelberger Aa bei Stans-Oberdorf in drei Arme. Der eine ergoss sich bei Stansstad in den Vierwaldstättersee, der andere bei Buochs. Der dazwischen liegende dritte Arm floss zum Ächerli, wo er einen grossen Sumpf nährte. Die Flussbreite der Aa bei Oberdorf erreichte 120 m, die Gesamtbreite der anschliessenden Arme rund 300 m.
Dieses Wildwasser brach in Hochwasserzeiten immer wieder aus und übersarte weite Teile der zwischen Stans und Buochs liegenden Ebene. Vor allem mit Rücksicht auf die Landwirtschaft beschloss die Landsgemeinde im Jahre 1462, alle drei Arme einzutiefen.

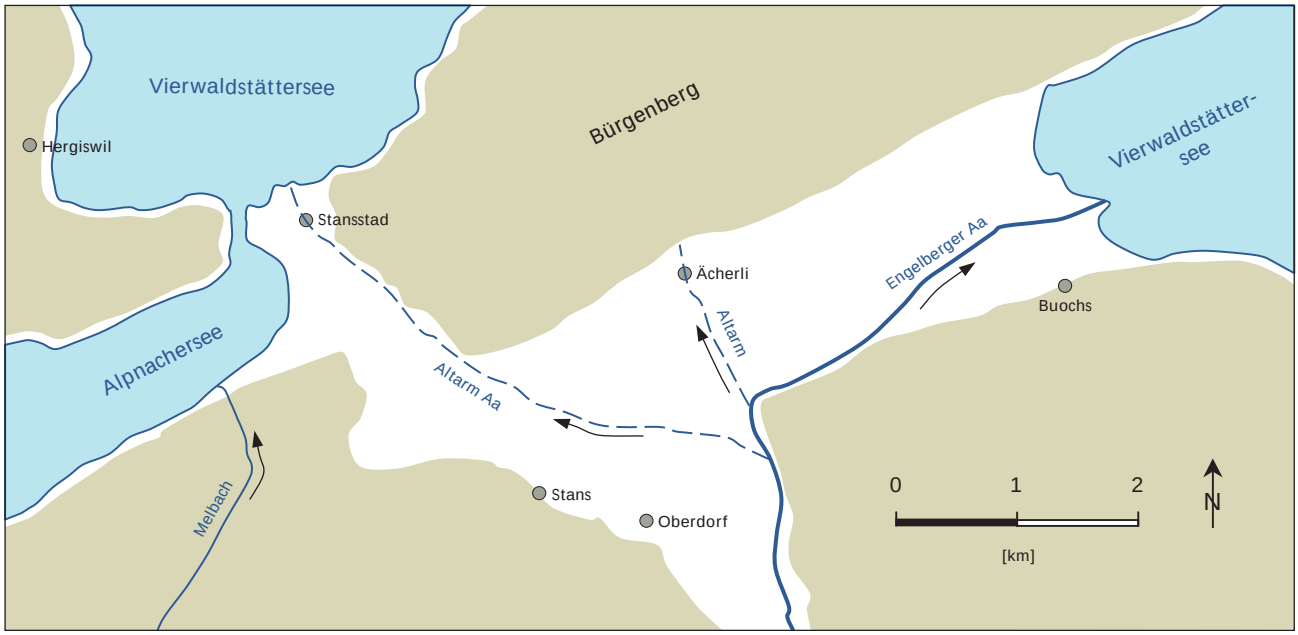



Abb. 55 Situation der Umleitung der Engelberger Aa nach Buochs, 1471.

Der von ihr eingesetzte Projektausschuss empfahl dann aber, bloss den Arm nach Buochs zu korrigieren, die anderen beiden Arme jedoch stillzulegen. Dabei stiess er naturgemäss auf den Widerstand der Buochser, der sich erst legte, als die Aa selbst ihr Machtwort sprach: Sie wandte sich bei einem Hochwasser vollumfänglich Buochs zu, indem sie die anderen Arme mit Schutt verstopfte. So kam 1471 ein Vergleich der Betroffenen zustande, für 10 Jahre den Aa-Lauf provisorisch Richtung Buochs zu belassen bzw. mit Dämmen und Wuhren zu befestigen. 1487 wurde dieser Vergleich bestätigt und 1501 endgültig vom Provisorium zum Definitivum erhoben. So wurde insbesondere langfristig festgelegt, dass nicht nur die Buochser, sondern auch die Stanser und Stansstader unterhaltspflichtig waren. Letztere übertrugen diese Wuhrpflicht 1579 dann den Leuten vom Bürgenberg, selbstverständlich unter Leistung einer Abgeltung (Ackermann 1971).
Trotz diesen Massnahmen kamen aber ab und zu weitere Ausbrüche der Aa vor. Diesen suchte man durch ergänzende Befestigungen der Ufer zu begegnen. Nach der Hochwasserkatastrophe von 1846 begann man Hinterdämme zu erstellen. Eine tiefgreifendere Korrektion erfolgte erst im 20. Jahrhundert (Vischer 1995a).

## 5.7 Die Zugerseeabsenkung von 1591–1592

Mit der Renaissance begann etwa um 1500 die Neuzeit – und das insbesondere im Gebiet der Naturwissenschaften und des Ingenieurwesens. Das machte sich auch im Wasserbau durch raffiniertere Lösungen bemerkbar. Eine solche war zweifellos die Zugerseeabsenkung ausgangs des 16. Jahrhunderts. Für den damaligen Stadtstaat Zug war insbesondere die zu seiner Vogteigemeinde Cham führende und 1540 kunstvoll erstellte Strasse wichtig. Diese umging den See auf seinem nördlichen Ufer, durchquerte dort aber einen Sumpf, der im Sommer oft vom ausufernden See überstaut wurde. Dementsprechend konnte die Strasse im Sommer zeitweilig nur noch von tapferen Männern watend begangen werden. Für den übrigen Verkehr war sie unpassierbar. Man musste dann den zeitraubenden Umweg über Steinhausen nehmen.
Ob sich die sommerlichen Seestände um 1590 merklich erhöhten oder ob das Städtchen Zug damals selbstbewusster wurde, entzieht sich der Kenntnis. Jedenfalls beauftragte der Rat 1591 seinen Stadtbaumeister Jost Knopfli (ca. 1550–1634), Remedur zu schaffen, und zwar nicht etwa durch eine Verlegung der Strasse, sondern durch eine Absenkung des Zugersees. Diese Idee hatte man schon beim Bau der Strasse entwickelt, aber nicht verwirklicht. Dementsprechend arbeitete Knopfli ein Projekt zur Tieferlegung des Seeausflusses und damit der Lorze in Cham aus und machte sich schon im Herbst 1591 mit neun Arbeitsgruppen zu vermutlich sechs bis sieben Mann an die Arbeit. In einer ersten Bauetappe wurde ein störendes Mühlewehr unterhalb von Cham beseitigt. Dann wurde nach dem Winter 1591/92 zwischen Cham und dem See ein hölzernes Stauwehr gebaut und in dessen Schutz der Flusslauf vertieft. Zur Wasserhaltung wurde

das Flussbett durch eine Holzspundwand zweigeteilt. Auf der einen Seite floss die Lorze ab, auf der anderen wurde ausgehoben – mit Pickel und Schaufel im Lockergestein, mit Spitzeisen und Feuer in der harten Molasse. Im Sommer 1592 stieg der See nach einem zweitägigen Starkregen unerwartet hoch an und brachte das Wehr zum Einsturz. Die sich bildende Flutwelle führte zu massiven Überschwemmungen im unterliegenden Kloster Frauental und auf der Maschwander Allmend. Knopfli und seine Bauleute sollen aber nur 9 Tage benötigt haben, um ein neues Wehr von 135 m Länge zu erstellen und die eigentlichen Flussbauarbeiten wieder aufzunehmen. Im Herbst 1592 war das Werk vollendet und bewirkte ein Absinken des Zugerseespiegels von schätzungsweise 2,5 m (Speck 1993, Ammann 1993). Das erwähnte Wehr, von dem es leider kein Bild gibt, diente wohl fortan einer gewissen Seeregulierung.

Das Hauptziel, nämlich die Sicherung der Strasse von Zug nach Cham, wurde damit erreicht: Die Strasse wurde fortan nicht mehr überschwemmt. Der dort infolge der Seeabsenkung trocken gefallene Uferstreifen von 1,5 km² Oberfläche blieb zunächst brach, wurde dann aber von Interessenten erworben und bewirtschaftet.

Es entstanden aber auch «uff di hundert Risenen», das heisst an die 100 kleinere Uferabbrüche und Rutschungen rund um den See. Eine gewisse Beunruhigung verursachte dabei der Umstand, dass 1594 in Zug ein Teil der alten Ringmauer und drei Gewerbebetriebe im Zugersee versanken. Dabei wurden Erinnerungen an den 1435 – also rund 160 Jahre vorher – erfolgten, zerstörerischen Uferabbruch bei Zug wach, als eine ganze Reihe von Häusern in den Fluten

Abb. 56 Ansicht der Stadt Zug, oben 1547 und unten 1720. Vor der Zugerseeabsenkung von 1591/92 lag die erste Häuserreihe praktisch am Wasser. Die Gärten und die Werkplätze am See mit den Hafenanlagen konnten erst nachher angelegt werden.

verschwand. Der zweite grosse Uferabbruch in der Zuger Vorstadt von 1887 war keine Folge der Zugerseeabsenkung, sondern der damals vorgenommenen Aufschüttungen für eine Uferanlage (Vischer 1995b).

## 5.8 Die angebliche Hüribachumleitung von 1665

Im vorangehenden Abschnitt war vom Unterlauf der Lorze die Rede. Hier geht es um den Hüribach, einen Zubringer im Oberlauf derselben. Er soll früher bei Unterägeri in die Lorze geflossen sein. Dort habe er als launischer Wildbach jeweils das Lorzehochwasser kräftig erhöht und mit seinem Geschiebe den Ägerisee eingestaut. Darum sei er 1665 in den Ägerisee umgeleitet worden (Hassler 1977), wo er seither seine Wassermassen und Feststoffe deponiere.
Aufgrund der Aktenlage beruht diese Darstellung auf einem Missverständnis. Natürlich ist anzunehmen, dass der Hüribach in Vorzeiten einmal diesen Weg nach Unterägeri eingeschlagen hat. Im 17. Jahrhundert floss er aber schon längst in den Ägerisee. Hingegen ist belegt, dass er 1661 bei einem grossen Sommerhochwasser aus seinem Bett ausbrach, nach Unterägeri stürmte und dort Verwüstungen anrichtete. Daher verstopften und befestigten die Ägerer anschliessend die Ausbruchstelle derart, dass sich das Ereignis nicht wiederholen konnte. Auf diese Weise zwangen sie den Hüribach also in sein damaliges Bett Richtung Ägerisee zurück (Morosoli 2001).
Und vielleicht hatten sie das schon früher mehrmals gemacht. Wie bei der Lütschine und der Engelberger Aa gaben die Anwohner damit gleichsam einem Bacharm gegenüber einem andern den Vorzug. So gesehen fand um 1665 also keine Hüribachumleitung unter Erstellung eines eigentlichen Umleitungsgerinnes statt, aber eben doch ein wegweisender Eingriff.
Dafür erfolgte unmittelbar daneben eine kleinere Gewässerverlegung. Es scheint nämlich, dass der benachbarte Wissenbach vor den 1660er Jahren genau an der Ausbruchstelle in den Hüribach mündete. Anlässlich des erwähnten Eingriffs wurde er offenbar Richtung Unterägeri umgeleitet, wo er seitdem als Nübächli (Neubächlein) in den Ägerisee fliesst (Morosoli 2001). Geschah das, um die Ausbruchstelle zu sichern oder den Hüribach zu entlasten, also aus Hochwasserschutzgründen? Oder ging es eher um die Wasserver- und -entsorgung eines Teils von Unterägeri? Wahrscheinlich spielte beides eine Rolle.

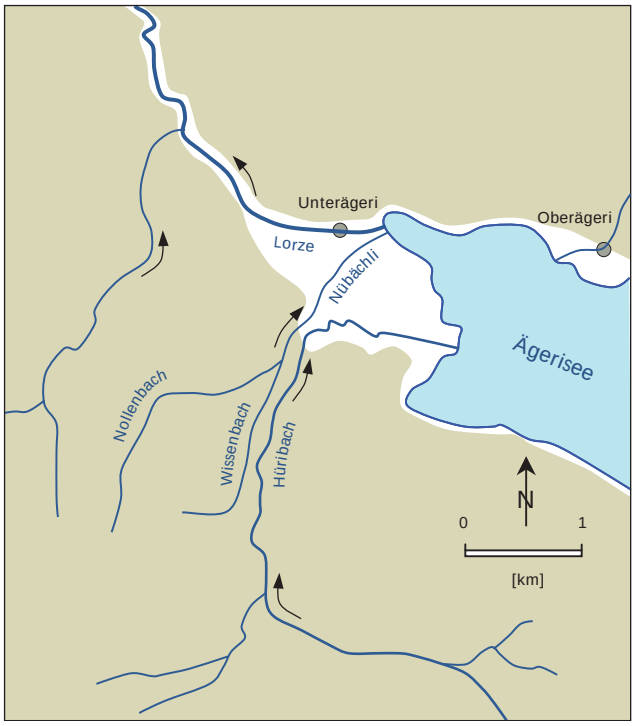



Abb. 57 Heutige Situation des Hüribachs und des Nübächlis, Letzteres als umgeleiteter Unterlauf des Wissenbachs.

## 5.9 Das Schwellen- oder Wuhrwesen

### Die Schwellen- oder Wuhrpflicht der Anstösser

Wie bereits in Abschnitt 4.2 erwähnt, waren die Tätigkeitswörter schwellen oder wuhren früher Oberbegriffe für den Bau und den Unterhalt von Uferbefestigungen und Querwerken im Flussbett. Die entsprechende Tätigkeit wurde fast ausschliesslich von den Anstössern ausgeübt, die entweder im Verband oder einzeln handelten. Das mag zunächst auf freiwilliger Basis geschehen sein. Doch wurde dafür schon im Mittelalter vielerorts ein Obligatorium in Form einer Schwellen- oder Wuhrpflicht eingeführt. Sie hielt die Pflichtigen sowohl zu vorbeugenden Hochwasserschutzmassnahmen wie zu Reparaturarbeiten an. Dabei konnten sie die Bauweisen nach eigenem Gutdünken wählen oder mussten sich nach verbalen Vorschriften richten.
Mit dieser Schwellen- oder Wuhrpflicht wurde manchmal auch die Wasserwehrpflicht verbunden, das heisst das Obligatorium der Katastrophenhilfe während eines Hochwasserereignisses. Wie auch heute noch war diese Wasserwehrpflicht im Grundsatz mit der Feuerwehrpflicht verwandt und betraf deshalb oft noch weitere Kreise als bloss die Anstösser.

## Das Schwellenreglement für das Amt Trachselwald von 1766

Einen Einblick in das Schwellen- oder Wuhrwesen vermittelt Häusler (1968) für das Emmental. Es scheint, dass dort schon früh Uferschutzbauten an der Emme errichtet wurden. Jedenfalls verbot eine aus dem 14. Jahrhundert stammende Burgdorfer Satzung, im Schachen Holz zu schlagen, «das zu unserer Brugg und Schwölinen nützlich were». Und Schachen ist ja die Bezeichnung für Land in einer Flussniederung.
Ab 1568 verband die bernische Obrigkeit offenbar jede Baubewilligung im Schachen mit der Schwellenpflicht der Siedler. Sie machte jenen dabei aber keine konstruktiven Vorschriften und engagierte sich auch sonst wenig. Über einige gängige Bauweisen berichtet Huber (1941).
Das änderte sich, als das Emmental 1764 eine verheerende Hochwasserkatastrophe erlebte. Auf Vorschlag des Landvogts von Trachselwald wurde 1766 das Schwellenreglement des Amts Trachselwald erlassen. Dieses begründete neu die Funktion eines Schwellenmeisters, der für einen bestimmten Abschnitt der Emme oder für ein Nebengewässer zuständig war. Sein Pflichtenheft schrieb ihm jährlich zwei Kontrollen des Gewässerlaufs vor sowie eine Begehung nach jedem Hochwasser. Sein Augenmerk hatte allen Schwellen sowie dem Ufergehölz zu gelten. Stellte er irgendwo starke Schwemmholz- oder Geschiebeablagerungen fest, so hatte er diese unverzüglich räumen zu lassen. Als Arbeitskräfte für das Schwellen, die Gehölzpflege und die Räumung standen ihm alle Schwellenpflichtigen seines Abschnitts zur Verfügung. Insgesamt gab es im Amt Trachselwald 12 solche Schwellenmeister. Grössere oder übergreifende Arbeiten leitete der Landvogt jeweils selbst.
Weitere Neuerungen betrafen das Verbot von Schupfschwellen (Schupfwuhren) sowie die Begründung einer Wasserwehrpflicht, die für alle Bewohner des Amts Trachselwald galt.
Die anderen bernischen Ämter des Emmentals erhielten bald ähnliche Reglemente, mit Ausnahme der Stadt Burgdorf, die ein solches bereits seit 1711 besass. Es ist klar, dass diese einzige Stadt an der Emme ihre Hochwasserschutzinteressen besonders intensiv wahrnahm.

## Der visionäre Vorschlag eines Unbekannten und ein Wettbewerb

Das Schwellenwesen war selbstverständlich sehr aufwendig und bedeutete für die Schwellenpflichtigen eine grosse Belastung. Einerseits sorgte im Emmental

Abb. 58 Emme bei Lützelflüh. Fliessrichtung von rechts nach links. Ausschnitt aus einem Bild von J. W. Kleemann, 1780.

Abb. 59 Korrektionsplan für die Emme mit Querbauten (Buhnenfeldern) vor den Burgdorfer Flühen, Fliessrichtung von rechts nach links, vermutlich von K. J. Ritter, Luzern, 1804.

ein wilder Fluss mit nicht minder wilden Nebenflüssen für eine starke Abnützung oder bisweilen gar eine Zerstörung der Längs- und Querwerke. Andererseits betrug die Lebensdauer dieser aus Holz und Stein erstellten Werke wegen der unvermeidlichen Fäulnisprozesse ohnehin bloss 10 bis 12 Jahre.
Man begann sich deshalb Gedanken über andere flussbauliche Massnahmen zu machen. Einer Stellungnahme des Landvogts von Landshut 1766 zum Schwellenreglement des Amts Trachselwald lag diesbezüglich eine bemerkenswerte anonyme Denkschrift bei. Sie enthielt praktische Vorschläge, um der Emme zu einem geraden Lauf zu verhelfen und die Kontinuität ihres Geschiebetriebs sicherzustellen; doch sollten sich die entsprechenden Eingriffe unbedingt den natürlichen Eigenschaften des Emmelaufs anpassen: «Es fehlet hiemit diesem Strohme nichts anders, um sich denselben zum Freund zu machen, als ihme die Hand zu biethen, wo er es nöthig hat: ihme einen sanften und seiner Natur gemessenen Lauf zu verschaffen und demselben gleichsam zu schmeichlen, nicht aber ihne in seinem freyen Lauf einzuschranken, wie man bis hiehin ganz verkehrter Weise und vergeblich versucht hat.» Ferner schlug die Denkschrift eine Oberaufsicht über den Flussbau durch einen tüchtigen «Emme-Vogt» vor, um insbesondere eine bessere Koordination an den Gemeindegrenzen zu gewährleisten.
In die gleiche Richtung zielte wohl auch ein Schwellenkataster, der 1769–1770 von der Emmebrücke von Rüegsauschachen bis zur Grenze zu Solothurn erhoben wurde. Er hält die Verantwortlichkeiten fest und vermittelt Angaben über die Bauart der Schwellen. Der damalige Verbauungsgrad war folgender: Es gab auf dieser Emmestrecke noch keine einzige durchgehende Querschwelle, sondern bloss vereinzelte Schupfschwellen. Dafür waren die Ufer fast lückenlos mit Längsschwellen – so genannten Streichschwellen – geschützt.
Ein Schlaglicht auf die damaligen Bemühungen wirft auch eine 1762 von der bernischen ökonomischen Gesellschaft ausgeschriebene Preisaufgabe für den Schwellenbau (siehe Abschnitt 11.3).

Abb. 60 Der Kanderdurchstich kurz nach der Vollendung um 1714. Blick von Wimmis talabwärts über die Vereinigung der Kander (rechts) mit der Simme (links) Richtung Thun. Künstler unbekannt.

# 6 Die Kanderumleitung von 1711–1714, eine geniale Idee unbekümmert verwirklicht

## 6.1 Die Kander und ihr Einfluss im Unterland

Die Kander, früher auch als die Kandel oder der Cander bezeichnet, ist einer der grössten Wildbäche der Schweiz. Vor ihrer Korrektion floss sie, die sich bei Wimmis mit der Simme vereinigt, durch das heutige Glütschbachtäli und mündete rund 2,5 km flussabwärts von Thun in die Aare. Dort liegt am Gegenufer auch die Mündung der aus dem Eriz stammenden Zulg.

Bei der Kander handelt es sich um ein besonders launisches Gewässer, das starken Abflussschwankungen unterworfen ist und viel Geschiebe mit sich führt. Die Spitzenabflüsse treten, wie schon damalige Aufzeichnungen festhalten, vor allem im Hoch- und Spätsommer bei Gewittern und bei Starkregen auf oder dann im Vorfrühling, wenn nach ausgiebigen Schneefällen jähe Föhneinbrüche eine rasche Schneeschmelze erzeugen.

Das in den Steilstrecken des Einzugsgebiets anfallende Geschiebe bleibt naturgemäss in den Flachstrecken und damit besonders im Unterlauf liegen. Dementsprechend wurde früher das Kanderbett im heutigen Glütschbachtäli und auf der Thuner Allmend immer wieder aufgefüllt, so dass die Kander bei Hochwasser über die Ufer trat und dabei manchmal ihren Lauf verschob. Darunter litten vor allem die Siedlungen Allmendingen, Thun, Thierachern und Uetendorf, zunächst direkt, dann aber auch durch die Aufwendungen, die ihnen aus der Schwellenpflicht erwuchsen. Ihr Bedarf an Schwellenholz soll derart gross gewesen sein, dass der Ruin der angrenzenden Wälder drohte.

Aber auch weiter unten zeigten sich schädliche Folgen. Bei ihrer Mündung in die Aare schütteten die Kander und die Zulg an der gleichen Stelle ihre Schuttfächer auf, die zusammen einen Riegel bildeten, der von der Aare nicht rasch genug weggeräumt werden konnte. Dadurch, wie auch durch die anfallenden Wassermassen selbst, wurde die Aare in Hochwasserzeiten zurückgestaut, so dass sie bei Thun über die Ufer trat. Dort floss sie durch die tief liegenden Quartiere, überflutete die Allmend und weiteres Umland. Der Thunersee, dessen Abfluss dann naturgemäss behindert wurde, stieg ebenfalls und überschwemmte flache Ufergebiete. Die damit verbundene Versumpfung führte zu einer Verbreitung des gefürchteten Sumpffiebers, das heisst der Malaria, und brachte viel Not (Geiser 1914).

Selbst die Stadt Bern bekam die ungestümen Kanderhochwasser zu spüren, weil die entsprechend anschwellende Aare dort Schäden durch Überschwemmungen und Zerstörungen von Uferbauten, Schiffsanlegestellen und Mühlen verursachte. Überdies wurden immer wieder das Marzili und das Mattequartier unter Wasser gesetzt. Der damalige Höchstwasserstand bei Bern soll den heutigen um 3 m übertroffen haben. Kein Wunder, dass sich extreme Kanderhochwasser sogar bis in den Aargau hinunter nachteilig bemerkbar machten. Vor der Juragewässerkorrektion von 1868–1891 floss die Aare ja noch am Bielersee vorbei und gebärdete sich in ihrem Unterlauf somit bedeutend wilder als heute.

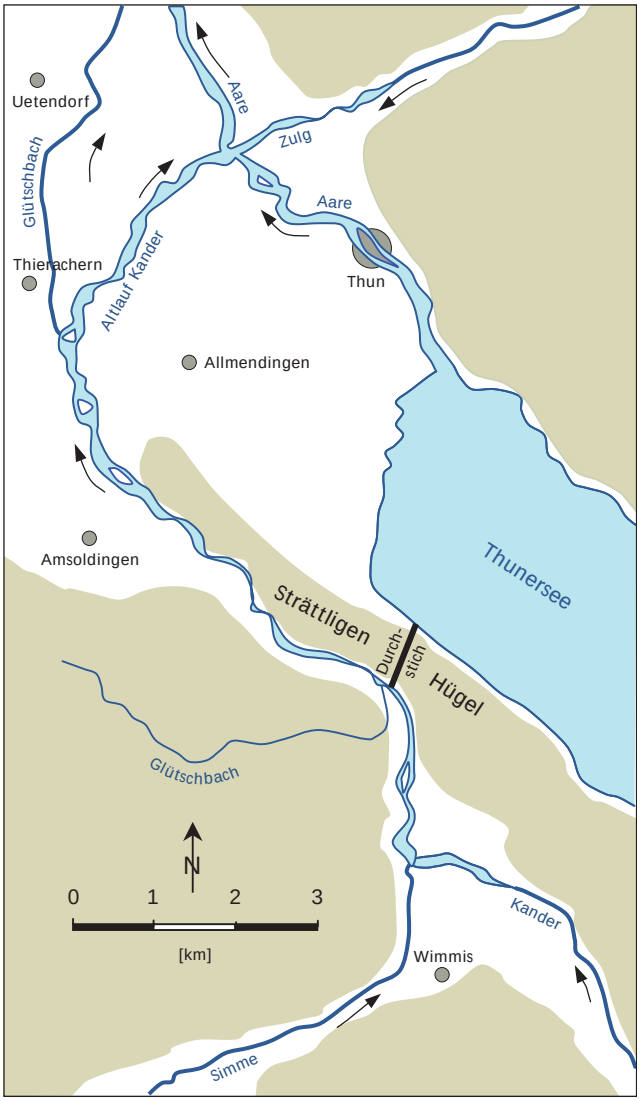



Abb. 61 Situation der Kander unterhalb der Einmündung der Simme. Altlauf vor 1714, Durchstich von 1711–1714.

Die Bedeutung des Kandereinflusses wird klar, wenn man sich vergegenwärtigt, dass das Einzugsgebiet der Kander damals 1160 km² umfasste. Ihr Einzugsgebiet hatte somit die gleiche Grössenordnung wie jenes der Aare bei ihrer Mündung in den Thunersee. Während sich aber die Hochwasser der Aare sowohl im Brienzer- wie im Thunersee ausbreiten können und folglich stark

gedämpft und geschiebefrei weiterfliessen, liefen die Kanderspitzen einst ungebrochen ab (Vischer & Fankhauser 1990).

## 6.2 Das Projekt

### Die Idee eines Kanderdurchstiches nimmt Gestalt an

Bei Strättligen näherte sich früher der Kanderlauf dem Thunersee bis auf 600 m und entfernte sich dann wieder von ihm. Doch lag Strättligen auf einem dem Seeufer folgenden Hügelzug, der sich ca. 50 m über das Kanderbett erhob und damit ein natürliches Ausbrechen der Kander in den Thunersee ausschloss. Dennoch lassen einige der spärlichen alten Landkarten des 16. Jahrhunderts die Kander bei Strättligen in den Thunersee fliessen: ein offensichtlicher Fehler, der in den Landkarten des 17. Jahrhunderts nicht mehr vorkommt!
War es aber doch dieser Fehler, der die bedrohten und geschädigten Kanderanstösser in Allmendingen, Thierachern usw. auf die Idee eines Kanderdurchstiches durch den Hügel von Strättligen brachte? Nach Geiser (1994) lassen sich entsprechende Anliegen dieser Dörfer bis 1680 zurückverfolgen. Dann scheint es, dass sich Samuel Bodmer (1652–1724) der Sache annahm und der Idee Gestalt verlieh. Er kaufte 1695 im benachbarten Amsoldingen das Schlossgut und bezog seine Einkünfte vornehmlich aus dem zugehörigen Mühlebetrieb. Damit wurde er gleichsam ein Einheimischer. Wie schon in Abschnitt 3.1 erwähnt, war er bernischer Artillerieleutnant und nannte sich Geometra. Da er als Artillerist sicher auch im Festungsbau Kenntnisse besass, kann man ihn wohl als Militäringenieur bezeichnen. Damals gab es ja noch keine geschulten Zivilingenieure, weshalb man Tiefbauvorhaben häufig durch Militäringenieure bearbeiten liess.
1698 legten die von den Kanderhochwassern betroffenen Gemeinden von Allmendingen bis Belp hinunter der Regierung in Bern eine Eingabe vor, worin sie diese baten, die Kander in den Thunersee zu leiten – was ihres Erachtens leicht möglich sei. Die Regierung setzte zur Prüfung dieses Konzepts sofort eine Kommission ein, die sich bereits 1699 positiv äusserte.

Abb. 62 Vignette aus dem Plan von S. Bodmer von 1710 für die Kanderumleitung, das entschlossene und reiche Bern symbolisierend: «Durch dise meine grosse Stercke, thun ich solche Wunderwercke, Berg durchgraben, Ström versetzen, meinem Volck und Land zum besten.»

### Eine Art Umweltverträglichkeitsprüfung

Allerdings meldete sich auch eine starke Opposition. Die Amtsleute von Unterseen und Interlaken gaben der Befürchtung Ausdruck, dass durch eine Einleitung des kalten und schmutzigen Kanderwassers die Fischerei im See gefährdet werden könnte. Und die Stadt Thun, die damals etwas mehr als 1000 Einwohner zählte, bat dringend, von dem Vorhaben abzusehen, da das schmutzige Kanderwasser ihre Trinkwasserversorgung beeinträchtigen würde. Die Stadt habe nämlich keine lebendigen Brunnen und entnehme ihr Trinkwasser somit der Aare. Überdies würden die Kanderhochwasser jeweils den See zum Steigen bringen, womit die Stadt sowie die Schadau und Scherzligen unter Wasser geraten müssten. Das könne nur ausgeschlossen werden, wenn der Aare genügend Abzug aus dem See verschafft werde, was die Beseitigung der Schwellen und der Mühlen in Thun erfordere. Die erwähnte Kommission verband ihre positive Stellungnahme deshalb mit der Bedingung, dass in Thun Schleusen und allenfalls ein Hochwasser-Entlastungskanal vom See-Ende bis unterhalb der Stadt zu erstellen wären.
Im Spannungsfeld der Meinungen befasste sich 1703 eine zweite Kommission mit der Angelegenheit, insbesondere mit den Abflussverhältnissen in Thun, und gelangte ebenfalls zu einem positiven Ergebnis. Schliesslich wurde 1710 eine dritte Kommission abgeordnet, um erneut und an Ort und Stelle die Machbarkeit zu prüfen. Zu den Mitgliedern gehörten unter anderen Samuel Bodmer, Emanuel Gross (1681–1742) von Bern und Pietro Morettini (1663–1737) von Locarno. Sowohl Gross wie Morettini hatten eine gute Militäringenieurausbildung im Ausland genossen, die dann vor allem Morettini auslebte, der ein führender Ingenieur seiner Zeit war. Diese Kommission nahm einige Vermessungsarbeiten vor und erstellte als Ergebnis ihrer Untersuchungen jenes Projekt, das in der Literatur

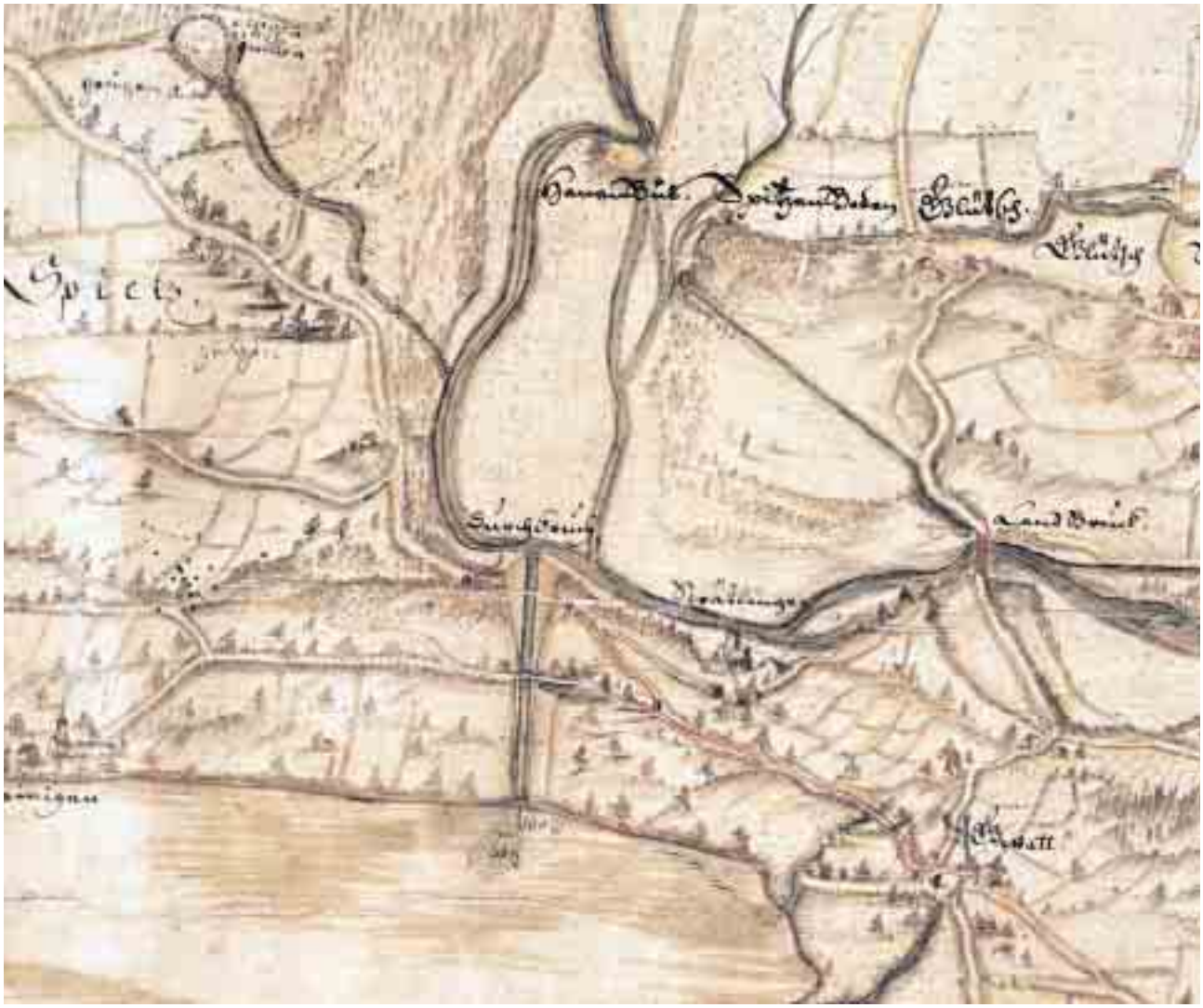


Abb. 63 Ausschnitt aus dem Plan von S. Bodmer von 1710 für die Kanderumleitung. Oben der alte Kanderlauf südlich des Thunersees, in der Bildmitte der Durchstich (Durchbruch) durch den Strättligenhügel.

gewöhnlich Bodmer allein zugeschrieben wird. Es wurde von der Regierung genehmigt und zur Ausführung gebracht (Vischer & Fankhauser 1990).

**Der rudimentäre Bauplan**

Das Projekt bestand im Wesentlichen aus einem von Bodmer gezeichneten «Plan und Grundriss von dem so genannten Cander-Wasser» und einem Kostenvoranschlag. Der Plan zeigt eine Karte der Gegend von Spiez bis Uttigen. Darauf wird die Linienführung des Kanderdurchstichs festgehalten und eine Aarekorrektion von Thun bis über Uttigen hinaus angedeutet. Eine Vignette stellt zudem die Situation von Thun dar. Der Kanderdurchstich wird daneben mit einem Längen- und einem Querprofil verdeutlicht. Beim ebenfalls auf dem Plan angebrachten Begleittext würde man eigentlich eine Projektbeschreibung erwarten. Stattdessen wird darin nur der Charakter der Kander beschrieben und an die Regierung folgender Wunsch gerichtet:

> «Aus allen diesen Umbständen, die diss Cander-Wasser verursachet, habend Meine Gnädige Herren, als die hohe Lands Oberkeit, ein vätterliches Einsehen thun wollen, zusehen ob es nit thun- und nutzlicher were, den Cander wider in Thuner See lassen zelaufen, wie vor alten Zeiten geschehen ist: zeiget also diser Plan alle notwendige Werck hierzu, wie solches ins Werck gesetzt werden könne. Alles auss Befelch der hochen Lands Oberkeit, im December Anno 1710, durch Dero alleruntertänigster und gehorsamster Diener
>
> Samuel Bodmer, Geometra»

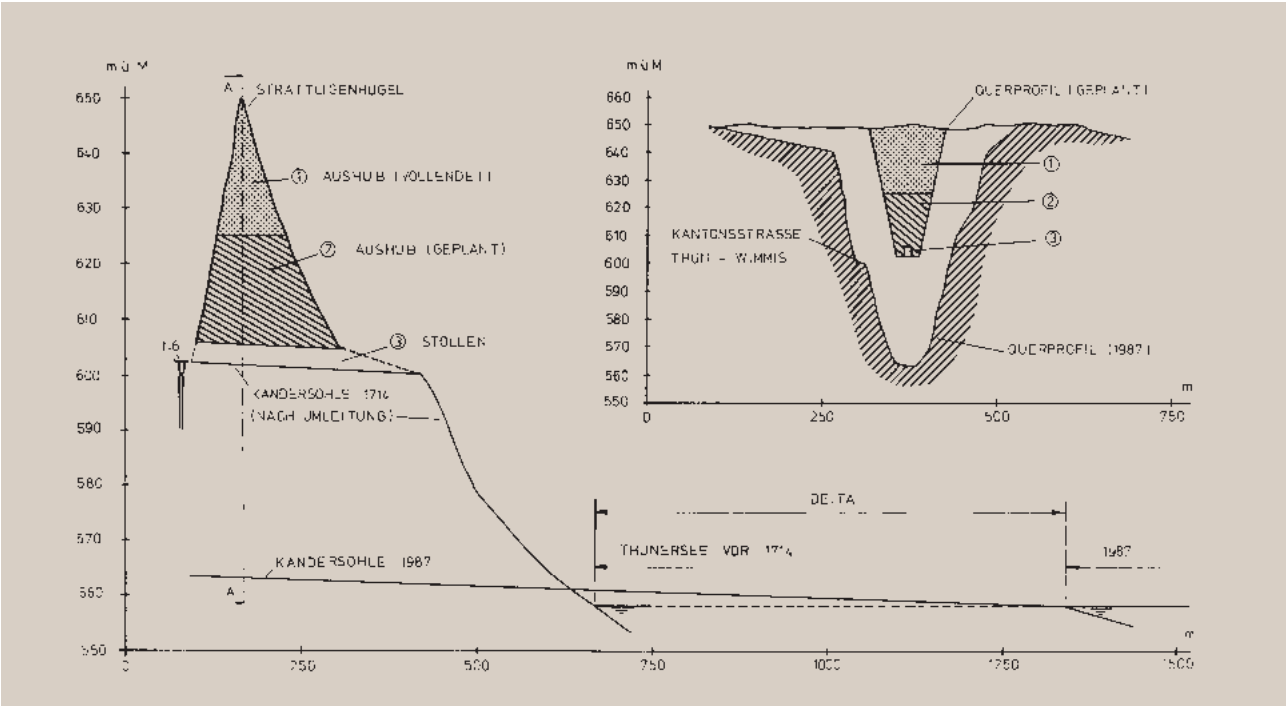
Diese Projektunterlagen erscheinen aus heutiger Sicht als sehr dürftig, entsprachen damals aber wohl dem Üblichen. Sie zeigen immerhin, dass der Kanderdurchstich zwar als Kernstück betrachtet, aber durchaus auch an Korrektionsmassnahmen von Thun bis Uttigen gedacht wurde (siehe Abschnitt 11.3). So enthält der Kostenvoranschlag ausdrücklich zwei Positionen für die Versetzung der Mühlen und die Tieferlegung der Schwellen in Thun. Weshalb dennoch bloss der Kanderdurchstich weiterverfolgt wurde, ist nicht klar.
Dieser Durchstich ist im Plan als Einschnitt im Strättligenhügel von 50 m Tiefe, 340 m Länge und 32 m Sohlenbreite angegeben. Das Sohlengefälle von 0,8 % entsprach etwa jenem des dortigen Kanderlaufs. Die Böschungsneigung wurde mit 6:5 sehr steil angenommen, weil man offenbar mit einem Aushub in einem kompakten Lockergestein rechnete. Aufgrund dieser Eckdaten lässt sich die Aushubkubatur auf gute 300'000 m³ schätzen (Vischer & Fankhauser 1990). Leider ist nicht auszumachen, wie die anschliessende, 230 m lange Strecke bis zum See bemessen war. Wahrscheinlich sah man dafür lediglich ein Leitgerinne vor und glaubte keine andern Vorkehrungen treffen zu müssen. Jedenfalls wird nirgends erwähnt, dass die mit 23 % überaus steile Strecke mit Absturzbauwerken oder einer vollständigen Pflästerung vor Erosion geschützt werden sollte. Ja, an das Phänomen einer ausgreifenden Erosion dachte man wohl überhaupt nicht, sonst hätte man die neue Brücke der Oberlandstrasse nicht mit mehreren Steinbogen und somit auch einigen im Bett stehenden Pfeilern geplant.
Man könnte das Projekt der Kanderumleitung auch anders beschreiben: Bei Strättligen ergab sich die Möglichkeit, die Kander auf kurzem Weg in den Thunersee zu leiten, damit sie diesem ihr Hochwasser und ihr Geschiebe übergeben konnte. Das brachte aber auch eine Verkürzung des Kanderlaufs um mehr als 8 km mit sich, was eine markante Gefällskonzentration erzeugte. Diese Konzentration wollte man auf der erwähnten Steilstrecke mit einer Art Schussrinne ausgleichen. Dabei rechnete man sowohl im Durchstich wie in der Steilstrecke mit einem erosionsbeständigen Untergrund. Es fehlte eben an einschlägigen Erfahrungen. Eine brauchbare Geschiebetheorie wurde erst im 20. Jahrhundert – also 200 Jahre später – entwickelt, und eine verlässliche Erosionstheorie für Fels gibt es bis heute noch nicht.

## 6.3 Die kurze Bauzeit

### Wechsel des Bausystems und des Bauleiters

Unter dem Eindruck eines neuen verheerenden Hochwassers fasste die Berner Regierung Anfang 1711 den Baubeschluss und setzte ein baubegleitendes Kanderdirektorium ein. Mit der Bauleitung wurde Samuel Bodmer betraut, der trotz Protesten der Stadt Thun die

Abb. 64 Längs- und Querschnitt des Kanderdurchstichs im Strättligenhügel 1711–1714 sowie 275 Jahre später.



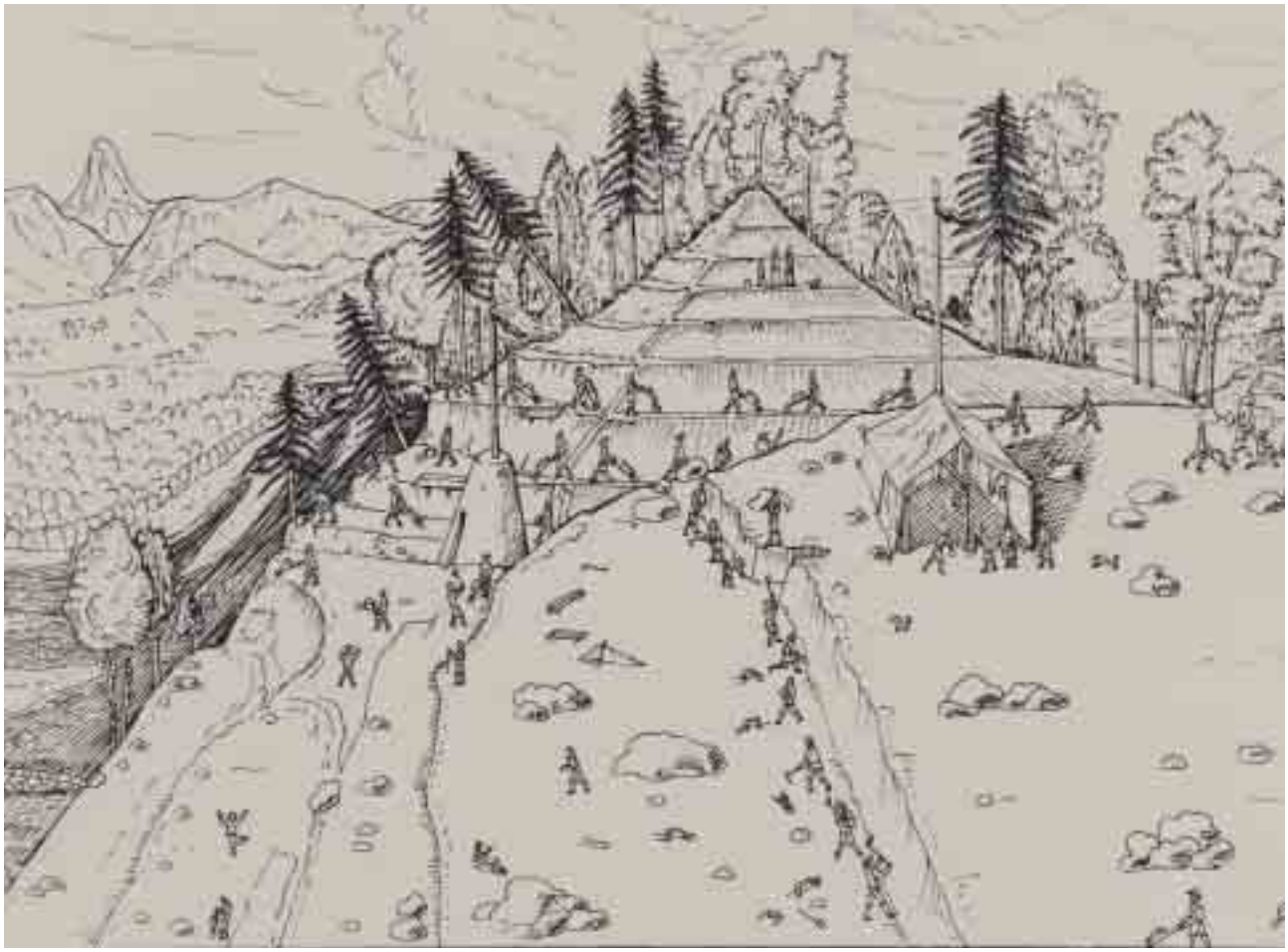


Abb. 65 Arbeiten am Kanderdurchstich 1711/12, Blick nach Nordwesten, links Stockhorn, rechts Thunersee mit Thun. Zeichnung von T. Bürgin, 1985, nach einem zeitgenössischen Gemälde.

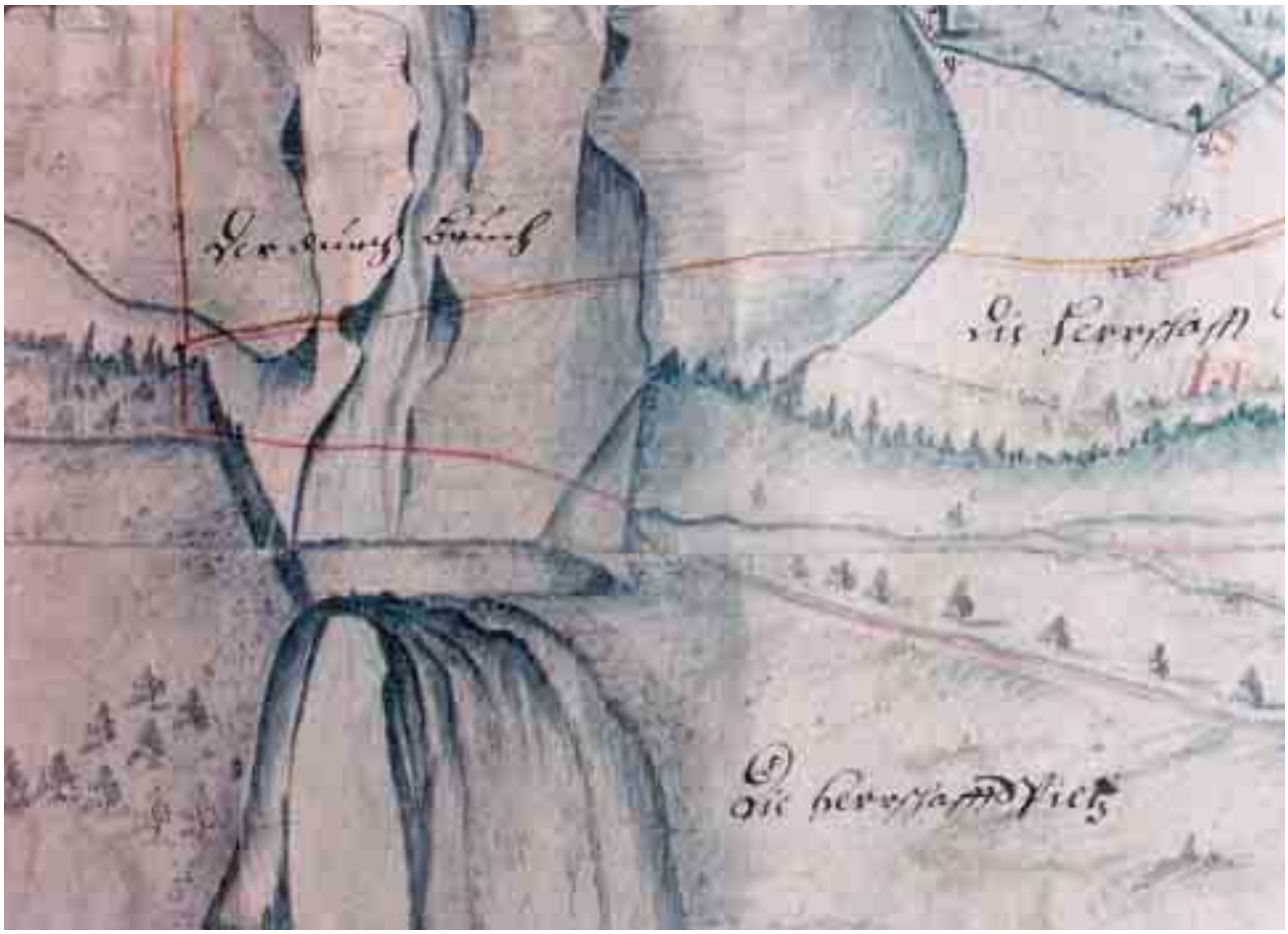
Arbeiten am Durchstich aufnahm. Er begann mit dem treppenförmigen Abbau des Strättligenhügels längs der vorgesehenen Trasse. Ihm standen dazu mehrere hundert Arbeitskräfte zur Verfügung, die militärisch organisiert waren. Sein Stab bestand aus Vorarbeitern (Korporalen) und Facharbeitern, ferner aus Feldprediger, Fähnrich, Musikanten, Profossen (Polizisten) und Wächtern. Unter den Facharbeitern befand sich – zumindest zeitweilig – auch ein Mineur Gertsch mit vier Bergknappen aus den Blei-Silber-Bergwerken von Trachsellauenen bei Stechelberg, der die Sprengarbeiten vornahm (Vischer & Fankhauser 1990).
Baumaschinen gab es keine. Der Gerätepark bestand zum überwiegenden Teil aus Schaufeln, Pickeln oder Hauen und Schubkarren. Damit wurde innert Jahresfrist etwa ein Drittel des Aushubs bewältigt. Da brach im Mai 1712 der zweite Villmergerkrieg aus, was zu einem Arbeitsunterbruch von mehr als einem Jahr führte. Bodmer wurde mit seinen Leuten auf den Brünig beordert, um dort gegen die Innerschweizer Feldbefestigungen zu errichten. Anschliessend wurden Zweifel an seinem Vorgehen beim Kanderdurchstich laut. Deshalb wurde die weitere Bauleitung dem Berner Baumeister Samuel Jenner (1653–1720) übertragen, der eine bergmännische Durchörterung des Strättligenhügels befürwortete.
Mit dem entsprechenden Stollenvortrieb wurde im Frühjahr 1713 begonnen. Dabei standen jeweils 4 bis 16 Arbeiter im Einsatz, zu denen wohl auch die erwähnten Bergleute von Trachsellauenen gehörten. Die Akten berichten davon, dass der Ausbruchquerschnitt durch Holzeinbau gesichert werden musste. Hingegen fehlt jeder Hinweis auf eine feste Ausmauerung. Der Durchbruch des Stollens erfolgte schon Ende 1713, die Vollendung im Frühjahr 1714.

### Die Sache entgleitet den Beteiligten

Nach der bemerkenswert raschen Durchörterung des Strättligenhügels brach offenbar eine kurze Zeit der Ungewissheit an. Sollte der von Bodmer begonnene Aushub fortgesetzt werden? Konnte die Kander

sukzessive in den Stollen umgeleitet werden? Musste man vorher die Anpassungsarbeiten an der Aare in Thun und unterhalb vornehmen?
Das Kanderdirektorium beschloss Mitte Mai 1714 den Verzicht auf den Aushub und die unverzügliche Umleitung. Wahrscheinlich glaubten die Verantwortlichen, der Stollen würde der Erosionskraft der Kander standhalten. Das hätte bedeutet, dass der Stollen bloss einen Teil des Kanderwassers in den Thunersee geleitet hätte. Der alte Kanderlauf bei Allmendingen usw. wäre dabei nicht vollständig trockengelegt, aber dennoch von ausufernden Hochwassern befreit worden. Ob man die Verzweigungsstelle vor dem Stollen sich selber überlassen oder mit einem Wehr versehen wollte, ist nicht bekannt.
Entgegen dieser Erwartung begann die Kander den Stollen schon im folgenden Sommer aufzuweiten und zu vertiefen. Weder das als kompakt geschilderte Lockergestein noch die darunter anstehende Nagelfluh waren ihrer Erosionskraft gewachsen. Anfänglich floss sie durch den flachen Stollen und dann über die 23 % steile Schussrinne in den See. Auf dieser Schussrinne frass sie sich natürlich besonders rasch ein. Dadurch entstand eine kräftige Rückwärtserosion in die Stollenstrecke, so dass der Kanderlauf bald weit unter der Projektsohle lag. Es kam zu Niederbrüchen im Gewölbe mit einem entsprechenden Nachsacken der Überlagerung. Schliesslich weitete die Kander den Stollen zu einer durchgehenden Schlucht auf. Bereits Mitte August 1714 schlug sie vollständig den neuen Weg ein, womit ihr alter Lauf trocken fiel.
Das Geschehen war anfänglich dramatisch und wurde bei Strättligen von unheimlichen Geräuschen, Senkungen, Rissebildungen und Rutschungen begleitet. Auch gab es unter den Neugierigen Todesopfer. Zwei Jahre später, das heisst 1716, lag das neue Kanderbett bereits 27 m unter der Projektsohle. Das machte sich selbstverständlich auch flussaufwärts bemerkbar, wo das Bett beispielsweise an der 2 km entfernten Simmemündung um 5 m sank. Im heutigen Zustand, der weitgehend einem Gleichgewicht entspricht, liegt das Kanderbett bei Strättligen rund 40 m unter der einsti-

Abb. 66 Der Kanderdurchstich kurz vor der Vollendung 1714. Der Stollen wurde durch die Erosion derart aufgeweitet, dass sein Einbruch unmittelbar bevorsteht. Blick kanderaufwärts. Ausschnitt aus einem Vermarchungsplan von S. Bodmer, 1717.



gen Stollensohle. Entsprechend wuchs das Kanderdelta im Thunersee und wies 1909 eine Oberfläche von fast einem Quadratkilometer auf (Geiser 1914). Seit 1913 wird es von der Kanderkies Aktiengesellschaft bewirtschaftet.
Von der einst geplanten Kanderumleitung sieht man heute nur noch eine Schlucht mit bis zu 90 m hohen Wänden. Diese steht seit 1978 unter Landschaftsschutz und erinnert den unvoreingenommenen Betrachter kaum an ihren anthropogenen Ursprung (Vischer & Fankhauser 1990). Als Anhaltspunkt für Passanten diene, dass sie an ihrem Eingang von einer Autobahnbrücke überspannt wird, deren Fahrbahn etwa auf der Höhe des alten Kanderbetts liegt.

## 6.4 Ein langes Trauer- und Nachspiel

### Überschwemmungen in Thun und am See

Nun floss die Kander also in den Thunersee! Damit erhöhte sich dessen Zufluss um über 60 % (Schnitter 1992). Den Ausflussquerschnitt aber hatte man nicht entsprechend erhöht, das heisst, man hatte weder in Thun noch flussabwärts irgendwelche Anpassungsarbeiten vorgenommen. Die Folgen blieben nicht aus.
Vergeblich hatte Emanuel Gross noch im Frühjahr 1714 verlangt, die Umleitung sei rückgängig zu machen. Er kam zu spät. Wohl hatte er, wie erwähnt, seinerzeit an der Projektierung der Kanderumleitung mitgewirkt. Angesichts der bloss partiellen Ausführung nahm er später aber entschieden Abstand davon. «Es müsse sich bald erweisen», wetterte er, «dass sich die ewigen Naturgesetze durch Deliberationen und Beschlüsse der Gnädigen Herren und Oberen von Bern nicht beeinflussen lassen, und eine Katastrophe könne nicht ausbleiben. Vor allem hätte man dem Thunersee nicht die gewaltige Wassermasse wilder und ungezähmter Bergströme zuführen sollen, ohne vorher für gehörigen Abfluss zu sorgen!»
Schon Anfang August 1714 erschollen Hilferufe von Thun, dass der See die Umgebung unter Wasser gesetzt habe. Weitere und tagelang dauernde Ausuferungen folgten im Juni 1715, im Juli 1718, im Juni und im Dezember 1720. Schliesslich begaben sich 1720 rund 200 Personen aus Thun und Umgebung nach Bern, um mit «weinenden Augen» den Gnädigen Herren ihre Not zu klagen. Diese genehmigten hierauf ein von Emanuel Gross ausgearbeitetes «Projekt wie die Inundation von Thun und dortigen Seeöhrteren zu verhinderen» (Neumann 1979).

Abb. 67 Hölzerne Sprengwerkbrücke im unteren Teil des Kanderdurchstichs. Sie ersetzte die 1746 infolge Unterkolkung eingestürzte Steinbrücke aus der Bauzeit.

### Anpassungsarbeiten in Thun

Die Situation in Thun war damals folgende: Die Aare bestand im Stadtbereich aus der heutigen Inneren Aare und einem südlich davon abzweigenden und flussabwärts wieder einmündenden Stadtgraben. Beide Gerinne besassen an ihrem oberen Ende Querschwellen, die einigen Mühlen dienten und im See einen Mindestwasserstand für die Schifffahrt gewährleisteten. Bei Niederwasser wurde jeweils nur die Schwelle der Inneren Aare überströmt. Erst bei höheren Abflüssen lief das Aarewasser auch in den Stadtgraben. Die gesamte Abflusskapazität war bei Hochwasser aber zu gering, was jeweils eine Überschwemmung der tiefer liegenden Thuner Häuser bis zum ersten Stock verursachte. Deshalb kaufte die Berner Regierung zunächst die Mühlen und liess ab 1716 die zugehörigen Schwellen beseitigen. Die Folge war eine beschleunigte Aareströmung im Weichbild der Stadt mit Ufererosionen und Brückenkolken. Nach kurzer Zeit stürzten die Sinnebrücke und einige Häuser ein. Das eigentliche Ziel, die Verhinderung von Überschwemmungen, wurde aber nicht erreicht.
Gemäss dem Projekt von Emanuel Gross von 1720 wurde nun erstens der Stadtgraben erweitert und vertieft und erhielt die Bezeichnung Neue oder Äussere Aare. Zweitens erfuhr das Aarebett von Thun bis Uttigen eine gewisse Ausweitung (siehe Abschnitt 11.3). Drittens ersetzte man die beseitigten Mühleschwellen durch so genannte Schleusen, das sind Regulierwehre. Sie hatten der Aare bei Hochwasser den Weg freizugeben, um den Seespiegel möglichst unter der Schadensgrenze zu halten. Dazwischen, das heisst bei Mittel- und Niederwasser, mussten sie den Seespiegel auf eine normale Kote stauen (OBI 1916b).
Die Schleuse der Inneren Aare wurde um 1726 von

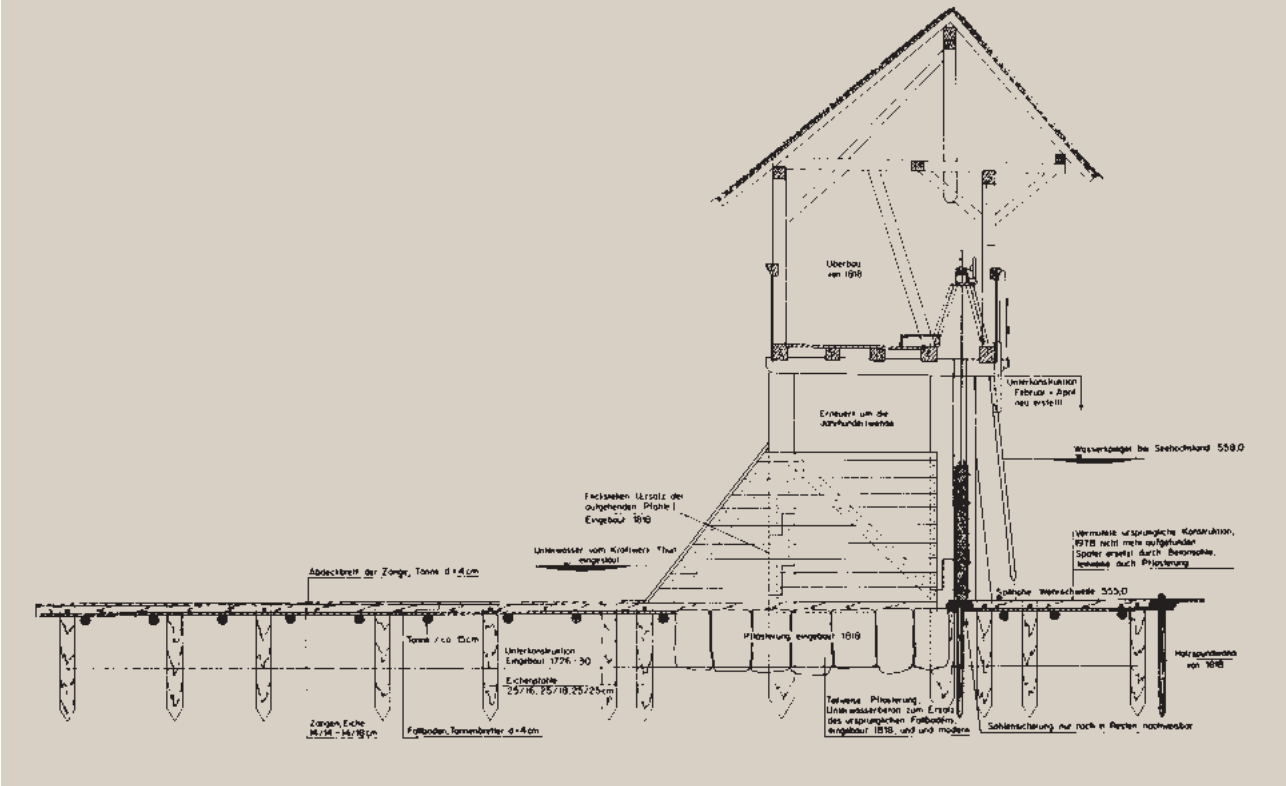



Abb. 68 Querschnitt durch die Schleuse an der Äusseren Aare in Thun. Um 1726 von Zimmermeister M. Maurer erstmals erstellt, 1818 nach Plänen von H. C. Escher und J. G. Tulla vollständig erneuert und seither mehrfach überholt.

Zimmerleuten mit 5 Pritschen (Tafelschützen) und jene der Äusseren Aare mit 10 Pritschen erstellt. Später, das heisst 1788, wurde die Schleuse der Inneren Aare unterhalb der Sinnebrücke neu gebaut und 1818 revidiert. Im selben Jahr erfuhr die Schleuse der Äusseren Aare ebenfalls eine vollständige Erneuerung, wobei die Pläne von Johann Gottfried Tulla (1770–1828) und Hans Conrad Escher (1767–1823) – dem bei der Linthkorrektion so erfolgreichen Gespann – stammten (Neumann 1979).
Diese Massnahmen brachten in Thun und am See sukzessive eine Verbesserung, so dass die Klagen allmählich seltener wurden oder ganz verstummten. Weitere Verbesserungen wurden mit der im 19. Jahrhundert erfolgten Aarekorrektion von Thun bis Bern erzielt. Wie aber die tagelangen Ausuferungen des Thunersees von 1999 zeigten, scheint die Hochwassergefahr noch immer nicht endgültig gebannt zu sein.

## Zu viel Wasser für die einen, zu wenig für die andern

Während die Thuner und die Anwohner ihres Sees unter dem Zuviel an Wasser litten, waren die Dörfer am alten Kanderlauf nun hochwasserfrei und -sicher. Dafür lagen sie an einem trockenen Bachbett, so dass sie ihre Bedürfnisse an Trink- und Brauchwasser nicht mehr durch das damals noch übliche Schöpfen von Oberflächenwasser befriedigen konnten. Um diesem bedrohlichen Mangel abzuhelfen, wurde unverzüglich der im Stockhorngebiet entspringende Glütschbach umgeleitet. Früher mündete er oberhalb des geplanten und dann verwirklichten Kanderdurchstichs in die Kander. Mittels einer kleinen Korrektion wurde er nun daran gehindert und westwärts ins alte Kanderbett abgewiesen. Dort fliesst er seitdem an den schon mehrfach erwähnten Dörfern Allmendingen, Thierachern, Uetendorf und Uttigen vorbei in die Aare.

## Der Sündenbock

Die Thuner und die Seeanwohner lasteten ihre neue Wassernot vor allem Samuel Bodmer an. Es scheint aber, dass dieser ab 1713 nur noch mit der Kartierung der neuen Verhältnisse befasst war (Martig 1995).
Der Bau des Umleitstollens, der die Kanderumleitung zweifellos stark beschleunigt hatte, war ja von Samuel Jenner geleitet worden. Und mit den erforderlichen Nacharbeiten in Thun wurde, wie erwähnt, Emanuel Gross betraut. Auch fällt auf, dass sich Gross nie gegen Bodmer persönlich gewandt hat, wohl aber – was wesentlich mehr Mut erforderte – gegen die Gnädigen

Herren von Bern, die es bei ihrem Baubeschluss versäumt hatten, neben der Kanderumleitung in den Thunersee gleichzeitig auch eine angemessene Verbesserung des Aareabflusses zu verfügen. Dennoch richtete sich der Zorn der Thuner vor allem gegen Samuel Bodmer, und ein Chronist meinte 1725: «... und wan die Thuner den Bodmer, der diss Werk angetriben ..., auf ein Zeit erwütscht hätten, sie hätten ihn gesteiniget, daher er zu seiner Sicherheit sein Landgut zu Amsoldingen verkaufft und ist weggezogen.»
Damit ist wohl auch erklärt, weshalb keiner der führenden Bauleute später ein Denkmal erhielt. Die Kanderumleitung entsprang zwar einer genialen Idee, wurde dann aber recht unbekümmert in Angriff genommen und führte erst durch «eine fast endlose Kette von Irrtümern und Fehlern» (Grosjean 1963) zum Ziel. Aber von diesen Fehlern eines wahren Pionierwerks profitierten nachher mehrere andere Korrektionswerke!

Abb. 69 Kanderschlucht heute, Blick in Fliessrichtung.

Abb. 70 Rückstau des Walensees durch die Maag, Radierung von J. H. Troll um 1800. Blick vom Biberlikopf (Hügel östlich von Ziegelbrücke) gegen den Walensee und Weesen.

# 7 Die Linthkorrektion von 1807–1816 setzt neue Massstäbe

## 7.1 Warum hob sich das Linthbett im 18. Jahrhundert?

### Die Fakten und die Folgen

Die Linthkorrektion wurde nötig, weil sich das Linthbett in der Linthebene innerhalb von wenigen Jahrzehnten um einige Meter hob. Hans Conrad Escher (1767–1823) nannte 1804 einen Betrag von 10 Fuss – also von 3 m – bei Ziegelbrücke «während der letzten Hälfte des verflossenen Jahrhunderts», d. h. von 1750 bis 1800. Dann hielt er fest: «In dieser fortschreitenden Hebung des Linth-Bettes und in dem dadurch erschwerten, bisweilen gar gehemmten Ausflusse der Maag aus dem Wallen-See liegt nun, nach dem einstimmigen Urtheil aller sachkundigen Beobachter und der Einwohner selbst, die einzige Ursache jener traurigen Versumpfung der Ebenen über und unter dem See. ... Schon beschränken die Versumpfungen sich nicht mehr auf die Flächen der beiden See-Enden; sie fangen an, sich durch das ganze, breite, vier Stunden lange Thal bis an den Zürichsee zu erstrecken» (Escher 1804). Und offenbar zählte Escher zu diesen Versumpfungen auch die meist im Sommer auftretenden und Wochen bis Monate dauernden Überschwemmungen von Walenstadt und Weesen. Von den Bewohnern schrieb er: «Die Unglücklichen! Nicht nur sehen sie ihre schönsten Besitzungen in stinkende Moräste verkehrt; ihre eigenen Städte und Wohnungen sind eine Beute dieser schrecklichen Verheerung; sie schiffen in den Strassen ihrer Stadt herum; ein Fenster des ersten Stockwerks muss als Thüre ins Haus dienen; ein Pfuhl von hässlichem Ungeziefer bevölkert ... einen grossen Theil des Jahres ... die Erdgeschosse ihrer Wohnungen, ...» (Escher 1804).
An andern Stellen seines Berichts wies Escher auf den Verlust von Strassenverbindungen durch die Überschwemmungen und Versumpfungen hin sowie auf die Erschwerung der Schifffahrt zwischen dem Walen- und dem Zürichsee infolge der Verwilderung der Linth. Denn der beschriebene Auflandungsprozess hatte naturgemäss die Umwandlung der Linth in einen instabilen, mehrarmigen Fluss zur Folge (siehe Abschnitt 2.1, Flussdynamik). Einen breiten Raum erhielten bei Escher aber auch die zunehmenden Gesundheitsschäden durch Krankheiten und insbesondere durch das Kaltfieber – also die Malaria (siehe Abschnitt 2.2). Quantitative Angaben hierzu finden sich beispielsweise bei Schuler (1836): «Im Frühjahr 1808 betrug die Zahl der Fieberkranken in mehreren Dörfern die Hälfte der Einwohner.»
Bei all diesen Folgen kam erschwerend hinzu, dass es sich nicht, wie in vielen andern Flussniederungen und

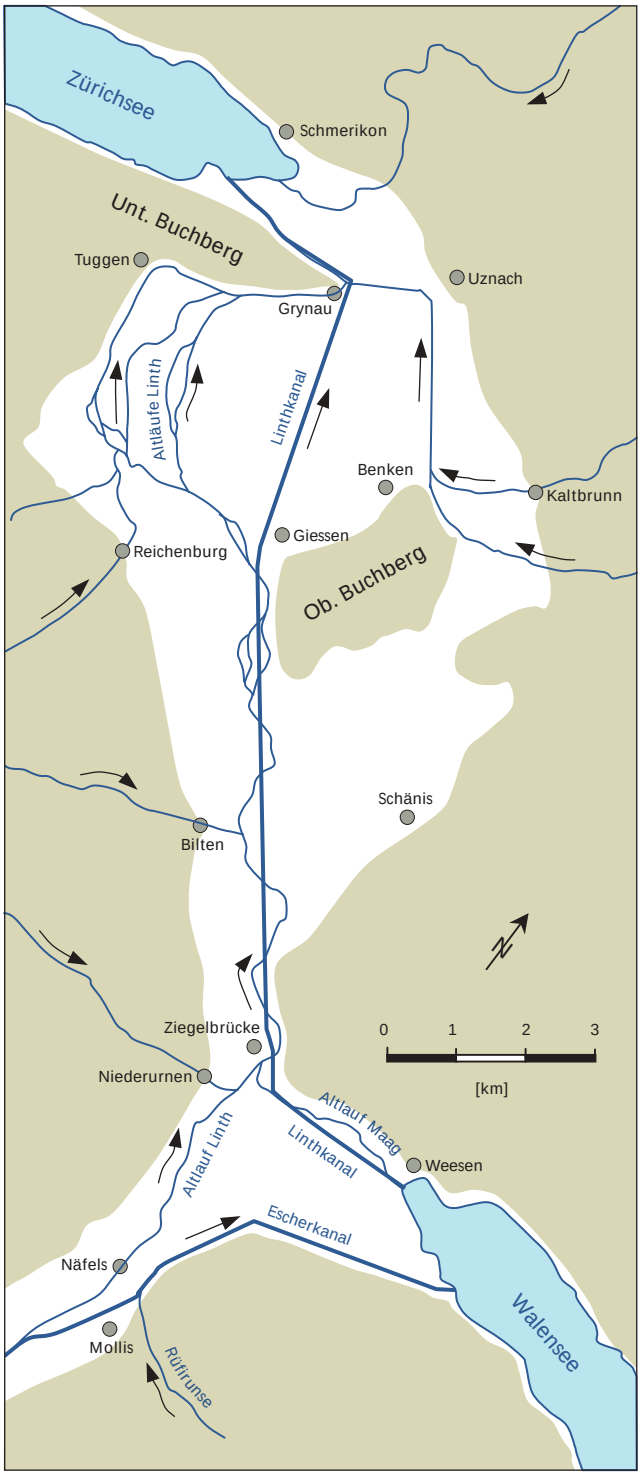



Abb. 71 Situation der Linthebene. Altläufe vor der Linthkorrektion von 1807–1816. Molliserkanal (heute Escherkanal) und Linthkanal nachher.

Abb. 72 «Mittelmässig hoher» Seestand in Weesen. Zeichnung von H. C. Escher, 1808, radiert von J. H. Meyer.

Seelandschaften, um Auswirkungen eines vorübergehenden Hochwasserereignisses handelte, sondern um ein fortschreitendes Übel, das freilich gerade bei Hochwasser besonders spürbar wurde. Einerseits konnten sich ältere Personen noch an bessere Zeiten – das heisst an trockene Siedlungen, ergiebigere Kulturen und frischere Luft – erinnern, andererseits musste für die Zukunft mit einer weiteren Hebung des Linthbetts und folglich einer Verschlechterung der Verhältnisse gerechnet werden.

### Ein kleiner geologischer Exkurs

Am Ende der letzten Eiszeit – also etwa vor 12'000 Jahren – hingen der Walensee und der Zürichsee noch zusammen. Dann begannen die Flüsse und Wildbäche sie zu verkleinern und zu trennen. Bei der Trennung spielte offensichtlich die Linth die Hauptrolle. Sie führte aus ihrem Einzugsgebiet riesige Feststoffmengen heran, mit denen sie die Linthebene aufschüttete. Vergegenwärtigt man sich die Form und Ausdehnung derselben, muss man auf einen überaus dynamischen Prozess schliessen. Deshalb ergeben sich im Zusammenhang mit der Linthkorrektion zwei Fragen:

> Warum waren die Höhenverhältnisse am Walensee und in der Linthebene bei Ziegelbrücke zwischenzeitlich derart stabil – und das offenbar über viele hunderte von Jahren –, dass Orte wie Walenstadt und Weesen sowie die extensive landwirtschaftliche Nutzung weiter Flächen überhaupt aufkommen konnten? Und warum ging diese Stabilität im 18. Jahrhundert verloren, indem die Linth sich zu heben begann?

Mit diesen und andern Fragen befasst sich eine neue Arbeit von Schindler (2002). Sie behandelt die Entstehung der Linthebene und kommt zum Schluss, dass die erwähnte Stabilität etwa von 3000 v. Chr. bis 1600 n. Chr. vorhanden war, und gibt auch die Gründe dafür an. Sie geht aber auch einlässlich auf die Ursachen der Destabilisierung im 17. Jahrhundert ein und entwickelt dafür eine neue Hypothese.
Bevor auf diese eingegangen wird, sollen aber noch die bisherigen Hypothesen zur Darstellung gelangen.

### Menschliche Einflüsse

Escher, der Promotor des Linthwerks, scheint sich über die Ursachen der Hebung des Linthbetts nicht gross geäussert zu haben. Ein erster Hinweis findet sich in der Broschüre eines unbekannten Verfassers von 1821 (Linth-Escher-Gesellschaft 1993): «Man glaubt bemerkt zu haben, dass der Anfang des Zeitraums dieser Verheerungen mit der Einführung der Manufakturen und des Gewerbefleisses im Kanton Glarus zusammentrifft, durch die eine unvorsichtige Zerstörung der Waldbekleidung veranlasst ward, welche die steilen Berghänge gegen Lauinen, Ausschwemmungen der Bergwasser und Erdschlipfe schützten.»
Dieser auf das 18. Jahrhundert bezogene Verdacht wurde später zur allgemein akzeptierten Meinung und von vielen Autoren als Ursache der Hebung des unteren Linthbetts übernommen. Wie schon in Abschnitt 1.2 erwähnt, spielte ab Mitte des 19. Jahrhunderts das Stichwort vom Raubbau an den Wäldern (das so genannte Abholzungsparadigma) auch bei der Erklärung anderer Naturgefahren eine grosse Rolle. Dazu ist zu sagen, dass ein Kahlschlag eine Hochwassersituation tatsächlich verschärft, weil er den Rückhalt von Niederschlägen und insbesondere von Feststoffen vermindert. Es fragt sich bloss in welchem Ausmass. Vermochte dieses Ausmass die geschilderte und Tausende von Jahren dauernde Stabilität der Linthebene so schnell aufzuheben?

Abb. 73 Die Linth oberhalb der Ziegelbrücke 1796. Aquatinta von F. Hegi nach einem Aquarell von A. Benz. Auflandende Linth; Recker ziehen ein Lastschiff flussaufwärts; ein anderes Schiff mit Segel kreuzt gerade die Mündung der Maag.

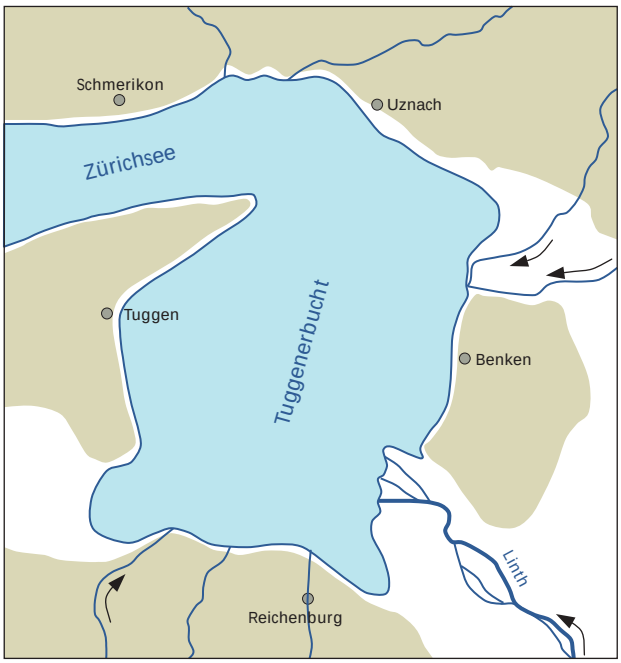
SCHINDLER (2002) hegt diesbezüglich Zweifel. Er weist darauf hin, dass das Glarnerland schon im 16. Jahrhundert eine mindestens so grosse Abholzung erfuhr, ohne dass die Linth darauf reagierte. Es ging damals um die Gewinnung von Brennholz für die Eisenverhüttung und um Rodungen zur Erschliessung von Weideland.
Einen andern menschlichen Einfluss glaubte der spätere Linthingenieur, Gottlieb Heinrich Legler (1823–1893), in der Einengung und Begradigung der Linth von Netstal bis Mollis zu erkennen. Diese Arbeiten erfolgten wohl in mehreren zeitlichen Etappen und bewirkten schliesslich, dass dort kein Geschiebe mehr liegen bleiben konnte. Somit wurde es in die Linthebene hinausgetragen (LEGLER 1868). Aber auch hier stellt sich die Frage nach der Relevanz des Ausmasses. Möglicherweise haben beide Einflüsse etwas zur Hebung der Linthsohle beigetragen, umso mehr als ihre Wirkung durch die im 18. Jahrhundert häufigeren Starkniederschläge beschleunigt wurde. In den Chroniken wird in diesem Zusammenhang vor allem auf die Hochwasserereignisse ab 1762 verwiesen.

**Das Verschwinden des Tuggenersees**

Es wurde bereits erläutert, dass die seit der letzten Eiszeit erfolgte Aufschüttung der Linthebene sehr dynamisch war. So rückte der Schuttfächer der Linth nicht einfach regelmässig gegen den Zürichsee vor. Wie aus SCHINDLER (2002) hervorgeht, gab es dabei in den letzten 2000 Jahren vier für die Entwicklung der Höhenverhältnisse bei Ziegelbrücke wichtige Phasen:

- Zunächst erstreckte sich der Zürichsee noch so weit nach Osten, dass er bei Grinau um den Buchberg herum nach Tuggen und Reichenburg reichte. Er besass dort also gleichsam eine Tuggenerbucht.
- Etwa um 1000 n. Chr. drängte die Linthaufschüttung den Zürichsee so weit zurück, dass die Tuggenerbucht abgeschnitten wurde und aus ihr der Tuggenersee entstand.
- Dann ergoss sich die Linth mit ihrem Geschiebe in den Tuggenersee und füllte ihn auf. Gemäss alten Karten und geologischen Aufschlüssen besass dieser See um 1450 noch eine Oberfläche von über 4 $km^2$ (grösser als der heutige Pfäffikersee), war aber offenbar sehr seicht.
- Etwa um 1550 war der Tuggenersee vollständig verlandet, und die Linth floss über die entsprechende Ebene nach Grinau und in den Zürichsee weiter. Dadurch wurde ihr Unterlauf um 4 km länger.

Es scheint nun, dass die Linth ihr Geschiebe während der ersten drei Phasen ohne wesentliche Sohlen-



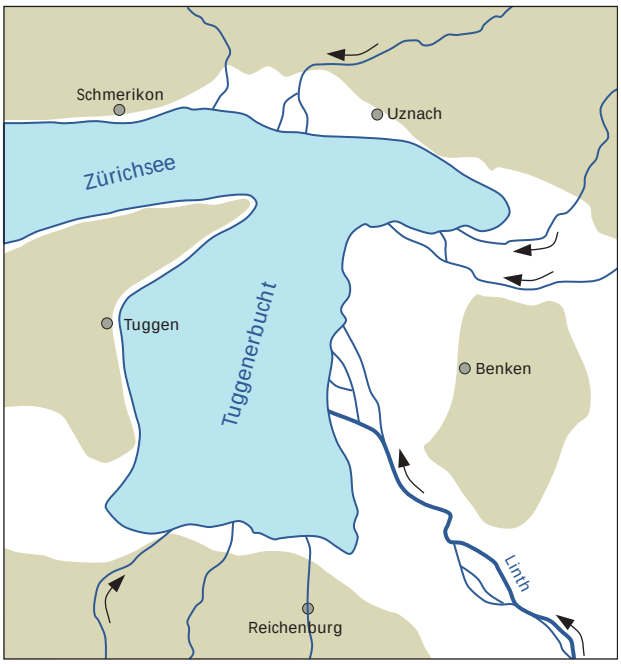
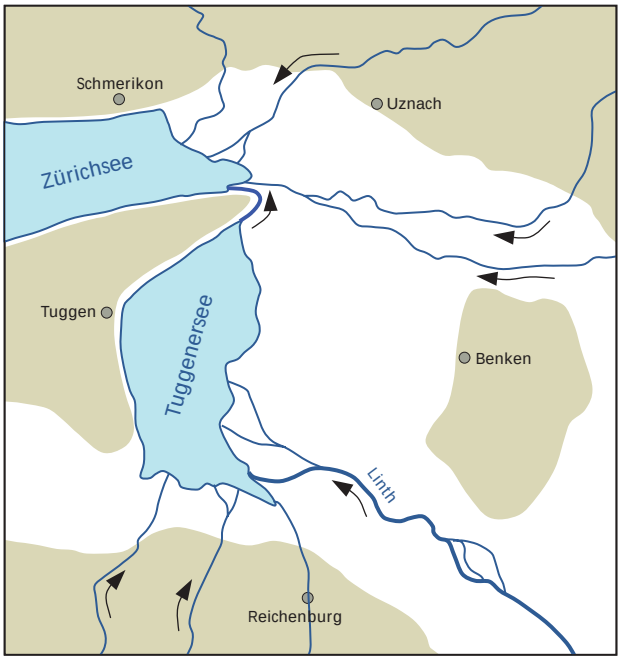
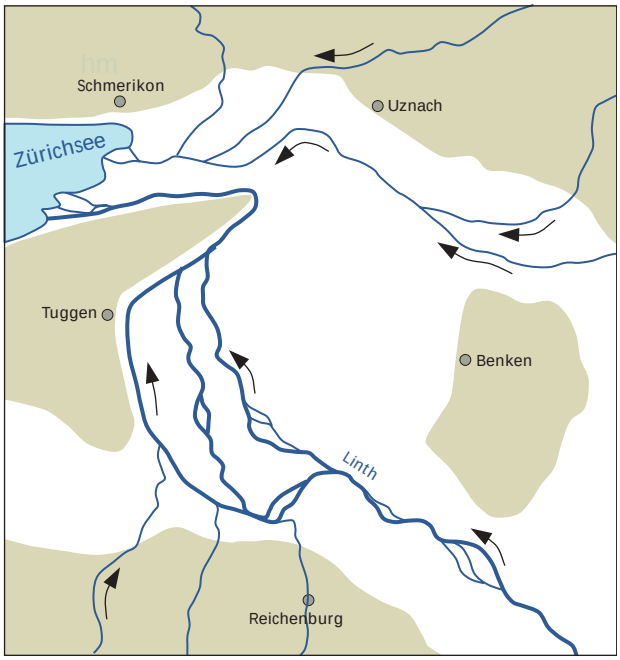




Abb. 74 Skizzen der Entwicklung der Linthebene bei Tuggen: oben links Tuggenerbucht Ende der Römerzeit, oben rechts um das Jahr 1000, unten links Tuggenersee um 1450 und unten rechts der vollständig verlandete Tuggenersee um 1550.



hebungen bis zu ihrer Mündung transportieren konnte. Das hielt in dieser Zeit die erwähnte Stabilität der Höhenverhältnisse bei Ziegelbrücke aufrecht. In der vierten Phase ergab sich dann aber eine Änderung, weil sich der Unterlauf der Linth relativ rasch um 4 km verlängerte. Dem Gefälle des unteren Teils des Schuttfächers von 0,6 bis 0,8 ‰ entsprechend führte das praktisch zu einer parallelen Hebung des Linthbetts von 2,4 bis 3,2 m, die sich bald flussaufwärts bemerkbar machte. Deshalb stieg auch das Flussbett bei Ziegelbrücke dann innerhalb weniger Jahrzehnte an; das dortige Ausmass wurde, wie erwähnt, von Escher für die Zeit von 1750–1800 mit 3 m angegeben.
Diese Hebung des Linthbetts hatte natürlich zur Folge, dass der Walensee eingestaut wurde, die Linth vermehrt ausuferte und sich neue Wege suchte. Zudem konnten die Seitenbäche nicht mehr in die Linth münden, ohne ihrerseits auszuufern und neue Wege einzuschlagen. Kurz, es setzte ein Prozess ein, der über eine gewisse Zeit die Linthebene auf die dem Linthbett entsprechende Höhe angehoben hätte. Die Tausende von Jahren dauernde Stabilität der Linthebene im Raum Ziegelbrücke war im 18. Jahrhundert also vorbei. Und das begründete eben die geschilderte Kalamität, nämlich die Zunahme der Überschwemmungen, Übersarungen und Versumpfungen der Gegend von Walenstadt bis zum Zürichsee!

## 7.2 Studien zur Senkung des Linthbetts, Vorbereitungen

### Korrektionsvorschläge und das Projekt von Andreas Lanz 1784

Bereits um 1760 machte der in Sargans residierende Landvogt Stanislaus Alois Christen von Unterwalden (gest. 1787) die Eidgenössische Tagsatzung auf die Wasserverheerungen im Linthgebiet aufmerksam. Doch veranlasste das noch keine Baumassnahmen. Interessant ist aber eine Bemerkung, die ein Glarner Pfarrer 1774 in seiner Chronik festhielt: «Man hat schon oft von Vorschlägen geredet, die Höhe des Walensees zu vermindern und die niederen Flächen des Landes aus dem Sumpf zu retten. Ein verständiger Mathematiker soll möglich und tunlich gefunden haben, die Linth dem Walenberg nach in den See zu führen, und dann dem See durch die tiefer führende Maag und mehrere Kanäle hinlänglichen Ablauf zu verschaffen. Allein ein solcher Entwurf hat zuviele Schwierigkeiten, Bedenklichkeiten und Hindernisse, dass wir ihn für einen Traum halten» (Becker 1911). Wer mochte dieser «Mathematiker» gewesen sein? Es könnte sich um Hans Conrad Römer (1724–1779) von Zürich oder Andreas Lanz (1740–1803) von Rohrbach bei Huttwil gehandelt haben. Römer war als Ingenieurhauptmann ab 1765 für die Zürcher Stadtbefestigungen verantwortlich und ihm oblag auch das Zürcher Strassen- und Wasserbauwesen (Kaiser 1990). Lanz scheint zumindest einen Teil seiner Jugend in oder bei Zürich verbracht zu haben und arbeitete ab 1770 sowohl im Zürich- wie im Bernbiet als Geometer. 1783 wurde er Leiter der neu gegründeten Berner Artillerieschule (Zaugg 1993).
Angesichts der Verschärfung der Situation nahm etwa 1781 der Landvogt von Sargans, das war damals Samuel Wagner (1730–1803) von Bern, erneut seine Verantwortung wahr. Er reichte der Eidgenössischen Tagsatzung einen Bericht ein, der 1783 zu einem Auftrag an den bereits erwähnten Berner Geometer und späteren Artilleriehauptmann Andreas Lanz (1740–1803) führte. Dieser sollte mögliche Sanierungsmassnahmen erarbeiten. Lanz untersuchte dementsprechend die Verhältnisse vor Ort – wozu auch ein Nivellement und eine Planaufnahme der Gegend gehörten – und legte bereits 1784 sein Ergebnis vor. Dessen Kernstück bestand aus dem «geometrischen Plan von einem Theil des Wallenstatter-Sees samt dessen Ausfluss und Vereinigung der Glarner und Weesener Linth mit beigezeichneten Projecten wie der Aufschwellung des Walensees abzuhelfen seye». Darin waren vier Korrektionsvarianten angegeben. Die erste Variante schlug eine Umleitung der (Glarner) Linth entlang dem Walenberg in den Walensee vor. Die andern drei Varianten bezogen sich auf eine mehr oder weniger lange Kanalisierung der (Glarner) Linth im Raum Ziegelbrücke und der dort einmündenden Weesener Linth (Zaugg 1993). Letztere, das heisst der Ausfluss aus dem Walensee, wurde gewöhnlich als Maag bezeichnet.
Lanz machte klar, dass nur die erste Variante langfristig zielführend wäre. Allerdings war sie auch die mit Abstand teuerste. Die Tagsatzung, die praktisch keine grösseren Finanzkompetenzen besass, setzte deshalb das Projekt «ad referendum» – was einer Kenntnisnahme ohne Beschlussfassung entsprach. Diese Politik widerspiegelte ein Zweifaches: Sie zeigte die konstitutionelle Schwäche der damaligen Schweizer Regierung, die ein über die Grenzen der alten Orte und ihrer Gemeinen Herrschaften greifendes Werk nicht zu realisieren vermochte. Und sie entsprach auch dem mangelnden Verständnis, das im Ancien Régime den Bedürfnissen einer Not leidenden Landbevölkerung entgegengebracht wurde.

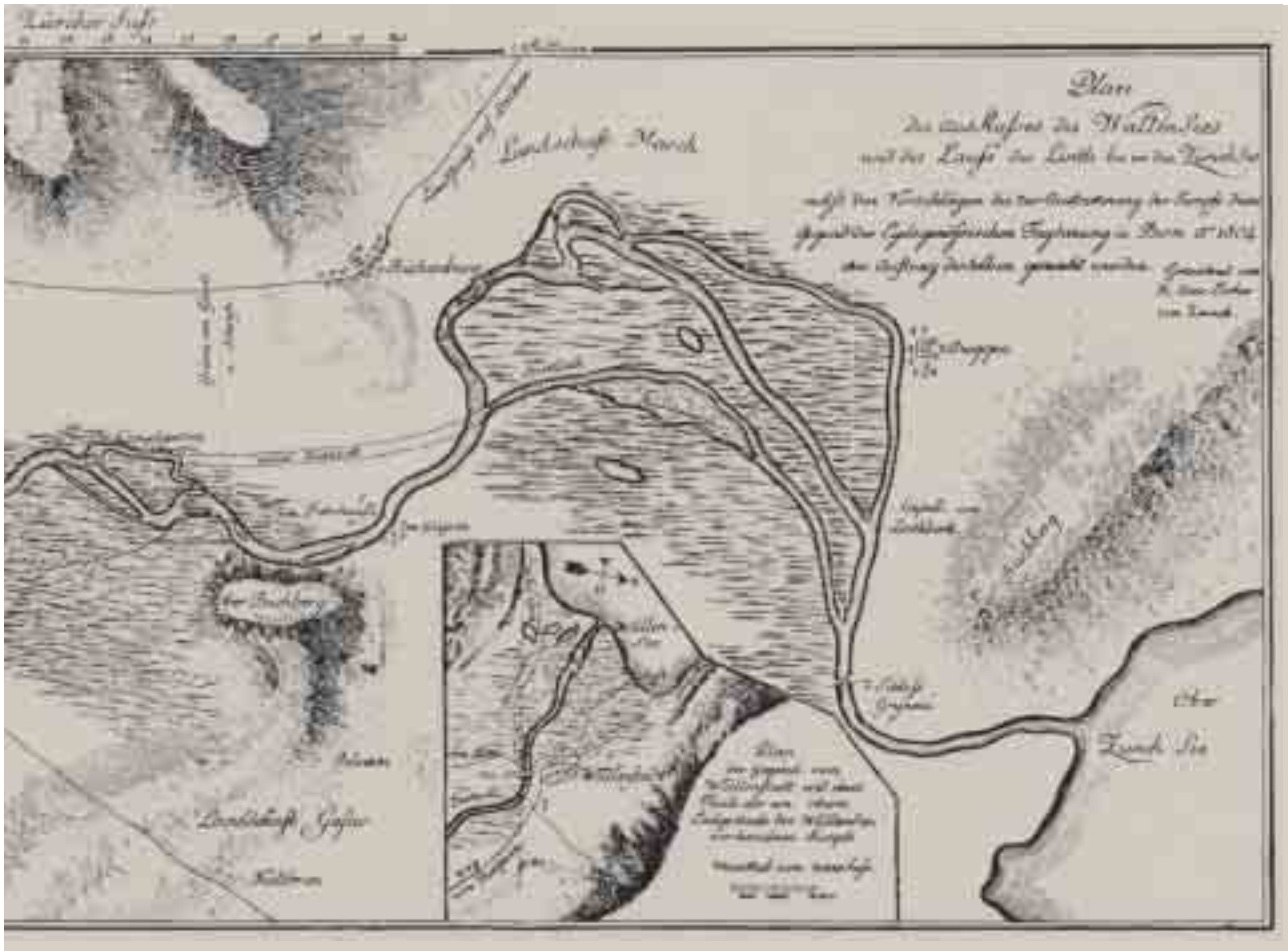


Abb. 75 Plan des unteren Linthkanals von H. C. Escher, 1804. Fliessrichtung von links nach rechts. Eingezeichnet ist das ursprüngliche Projekt. Ausgeführt wurde eine gestreckte Variante mit einer direkten Verbindung von Giessen und Grynau (Benkener-Kanalstrecke). Die Vignette zeigt die Versumpfung von Walenstadt.

### Hans Conrad Escher von Zürich als Promotor

Zu den Kreisen, die weiterhin die Sanierung der Linthgegend förderten, gehörte Johann Rudolf Meyer (1739–1813), ein Kaufmann und Industrieller von Aarau. Er führte 1792 auf eigene Kosten flussbauliche Untersuchungen vor Ort durch und hielt über die Notlage der Bevölkerung einen bewegenden Vortrag in der Helvetischen Gesellschaft, die er damals präsidierte. Diese Gesellschaft widmete sich von der Aufklärung ausgehend ganz allgemein nationalen Anliegen und der Identität der Schweiz (Patriotismus). Sie griff 1793 das Linthproblem an ihrer Zusammenkunft erneut auf, was den anwesenden jungen Hans Conrad Escher (1767–1823) von Zürich veranlasste, sich der Sache fortan anzunehmen (Solar 1998).
Escher bereiste 1793 zusammen mit dem ihm gut bekannten bernischen Berghauptmann Johann Samuel Gruner (1766–1824) die Linthebene und gelangte zur Überzeugung, dass nur eine Umleitung der Linth in den Walensee gemäss Projekt Lanz helfen könne. Dann suchte er in Wort und Schrift die Verantwortlichen für eine Realisierung zu gewinnen. Mitte 1797 verbreitete er einen gedruckten Bericht an der Tagsatzung (Solar 1998).
Es war aber die letzte Tagsatzung des Ancien Régime, so dass Taten weiterhin ausblieben. Bedingt durch die Französische Revolution und die Besetzung von Teilen der Schweiz durch die Franzosen entstand 1798 das Regime der Helvetik. Dieses bescherte unter anderen Escher verschiedene hohe Ämter, und dessen Direktorium befasste sich auch mit dem Linthproblem. So liess das Direktorium das Linthgebiet durch Ingenieur Jean Samuel Guisan (1740–1800) von Avenches untersuchen, der Ende 1798 in seinem «Rapport sur les Débordements de la Linth» das Projekt von Lanz bekräftigte. Wegen der unruhigen Zeiten, die 1799 durch die Kriege fremder Heere auf Schweizer Boden – wo auch das Linthgebiet Besetzungen und Kämpfe

erlebte – verschärft wurde, war an eine Verwirklichung aber nicht zu denken.
Das änderte sich erst, als in der Schweiz der Friede einigermassen wieder einkehrte und die zentralistische Helvetik 1803 durch die föderalistischere Mediation abgelöst wurde. Die wieder eingeführte Tagsatzung ernannte auf Betreiben der Kantone Glarus und St. Gallen einen Planungsausschuss mit Escher an der Spitze und beschloss 1804 aufgrund der Ergebnisse: erstens die Linth gemäss Projekt Lanz in den Walensee umzuleiten und die Maag bis Ziegelbrücke zu vertiefen, zweitens selber als Bauherr aufzutreten und drittens die Finanzierung mit der Ausgabe von Aktien sicherzustellen. Die operative Führung wurde einer Aufsichtskommission überbunden, die von Escher präsidiert wurde und der auch Conrad Schindler (1757–1841), ein Glarner Ratsherr von Mollis, angehörte (NOSEDA 2000 und 2001).
Weil aber 1805 das Kriegsgeschehen in Europa eine Grenzbesetzung notwendig machte und 1806 verheerende Hochwasser in der Innerschweiz sowie der Goldauer Bergsturz anderweitig Hilfe beanspruchten, begannen die Bauarbeiten erst 1807.
Im Auftrag der Tagsatzung verfassten Escher und der Berner Theologe und Philosoph Johann Samuel Ith (1747–1813) 1807 einen «Aufruf an die Schweizerische Nation zur Rettung der durch Versumpfungen ins Elend gestürzten Bewohner der Gestade des Wallen-Sees und des unteren Linth-Thales». Diese 13-seitige Schrift mit umfangreichen Beilagen ist nach THÜRER (1966) eines der bemerkenswertesten Dokumente der Schweizer Geschichte und verbindet «die Klarheit eines Gutachtens mit dem Aufruf des Herzens». Sie stellte die Situation im Linthgebiet ergreifend dar, erläuterte das Korrektionsprojekt – wobei der schon in Abschnitt 5.2 erwähnte Hinweis auf die Lütschinen- und Kanderumleitung erfolgte – und ersuchte um solidarische Hilfe. Ihr Widerhall übertraf alle Erwartungen, indem in wenigen Monaten statt der vorgesehenen 1600 Aktien zu 200 alten Franken mehr als 2000 gezeichnet wurden, und zwar von Kantonen, Gemeinden, kirchlichen Institutionen, Firmen und zahlreichen Privaten. Damit war die Finanzierung gesichert.

Abb. 76 Linthaktie mit dem Nominalwert von Fr. 200.– ausgestellt auf den Glarner Kaufmann Caspar Blumer in Petersburg.

Schweizerische Eidgenossenschaft.

## 7.3 Die Bauausführung

### Der Flussbauexperte Johann Gottfried Tulla von Karlsruhe

Woher stammte das Fachwissen für das Bauprojekt? Die vermessungstechnischen Grundlagen stellte der Zürcher Schanzenherr, Ingenieur und Astronom Johannes Feer (1763–1823) durch ein genaues Nivellement bereit. Einer seiner Gehilfen war der nachmalige Ingenieuroberst Johann Heinrich Pestalozzi (1790–1857) von Zürich, der sich später zu den flussbautechnischen Grundlagen wie folgt äusserte (PESTALOZZI 1852):
«Als … zu der Ausführung des (Linth-)Werks geschritten werden sollte, zeigte sich ein fühlbarer Mangel an technischen Kräften und Hilfsmitteln. Der Flussbau stand zu jener Zeit in der Schweiz auf einer niederen Stufe; Hydrotechniker waren überall nicht vorhanden; es fehlte an geübten Bauaufsehern, und die gewöhnlichen Arbeiter waren mit vielen, bei der Linth vorkommenden Arbeiten, wie Faschinenbau und dergleichen, nicht bekannt. Escher selbst hatte wohl durch seine naturwissenschaftlichen Studien manche in das Gebiet des Wasserbaus einschlagende Kenntnisse erworben, aber die Theorie und Praxis der Hydrotechnik waren ihm völlig fremd, und noch niemals hatte er Bauten irgendwelcher Art geleitet.»
Die Verantwortlichen waren sich dieser Schwierigkeit bewusst, so dass sie den Beizug eines kompetenten Experten veranlassten. Für den flussbaulichen oder – wie es damals hiess – den hydrotechnischen Teil berief

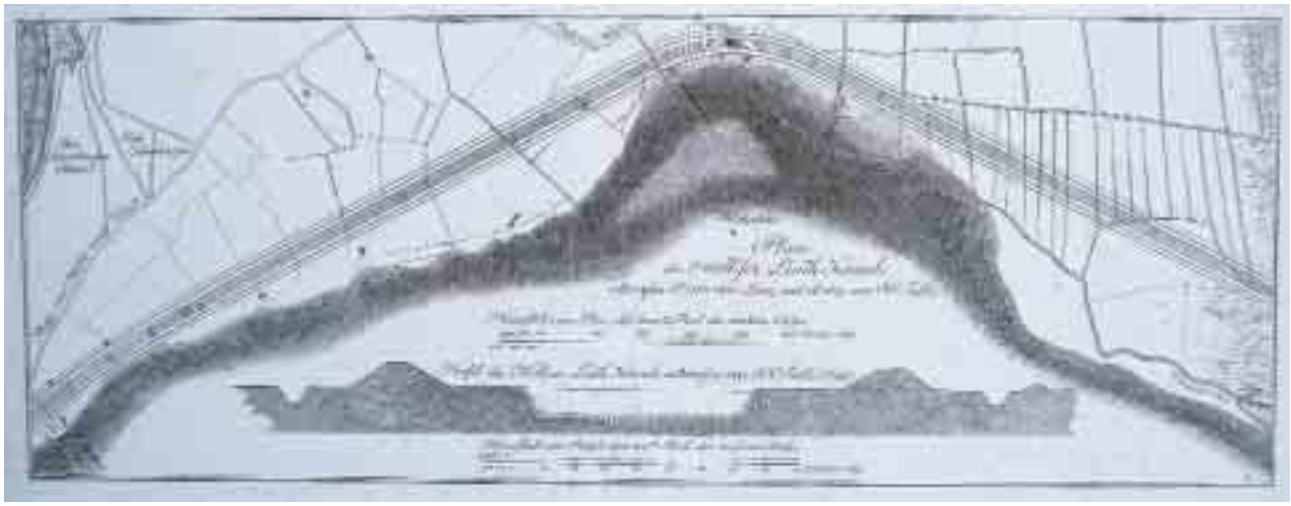


Abb. 77 Plan des Molliserkanals «entworfen 1783 von Lanz und 1807 von J. G. Tulla» (Fliessrichtung von links nach rechts) sowie Querschnitt «entworfen von J. G. Tulla 1807». Der Querschnitt zeigt ein Doppelprofil mit begleitenden Entwässerungsgräben.

die Tagsatzung daher «den grossherzoglich badischen Rheinwuhr-Inspektor und Ingenieur-Major Johann Gottfried Tulla» (1770–1828) von Karlsruhe, der ihr für kurze Zeit vom Grossherzog von Baden ausgeliehen wurde. Dieser versierte Flussbauer – Escher bezeichnete ihn als «einen der fähigsten Wasserbaumeister unserer Zeit» (Hottinger 1852) – kam im September 1807 in Begleitung eines Gehilfen, dem Ingenieurgeometer Johann Christian Obrecht (1778–?), an die Linth und unternahm sogleich zahlreiche Profil- und Abflussmessungen. Anschliessend griff er das von Lanz 1784 vorgelegte Projekt auf und verfeinerte es bis zur Baureife. Das entsprechende Bauprojekt legte er schon nach knapp drei Monaten vor, dann riefen ihn die Amtsgeschäfte wieder nach Baden. Einige Bauleitungs- und Vermessungsaufgaben überliess er Obrecht, der 1807 und 1808 für je fünf Monate auf der Baustelle blieb. Tulla erschien nur noch einmal vor Ort, nämlich 1808 für einige Wochen. Für das Handwerkliche brachten Tulla und Obrecht noch «zwei geübte Faschinenleger aus dem Badischen» mit (Vischer 2000a).
Mit Tulla hielt der damals moderne Flussbau in der Schweiz Einzug (siehe auch Kapitel 3). Die bloss kurze Verfügbarkeit Tullas veranlasste Escher, neben seinen sonst schon grossen Verpflichtungen gleichsam jene eines Nachfolgers von Tulla zu übernehmen. Er nutzte deshalb die Kontakte mit Tulla und Obrecht dazu, sich rasch in den Flussbau einzuarbeiten, und erhielt diesbezüglich von Tulla 1808 eine brieflich ausgesprochene Anerkennung (Pestalozzi 1852). Von da an führte Escher neben dem Vertrags- und Rechnungswesen sämtliche weiteren Projektierungsarbeiten praktisch allein durch. Die Last der örtlichen Bauleitung teilte er mit Conrad Schindler von der Aufsichtskommission. Für Vermessungsarbeiten stand der Geometer Johann Rudolf Diezinger (1770–1847) von Wädenswil zur Verfügung. Später wirkten sowohl Tulla wie Escher gemeinsam oder einzeln auch als Experten für andere schweizerische Flusskorrektionen.

### Die Bauarbeiten am Molliser- und am Linthkanal

Die Kanderumleitung erhöhte den jährlichen Zufluss zum Thunersee um 60 %. Wie in Kapitel 6 erläutert, hatte man dort aber den Fehler begangen, die Kander in den See zu führen, ohne vorher dessen Abflussvermögen zu vergrössern. Nun ging es darum, die Linth in den Walensee umzuleiten und dessen jährlichen Zufluss gar um 160 % zu vermehren (Schnitter 1992). Durch die Erfahrungen an der Kander gewitzigt, machte man sich diesmal aber am Zufluss- und am Abflusskanal gleichzeitig an die Arbeit.
Den Auftakt bildeten Anfang August 1807 die Aushubarbeiten am Linthkanal, und zwar am Linthbett bei Ziegelbrücke und damit am Flaschenhals des Systems. Einen Monat später wurden die Bauarbeiten am Molliserkanal (heute Escherkanal) begonnen.
Wie schon in Kapitel 3 festgehalten, bediente man sich bei der Bemessung der Kanalprofile der neusten Methoden: Für die Verknüpfung der Fliessgeschwindigkeit mit dem Gefälle und der Querschnittsgrösse stand die Formel von Eytelwein (später als Chézy-Formel bezeichnet) zur Verfügung. Die Fliessgeschwindigkeit bestimmte man an ausgewählten Profilen mit dem Messflügel von Woltman. Und für das Gefälle konnte man sich auf gute Karten und Nivellements stützen. Einzig für die Berechnung des Geschiebetriebs besass man

keine verlässlichen Grundlagen – aber immerhin einen Anhaltspunkt für die Schleppkraft der Strömung. Ferner ist unklar, ob man für die Retentionsrechnung im über 20 km² grossen Walensee die Kontinuitätsgleichung benutzte oder sich mit Abschätzungen begnügte (Vischer 2000b).
Der Molliserkanal hatte eine Länge von 5 km (heute 6,4 km) und wurde als Doppelprofil ausgeführt. Als Bemessungshochwasser wurden ihm nach Legler (1868) 15'000 Kubikfuss pro Sekunde (405 m³/s) zu Grunde gelegt (siehe auch Abschnitt 3.2). Um aber einem Ausbrechen eines allfälligen grösseren Hochwassers auf die Linthebene vorzubeugen, wurde der rechte – also dem Walenberg entlang führende – Damm um 1 Fuss (0,30 m) niedriger gebaut. Heute würde man eine solche Vorkehrung im Fachjargon als Reissdamm oder allgemeiner als Soll-Bruchstelle bezeichnen.
Die Dämme selber waren nicht irgendwie gezont. Sie bestanden aus kiesigem und lehmigem Schüttgut, das meist an Ort und Stelle gewonnen wurde. Um es zumindest oberflächlich zu verdichten, wurde es «geschlagen» (Linth-Escher-Gesellschaft 2000). Als Erosionsschutz dienten nur Rasenziegel. Hingegen waren die Ufer des Mittelgerinnes mit einer Pflästerung abgedeckt und somit gegen die Schleppkraft der Strömung gesichert. Dasselbe galt auch für die Sohle, sofern sie auf Sand lag. Die Kalksteinblöcke dafür stammten hauptsächlich von entsprechend zerlegten Sturzblöcken am Fuss des Walenbergs. Es wurden aber auch Kalksteinblöcke von einem am Gegenhang liegenden Steinbruch über die Näfelser Brücke herangekarrt.
Um den Übergang von der Linth in den Molliserkanal zu bewerkstelligen, wurde die Linth bis fast 2 km flussaufwärts der Abzweigstelle korrigiert. Dabei wurden raffinierte Überlegungen berücksichtigt, um die grossen Geschiebebrocken zu verzögern und damit der natürlichen Zerkleinerung preiszugeben. Sie sollten nicht in ihrer vollen Grösse in den Molliserkanal wandern und dort zu Auflandungen führen (Pestalozzi 1852). Dieser Zerkleinerungseffekt wurde hinsichtlich seiner zeitlichen Entwicklung aber überschätzt (wie übrigens auch noch lange nachher, das heisst bis in die 1980er Jahre).
Verschiedene Probleme stellten sich am unteren Ende des Molliserkanals. Das Gelände war dort sumpfig und praktisch eben, so dass es einer Aufschüttung bedurfte,

Abb. 78 «Arbeit am Molliser-Kanal». Als Zeichner kommt K. Schindler, der Sohn von Conrad Schindler, in Frage.

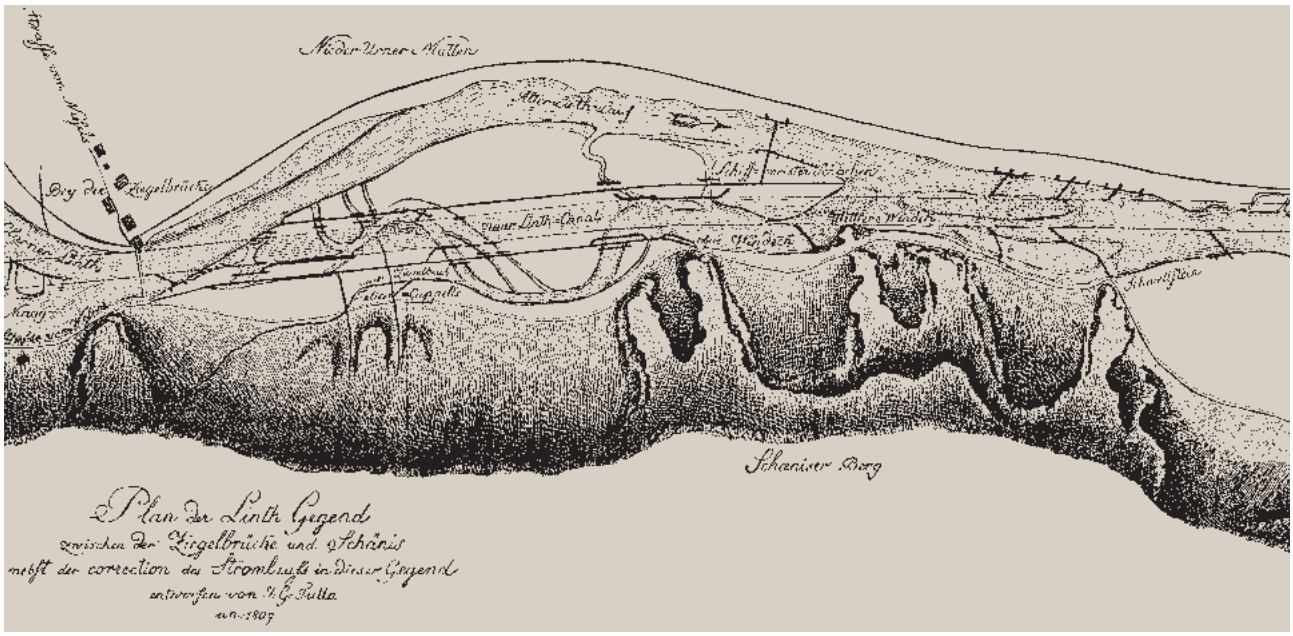


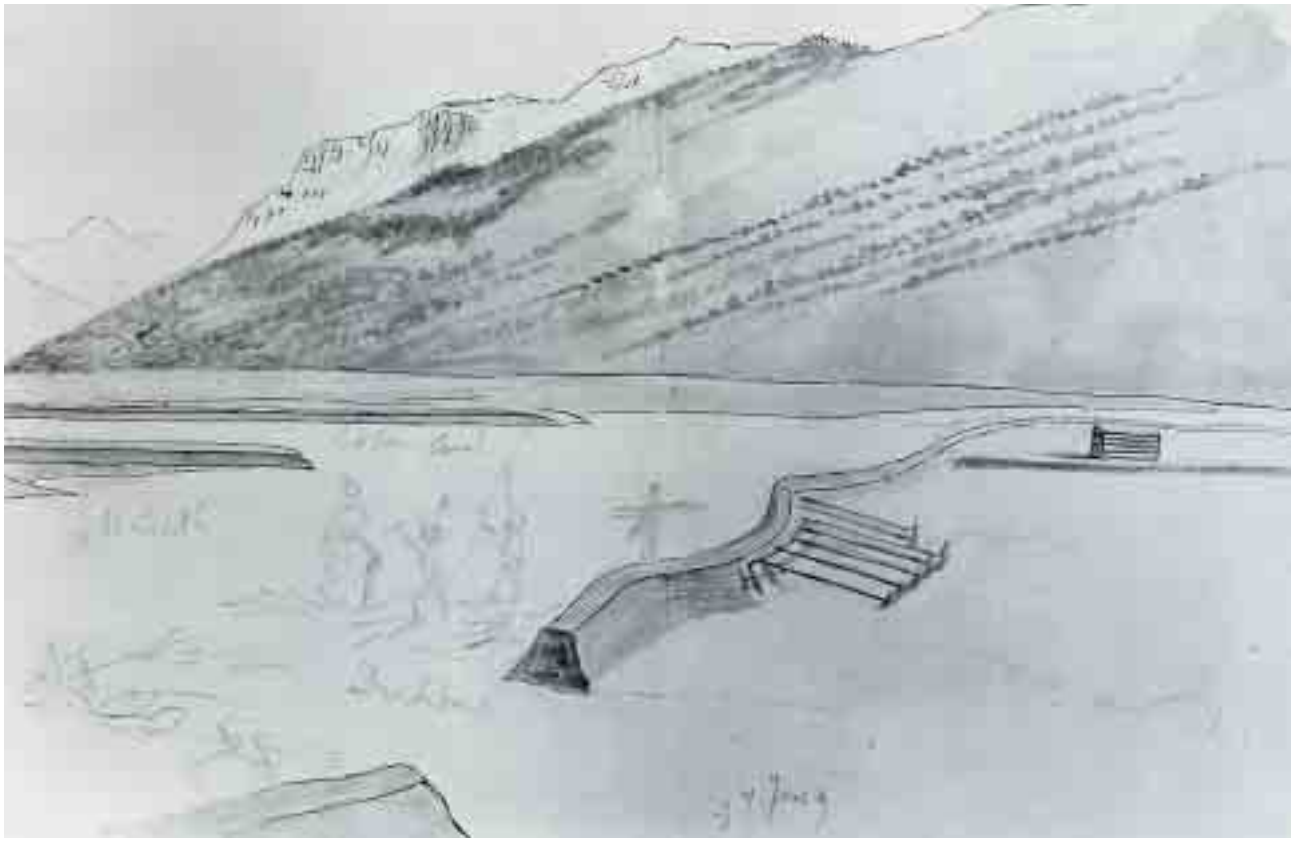

Abb. 79 «Plan der Linthgegend zwischen der Ziegelbrücke und Schänis nebst der Correktion des Stromlaufs in dieser Gegend, anno 1807» entworfen von J. G. Tulla, Zeichnung von D. Breitinger.

um das angestrebte einheitliche Kanalgefälle überhaupt einhalten zu können. Dann sah man selbstverständlich voraus, dass sich an der Mündung des Molliserkanals in den Walensee ein Delta bilden und den Kanal verlängern würde. Dementsprechend rechnete man dort noch mit späteren Kanalisierungsarbeiten (Vischer 1986). Den Zeitpunkt dafür konnte man freilich mangels Geschiebetheorie nicht voraussagen.
Schliesslich sei noch erwähnt, dass der Molliserkanal streckenweise von Binnenkanälen begleitet wurde, die allfällige Aussickerungen aus dem neu geschaffenen Linthlauf auffangen und das Grundwasser in der Linthebene auf einem passenden Niveau halten sollten.
Der Molliserkanal wurde querfeldein gebaut – gleichsam auf dem grünen Rasen. Im Unterschied dazu führte der 17 km lange Linthkanal über 13 km der Maag und der Linth entlang. Es handelte sich bei ihm

Abb. 80 Der fertige Molliserkanal gegen die Fliessrichtung gesehen. Zeichnung von H. C. Escher, 1816.

also praktisch um eine Begradigungsmassnahme für diese Flüsse. Einzig die 4 km lange Strecke von Giessen bis Grynau querte ein freies Feld. Aber auch sie kann als Durchstich einer damals weit nach Westen ausholenden Schlinge der Linth gedeutet und damit zur Begradigungsmassnahme gezählt werden. Das erklärt, weshalb der Linthkanal, der die Linth mehrfach an- oder durchschnitt, eine variantenreichere Bauweise und vor allem eine geschickte Etappierung in 12 Teilstrecken erforderte.
Der Linthkanal wurde ebenfalls als Doppelprofil erstellt. Dem grösseren Einzugsgebiet entsprechend wurde das Mittelgerinne für einen grösseren Abfluss bemessen. Hingegen konnte für das gesamte Profil unter Berücksichtigung der Seeretention ein kleineres Bemessungshochwasser von 10'000 Kubikfuss pro Sekunde (270 $m^3/s$) gewählt werden (Legler 1868). Das Gefälle war im Mittel dreimal geringer, doch wurde es dem Terrain angepasst: oben bei Ziegelbrücke grösser, unten bei Grynau kleiner. Die Höhenlage wurde auf zwei Ziele ausgerichtet: Einmal sollte der Walensee um 6 Fuss (1,8 m) abgesenkt werden und zum anderen das Linthbett bei Ziegelbrücke um 16 Fuss (4,8 m). Wegen des aus dem Walensee stammenden und daher geschiebefreien Wassers waren keine grösseren Auflandungen zu erwarten, hingegen Erosionsangriffe mit entsprechenden lokalen Bankbildungen.
Die Dämme des Linthkanals waren aber gleich gestaltet wie am Molliserkanal, besassen als Erosionsschutz somit bloss eine Grasbedeckung. Das Mittelgerinne scheint überhaupt nicht verkleidet gewesen zu sein, weil es weitgehend von der Strömung ausgewaschen worden war und es auch weiterhin wurde. Bei torfigem Untergrund gab es naturgemäss starke Dammsetzungen, die meist mehrmalige Nachbesserungen erforderten.
Zu erwähnen bleibt noch, dass der rechte Damm eine gewisse Verstärkung erfuhr, weil er den Reckweg (Treidelweg) für die Schifffahrt trug. Ausserhalb der Dämme folgten dem Linthkanal über die ganze Linthebene hin zwei Binnenkanäle, die das aussickernde Wasser sowie die Seitenbäche aufnahmen. Zudem hielten sie das Vieh vom Betreten der Dämme und Vorländer ab und verhinderten damit Trittschäden (Vischer 1986).
Die Durchführung aller Arbeiten erfolgte von Hand und mit den in Kapitel 4 für die Handarbeit als typisch bezeichneten Methoden, Werkzeugen und Transport-

Abb. 81 Dammbruch an der alten Linth bei Schänis, Skizze von H. C. Escher im Juni 1809. Die Bresche entstand bei Hochwasser an einer Kreuzungsstelle mit dem Linthkanal (Cölen-Kanalstrecke).



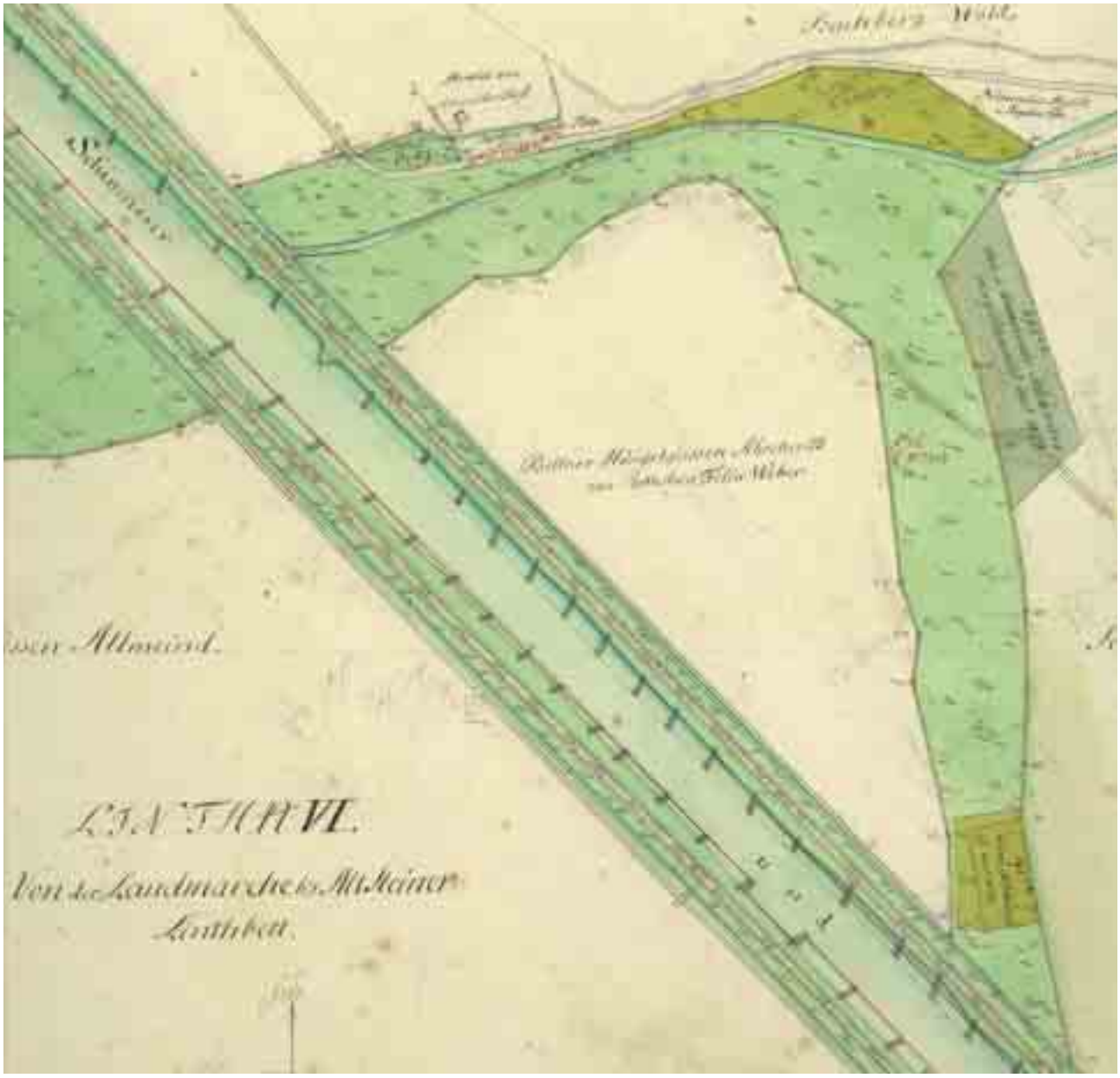



Abb. 82 Linthkanal «von der Landmarche bis Alt Steiner Linthbett» (nördlich von Bilten) aus dem Linthplan von C. Salvetti, 1843. Fliessrichtung von unten rechts nach oben links.

mitteln. So liess man beim Bau des Linthkanals den Fluss mitarbeiten, das heisst, er besorgte einen grossen Teil des Aushubs durch Auswaschung selber. Die zur Lenkung der Strömung notwendigen Leitwerke erstellte man in Faschinenbauweise. Dort, wo die Sohle der Auswaschung widerstand, lockerte man sie mit so genannten Bohrrudern auf. Das waren lange, schwere und am Blatt mit Eisen beschlagene Ruder, mit denen man von verankerten Schiffen aus den Grund aufwühlte. Dort, wo in der Tiefe Fels anstand – und das war im Raum Ziegelbrücke in Form von Nagelfluh der Fall –, führte man Unterwassersprengungen durch.

In Abschnitt 4.3 wurde hervorgehoben, dass Grabarbeiten von Hand in mehr als 1 m tiefem Wasser kaum machbar sind. Nun gab es aber einige Stellen am Linthkanal, die einen tieferen Aushub erforderten. Sie lagen neben der Linth im Grundwasser und wurden in kleinen viereckigen Baugruben abgeteuft, die mit Holzwänden eingefasst und mit Schöpfgefässen entwässert wurden. Damit gelangte man bis 1,8 m unter den Grundwasserspiegel.

In Spitzenzeiten waren an den insgesamt 24 km langen Kanal- und Korrektionsbauten bis zu 800 einheimische Arbeiter beschäftigt. Die Aushubarbeiten

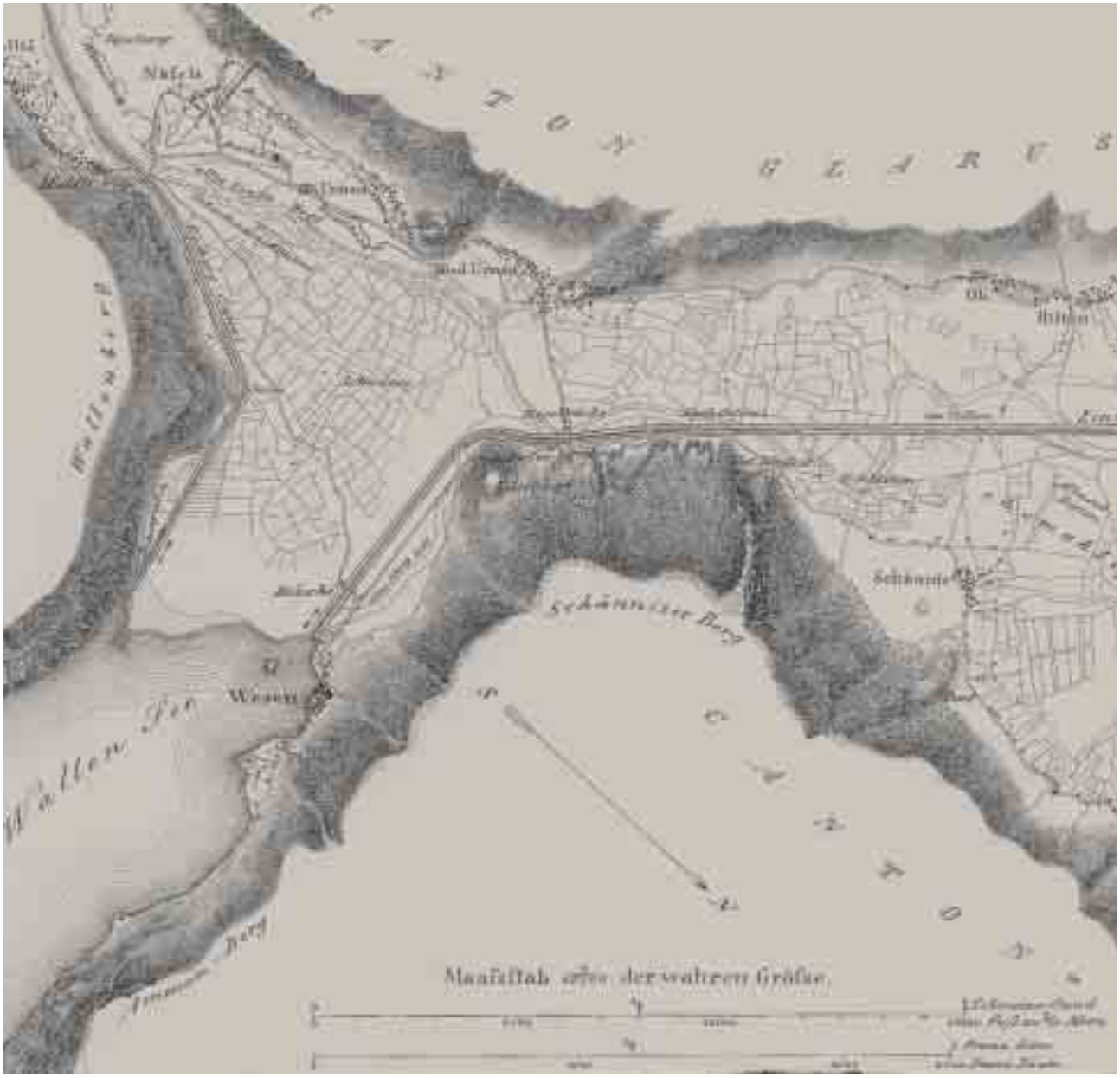



Abb. 83 Oberer Teil der «Carte des Linthtales und der zur Entsumpfung der Thalebene ausgeführten Canäle» von H. Pestalozzi, 1852.

versteigerte Escher jeweils an so genannte Unternehmungslustige. Das waren Führer von Akkordgruppen zu 10 bis 15 Mann mit den entsprechenden Werkzeugen. Sie erhielten jeweils Kanalabschnitte von rund 30 m zugewiesen (Cavelti & Brandenberger 1996). Andere Arbeiten wurden im Verding (in Regie) ausgeführt.

Der Molliserkanal war Anfang 1811 fertig gestellt. Da er vollständig von Hand – das heisst ohne Zuhilfenahme der Erosionskraft der Linth – ausgehoben worden war, enthielt er zunächst noch kein fliessendes Wasser. Deshalb geriet die Einleitung der Linth am 8. Mai dann zu einem spektakulären Ereignis, das Tausende von Schaulustigen anzog. «Mit dem angestrengtesten Fleisse» – so schildert ein Bericht von 1824 diese heikle Phase – «durchstachen die Linth-Männer an diesem, ihrem Ehrentage den hohen Sandwall, ermuntert durch das Interesse der Zuschauer. Ein Freudenruf und siehe: Die Linth folgt ihrem Meister und Führer, wie er will! Erst ein Bächlein, das die neue Bahn sucht, dann immer breiter, tiefer und voller, Welle auf Welle. Die Sandufer (beim Sandwall) stürzen ein, wogend und schäumend stürzt sie in den Kanal und ist gefangen im schönen, geregelten Bette, und nun fliesset der

Abb. 84 Der Walenseeausfluss nach der Korrektion und dem Bahnbau, Aquatinta von R. Dikenmann, 1860. Blick vom Biberlikopf (Hügel östlich von Ziegelbrücke) gegen Weesen und Walensee.

reissende Strom gefällig in sanften Wellen dem tiefen Walensee zu» (aus Noseda 2001).
Von diesem Zeitpunkt an war einerseits die Linthstrecke von Mollis bis Ziegelbrücke trockengelegt, andererseits erhielt die anschliessende Linthstrecke bis zum Zürichsee kein weiteres Linthgeschiebe mehr, sondern nur noch klares Walenseewasser. Das erleichterte selbstverständlich die Fertigstellung der Arbeiten am Linthkanal beträchtlich. Seine Eröffnung erfolgte am 17. April 1816 mit dem Abschluss der Strecke Giessen–Grynau, die damals als Benkenerkanal bezeichnet wurde.

## 7.4 Das Linthwerk und die Nacharbeiten

### Die Eidgenössische Linthkommission

Mit der Fertigstellung des Molliser- und des Linthkanals war das Linthwerk in seinen wesentlichen Zügen abgeschlossen und zeitigte bald erste positive Auswirkungen. Zwar verursachten Hochwasser 1817 nochmals einige Überschwemmungen, doch waren diese insofern von Nutzen, als sie das Linthkanalbett – das nun ja Flussbett war – auswuschen und verbreiterten. Sie bedingten aber auch erste Nacharbeiten.
Bemerkenswert ist, dass 1827 das Aktienunternehmen abgeschlossen und die Aktien – deren Anzahl man im Verlauf der Arbeiten auf 4070 aufgestockt hatte (Davatz 1990, 1991) – bis 1845 zurückgenommen beziehungsweise abgegolten werden konnten, abzüglich eines geschenkten Betrags in der Grössenordnung von 10 % (Meier 1985). Die 100'000 Rubel, die der russische Zar 1814 als Hilfe für die Ostschweiz an Escher überwies, gingen nicht in diese Abrechnung ein, sondern dienten Armenschulen und karitativen Zwecken.
Es war den Verantwortlichen für das Linthwerk klar, dass ihr Werk auch nach dem Abschluss der Hauptarbeiten einer ständigen Begleitung bedurfte. Zu diesem Zweck wurde die Eidgenössische Linthkommission geschaffen, deren Aufgaben die Tagsatzung bereits

1812 umriss. Ihre spätere und bis in die jüngste Zeit gültige Organisation stützte sich dann auf einen Bundesbeschluss von 1862 und ihre Kompetenzen auf Bundesgesetze von 1867 und 1882. Sie setzte sich aus Vertretern des Bundes und der Kantone Zürich, Schwyz, Glarus und St. Gallen zusammen und bildete eine Art Verwaltungsrat. Die Geschäftsführung besorgte der ihr unterstellte Linthingenieur mit seinem Stab (Jud 2001).

### Die wichtigsten Nacharbeiten

Es würde zu weit führen, hier alle Nacharbeiten zu beschreiben. Deshalb seien nur einige wichtige erwähnt: Im Molliserkanal blieb mehr und mehr Geschiebe liegen. Um das zu verhindern, wurde sein Mittelgerinne ab 1832 durch Steinbuhnen eingeengt. Das verminderte aber die gesamte Abflusskapazität, weshalb die Linth 1840, 1841 und 1846 über die Dämme ausbrach. Daher ging man ab 1841 daran, den Molliserkanal durch das inzwischen an seiner Mündung in den Walensee aufgeschüttete Delta hindurch zu verlängern und die Dämme zu erhöhen. Eine weitere Verbesserung brachte eine nochmalige Absenkung des Walensees durch Ausweitungen an seinem Ausfluss bei Weesen. Bis 1865 erreichte diese Absenkung bei Hochwasser schliesslich 4 m (Kobelt 1922).
Im Linthkanal war das Mittelgerinne – wie erwähnt – nicht befestigt, weshalb es zunehmend ausgewaschen wurde. Das heisst, es bildeten sich mit der Zeit unerwünschte Verbreiterungen, Vertiefungen und Bänke. Um dem vorzubeugen, wurden die Ufer entsprechend einer festgelegten Normalbreite mit kurzen Faschinen- und Steinbuhnen fixiert, was offenbar noch unter Eschers Leitung geschah (Speich 2001b). Links und rechts des Linthkanals galt es überdies, die Seitenbäche den neuen Verhältnissen anzupassen. Da sie ihr Geschiebe nicht in die Binnenkänale tragen durften, erhielten sie alle ein Geschiebeauffangbecken (Legler 1868).
Solche Massnahmen gegen die Geschiebezufuhr verlangte das Linthwerk übrigens auch am Molliserkanal und an der Glarner Linthstrecke oberhalb. Das begründete in den 1840er Jahren dann die Verbauung der Rüfirunse in Mollis und von dort ausgehend den modernen schweizerischen Wildbachverbau (siehe Kapitel 12).

### Die Linthingenieure

Escher erlebte den Abschluss des Aktienunternehmens nicht mehr. Er starb 1823 als verehrter Retter der Linthgegend und deren dankbarer Bevölkerung. Für seinen staunenswerten Einsatz hatte er kein Gehalt beansprucht. Die Tagsatzung, die seine Dienste schon zu seinen Lebzeiten anerkannt hatte, verfügte im selben Jahr noch, ihm und seinen männlichen Nachkommen den ehrenden Beinamen «von der Linth» zu geben und den Molliserkanal als Escherkanal zu bezeichnen. Ferner wurde die Errichtung eines Denkmals bei Ziegelbrücke beschlossen, das dann freilich bloss als Gedenktafel verwirklicht wurde. Unter einer lateinischen Würdigung steht darauf:

«Dem Wohlthäter dieser Gegend,
Joh. Conrad Escher von der Linth,
geb. den 24. August 1767,
gest. den 9. März 1823,
die Eidgenössische Tagsatzung.
Ihm danken die Bewohner Gesundheit,
der Boden die Früchte,
der Fluss den geordneten Lauf,
Natur und Vaterland hoben sein Gemüth.
Eidgenossen!
Euch sey er Vorbild!»

1832 wurden seiner Familie noch einige Gedenkmünzen in Gold überreicht (Zipkes 1986).
Eschers Erbe an der Linth traten bis 1895 nacheinander die Linthingenieure Salomon Hegner (1789–1869), Alois Negrelli (1799–1858), Richard La Nicca (1794–1883) und Gottlieb Heinrich Legler (1823–1897) an. Von ihnen wird noch im Zusammenhang mit anderen Flusskorrektionen die Rede sein.

Abb. 85 Rheintal, Blick von Vaduz talaufwärts. Geschiebeanreicherungen im Rheinbett, Schutzdamm mit Baumbeständen am oberen Rand der Siedlung. Zeichnung von F. Schmidt, Stich von F. Salathé um 1830, Ausschnitt.

# 8 Die Korrektion des Alpenrheins von 1862–1900

## 8.1 Die Konzentration der Flussdynamik auf die Mündung

### Die Dynamik vor den menschlichen Eingriffen

Es wurde bereits in Abschnitt 2.1 gesagt, dass die Flüsse dynamisch sind und ihre Umwelt verändern. Das beschert den Anwohnern zwangsläufig Ausuferungen, Übersarungen und Erosionsschäden. Da diese Dynamik – zumindest im Alpenraum – oft unterschätzt wird, soll sie hier am Beispiel des Alpenrheins verdeutlicht werden.
Der durch die Erosion bewirkte Abtrag des Bodens im Einzugsgebiet des Alpenrheins beträgt im örtlichen und zeitlichen Mittel 0,5 mm pro Jahr. Entsprechend der Einzugsgebietsfläche von insgesamt 6100 km$^2$ führt das zu einer Geschiebe- und Schwebstofffracht des Alpenrheins von etwa 3 Mio. m$^3$ pro Jahr. So viel trägt der Alpenrhein heute also jährlich in den Bodensee ein. Und er tut es, weil er durch flussbauliche Massnahmen daran gehindert wird, seine Feststoffe wie früher im Rheintal abzulagern.
Was geschah, als der Lauf des Alpenrheins noch nicht vom Menschen beeinflusst war – beispielsweise im 10. Jahrhundert? Damals transportierte der Alpenrhein nur einen Teil seiner Feststoffe bis zum Bodensee. Dementsprechend wuchs dort sein Delta langsamer als heute. Geht man vereinfachend davon aus, dass der Alpenrhein und seine Seitenbäche die gesamten 3 Mio. m$^3$ pro Jahr zwischen Ragaz und dem Bodensee auf etwa 300 km$^2$ Fläche gleichmässig verteilten, ergab das eine mittlere Hebung des Rheintals von 1 cm pro Jahr, also von 1 m in 100 Jahren oder 10 m in 1000 Jahren.
Diese Berechnung liefert selbstverständlich nur Grössenordnungen. Wenn man sich aber vergegenwärtigt, dass die geschilderte Hebung in Wirklichkeit keine gleichmässige war – weder örtlich noch zeitlich betrachtet –, so erahnt man die Dynamik. Jedes Hochwasser brachte Überschwemmungen, Übersarungen und Laufveränderungen mit sich. Dabei wurden Altläufe abgeschnitten und einige flache Seen ausgespart, die dann langsam verlandeten und zu Sümpfen wurden. Das heisst, die von Hantke (1992) für das Quartär beschriebene, recht bewegte Talgestaltung war noch ungebrochen in Gang. Sie erlaubte keine ausgedehnte Besiedlung des Rheintals mit einer intensiven Landwirtschaft.

### Das Ziel der Eingriffe

Nun hat der Mensch offenbar etwa ab dem 11. Jahrhundert dieser Dynamik Einhalt geboten, indem er den Alpenrhein und seine Seitenbäche einschränkte. Er tat es zuerst gleichsam nur zögerlich und punktweise; dann machte er sich mutiger an ganze Strecken; und schliesslich führte er eine umfassende Korrektion durch.
Die Alpenrheinkorrektion kann deshalb als Anstrengung gewertet werden, die Flussdynamik im Rheintal

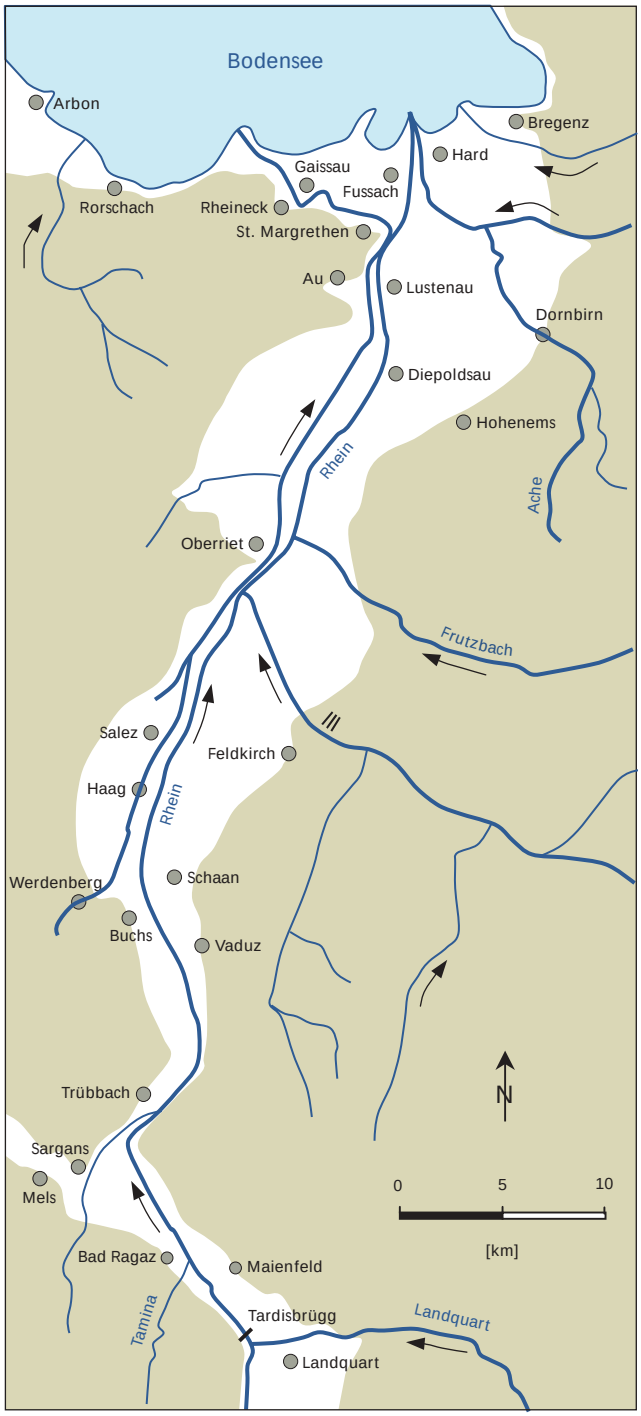



Abb. 86 Heutige Situation des Alpenrheins von der Landquartmündung bis zum Bodensee.

Abb. 87 Schupfwuhren und Hinterdämme am Rhein bei Haag. Fliessrichtung von links nach rechts. Plan von H. C. Römer für die Herrschaft Sax, 1770.

zu unterbinden beziehungsweise an die Mündung zu verlagern. Das ermöglichte dem Menschen eine weitgehend sichere Nutzung des Raumes, bedingte aber auch den von Kaiser (1990a, 2002) und anderen geschilderten Landschaftswandel. Will man diese Nutzung weiterhin aufrechterhalten, gibt es kein Zurück mehr. Denn vielerorts steigen die Hochwasserspiegel des eingedämmten Alpenrheins jeweils weit über die angrenzenden Ebenen. Grosse Teile des Rheintals liegen bei Hochwasser sozusagen in einer Depression, was an holländische Verhältnisse gemahnt. Damit soll nicht etwa gesagt werden, dass Renaturierungen ausgeschlossen sind. Sie werden sich im Alpenrhein selber aber auf kleinere Massnahmen beschränken müssen. Im Delta hingegen, wo die Dynamik gegenüber früher ja verstärkt worden ist, lässt sich grundsätzlich mehr erreichen.

**Streichwehre, Schupfwuhren, Hinterdämme**

Die ersten Massnahmen zur Abwehr von Überschwemmungen und Ufererosionen wurden nach Wey (1890) etwa im 11. Jahrhundert ergriffen. Es war der Anfang eines Wuhrwesens, das bis zum Ende des 18. Jahrhunderts dauerte. Zunächst wurden Streichwuhren und Schupfwuhren erstellt. Die Streichwuhren waren Längswerke, die unmittelbar die Ufer verstärkten und sie damit erosionsfester gestalteten. Die Schupfwuhren bestanden, wie in Abschnitt 4.1 geschildert, aus einzelnen, buhnenartigen Querwerken, die die Strömung von den Ufern wegwiesen. Sie hielten damit «ihre» Ufer von Strömungsangriffen frei, belasteten aber grundsätzlich die Gegenufer. Das führte zwangsläufig zu Streitigkeiten, die vor allem vom 15. Jahrhundert an dokumentiert sind. Sie stellten aber nicht den einzigen Streitpunkt dar. Wey (1890) berichtete auch von Kontroversen um andere schlechte Wuhrarbeiten oder wegen der Unterlassung derselben. Einzelheiten über die historische Entwicklung bis 1853 trug insbesondere Hungerbühler (1854) zusammen.
Unter dem Eindruck einer Häufung von Hochwassern im 18. Jahrhundert begann man auch längere Rheinstrecken zu sichern. Dies geschah einerseits durch eine örtliche Vermehrung der Schupfwuhren und damit deren Verdichtung zu eigentlichen Buhnenreihen. Andererseits wurden in einigen flachen Gebieten Hinter- oder Binnendämme aufgeschüttet.
Die Akteure waren im Wesentlichen die Anlieger des Rheins und bei grösseren Vorhaben allenfalls auch die Rücklieger. Im Grundsatz war der Hochwasserschutz eine Angelegenheit der Rheintalgemeinden. Diese befestigten in der Regel ihre Ufer nur flussaufwärts und neben ihren Dörfern, um vor allem diese zu schützen. Flussabwärts unternahmen sie wenig oder nichts (Kaiser 2002). Das führte natürlich trotz allen Anstrengungen immer wieder zu Rückschlägen in Form von Überschwemmungen, Erosionen und Zerstörungen.
Die zunehmende Belastung der Wuhrpflichtigen und die endlosen Streitigkeiten führten schliesslich zum Eingreifen der eidgenössischen Tagsatzung. Den unmittelbaren Anlass dazu boten die katastrophalen Hochwasser von 1762 und 1768. Die Tagsatzung und die Zürcher Regierung beorderten den Zürcher Ingenieurhauptmann Hans Conrad Römer (1724–1779) vor Ort, wo dieser den Rheinlauf in Karten aufnahm, die bestehenden Verbauungen beurteilte und Weiterungen vorschlug. Zu seinem Gutachten gehörten auch genaue Anweisungen für den Bau von Wuhren und Dämmen sowie ein Pflichtenheft für die von ihm als notwendig erachteten Wuhrmeister. Das begründete zwar noch keine Rheinkorrektion, aber zumindest eine «unité de doctrine», nach der sich das Wuhrwesen fortan ausrichtete (Kaiser 1990b).

## 8.2 Die Regulierung von Ragaz bis Monstein (so genannte St. Galler Regulierung)

**Die Sorge um die Wasserscheide bei Sargans**

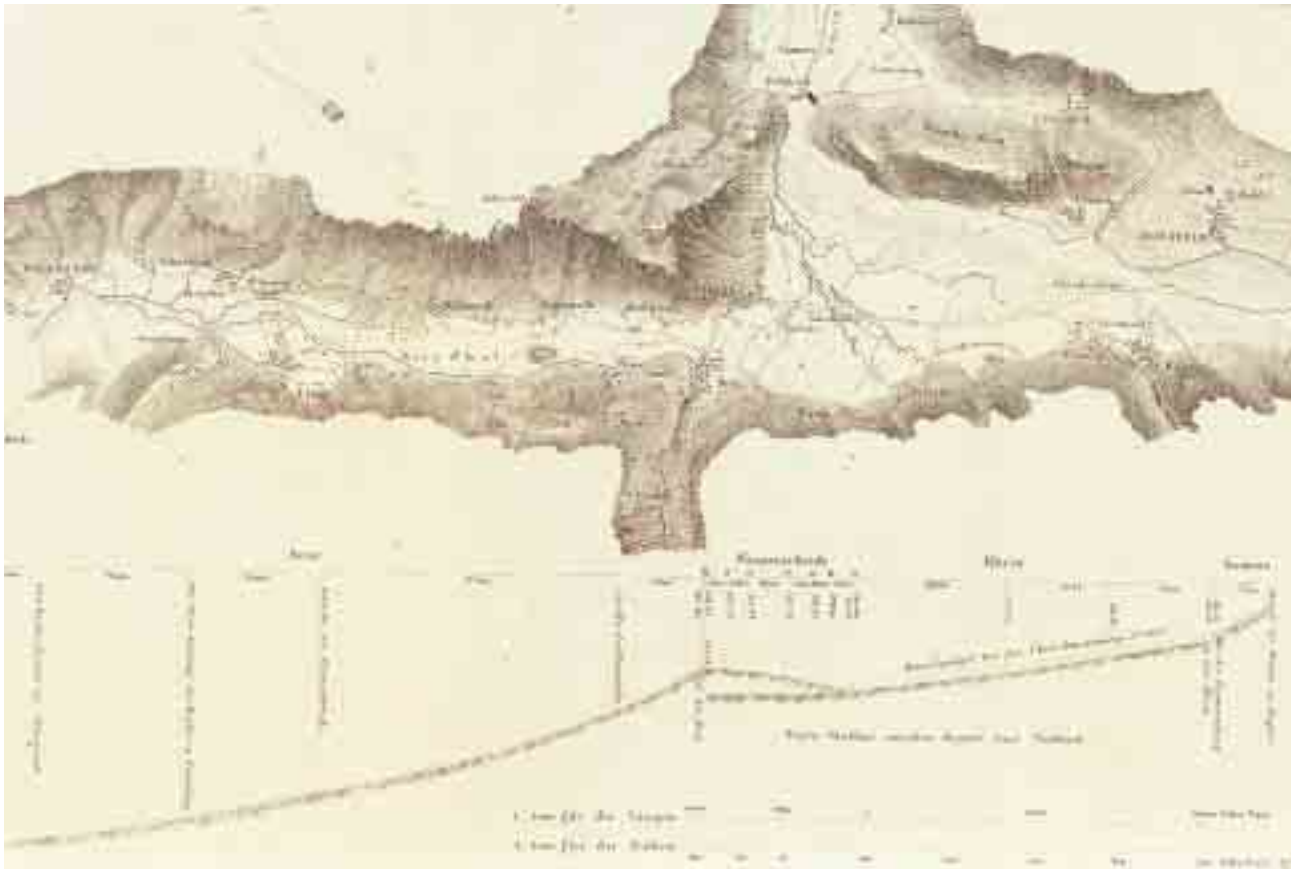
1817 machte ein grosses Hochwasser im Rheintal erneut zwei Schlüsselstellen sichtbar: die Ebene bei Sargans und den Raum unterhalb der Illmündung. In der Ebene von Sargans liegt die Wasserscheide zwischen dem Rheintal und dem Gebiet des Walen- und Zürich-

sees nur wenige Meter über dem höchsten Rheinspiegel. Damit besteht grundsätzlich die Möglichkeit, dass ein Rheinhochwasser Richtung Walen- und Zürichsee ausbricht. Das würde dort – weil die Spitzenabflüsse des Rheins die Kapazität des Linthkanals und der Limmat um eine Grössenordnung übertreffen können – zu einer Katastrophe führen.
Es scheint, dass Hans Conrad Escher (1767–1823) zu Beginn der Linthkorrektion auf diese latente Gefahr hinwies (Solar 1998) und dabei die Befürchtung äusserte, das Rheinbett könnte sich bei Sargans ebenso schnell heben wie das Linthbett bei Ziegelbrücke und so den Ausbruch provozieren. Jedenfalls liess Escher 1808 zwischen Walenstadt und dem Rhein ein Nivellement ausführen (Solar 1998). Die Befürchtung bewog die eidgenössische Tagsatzung 1817, eine Kommission ins Rheintal abzuordnen, der offenbar neben Escher auch Johann Heinrich Pestalozzi (1790–1857) und Salomon Hegner (1789–1869) angehörten (Solar 1998). Aufgrund ihrer Berichte und einer Situation mit Längenprofil von Pestalozzi von 1818 wandten sich die betroffenen Kantone Graubünden, St. Gallen, Glarus, Schwyz, Zürich und Aargau 1819 an den Flussbauexperten Johann Gottfried Tulla (1770–1828) von Karlsruhe, der noch im selben Jahr ein Gutachten verfasste und im Wesentlichen Folgendes empfahl: Korrektion des Rheins von der Tardisbrücke bis Trübbach, ein Aufschlämmen (Kolmation) der Ebene bei Sargans und die Errichtung eines starken Damms von Mels bis Sargans (Vischer 2000a). Da sich die Kantone aber nicht über die Kosten einigten, geschah nichts Konkretes. 1830 arbeitete der Bündner Oberingenieur Richard La Nicca (1794–1883) ein weiteres Projekt für eine Korrektion des Rheins und seiner Seitenbäche bei Sargans aus (Braschler 1967). Die Sorge um die Wasserscheide bei Sargans blieb naturgemäss wach. 1847 schlug Pestalozzi dort nochmals einen Damm von mehreren Metern Höhe vor. Auch wehrte sich Zürich später gegen ein Projekt, das einen Flosskanal über diese Wasserscheide vorsah, und um 1860 gegen einen von der Bahn geplanten Einschnitt (von Muralt 1880).

### Der Blick auf das Ganze

Das Interesse der Wasserbauer konzentrierte sich aber auch auf den Raum unterhalb der Illmündung (siehe nächsten Abschnitt). Schliesslich fasste der Kanton St. Gallen die ganze 60 km lange Rheinstrecke von der

Abb. 88 Plan und Längenprofil (fünffach überhöht) des Rhein- und des Seeztals von Ragaz bis Trübbach und von Sargans bis zum Walensee, erstellt von J. H. Pestalozzi, 1818.



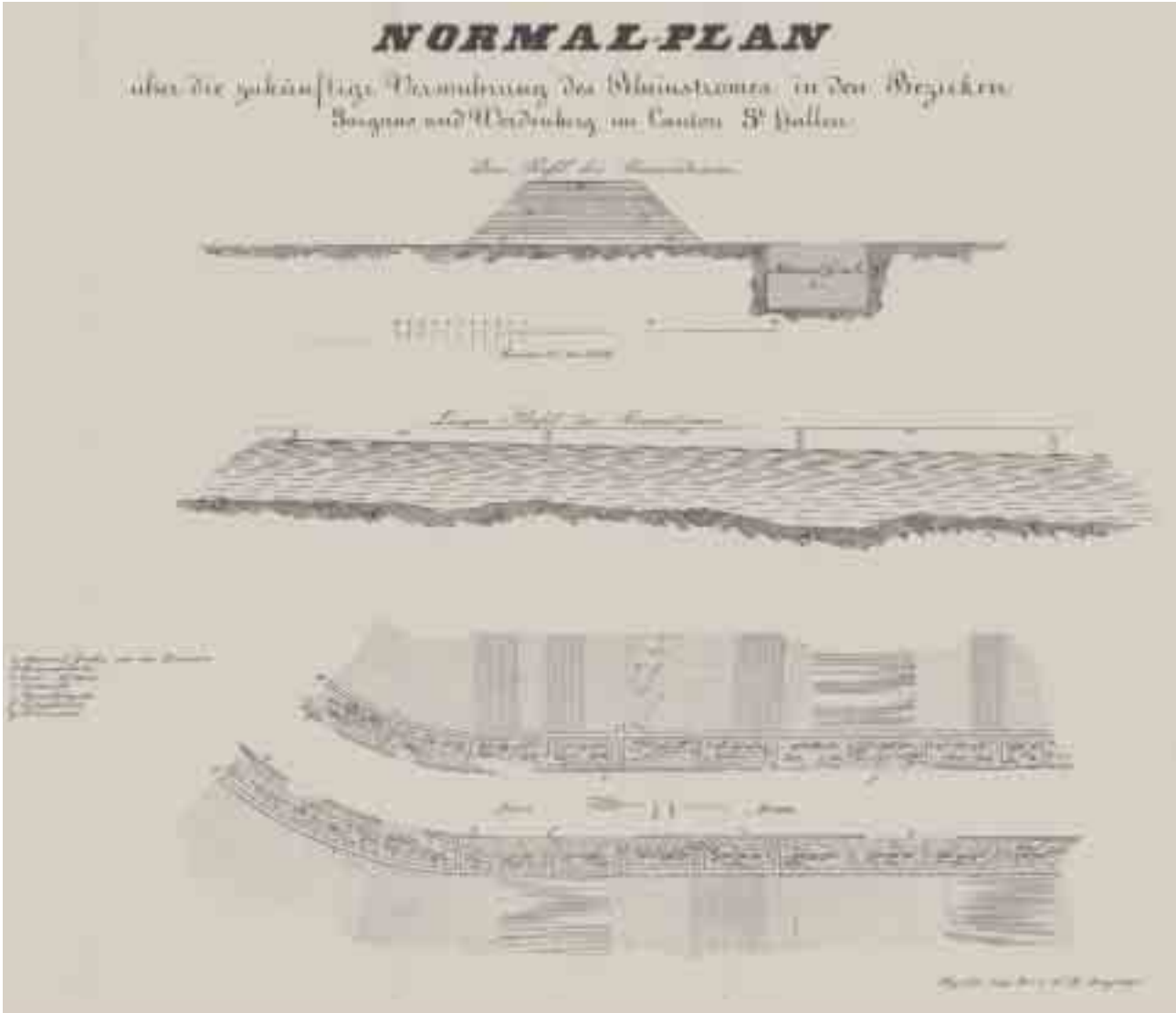



Abb. 89 «Normal-Plan über die zukünftige Verwuhrung des Rheinstromes in den Bezirken Sargans und Werdenberg im Canton St. Gallen» von A. Negrelli, 1835.

Tardisbrücke oberhalb von Ragaz bis zum Bodensee ins Auge und setzte sich auch mit den anderen Anliegerstaaten in Verbindung. Insbesondere schloss er 1837 mit Liechtenstein den «Vertrag ... über die Uferbauten am Rhein längs der ganzen beidseitigen Gränze» ab. Schon zwei Jahre vorher hatte der kantonale Strassen- und Wasserbauinspektor Alois Negrelli (1799–1858) seinen «Normalplan» vorgelegt, der praktisch ein durchgehendes Doppelprofil zwischen Hochwasserdämmen vorsah. Den gleichen Bestrebungen widmete sich dann auch sein Nachfolger Friedrich Wilhelm Hartmann (1809–1874). Die Öffentlichkeit wurde aber erst durch die Hochwasserserie ab 1846 aufgerüttelt (Kaiser 2002). So soll der Hochwasserspiegel bei Sargans einmal bis 2,30 m unter die erwähnte Wasserscheide zum Linth-Limmat-Gebiet gestiegen sein (Knäble 1970).

1853 begannen ernsthafte Planungsarbeiten. Im selben Jahr trat im Kanton St. Gallen das «Gesetz über eine durchgreifende Rheinkorrektion» in Kraft, wobei die Verantwortung für den Hochwasserschutz am Rhein von den Gemeinden an den Kanton überging. Ähnliche Kompetenzregelungen wurden auch in den andern Anliegerstaaten vorgenommen. Zudem wurden neue Kostenteiler festgelegt, so seitens der Schweiz erstmalig mit einer Beteiligung des Kantons St. Gallen und des Bundes. 1861 einigten sich die Uferstaaten auf so genannte Recesslinien, denen die neuen Hochwasserdämme folgen mussten (Stuber 1949). Von der Tardisbrücke bis zur Illmündung sollte in der Regel ein

Abb. 90 «Vater Rhein und ein Korrektor». Karikatur des unermüdlichen Einsatzes von Regierungsrat J. M. Hungerbühler für die St. Galler Rheinkorrektion, 1861.

einfaches Trapezprofil und von da bis Monstein (an der Grenze zwischen Au und St. Margrethen) ein Doppeltrapezprofil gewählt werden, wobei man das erste als Hochwuhr und das zweite als Doppelliniensystem bezeichnete.

### Beginn der Flussbauarbeiten

Die Bauarbeiten begannen Anfang der 1860er Jahre. Hartmann, der verantwortliche St. Galler Oberingenieur, teilte seine Strecke in drei Sektionen ein, die je einem Sektionsingenieur unterstanden. Die Ausführenden waren ursprünglich Wuhrpflichtige sowie Ortsgenossen und später zunehmend Bauakkordanten. Gearbeitet wurde von Hand. Nur allmählich wurde der Transport durch Rollbahnen erleichtert; die erste Baulokomotive fuhr ab 1874 (Kaiser 2002).

Beim einfachen Trapezprofil wurden die Hochwasserdämme aus Kies geschüttet und wasserseitig mit einem Steinbesatz gegen Erosion geschützt. Der Böschungsfuss wurde zusätzlich durch Steinlagen (Vorgrund) beschwert und ruhte im Niederwasserbereich auf einem Faschinenwerk. Die bald einsetzenden Auflandungen der Rheinsohle machten dann mehrere Dammerhöhungen erforderlich. Dort, wo landseitig alte Binnendämme lagen, wurden die von ihnen definierten Überschwemmungsflächen aufgehoben. Um diese intensiver kultivieren zu können, wurden sie teilweise aufgeschlämmt. Das bis zu mehreren Metern starke Ablagerungsgut stützte dann auch die neuen Hochwasserdämme landseitig. Die Methode der Kolmation ist in Abschnitt 4.1 beschrieben. Nach Wey (1890) wurden im linken Hochwasserdamm zwischen Ragaz und Salez 5 Kolmationsschleusen eingebaut. Rechtsufrig wurde auf solche Massnahmen verzichtet.

Beim Doppeltrapezprofil wurden die Hochwasserdämme auf die gleiche Art aus Kies geschüttet, besassen aber ausser einer Grasnarbe keinen Erosionsschutz. Das Mittelgerinne wurde seitlich durch steinbesetzte Längswerke eingefasst, die etwas über das Vorland hinaufragten. Ihr wasserseitiger Fuss war ähnlich verstärkt und gegründet wie die Hochwasserdämme des einfachen Trapezprofils. Das Vorland wurde später bei Hochwasser folglich nur dann beansprucht, wenn das Wasser über die Längswerke stieg.

Die Koordination mit den rechtsufrigen Anliegerstaaten war bloss eine lockere, was zu Schwierigkeiten führte, wie beispielsweise zu einigen vermeidbaren

Abb. 91 Dammtypen für die St. Galler Rheinkorrektion. Oben Hochwuhr von Ragaz bis Oberriet, unten Doppelliniensystem von Oberriet bis Monstein.

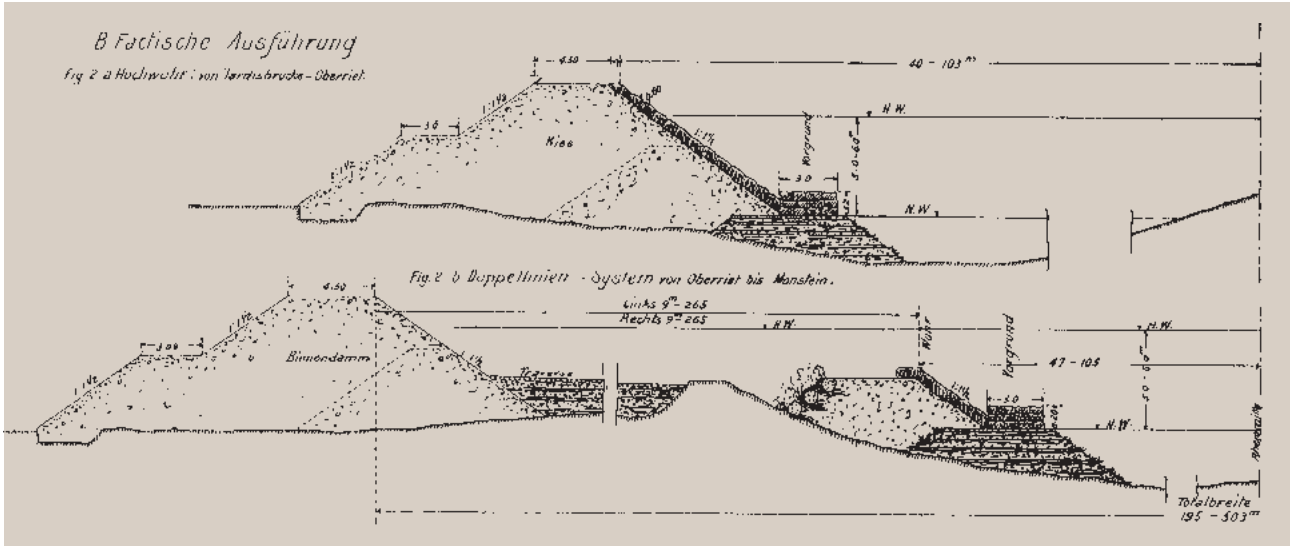


Abb. 92 Rheinausbruch auf der Schweizer Seite, 1868. Blick talaufwärts auf die Bahnstation Au und die dortigen Industriebauten.

Auflandungen im Rheinbett (von Salis 1883). Auch schütteten die Liechtensteiner die Hochwasserdämme weniger hoch als die St. Galler (Ospelt 1990), so dass sie schlechter geschützt waren. Dieser Unterschied wurde auch bei den erwähnten späteren Dammerhöhungen nie ganz ausgeglichen und begünstigte schliesslich den einzigen grösseren Ausbruch des Rheins nach Abschluss der Regulierung, nämlich die katastrophale Überschwemmung Liechtensteins von 1927.
Hingegen wurden die jeweils laufenden Bauarbeiten durch mehrere ausbrechende Hochwasser behindert und verzögert. Das grösste war jenes des Jahres 1868, in welchem auch andere Gebiete der Schweiz unter verheerenden Überschwemmungen litten. Neben den Siedlungen und Kulturen wurde auch die 1858 erstellte Eisenbahnstrecke Rorschach–Chur betroffen. Besondere Sorgen bereiteten die schon erwähnten Sohlenhebungen im Rhein. Da und dort meldeten sich deshalb Zweifel an den Erfolgschancen. Einer der Sektionsingenieure empfahl 1873 in einem Bericht sogar, dem Rhein grosse Gebiete wieder zu überlassen und die dortigen Dörfer auf die Talflanken zu verlegen. Der St. Galler Oberingenieur Hartmann starb 1874 und wurde 1879 durch Jost Wey (1843–1908) ersetzt.

**Binnenkanäle und Brücken**

Zu den flankierenden Massnahmen gehörte der Bau der Binnenkanäle. Diese sollten insbesondere die Seitenbäche aufnehmen, so dass deren Mündungen keine gefährlichen Lücken mehr in den Hochwasserdämmen bildeten. Der linksseitige Werdenberger Binnenkanal wurde 1886 vollendet. Sein rechtsufriges Pendant war der liechtensteinische Binnenkanal. Zu erwähnen bleibt noch, dass es bis zur Rheinregulierung von der Tardisbrücke bis zum Bodensee keine Brücken gab, dafür je etwa ein Dutzend Fähren und Furten. Dann entstanden im Zuge der Bauarbeiten 10 Holzbrücken und eine Stahlbrücke. Die gesamte Rheinregulierung von Ragaz bis Monstein gelangte etwa 1890 zum Abschluss. Als eidgenössischer Inspektor wirkte von 1865 bis 1885 der bekannte Waadtländer Ingenieur William Fraisse (1803–1885).

Abb. 93 Bau des Werdenberger Binnenkanals bei Salez um 1882. Aushub und Ufersicherung von Hand, Transporte mit Baubahn der Spurweite 50 cm.

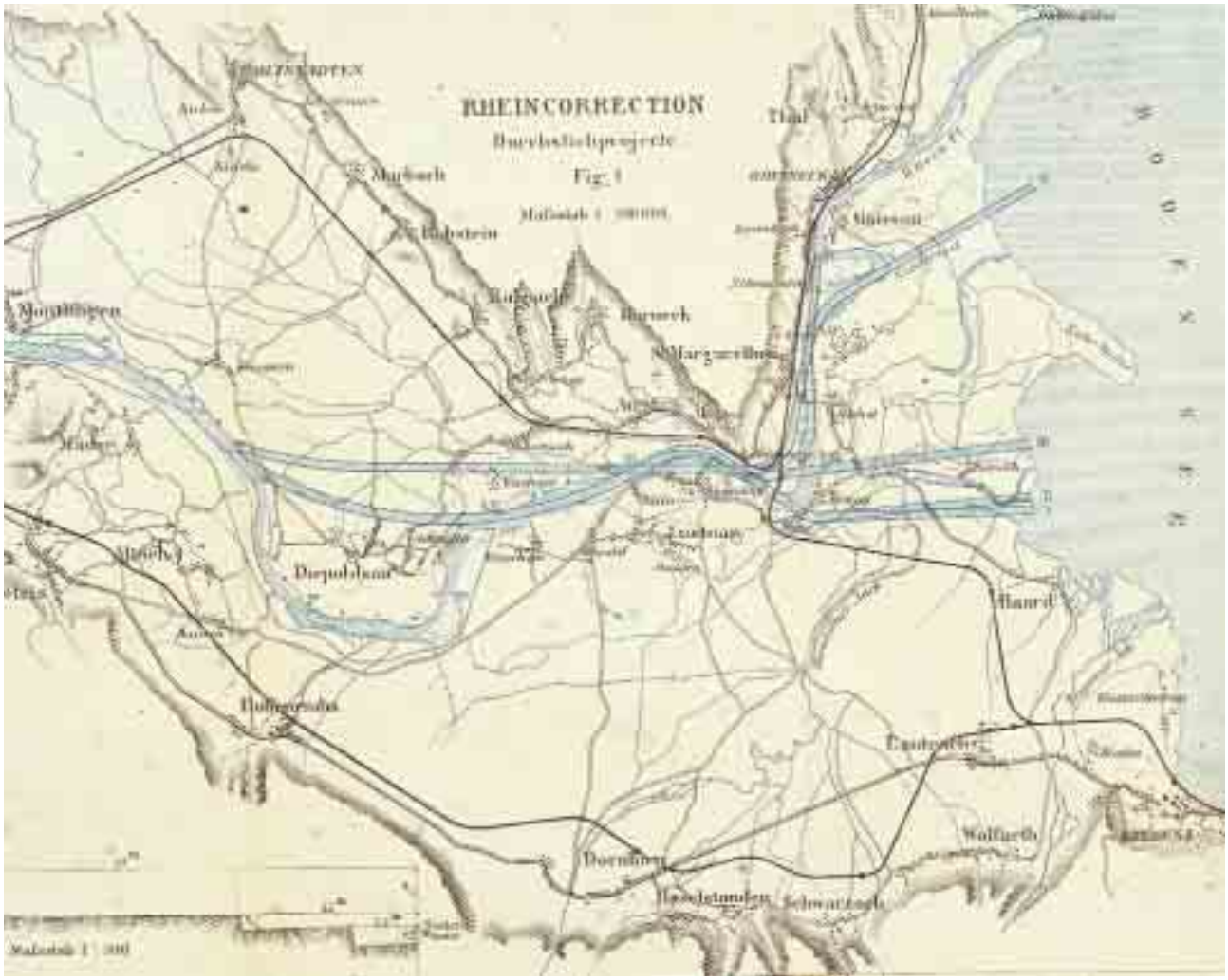



Abb. 94 Projekte für verschiedene Durchstiche im Unterlauf und Mündungsbereich des Rheins. Gemäss Staatsvertrag von 1892 wurden die Varianten XII (Diepoldsauer Durchstich) und II (Fussacher Durchstich) ausgeführt.

## 8.3 Der Fussacher Durchstich

### Die Suche nach möglichen Laufverkürzungen

Von Ragaz bis Diepoldsau konnte der Lauf des Alpenrheins nicht wesentlich verkürzt werden. Dort liessen sich nur wenige Flusskrümmungen etwas ausgleichen. Erst unterhalb, bei Diepoldsau und Gaissau, ergab sich die Möglichkeit, zwei richtige Schlingen abzuschneiden. Zudem bestand als weitere Möglichkeit, einen direkten Weg von St. Margrethen aus zum Bodensee einzuschlagen. Aber waren solche Verkürzungen überhaupt nötig? Es scheint, dass man sie anfänglich bloss als lokale Massnahmen sah. Mit der Zeit entwickelten sie sich jedoch zu einem zwingenden Bestandteil der gesamten Alpenrheinregulierung.
Zunächst kümmerte man sich um die Verhältnisse bei Gaissau. Dort wurde die als Eselschwanz bezeichnete Schlinge immer grösser. Deshalb plante der Wiener Oberbaudirektor Franz Baraga (Lebensdaten unbekannt) schon 1792 zwei Begradigungsvarianten. Die eine sah einen reinen Schlingendurchstich vor, die andere eine Ableitung des Rheins vom Schlingenscheitel auf dem kürzesten Weg in den Bodensee. Die eidgenössische Tagsatzung lehnte beide ab – die zweite vor allem, weil diese Rheineck mit seinem Umschlaghafen für Flosse und Rheinschiffe vom Rhein getrennt und damit wohl stark beeinträchtigt hätte. 1821 brach aber der Rhein praktisch entlang der Trasse dieser zweiten Variante aus, so dass seitens von Österreich deren Verwirklichung gefordert wurde. Dabei konnte man sich in technischer Hinsicht auf den versierten Tiroler Baudirektionsadjunkten Joseph Duile (1776–1863) stützen. Der Widerstand der Schweizer blieb aber bestehen.
Unter der Leitung von Duile wurde das Rheintal 1825/26 von der liechtensteinischen Grenze bis zum Bodensee in einer schönen «Grossen Rheinkarte»

aufgenommen. Diese verwendete Duile, um 1826 ein Projekt für eine untere Rheinregulierung auszuarbeiten. Dazu gehörten Vorschläge zu kleineren Begradigungen und zu einem Diepoldsauer sowie einem Gaissauer Durchstich. Als Alternative wurde aber auch eine Ableitung gemäss Baraga vom Eselschwanz in den Bodensee aufgeführt (Götz 1988, Pestalozzi, K. 1872, Rohner 1992). Dieses Projekt wurde 1828 vom Zürcher Strassen- und Wasserbauinspektor Salomon Hegner (1789–1869) unter Weglassung der Durchstiche modifiziert. Die entsprechenden Korrektionslinien fanden die Zustimmung beider Uferstaaten und flossen auch in das im vorangehenden Abschnitt beschriebene Rheinregulierungsprojekt von Ragaz bis Monstein ein. Das Hin und Her um den Durchstich bei Gaissau oder die Ableitung beim Eselschwanz dauerte aber an (Kaiser 2002).

### Ein kompromissfähiger Vorschlag

1838 stellte Hartmann eine Ableitung des Rheins östlich von Fussach und damit den Fussacher Durchstich zur Diskussion. Als Reaktion auf das verheerende Hochwasser von 1847 wurde diese Idee aufgegriffen und von beiden Uferstaaten durch zahlreiche Experten geprüft und dann entweder befürwortet oder abgelehnt. Auch entstanden noch einige andere Ableitungsvarianten. Doch fühlten sich je nach Vorschlag bald die Österreicher, bald die Schweizer benachteiligt. Das änderte sich erst, als 1862 der österreichische Oberbaurat in Trient, Josef Meusburger (1822–1886), die Zweckmässigkeit des Fussacher Durchstichs bekräftigte und als Zusatzmassnahme den Diepoldsauer Durchstich empfahl. Da der eine auf österreichischem Boden zu liegen kam und der andere auf schweizerischem, ergab sich eine kompromissfähige «Opfersymmetrie». Von da an hiess die Losung bei den österreichischen Stellen jedenfalls: «Entweder beide Durchstiche oder keinen!» (Bergmeister 1989, Bergmeister & Leipold-Schneider 2000).
Die bilateralen Verhandlungen zogen sich weiter hin, bis der Rhein erneut «mitredete». Das Rekordhochwasser von 1868, bei dem die Hochwasserdämme auf der Schweizer Seite an vier Stellen brachen, beschleunigte die Zustimmung der Schweizer. Und gleichsam auf den Wellen weiterer Ausbrüche schlossen Wien und Bern 1871 ein Präliminarabkommen ab, das beide Durchstiche vorsah. Auf Wunsch der Österreicher sollten diese unbedingt gleichzeitig verwirklicht werden, was technisch aber nicht sinnvoll war und deshalb zu langwierigen Disputen Anlass gab. 1888 und 1890 brach der Rhein dann auf der österreichischen Seite an mehreren Stellen aus, was zum allseitigen Einlenken und zum Abschluss des Staatsvertrages von 1892 führte.
Bevor weiter auf diesen Vertrag eingegangen wird, soll noch auf zwei Entwicklungen hingewiesen werden. Erstens hatte die ab 1858 im Rheintal aufkommende Eisenbahn die dortige Rheinschifffahrt in wenigen Jahren überflüssig gemacht und auch den Niedergang der Flösserei eingeleitet. Auf diesen Flussverkehr brauchten die Pläne für die Durchstiche also nicht mehr Rücksicht nehmen – die Stilllegung des Umschlaghafens Rheineck wurde belanglos. Zweitens war die Rheinregulierung von Ragaz bis Monstein Mitte der 1870er Jahre bereits weitgehend beendet (Reiff 1990) und zeigte mit aller Deutlichkeit, dass die neue Rheinsohle nicht auf der Sollkote verharrte. Die Sohle landete vielmehr auf und verminderte dadurch das Freibord. Darum wurde eine Erhöhung der Schleppkraft mittels einer Laufverkürzung im unteren Rheintal zwingend. Der Fussacher Durchstich brachte eine solche Verkürzung von 7 km und der Diepoldsauer Durchstich von 3 km – total also 10 km (Peter, E. 1955).

### Projekt und Bauausführung

Der Staatsvertrag von 1892 zwischen dem österreichischen Kaiser und der Eidgenossenschaft wurde «zum Zwecke der Beseitigung der Überschwemmungsgefahr und der Versumpfung für die beiderseitigen Ufergebiete des Rheinstromes von der Illmündung stromabwärts bis zur Ausmündung desselben in den Bodensee» abgeschlossen. Er sah vor, folgende Werke auf gemeinsame Kosten auszuführen (Koenig 1992):

- Fussacher Durchstich
- Diepoldsauer Durchstich
- Normalisierung der Zwischenstrecke und der Strecke oberhalb
- Anpassung der Strassen, Bahnen (Brücken) usw.

Dabei sollte das früher schon für die Regulierung des Alpenrheins unterhalb der Illmündung vorgesehene Doppeltrapezprofil zur Anwendung gelangen. Die einzelnen Teile wurden dann auch ähnlich gestaltet, bis auf die Hochwasserdämme, die gezont, das heisst mit einem Lehmkern und einem Stützkörper aus Kies oder Steinbruchschutt erstellt wurden.
Die Bauarbeiten der «Internationalen Rheinregulierung», wie das Vorhaben fortan genannt wurde, begannen 1895 am Fussacher Durchstich. Sie standen unter der Leitung des österreichischen Rheinbauleiters Philipp Krapf (1854–1939) und beschäftigten über 1000 Arbeitskräfte. Zur Unterstützung der beträchtlichen Handarbeit wurden dampfbetriebene Baubahnen, Transportschiffe und Maschinen eingesetzt (Näheres über den Gerätepark in Abschnitt 4.3). Als

Abb. 95 Bau des Fussacher Durchstichs um 1898. Aushub mit Eimerketten-Trockenbagger, Transporte mit Baubahn der Spurweite 75 cm.

schweizerischer Rheinbauleiter amtete Jost Wey. Weil die 5 km lange Trasse durch die damals noch in Fussach in den Bodensee mündende Dornbirner Ache zweigeteilt wurde, wählte Krapf entsprechend zwei Bausektionen. Nach Waibel (1992) bestand die untere Sektion «vornehmlich aus Schwemmsand (Laufletten) und wurde dazu noch durch den Seerückstau sowie durch das Wasser der Dornbirner Ache nachteilig beeinflusst. Der Erdaushub erfolgte mittels Schwimmbagger, und das Baggergut wurde im See verklappt oder mit Rollwagen an Land gebracht. Das in der oberen Sektion anstehende Bodenmaterial war zum grössten Teil ein Gemisch von Torf und Lehm. Es wurde mit Trockenbaggern gewonnen, im Quer- und Längstransport zum Hochwasserdamm gefahren und dort zur Herstellung des Dammkerns wieder verwendet. Der Transport erfolgte bei geringen Entfernungen mit Schubkarren oder mit von Hand geschobenen Rollwagen (Muldenkipper), bei Längstransport auf einer 75 cm Spur-Rollbahn im Lokomotivbetrieb.»
Insgesamt wurden rund 2 Mio. $m^3$ Material ausgehoben, 1,1 Mio. $m^3$ Dämme und Vorländer aufgeschüttet sowie 220’000 $m^3$ Blöcke eingebaut (Kaiser 2002). Die vor allem dem Erosionsschutz im Mittelgerinne dienenden Blöcke wurden in drei Steinbrüchen bei Hohenems gewonnen und mit einer Baubahn vor Ort gefahren (Näheres in Heer 1992). Das für die Faschinenteppiche unter den Leitwerken benötigte Weiden- und Erlenholz im Ausmass von fast 60’000 $m^3$ musste mehrheitlich aus Bayern und Baden-Württemberg bezogen werden.
Die Fertigstellung und Inbetriebnahme des Fussacher Durchstichs – einschliesslich dreier Stahlbrücken – erfolgte im Mai 1900. Die weiteren im Staatsvertrag von 1892 vereinbarten gemeinsamen Arbeiten folgten im 20. Jahrhundert. Der Bau der begleitenden Binnenkanäle war linksufrig Sache der Schweiz und rechtsufrig Sache Österreichs. Linksufrig handelte es sich vor allem um den in den Alten Rhein ausmündenden Rheintaler Binnenkanal. Die gleiche Arbeitsteilung galt aber auch bei der Anpassung der Nebengewässer, wie beispielsweise rechtsufrig bei der bedeutenden Korrektion der Dornbirner Ache mit der Verlegung ihrer Mündung von Fussach nach Hard.

Abb. 96 Rhonehochwasser. «Anno do. 1469 am 7. tag Augusti, ward der Roddan von den bergwassern also gross und ungestümm, das er beynaach all prucken durch das land hinfürt, und thett allenthalb grossen schaden an den gütern, ec.» Aus Chronik J. Stumpf, 1548.

# 9 Die Rhonekorrektion oberhalb des Genfersees

***«Der Rottu will Wiiti ha!»***

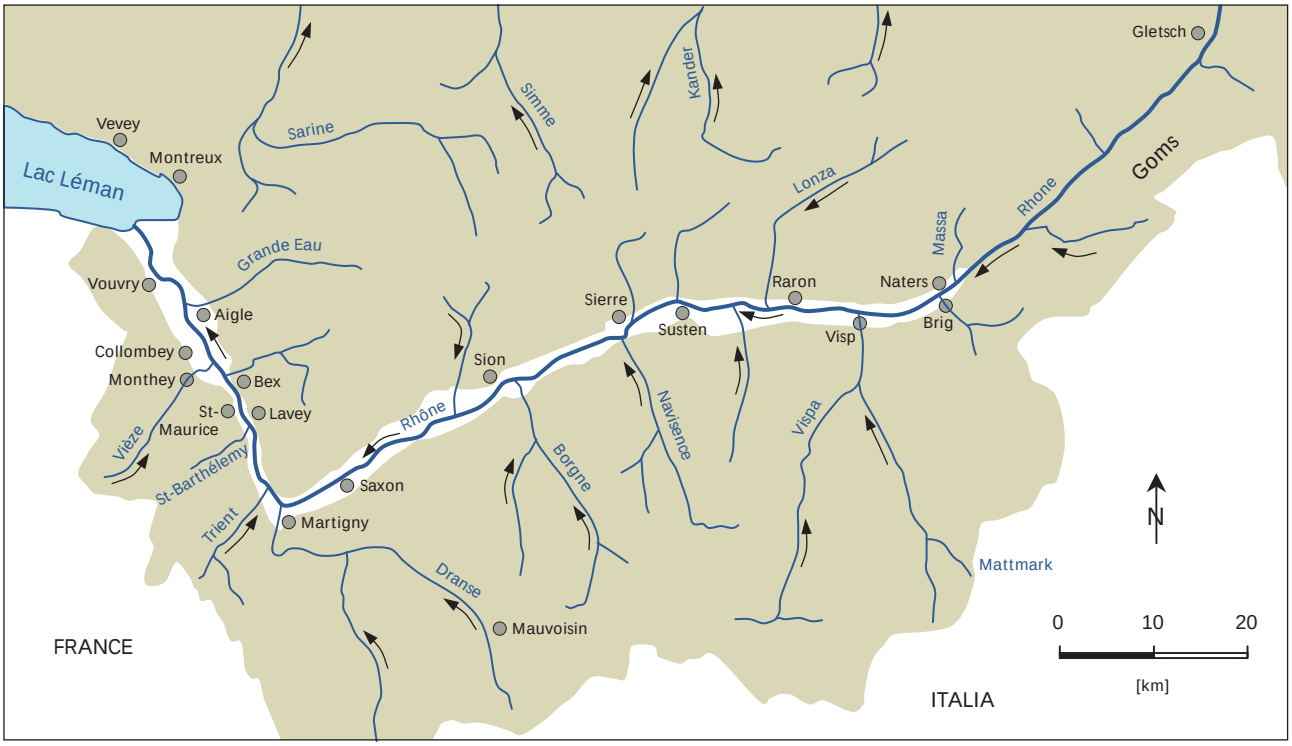
«Die Rhone will Weite haben!» (Grichting 1990).

«Der Rottu» oder «der Rotten» ist die alte deutsche Bezeichnung für die Rhone. Sie scheint schon im Nibelungenlied auf und wird im Oberwallis heute noch verwendet. In den anderen deutschsprachigen Gebieten heisst der im Wallis entspringende Fluss aber «die Rhone» – offensichtlich eine Verweiblichung des französischen «le Rhône». Über diesen Wechsel des Geschlechts soll hier jedoch nicht gerätselt werden. Wichtig ist bloss der Charakter: Die Rhone ist wild und – wenn man sie nicht bändigt – weit ausgreifend. Und es geht im Folgenden um die Bändigung im Rahmen der oberhalb des Genfersees durchgeführten Rhonekorrektion von 1863–1894. Bei dieser handelte es sich um ein Werk, das zu den grössten Flussbauarbeiten der Schweiz gehört.

## 9.1 Von der grauen Vorzeit bis 1800

Vom Rhonegletscher bis zum Genfersee nimmt die Rhone rund 200 Seitenbäche auf. Diese Wildbäche brachten früher bei Hochwasser jeweils viel Geschiebe, das zum Teil recht grobe Komponenten aufwies. Das hatte zur Folge, dass die Rhone das Geschiebe nicht vollumfänglich weiterschleppen konnte, so dass sich ihre Sohle anhob, was Ausuferungen begünstigte. Der gleiche Umstand bewirkte auch, dass der Rhonelauf von den wachsenden Schuttkegeln der grösseren Wildbäche auf die jeweils gegenüberliegende Talseite gedrängt wurde und darum von einer Talseite zur anderen pendelte. Zwei dieser Schuttkegel beeinflussten sogar ihr Längenprofil, ein Umstand, auf den weiter unten noch eingegangen wird.
Die Geschichte der Rhonehochwasser ist lang. Sie wurde von Lütschg (1926) zusammengestellt und beginnt mit einem 563 aufgetretenen, besonders verheerenden Ereignis. Damals versperrte ein Bergsturz das Haupttal und staute die Rhone zu einem See auf, der schliesslich ausbrach und flussabwärts sowie an den Ufern des ansteigenden Genfersees grosse Verwüstungen anrichtete. Die Ortsangaben für diesen Bergsturz sind aber unklar – wahrscheinlich ereignete er sich im Raum St.-Maurice. Die weiteren, in den Chroniken festgehaltenen Hochwasser entstanden jedoch ähnlich wie die jüngsten, das heisst Ende des 20. Jahrhunderts aufgetretenen. Sie wurden durch Starkniederschläge im Sommerhalbjahr – meist im August, September oder Oktober – erzeugt, die zu einer Überlastung des dann ohnehin schon mit Schmelzwasser angereicherten Gewässersystems führten. Ausnahmsweise machten sich auch Ausbrüche grösserer Gletscherseen in der Rhone unheilvoll bemerkbar, wie etwa bei der Kata-

Abb. 97 Heutige Situation des Rhonelaufs oberhalb des Genfersees.



strophe von Mauvoisin im Val de Bagnes 1818 (siehe Abschnitt 1.1).
Von den zahlreichen Rhoneüberschwemmungen der Neuzeit erwiesen sich vor allem jene von 1640, 1740, 1778, 1846 und 1860 als ausserordentlich schwer. Die Vernichtung der Ernten galt noch als kleiner Schaden, wurden doch auch mehrere Dorfteile, ja ganze Dörfer zerstört (ASF 1971). Selbstverständlich suchten sich die Anwohner gegen diese Gefahr zu schützen. Doch erfolgte ihre bauliche Abwehr an den Ufern höchstens gemeindeweise und wenig koordiniert. Und gerade weil diese Akteure durch die Rhone und deren Seitenbäche vielfach gebeutelt wurden, fehlten ihnen die Mittel für nachhaltigere Massnahmen.
Die schriftlichen Zeugnisse dieses Hochwasserschutzes reichen bis in die Mitte des 16. Jahrhunderts zurück. In dieser Zeit bemächtigten sich die Walliser unterhalb von St.-Maurice der linken Rhonetalseite und die Berner der rechten. Dort wurde die Rhone also zur 30 km langen Grenze zwischen zwei souveränen, aber immerhin verbündeten Staaten.
Oberhalb von St.-Maurice weisen die Chronisten auf wenig Eingriffe hin. Es ging um lokale Eindämmungen oder um das Graben von Leitkanälen, die der Rhone an kritischen Stellen eine neue Richtung weisen sollten. Die Hauptanstrengungen galten eher den Seitenbächen, worüber in den Kapiteln 5 und 12 berichtet wird. Unterhalb von St.-Maurice gab es 1602 zwischen den Wallisern und den Bernern eine erste Absprache über die Eindämmung der Rhone. 1756 wurde dann gemeinsam eine Karte des Flusses mit all seinen Verzweigungen und Verbauungen aufgenommen, um einen Richtplan für weitere Eingriffe auszuarbeiten. Dieser Plan lag 1768 vor und wurde in der Folge weitgehend beachtet (EDI 1964).

## 9.2 Politische und technische Neuausrichtung nach 1800

1803 wurde der Kanton Waadt gegründet und nahm unterhalb von St.-Maurice die Stelle von Bern ein. 1815 trat das Wallis als Kanton der Eidgenossenschaft bei. Damit einher ging eine Zeit der Neuausrichtung. So begann man sich vermehrt für die Nutzung des Rhonehaupttals und somit für dessen Hochwasserschutz zu interessieren. Es ging um eine intensivere Landwirtschaft, um die Ausbreitung der Siedlungen und um neue Strassen mit Rhonebrücken. Ende der 1850er Jahre wurden auch die Eisenbahnlinien vom Genfersee bis Sitten gebaut und von dort bis Brig geplant.
1803–1804 vereinbarte die Walliser Regierung mit den Gemeinden der Ebene von Martigny neue Uferlinien für die Rhone. Bis zu diesen sollten und durften die Gemeinden mit ihren Verbauungen vorstossen, aber nicht darüber hinaus. Das begründete zwischen Saxon und Branson im Wesentlichen den heutigen Rhonelauf. Der Walliser Staat übernahm im Allgemeinen keine Hochwasserschutzkosten, wenn sie nicht die Sicherung seiner Strassen und Brücken betrafen. Das änderte sich auch nicht, als 1833 ein kantonales Gesetz dem Staat das Recht einräumte, bezüglich des Flussbaus Vorschriften zu erlassen. In diesem Zusammenhang wurde die Rhonekommission (Commission rhodanique) geschaffen, die das Rhonetal jeden Herbst inspizierte. Sie richtete ihr Augenmerk sowohl auf die verschiedenen Verbauungen – und verbot beispielsweise die Errichtung von Schupfwuhren (digues offensives) – als auch auf die Kultivierung der Rhoneebene (EDI 1964).
1825 setzten sich der Walliser Kantonsingenieur Ignaz Venetz (1788–1859) von Stalden VS und sein Waadtländer Amtskollege Adrien Pichard (1790–1841) von Yverdon ins Einvernehmen, um einen Plan für die Rhonekorrektion unterhalb von St.-Maurice auszuarbeiten. Das führte 1836 zu einer Konvention zwischen den beiden Kantonen, aber noch zu keinen grösseren Arbeiten.
Als Alternative zu den Schupfwuhren wurde 1830–1845 ein neuer Uferschutz entwickelt. Er bestand aus der an sich üblichen Kombination von Längsdämmen mit rechtwinklig dazu angelegten Buhnenreihen. Doch lag die Oberkante der Buhnen zunächst auf der gleichen Höhe wie die Dammkrone, was einen unruhigen

Abb. 98 Walliser Bauweise: Längsdämme mit Buhnen.

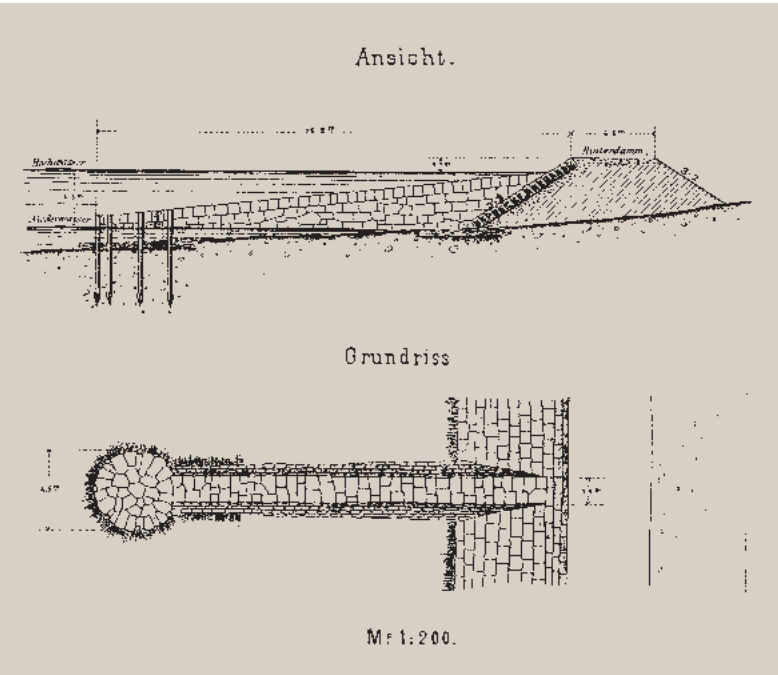


Abb. 99 Einsatz eines «Krahnen, genannt Chèvre» zum Verladen von Blöcken auf eine Rollbahn an der Saltina oberhalb der Napoleonsbrücke. Aus dem handschriftlichen Bericht über die «eidgenössische Inspektion der Rhonearbeiten» von L. Blotnitzki, 1867.

Abfluss mit starken Kolkerscheinungen vor den Buhnenköpfen verursachte. Daher wurde die Oberkante der Buhnen bei den weiteren Anwendungen von der Dammkrone weg stark geneigt – vorzugsweise um 20 %. An einigen Orten bestanden die Längs- und Querwerke aus Holzkästen und Faschinenwerk, an anderen aus Mauerwerk. Letzteres charakterisierte dann bei der ersten Rhonekorrektion die so genannte Walliser Bauweise (EDI 1964).
1860 bereiste Professor Carl Culmann (1821–1881) von Zürich das Wallis im Rahmen seines Auftrags zur Abfassung eines Berichts «an den hohen schweizerischen Bundesrath über die Untersuchung der schweizerischen Wildbäche». Er beurteilte die Lage an der Rhone wie folgt (Culmann 1864): Es gibt von Brig bis zum Genfersee überall Uferschutzbauten. Doch fehlt eine sinnvolle Verbindung zwischen ihnen. Nur kurze Strecken erfuhren eine eigentliche Korrektion. Unter diesen sind allerdings zwei gute Beispiele zu finden. Das eine ist eine 3,5 km lange Korrektion bei Raron, wo man ein System von Längsdämmen mit Buhnen anwandte – «sehr schöne Bauten!» Das andere liegt in der Domäne von Venetz bei Martigny, wo sich – wie ebenfalls an einigen Stellen unterhalb von Monthey – auch ein leicht modifiziertes System bewährte. –
Die «sehr schönen Bauten» entsprachen wohl schon der Walliser Bauweise; sie wurden offensichtlich von Venetz projektiert (Chantre 1860) und Anfang 1860 ausgeführt.
Die Situation im Rhonetal blieb aber weiterhin prekär, so dass die damalige Reiseliteratur dieses Tal als «dürftig kultiviert, versumpft, vielfach verheert vom Flusse und von beständiger Überschwemmungsgefahr bedroht» schilderte (Honsell 1878).

## 9.3 Koordiniertes Vorgehen ab 1860

### Eidgenössische Solidarität

Nach den Überschwemmungen von 1855 und 1857 ereignete sich das zerstörerische Hochwasser von 1860. Es übertraf zwischen dem Goms und Martigny wahrscheinlich alle anderen Ereignisse der Neuzeit. Die Ebenen von Brig an abwärts verwandelten sich weitgehend in Seen. Die Schäden ergaben sich einerseits aus

der Ausuferung an sich, andererseits aber auch aus den damit verbundenen Erosionen und Übersarungen (EDI 1964).
Interessant ist der Bericht eines sachkundigen Ingenieurs (Chantre 1860) an das von General Guillaume-Henri Dufour (1787–1875) geleitete Comité genevois pour la souscription en faveur des inondés de la Suisse (Genfer Komitee für eine Anleihe zu Gunsten der Hochwassergeschädigten in der Schweiz). Er vermittelte in diesem – neben einer Beurteilung der Schäden – Hinweise auf die Ursachen sowie Ratschläge für Schutzmassnahmen. Seine Schwerpunkte widerspiegelten sich in der unverzüglichen Reaktion des Comité, das den heimgesuchten Gemeinden eine namhafte Summe in drei Teilen zur Verfügung stellte: einen Sechstel als Soforthilfe, einen Sechstel für Getreide und Saatgut (damit die betroffenen Landwirte nicht auswandern, sondern bleiben) und vier Sechstel für die Eindämmung der Rhone. Zudem ersuchte das Comité den Bundesrat, eine Gesamtkorrektion in die Wege zu leiten.
Der Ruf nach einer Gesamtkorrektion mit Bundeshilfe wurde auch ganz allgemein laut. Deshalb wandte sich die Walliser Regierung noch im Katastrophenjahr 1860 an den Bundesrat, wobei sie ihrem Gesuch ein in aller Eile ergänztes Projekt des 1859 verstorbenen Venetz beilegte. Dieses bezog sich vor allem auf die Strecke von der Massamündung oberhalb von Naters bis zum Bois Noir oberhalb von St.-Maurice. Die Rhonestrecke unterhalb, das heisst an der Grenze zur Waadt, wurde darin nur summarisch behandelt – dasselbe galt für die Seitenbäche.
Der Bundesrat, der 1860 noch nicht über eine Wasserbaufachstelle verfügte – das Eidgenössische Oberbauinspektorat wurde erst 1871 geschaffen –, liess das Vorhaben sofort durch zwei Experten prüfen. Der eine war Friedrich Wilhelm Hartmann (1809–1874) von Dillingen in Bayern und später von Rorschach, der andere Leopold Blotnitzki (1817–1879) von St. Petersburg, seit 1852 in der Schweiz tätig. Diese Ingenieure legten ihre Ergebnisse zwischen April 1862 und Dezember 1863 in drei sich folgenden Gutachten vor, was zu einer laufenden Verbesserung des Projekts und des zugehörigen Kostenvoranschlags führte. Die Verantwortung dafür lag seitens des Wallis bei einer entsprechend eingesetzten «Direction de la correction du Rhône et de ses affluents» (Direktion der Korrektion der Rhone und ihrer Zuflüsse), die sich in technischer Hinsicht auf kantonale Ingenieure stützte.
Schliesslich fällte die Bundesversammlung Ende 1863 den Bundesbeschluss betreffend «le subside fédéral à accorder au canton du Valais pour la correction du Rhône et de ses affluents» (Bundessubvention an den Kanton Wallis für die Korrektion der Rhone und ihrer Zuflüsse). Darin wurde der Bundesbeitrag auf einen Drittel festgesetzt. Dem Bundesrat kam ausdrücklich «la direction supérieure des travaux», also die Oberbauleitung, zu. Dabei verliess er sich fachtechnisch weiterhin auf die Experten Hartmann und Blotnitzki. Die eigentliche Projektleitung für die Ausführung aller Arbeiten lag aber in der Verantwortung des Kantons Wallis, der den Bau im Verlauf des Jahres 1863 bereits in die Wege geleitet hatte (EDI 1964).

### Die wesentlichsten Merkmale der Korrektion von 1863–1894

Oberhalb der Massamündung bei Naters ist der Rhonelauf zum Teil eingeschnitten, so dass dort nur streckenweise einige Uferschutz- und Regulierungsarbeiten vorgekehrt wurden. Die Rhonekorrektion von 1863–1894 bezog sich deshalb vor allem auf den unterhalb der Massamündung liegenden Rhonelauf, der 120 km lang ist und durch zwei natürliche Hindernisse dreigeteilt wird. Das erste Hindernis ist der Schuttkegel des Illgrabens beim Pfynwald zwischen Susten und Siders, das zweite ist der Schuttkegel des St-Barthélemy im Bois Noir oberhalb von Lavey. Beide Schuttkegel reichen bis zum Gegenhang und wirken wie grosse natürliche Schwellen. Diese wurden als Steilstrecken im Korrektionsplan ausgespart. Die übrigen Strecken erfuhren im Wesentlichen folgende Veränderungen:
Von der Massamündung bis Sitten wurde der Rhone meist ein neues Bett gegeben. Hier erstellte man verschiedene Leitwerke, um den Fluss zu verengen und gestreckter zu führen. Er erhielt dadurch zwischen den begleitenden Hochwasserdämmen ein Trassee aus einer Sequenz von Geraden und leichten Krümmungen. Dasselbe geschah auch von Sitten bis Lavey, wobei man sich dort aber vermehrt den bereits bestehenden

Abb. 100 Situation der Rhonekorrektion bei Visp mit der Verlegung der Vispamündung. Fliessrichtung von rechts nach links.

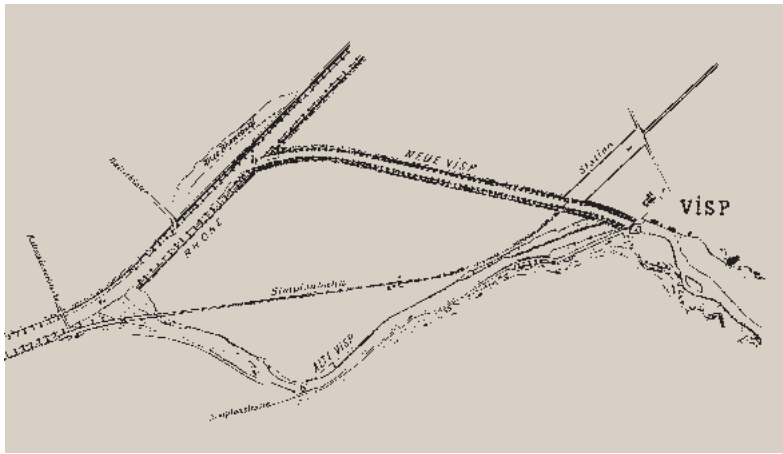
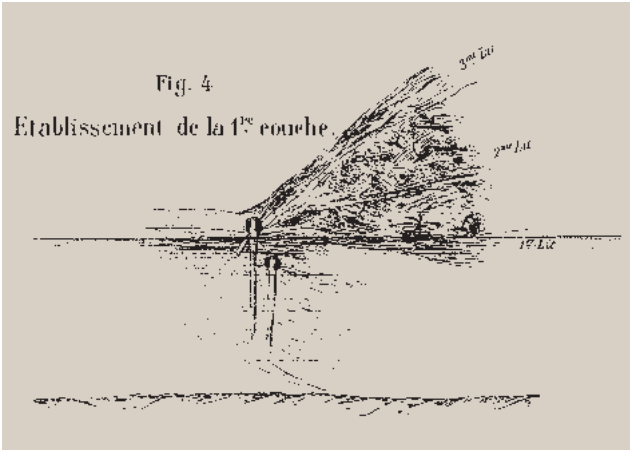


Abb. 101 Rhonekorrektion bei Raron; Handarbeit von Männern und Frauen, Verpflegung durch die Familie. Ölbild von R. Ritz, 1888.

Schutzbauten und damit dem vorhandenen Flusslauf anglich. Von St.-Maurice bis zum Genfersee setzte man diese Strategie im Einvernehmen mit dem dort rechtsufrig anstossenden Kanton Waadt fort. Die Grundlage dazu bildete die bereits erwähnte interkantonale Konvention von 1836 sowie eine weitere von 1865 (Barraud 1888). 1870 beschloss der Bund dann konsequenterweise, auch die seit 1862 aufgelaufenen Kosten der Waadt zu einem Drittel zu übernehmen (Noverraz 1977).
Das typische Querprofil entsprach der Walliser Bauweise, die hier nochmals – und detaillierter – vorgestellt werden soll. Sie beruhte auf einem Doppelprofil von einer ganz bestimmten Bauart. Die durchgehenden Hochwasserdämme waren aus Kies geschüttet und nur dort, wo sie aus allzu feinem Material bestanden, wasserseitig gepflästert. Denn eigentlich sollte die wasserseitige Böschung mit der Zeit viel flacher werden. Um diese Abflachung vorzugeben, wurden in kurzen Abständen – meist 30 m – Querbuhnen verlegt, deren Oberkante von der Dammkrone ausgehend flusswärts 20 % abfiel. Die Buhnenköpfe waren verbreitert und wurden streckenweise im Sinn von Hakenbuhnen durch kurze Längswerke ergänzt. Die Buhnenfelder sollten rasch verlanden und dadurch die erwähnte Uferabflachung bilden. Entsprechend dem Abstand zwischen den Dämmen sowie der Buhnenlänge erhielt ein Profil auf der Korrektionsstrecke ein Mittelgerinne mit einer ebenen Sohle von 36 bis 42 m Breite mit beidseitig ansteigenden Flachufern von 18 bis 27 m Breite. Die Flussbreite zwischen den Dämmen erreichte also 72 bis 96 m (Honsell 1878).
Die Buhnen wurden auf einer Faschinenlage aus Trockenmauerwerk erstellt. Diese Konstruktion nahm sich vor der Verlandung ziemlich hart aus – besonders an

Abb. 102 Packwerk (tunages) an der Rhone in Bex. Anleitung für die Sequenz der Arbeiten.



Stellen, wo auch die Wasserseite der Dämme gepflästert war. Sie gab deshalb unter den Wasserbauern des In- und Auslandes zu Erörterungen Anlass. Dabei spielte nicht etwa die Ästhetik eine Rolle, sondern nur die Zweckmässigkeit. Es wurde befürchtet, dass die starren Elemente bei Unterspülungen und Setzungen rasch zerstört werden könnten. Als weit anpassungsfähiger würden sich diesbezüglich Senkwürste und ähnliche flexible Elemente der Faschinentechnik erweisen. So glaubte insbesondere Culmann mit Bezug auf die Erfahrungen an deutschen Strömen Kritik anmelden zu müssen (Culmann 1864). Die Walliser Ingenieure waren gegenüber einem grösseren Holzeinsatz jedoch skeptisch. Einerseits hatten sie es an der Rhone mit weit stärkeren Unterschieden zwischen Hoch- und Niederwasser zu tun, so dass eine dauernde Wasserüberdeckung nur für die unterste Faschinenlage gewährleistet war. Ohne eine solche Überdeckung verrottet Holz nämlich rasch. Andererseits fürchteten sie, das Holz könnte dem Abschliff durch das viele Geschiebe und den Stössen durch das Treibholz nicht lange standhalten. Nicht gleich sahen es offenbar die Waadtländer Ingenieure, die an ihrem Rhoneufer streckenweise auch Packwerk (tunages) einsetzten und sich damit der gängigen Faschinentechnik bedienten (Barraud 1888).

Eine andere Kontroverse entspann sich um die Buhnen an sich. Es scheint, dass die Buhnen damals, das heisst um 1870, in der deutschen Schweiz, in Süddeutschland und in Frankreich eher verpönt waren. Das Vorgehen an der Rhone erregte bei den Fachleuten daher

Abb. 103 Die Bahn längs der gezähmten Rhone als Atout des Reiseverkehrs. Plakat von F. H. d'Alési, 1895.

Widerspruch. Sie verkannten aber, dass die Buhnen der Walliser Bauweise nicht – wie sonst üblich – als stromabweisende Querwerke wirken mussten, sondern gleichsam als Gerippe eines stark geneigten Vorlandes, das nach der Verlandung eine flache Uferböschung bilden sollte. Diesen Unterschied hob insbesondere der bekannte badische Baurat Max Honsell (1843–1910) hervor, der 1877 die Korrektionsstrecke besuchte und die Funktionsweise der Verbauungen bestätigte (Honsell 1878).
Mit den eigentlichen Flussbauarbeiten gingen auch die üblichen Nebenarbeiten einher. Über Kolmationsschleusen, wie sie noch Venetz entwickelt hatte (Venetz 1851), versuchte man tiefe Geländepartien im Haupttal aufzuschlämmen. Dann widmete man sich der Erstellung der zur Wasserhaltung links und rechts der Rhone erforderlichen Binnenkanäle. Zu diesen gehörte auch der so genannte Stockalperkanal. Er war seinerzeit über 8 km zwischen Collombey und Vouvry parallel zur Rhone angelegt worden und diente 1659–1678 der Rhoneschifffahrt. Dann wurde er als Schifffahrtskanal vernachlässigt und erst 1842 als Entwässerungskanal wiederhergestellt sowie 1879 im Rahmen der Rhonekorrektion in den Genfersee verlängert (Schnitter 1992). Mit Nachdruck begann man auch die wichtigsten Seitenbäche – wie etwa die Saltina, Vispa, Dranse, Trient, Vièze, Gryonne usw. – so zu verbauen, dass sie weniger Geschiebe brachten. Dabei strebte man selbstverständlich auch den Schutz der dortigen Anlieger an (siehe Kapitel 12).

## 9.4 Zwei Deklamationen und weitere Korrektionen

Diese erste Rhonekorrektion wurde als Erfolg gewertet (de Wolff 1977). Ein bekannter französischer Geologe fand dafür die schönen Worte: «Les merveilleux travaux d'endiguement du Rhône valaisan, qui resteront l'une des œuvres d'honneur de la Suisse, constituent l'un des témoignages les plus intelligents et les plus éloquents en faveur de cette puissance humaine de domestication et de domination des forces naturelles» (übersetzt: Die an der Walliser Rhone vorgenommenen Eindämmungsarbeiten, die ein Ehrenmal der Schweiz bleiben werden, stellen eines der klarsten und eloquentesten Zeugnisse der menschlichen Macht zur Zähmung und Beherrschung der Naturgewalten dar). Doch dem fügte später ein ebenso bekannter Waadtländer Geologe, Maurice Lugeon (1870–1953) von Chevilly, die nüchterne, ja pessimistische Ansicht bei: «… que le Rhône sera finalement victorieux, qu'il reprendra sa liberté à travers la plaine» (übersetzt: ... dass die Rhone letztlich siegreich bleiben und ihre Freiheit in der Ebene wieder zurückgewinnen werde). Damit deutete er an, was dem Hochwasserschutz ebenso inhärent ist wie anderen Schutzmassnahmen gegen Naturgefahren: Der Schutz ist nur relativ und nicht von Dauer!
Tatsächlich uferte die Rhone später wieder aus und machte 1930–1960 eine zweite Korrektion nötig. Die Ursache lag in neuen Auflandungen im Rhonebett. Offenbar hatte die Walliser Bauweise nicht überall wunschgemäss funktioniert. Statt dass die kurzen Buhnenfelder aufgefüllt und in flache Uferböschungen verwandelt wurden, blieben sie streckenweise offen. Folglich ergab sich dort bei Hochwasser ein zu breites Flussbett, um die Kontinuität des Geschiebetransports zu gewährleisten. Lange Zeit versuchte man die entsprechenden Auflandungen abzubaggern und mit dem Baggergut die Dämme zu verstärken. Doch blieben diese Massnahmen ungenügend. Schliesslich entschied man sich für eine Verbesserung des Querprofils, indem man die Buhnenköpfe mit einem durchgehenden, überflutbaren Längswerk verband. Das Ergebnis war ein Doppelprofil üblicher Machart (Jaccard 1960). Heute geht man nach weiteren Schadensfällen eine dritte Rhonekorrektion an (Teysseire 1997).

Abb. 104 Hagneckdurchstich um 1900 in Fliessrichtung gesehen. Im Hintergrund das Wehr des 1897–1900 am Bielerseeufer erstellten Kraftwerks Hagneck.

# 10 Die erste Juragewässerkorrektion von 1868–1891 als Höhepunkt

## 10.1 Ursachen und erste Massnahmen

### Das bedrohliche Wachsen der Seen und Sümpfe seit der Bronzezeit

Die Juragewässerkorrektion von 1868–1891 war das grösste flussbauliche Unternehmen der Schweiz. Sie betraf das Gebiet, das sich zwischen dem Südfuss des Juras und dem Nordrand des hügeligen Mittellands über 100 km vom waadtländischen La Sarraz zum solothurnischen Luterbach zieht. Dieses Gebiet liegt dementsprechend in den fünf Kantonen Waadt, Freiburg, Neuenburg, Bern und Solothurn.
Wie eine Fülle von archäologischen Funden belegt, stiegen die Spiegel der Flüsse und Seen seit der Bronzezeit um mehrere Meter an (Müller 1973). Dieser Prozess dauerte Jahrhunderte und wurde offenbar ab etwa 1500 bedrohlich. Die Überschwemmungen wurden immer ausgreifender, und die Sümpfe dehnten sich aus. Schliesslich kam es bei ausserordentlichen Hochwassern vor, dass sich der Neuenburger-, der Murten- und der Bielersee zu einem einzigen See vereinigten und somit grosse Flächen überstauten. Zudem verwandelte sich auch die Fläche zwischen Büren und Solothurn häufig zu einem weiteren See.

### Die unablässige Arbeit zweier geschiebereicher Flüsse

Bei der oben geschilderten Entwicklung spielte die unablässige Arbeit zweier Flüsse eine entscheidende Rolle: der Emme und der Aare. Die knapp unterhalb von Solothurn bei Luterbach in die Aare mündende Emme ist ein Wildfluss, der gleichsam das Emmental durchfurcht und der Aare erhebliche Mengen an Geschiebe zuführt. Das staute die Aare flussaufwärts auf und machte diese zwischen Büren und Solothurn mit der Zeit zu dem dort relativ träg fliessenden und mäandrierenden Strom. Ähnliches leistete die Aare bei ihrem Austritt aus dem hügeligen Mittelland bei Aarberg. Sie lagerte ihr reichliches Geschiebe – das vornehmlich aus der Saane, der Zulg und der Kander (bis zur Kanderumleitung in den Thunersee 1714) stammte – auf einem riesigen Schuttfächer ab, der schliesslich über Lyss bis nach Büren reichte und dort die einmündende untere Zihl aufstaute. Das verursachte einen Einstau des Bielersees und über diesen des Neuenburger- und des Murtensees.
Weshalb sich diese Entwicklung erst ab etwa 1500 besonders unangenehm bemerkbar machte, muss offen bleiben. War sie das Endergebnis des über Jahrhunderte wie «Figge und Mühli» zusammenwirkenden Spiels (Zwickmühle im Mühlespiel) der Emme und der Aare? War sie die Folge einer Klimaänderung? Haben sich die Anwohner in der Römerzeit und im Mittelalter besser um die Flüsse gekümmert – etwa der Schifffahrt wegen – als spätere Generationen (Peter 1922)? Oder wurden frühere Notstände einfach nicht überliefert? Sicher trugen dann die im 18. und 19. Jahrhundert im schweizerischen Gewässernetz zunehmenden Hochwasserabflüsse zu einer Verschärfung bei. Die Folgen wurden für die Bewohner jedenfalls immer unerträglicher. So wurden die niedrig gelegenen Dörfer, die unteren Quartiere der Uferstädte und wichtige Verbindungsstrassen mehr und länger überflutet. Dabei gab es auch wachsende Ertragsausfälle in der Landwirtschaft, teils weil Ernten direkt vernichtet wurden, teils weil sich die Versumpfung ausbreitete. Dazu kamen Plagen durch Ungeziefer und Seuchen.

### Erste Massnahmen

Die ersten dokumentierten Klagen stammen aus der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts. Dasselbe gilt für

Abb. 105 Heutige Situation der Juragewässer von Neuenburg und Murten bis Solothurn.

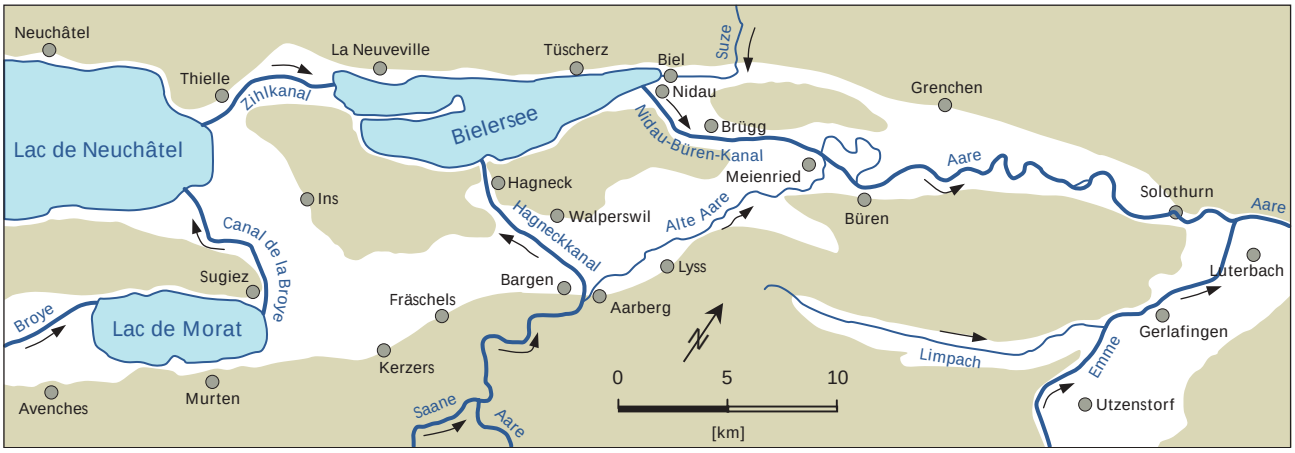


Abb. 106 Zusammenfluss von Aare und Zihl bei Meienried vor der Juragewässerkorrektion von 1868–1891. Fliessrichtung von links nach rechts.

die ersten Hochwasserschutzmassnahmen. 1574 verbot die Obrigkeit das Setzen von Fischfachen in der Zihl bei Nidau, um einem zusätzlichen Aufstau des Bielersees vorzubeugen. 1652 verordnete sie die Beseitigung einer Buhne am Seeauslauf und 1674 weitere Räumungen im Zihlbett bei Brügg sowie die Schleifung der dortigen Mühleschwelle. Offenbar brachte das Hochwasser von 1651 auch den historischen Höchststand, der die ausufernde Aare oberhalb von Solothurn mit dem Bielersee gleichsam zu einem grossen Solothurnsee verband (Schneider 1881). Von 1652 an wurden deshalb umfassendere Massnahmen geplant.

## 10.2 Eine Vielfalt von Projekten und zwei Defilees von Experten

### Eine grobe Übersicht

Von 1652 bis zum letztlich zielführenden Projektvorschlag von Richard La Nicca im Jahre 1842, also während 190 Jahren, wurde eine Vielfalt von Projekten ausgearbeitet. Diese betrafen meist die Schlüsselstellen an der Emmemündung und vor allem an der aus dem Bielersee fliessenden Zihl. Grob gesehen lassen sie sich in drei Kategorien zusammenfassen (Peter 1922):

Kategorie 1:
Bloss örtliche Ausräumungen an den Seeausflüssen und an der Einmündung der Zihl in die Aare bei Meienried oberhalb von Büren.

Kategorie 2:
Grössere Korrektionsarbeiten an Zihl und Aare in der Absicht, die Einmündung der Zihl so weit flussabwärts zu verlegen, dass der Bielersee vom Aaregeschiebe nicht mehr eingestaut wird.

Kategorie 3:
Umleitung der Aare in den Bieler- oder den Neuenburgersee, damit sie dort ihr Geschiebe ohne weitere Folgen ablagern kann.

Den anfänglich geringen finanziellen und technischen Mitteln entsprechend wurden nach Peter (1922) vorerst nur örtliche Ausräumungen gemäss Kategorie 1 durchgeführt, was jeweils für eine kurze Zeit etwas Besserung schuf. Massnahmen der Kategorien 2 und 3 waren Gegenstand von Projekten, die nacheinander von einem Dutzend Experten ausgearbeitet, aber nicht verwirklicht, sondern höchstens zaghaft begonnen wurden. Die Ursachen dafür waren fehlende politische Einsicht, mangelnde Kredite und unzulängliche technische Kenntnisse. Zu den Letzteren gehörten auch die Schwierigkeiten bei der zuverlässigen Vermessung der im Seeland subtilen Höhenunterschiede.

## Das erste Expertendefilee

1707 fertigte der bernische Artillerieleutnant und Geometer Samuel Bodmer (1652–1724) einen Plan der Zihl vom Bielersee bis zu deren Einmündung in die Aare an. Er schlug eine Verkürzung des Flusslaufs durch einen Schlingendurchstich vor. Bodmer wurde dann als Initiant und Ingenieur der 1711–1714 vorgenommenen Kanderumleitung bekannt (Kapitel 6). 1749 befasste sich der Berner Artilleriemajor Anthoni Benjamin Tillier (1709–1759) mit dem Problem und veranlasste weitere Räumungen im Zihlbett bei Nidau und Brügg sowie auch Arbeiten in der Aare. Es scheint, dass er der erste ausschliesslich für den Wasserbau angestellte Beamte Berns (und damit wohl auch der Schweiz) war. 1771 legte der von Norditalien stammende und in Savoyen ausgebildete Ingenieur Antonio Maria Mirani (1712–1778) einen Plan zur Korrektion der gleichen Zihlstrecke vor. Mirani wurde damals zum «Inspecteur des ponts, chaussées et digues de l'Etat» von Bern ernannt. Seine flussbaulichen Referenzen hatte er sich vorher, das heisst 1764 beim Studium einer Korrektion des Lombachs bei Unterseen und einer Entsumpfung des Oberhasli zwischen Meiringen und Brienzersee, geholt. 1775 trat der Berner (Münster-)Werkmeister Niklaus Hebler (1728–1796) für ein Projekt der Kategorie 2 ein. Ein ähnliches Projekt befürwortete in den 1780er Jahren der Berner Artilleriehauptmann Andreas Lanz (1740–1803), der aber auch eine Ableitung der Aare in den Bielersee erwog. Lanz reichte 1784 der eidgenössischen Tagsatzung bekanntlich das Vorprojekt zur Umleitung der Linth in den Walensee ein, das 1807–1816 verwirklicht wurde (Kapitel 7). In den unruhigen Zeiten der Französischen Revolution und der französischen Besetzung der Schweiz verfolgte man die Projekte im Seeland dann kaum mehr.

## Das zweite Expertendefilee

1816 berief die Restaurationsregierung von Bern den badischen Oberstleutnant und badischen Direktor der Strassen-, Brücken- und Wasserbauten, Johann Gottfried Tulla (1770–1828). Es handelte sich um einen der versiertesten Flussbauexperten Europas (Vischer 2000a, 2000b). In der Schweiz wurde er 1807 und 1808 durch die Detaillierung des Projekts der Linthkorrektion bekannt sowie durch seine Gutachten für die Reusskorrektion von Werd bis Hermetschwil (1809), für die Aarekorrektion von Thun bis Bern und für die Birskorrektion bei Basel (1811). Tulla sah die Lösung im Seeland in einer Massnahme gemäss Kategorie 2 und in grösseren Ausräumungen an der Emmemündung. Interessanterweise empfahl er den Bernern zudem nachhaltig, sich mit den anderen Kantonen ins Einvernehmen zu setzen und eine Gesamtkorrektion anzustreben.

Man kann sich heute fragen, weshalb Tulla von einer Ableitung der Aare in den Bielersee absah. 1816 wurde ja die von ihm massgeblich beeinflusste Linthkorrektion abgeschlossen und zeitigte erste positive Auswirkungen. Die Antwort gab Tulla damals wie folgt: «Man dachte schon in älteren Zeiten daran, die Aare zwischen Fräschels und Kerzers über das Grosse Moos heraus in den Neuenburger- oder von Bargen quer über das Moos in den Bieler-See zu werfen, damit sie ihr Geschiebe in dieses Wasserbecken absetzen könne. Beide Ideen sind untersucht worden ... aber beide sind unzweckmässig und ohne den Aufwand unermesslicher Kosten vollkommen unausführbar befunden worden ... man müsste für beide Projekte eine ziemlich hohe und wenigstens 8000 bis 12000 Fuss (2,4–3,6 km) breite Hügelkette durchbrechen, deren Grundlage Fels ist» (Culmann 1858). In dieser Stellungnahme kommt ein Zweifaches zum Ausdruck: Erstens übersah Tulla offenbar die Lücke im Hügelzug von Walperswil nach Siselen, durch die später der Hagneckkanal führte und bei Hagneck den Durchstich einer bloss 0,9 km breiten Hügelkette erforderte. Wurde ihm diesbezüglich schlechtes Kartenmaterial vorgelegt? Zweitens hatte er vor einem Aushub im Fels einen bemerkenswert grossen Respekt und betrachtete ihn als unabwägbar. «Die Kosten hievon sind nicht zu berechnen», meinte er (Culmann 1858). Er war bei all seiner Kompetenz halt ein «Flachland-Ingenieur».

In den 1820er Jahren wandte sich Bern noch an den Zürcher Oberstleutnant Salomon Hegner (1789–1869), der in Frankreich und Deutschland studiert und in Bayern Flussbauten geleitet hatte. Er war Oberaufseher des Schwellen- und Strassenbaus des Kantons Zürich und wirkte nach dem Tod von Hans Conrad Escher bis 1835 als erster nebenamtlicher Linthingenieur. Auch er hielt sich im Seeland an die Kategorie 2, ebenso wie der 1833 beigezogene, von Warschau stammende Genieoberstleutnant Johann Lelewel (1796–1847), der sich damals als Flüchtling in Biel aufhielt und dann bernischer Kantonsingenieur wurde. Lelewel schlug als Variante zu einer tiefen Abgrabung an der Emmemündung eine Verlegung dieser Mündung aareabwärts vor. Dieses Projekt wurde 1835 von einer interkantonalen Expertenkommission gutgeheissen, in die man neben anderen den damaligen St. Galler Strassen- und Wasserbauinspektor Luigi Negrelli (1799–1858) berief. Negrelli, ein Österreicher, wurde später als Eisenbahningenieur seines Vaterlands (aber auch als Projektant der «Spanisch-Brötli-Bahn» von Zürich nach Baden) berühmt und erstellte um 1850 das Vorprojekt für den Suezkanal (Vischer 1997, 2001b).

## 10.3 Die Entstehung des Bauprojekts

### Lokale Initiativen, Johann Rudolf Schneider

Im Ancien Régime konnte die leidende Bevölkerung ihre Klagen nur den dafür mehr oder weniger empfänglichen Gnädigen Herren der Patriziate vortragen. Wirksamere Mittel zur Auslösung einer koordinierten Schutzmassnahme besass sie nicht. Der Umsturz, den die Französische Revolution und die anschliessende französische Besetzung brachten, schuf Anfang des 19. Jahrhunderts bessere Voraussetzungen. Ebenso wirkte der Umstand deblockierend, dass 1815 ein grosser Teil des früheren Fürstbistums Basel zu Bern geschlagen wurde, womit die alte Landesgrenze zwischen Nidau und Biel entfiel. Wie so oft in der Wasserbaugeschichte «erhöhten» aber auch die Gewässer den Druck. Zwei sich 1831 und 1832 folgende Überschwemmungen führten zur Gründung eines Initiativkomitees in Nidau, das zunächst die bernischen Anliegen vertrat und später – selbstverständlich entsprechend angepasst – auch diejenigen der anderen betroffenen Kantone. Dabei stellte diese Bewegung einen Mann an ihre Spitze, der mit seinem lebenslangen Einsatz zum «Retter des Seelands» wurde, nämlich den aus Meienried westlich von Büren stammenden Arzt Johann Rudolf Schneider (1804–1880). Dieser vereinigte zwei wichtige Eigenschaften in sich: Erstens kannte er die Überschwemmungen des Seelands aus eigenen bitteren Erfahrungen und zweitens besass er ein auch auf eidgenössischem Parkett bemerkenswertes politisches Geschick. Unter anderem war er 1833–1866 bernischer Grossrat und zwischendurch, das heisst 1837–1859, bernischer Regierungsrat sowie 1848–1866 Nationalrat.

Mitte der 1830er Jahre musste sich das Initiativkomitee zunächst auf ein konkretes Projekt einigen. Dabei brach sich immer mehr die im vorangehenden Abschnitt zur Kategorie 3 gezählte Idee Bahn, die Aare in den Bielersee umzuleiten. 1834 trat der Basler Strassen- und Wasserbauinspektor Andreas Merian (1794–1880) dafür ein, ebenso 1835 der aus Delsberg stammende Ingenieur Antoine Joseph Buchwalder (1792–1883). Noch stand bei den Behörden aber das Projekt Lelewel im Vordergrund. Johann Rudolf Schneider neigte ebenfalls zur Umleitungsidee und begab sich 1837 mit dem damals in Nidau tätigen Anwalt

Abb. 107 «Übersichtsplan der Jura-Gewässer-Correction» mit dem Projekt von Richard La Nicca, 1842. Ausschnitt St. Petersinsel–Büren.

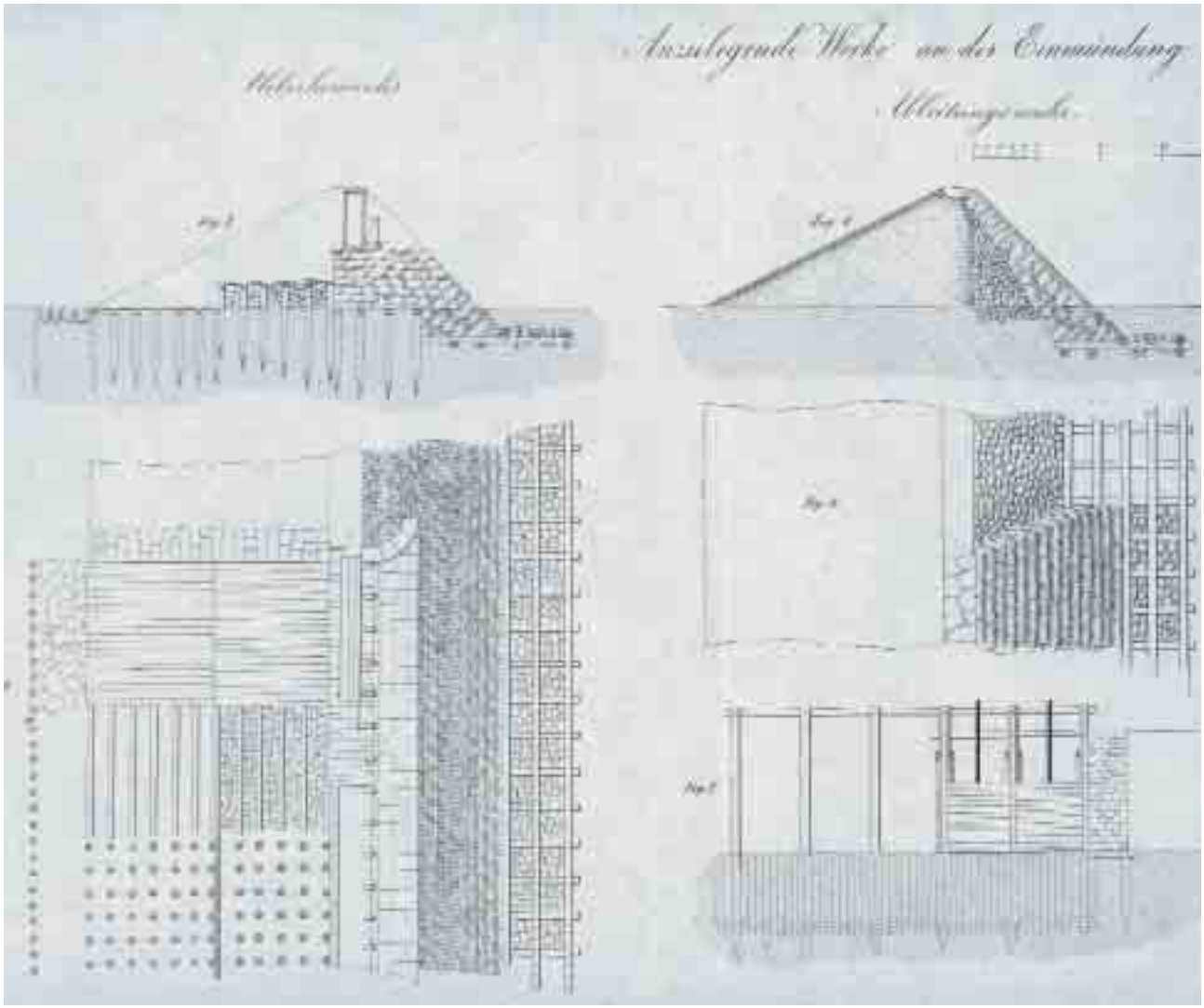



Abb. 108 «Anzulegende Werke an der Einmündung» in den Hagneckkanal. Ableitungsdamm und Schleusenkonstruktion an der Aare bei Bargen gemäss Projekt La Nicca, 1842.

Johann Ulrich Ochsenbein (1811–1890) zur 1811–1816 in den Walensee umgeleiteten Linth (Peter 1922). Dort liessen sich beide in der Überzeugung bestärken, dass im Seeland nur ein Umleitungsprojekt zielführend sein könne. Schliesslich berief man 1840 den Bündner Oberingenieur Richard La Nicca (1794–1883), um die Angelegenheit zu prüfen sowie das aus seiner Sicht beste Projekt auszuarbeiten. Zu diesem Zweck wurden ihm auch neu aufgenommene topographische und hydrologische Daten überreicht.

**Das wegweisende Projekt von Richard La Nicca von 1842 und das dritte Expertendefilee**

La Nicca legte schon im folgenden Jahr einen ersten Bericht vor, in welchem er das Umleitungsprojekt in den Vordergrund rückte. Und 1842 reichte er seinen bereinigten «Bericht und Antrag zur Correction der Juragewässer» ein. Darin empfahl er

- die Ableitung der Aare von Aarberg in den Bielersee durch den Hagneckkanal
- die Ableitung der mit der Zihl vereinigten Aare aus dem Bielersee durch den Nidau-Büren-Kanal
- die Korrektion der Broye zwischen Murten- und Neuenburgersee (Broyekanal), der Zihl zwischen Neuenburger- und Bielersee (Zihlkanal) und der Aare von Büren bis zur Emmemündung bei Luterbach
- Entsumpfungsarbeiten im Grossen Moos und in den angrenzenden Flächen

Dieser Bericht und Antrag wurde in 2000 Exemplaren gedruckt und verbreitet. Und über ihn holten nun

Abb. 109 Aktie der «Vorbereitungs-Gesellschaft der Jura-Gewässer-Correction» von 1850 mit der Unterschrift des «Präsidenten der Direction», Johann Rudolf Schneider.

sowohl der Auftraggeber wie die betroffenen Kantone Stellungnahmen ein, von denen hier nur jene von Guillaume-Henri Dufour (1787–1875), dem nachmaligen General, und jene des waadtländischen Kantonsingenieurs William Fraisse (1803–1885) erwähnt seien. Beide äusserten sich positiv. Das löste 1847 den Auftrag an La Nicca aus, sein generelles Projekt zu detaillieren, so dass 1850 schliesslich die Baupläne vorlagen und einen darauf abgestützten Kostenvoranschlag erlaubten.
Die Idee, die Aare in den Bielersee umzuleiten, erschien aber vielen Zeitgenossen als derart kühn, dass keine allgemeine Zustimmung aufkam. Dementsprechend setzte sich erneut ein Defilee von Experten in Bewegung, um weitere Stellungnahmen abzugeben oder Alternativprojekte vorzuschlagen. Unter anderen brachte 1853 der durch seine hydraulischen Forschungen bekannte Berner Geometer Wilhelm Kutter (1818–1888) die alten Pläne der Kategorie 2 wieder in Evidenz (Schneider 1881). Dabei wurde er 1854 weitgehend durch die von der Eidgenossenschaft als Experten eingesetzten Ingenieure Heinrich Pestalozzi (1790–1857) von Zürich, Johann Sauerbeck (1787–1861) von Karlsruhe und Friedrich Wilhelm Hartmann (1809–1874) von Rorschach unterstützt. Diese betrachteten das Projekt Kutter immerhin bloss als eine erste Etappe zur Verwirklichung des Projekts La Nicca. Die daraufhin vorgenommenen Baggerungen an der Zihl bei Nidau und Brügg erwiesen sich beim katastrophalen Hochwasser von 1856 aber als völlig wirkungslos. Eine weitere eidgenössische Kommission, in der neben Hartmann und Professor Carl Culmann (1821–1881) vom Eidgenössischen Polytechnikum (heute ETH Zürich) auch La Nicca selbst mitwirkte, erhärtete 1857 das Projekt La Nicca und änderte lediglich die Linienführung des Nidau-Büren-Kanals. Von den privat in Vorschlag gebrachten Alternativprojekten seien hier bloss zwei besonders originelle angeführt, nämlich eines für die Ableitung des Neuenburgersees in den Genfersee und ein anderes für die Umleitung der Saane in den Murtensee.

### Hartnäckige Widersacher bis zum Bundesbeschluss von 1867

1862 wurde La Nicca gemeinsam mit dem Ingenieur Gustav Bridel (1827–1884) von Biel mit der Sichtung aller neuen Projekte und Vorschläge betraut. Das Ergebnis war 1863 im Wesentlichen eine Bestätigung des La-Nicca-Projekts in der Fassung von 1857. Die während der Projektierungsarbeiten in der Öffentlichkeit bisweilen polemisch geführten Diskussionen verlangten sowohl von Johann Rudolf Schneider wie von Richard La Nicca eine grosse Standfestigkeit und zahlreiche Klarstellungen. Ein anfänglicher Befürworter des Projekts und späterer Gegner war insbesondere der bereits erwähnte Johann Ulrich Ochsenbein. Er, der 1848 erster Nationalratspräsident der Schweiz, später Bundesrat und dann nach seiner Abwahl 1854 General in französischen Diensten wurde, berief 1864 in Nidau eine Versammlung ein, der er seinen Bericht mit dem beleidigenden Titel «Die Versumpfung des Gebietes der Juragewässer durch die Ausführung des Planes des Herrn eidgenössischen Oberst La Nicca zu Chur von 1863 ...» vorlegte und dabei zahlreiche Anhänger für eine Korrektion gemäss der Kategorie 2 gewann (Schneider 1881). Diesen und anderen Auseinandersetzungen machte schliesslich der Bundesbeschluss von 1867 ein Ende, der die Ausführung des Projekts La Nicca als Gemeinschaftswerk des Bundes und der Kantone Waadt, Neuenburg, Freiburg, Bern und Solothurn festschrieb.

## 10.4 Die Bauarbeiten 1868–1891

### Die Oberaufsicht des Bundes, die grobe Etappierung

Die Bauarbeiten für die Juragewässerkorrektion begannen 1868. Vom ersten Projektierungsauftrag an La Nicca 1840 bis dahin verstrichen also 28 Jahre, das heisst ein gutes Vierteljahrhundert! Dem erwähnten Bundesbeschluss von 1867 entsprechend hatte der Bund die Oberaufsicht, die er an den nun 73-jährigen La Nicca und an William Fraisse delegierte. Beide verfolgten als Bundesexperten das Baugeschehen fortan meist gemeinsam und erstatteten den Bundesbehörden

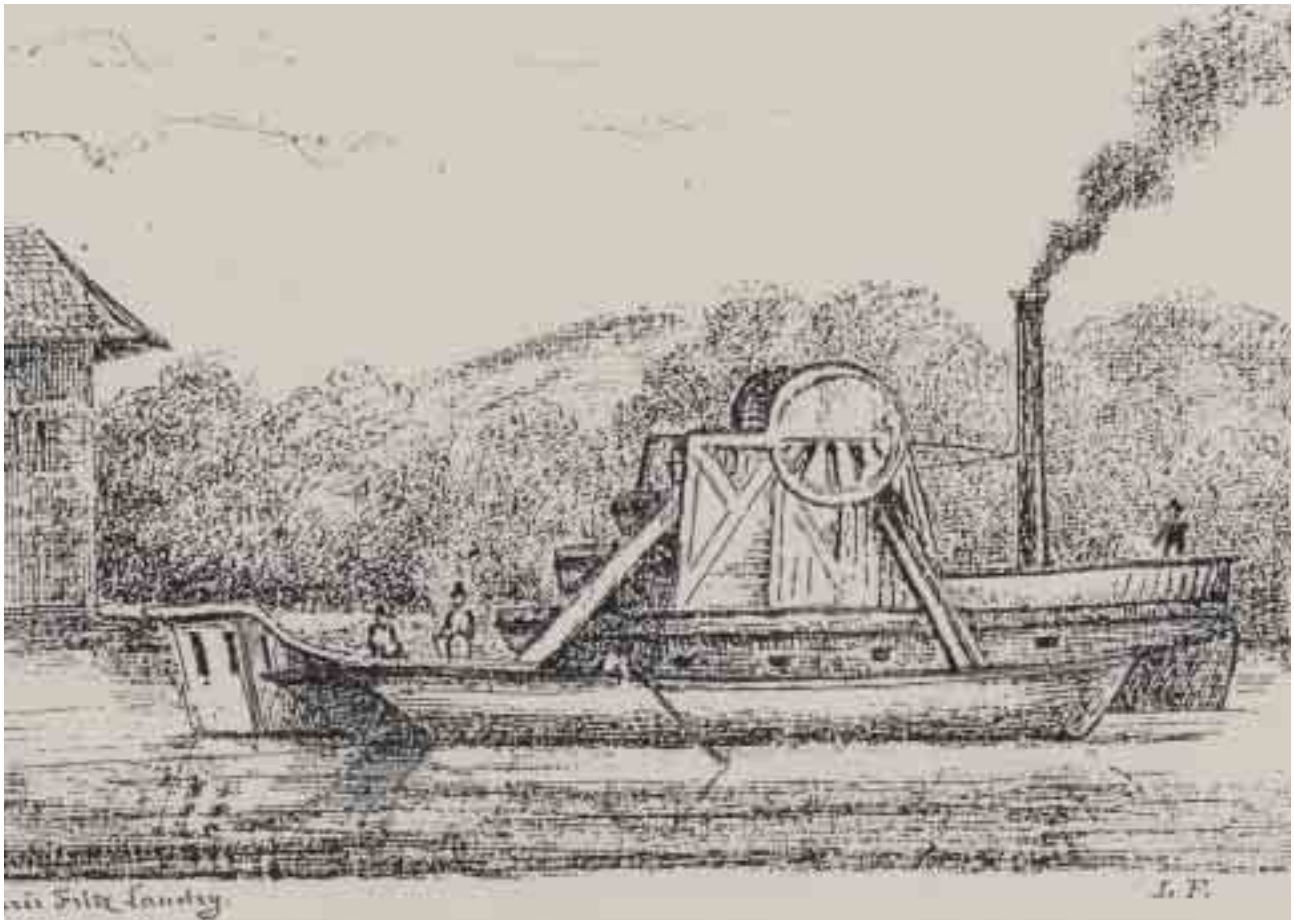


Abb. 110 Eimerkettenbagger und Transportschiff auf dem Nidau-Büren-Kanal 1870 nach F. Landry.

periodisch Bericht und Antrag.
Die grobe Etappierung der Bauarbeiten wurde durch einen wichtigen Umstand diktiert: Bei der Kanderumleitung von 1711–1714 hatte man die Kander in den Thunersee geleitet, ohne vorgängig den Seeausfluss, das heisst das Aarebett bei Thun, zu vergrössern. Das führte dann zu vermehrten und stärkeren Ausuferungen des Sees und der Aare (Kapitel 6). Bei der Linthkorrektion von 1807–1816 vermied man selbstverständlich eine Wiederholung dieses Fehlers. Die aus dem Walensee fliessende Maag wurde aufgeweitet, bevor sich die Linth durch den Molliserkanal (heute Escherkanal) in den Walensee ergoss. Und die korrigierte Maag bildete dann die erste Sektion des zum Zürichsee führenden Linthkanals (Kapitel 7). Sinngemäss nahm man deshalb auch bei der Juragewässerkorrektion zuerst die Arbeiten am Ausfluss des Bielersees und somit am Nidau-Büren-Kanal in Angriff. Zur Verdeutlichung des Problems seien hier noch folgende Verhältniszahlen angeführt (Schnitter 1992):

Erhöhung der jährlichen Zuflüsse zu den Seen (und damit auch der Ausflüsse) infolge der

| | |
|---|---|
| Kanderumleitung in den Thunersee | 60 % |
| Linthumleitung in den Walensee | 160 % |
| Aareumleitung in den Bielersee | 290 % |

Ein wichtiges Postulat war natürlich die Aufrechterhaltung der Verkehrswege. Das Seeland wurde bei Baubeginn ja bereits von mehreren Eisenbahnen durchquert. Deshalb mussten bei allen Kanalprojekten auch zahlreiche Brückenneubauten für Bahn und Strasse vorgesehen werden.

**Der Nidau-Büren-Kanal**

In organisatorischer Hinsicht wurde zwischen einer unteren und einer oberen Korrektion unterschieden. Da man sich entschlossen hatte, die Massnahmen unterhalb von Büren auf unbestimmte Zeit zurückzustellen, beschränkte sich die untere Korrektion auf Berner Boden und wurde deshalb Berner Korrektion genannt. Als Oberingenieur derselben konnte Gustav Bridel (1827–1884) von Biel gewonnen werden. Dieser hatte seine Ausbildung zum Maschineningenieur an der Ecole des Arts et Manufactures in Paris absolviert und

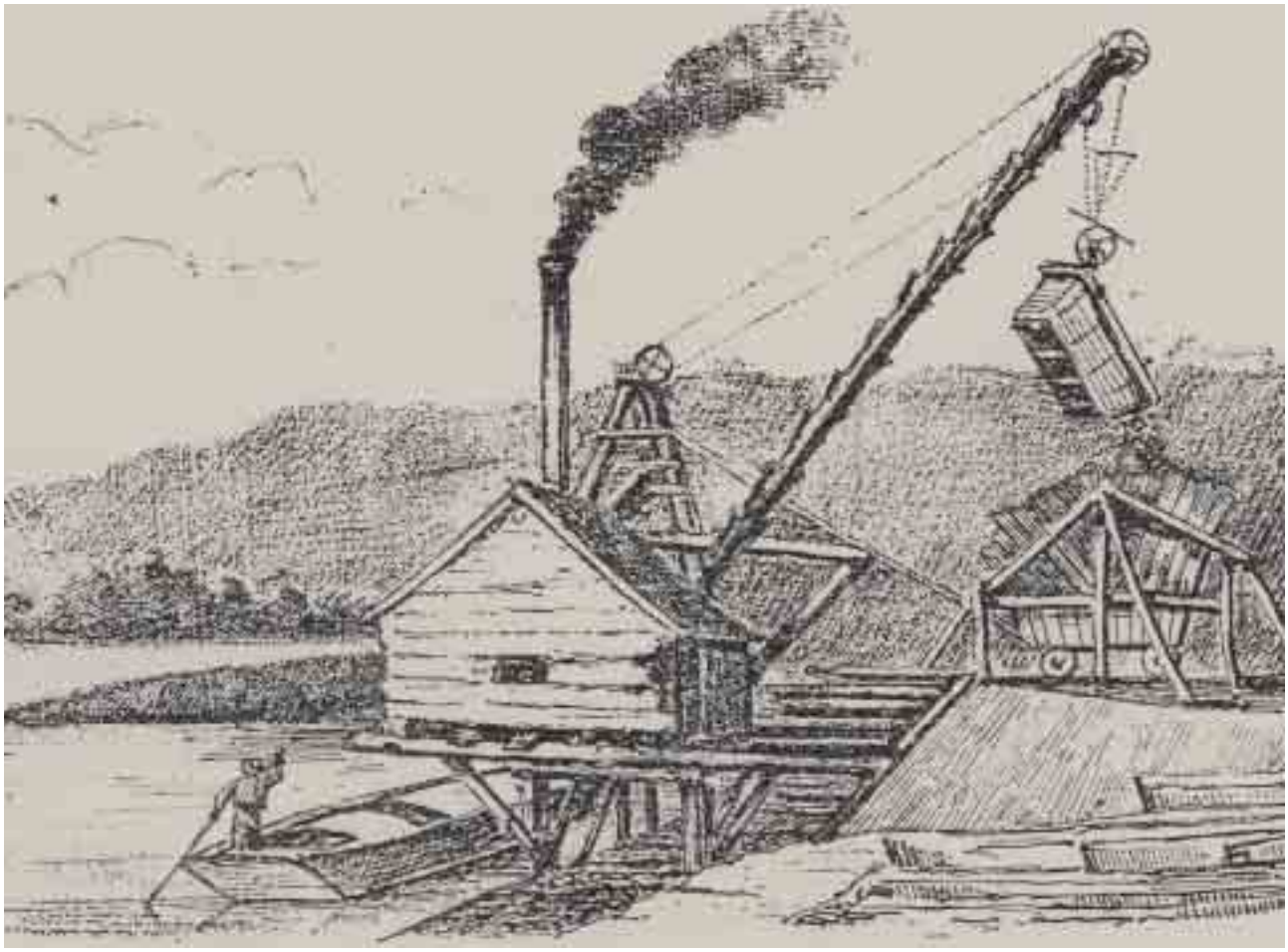


Abb. 111 Dampfkran beim Entladen eines Transportschiffes am Nidau-Büren-Kanal 1870 nach F. Landry.

seine Erfahrungen als Lokomotivführer, Bahningenieur und Stahlbauer in Frankreich gesammelt und dann in Yverdon eine Konstruktionswerkstätte geleitet. Er war somit in der Lage, den in der Schweiz damals fälligen Schritt von einem bloss auf Muskelkraft beruhenden Flussbau zu einem zumindest teilweise mechanisierten zu tun (Vischer 2001b). Das Unternehmen «Berner Korrektion» schaffte deshalb einen stattlichen Park von dampfgetriebenen Maschinen und Lokomotiven an und richtete in Nidau eine entsprechende Werkstätte ein (Abschnitt 4.3). Zur Erleichterung der Verbindungen installierte man bei der Bauleitung auch eine Telegrafenstation. Der grosse Bedarf an Blöcken – vor allem für den Uferschutz – bedingte zudem den Betrieb eines Steinbruchs bei Tüscherz am Bielersee.

Der Nidau-Büren-Kanal war insgesamt 12 km lang und bestand aus einer Folge von Aufweitungen und Begradigungen der Zihl. Mit den Bauarbeiten wurde, wie erwähnt, 1868 bei Nidau begonnen. Schon bald senkten sich die Seespiegel erheblich, was den Bau der oberliegenden Kanäle ermöglichte. Dementsprechend nahm die Berner Korrektion 1873 die Arbeiten am Hagneckkanal in Angriff. Im selben Jahr übergab Bridel die Verantwortung seinem Bürochef Kurt Franz von Graffenried (1838–1919) von Bern und widmete sich fortan dem Bahnbau und -betrieb. Dort erwarb er sich insbesondere bei der Vollendung der Gotthardbahn in den Jahren 1879–1882 bleibende Verdienste.

Um ein weiteres Absinken der Seen zu verhindern, wurde bei Nidau zunächst ein provisorisches Absperrbauwerk errichtet. Es bestand aus einer im Nidau-Büren-Kanal bewusst stehen gelassenen und durch ein Faschinenwerk erhöhten Schwelle. Diese vermochte aber bald nicht mehr zu genügen, weshalb sie 1885–1887 durch ein vierfeldriges Wehr ersetzt wurde. Die beiden inneren Felder liessen sich durch das Ein- und Ausfahren je eines Sperrschiffes entweder ganz schliessen oder ganz öffnen. Eine Abflussregulierung war nur in den beiden äusseren Feldern mit je 6 Tafelschützen (Hubschützen) möglich. Diese Anlage war aber umstritten. Als das Rekordhochwasser von 1910 nicht ohne Seeausuferungen gemeistert werden konnte, verlangten die Kantone Waadt, Freiburg und Neuenburg gar die Sprengung.

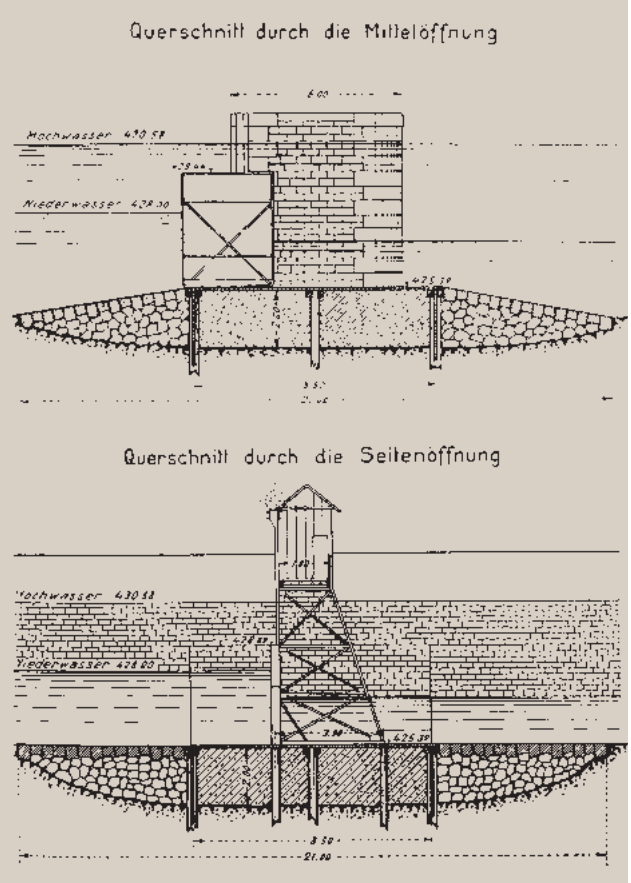



Abb. 112 Schnitte durch das 1885–1887 erbaute Regulierwehr im Nidau-Büren-Kanal. Fliessrichtung von links nach rechts.

Das führte 1911–1915 zu einem Umbau der inneren Felder in ein flexibleres Schützenwehr (Peter 1922). Das heutige Wehr mit Schiffsschleuse entspricht einem Neubau von 1936–1940.

## Der Hagneckkanal

Die «pièce de résistance» des 8 km langen Hagneckkanals war der den Seerücken querende Durchstich, der 900 m lang und 34 m tief war und einen Aushub von rund einer Million Kubikmeter erforderte. Er lag in der Molasse, die dort aus einer Wechsellagerung von hartem Sandstein und witterungsanfälligem Mergel besteht. Der Erste erforderte Sprengungen, der Zweite verursachte einige störende Böschungsabbrüche. Ein entsprechender Rutsch zerstörte 1877 die erst 2 Jahre alte Hagneckbrücke. Die Aushubarbeiten erfolgten von Hand, der Abtransport des Aushubs mit einer Baubahn. Im Maximum standen 300 Mann, 70 Rollwagen und 3 kleine Lokomotiven im Einsatz (von Morlot 1895). Ein entsprechendes Stimmungsbild vermittelte eine von La Nicca zitierte Bemerkung des «Journal de Genève» (La Nicca 1881): «On ne peut détacher ses regards de la fourmillière humaine qui travaille à 34 mètres de profondeur, et l'on reste fasciné par le panorama de tous ces lilliputiens qui chargent les trains que la locomotive transporte au lac» (übersetzt: Man kann sich kaum vom menschlichen Ameisenhaufen abwenden, der in 34 m Tiefe arbeitet, und man ist vom Panorama dieser Liliputaner fasziniert, welche

Abb. 113 Arbeiten am Leitkanal auf der Flachstrecke des Hagneckkanals 1875–1878. Interpretation einer undatierten Skizze ohne Sujetbezeichnung von A. Anker.

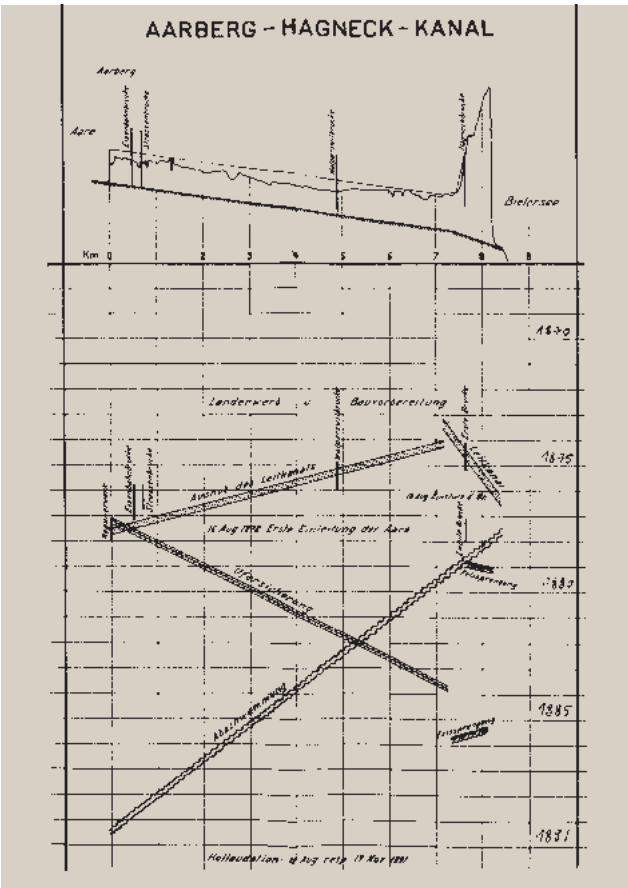



Abb. 114 Bau des Hagneckkanals. Längenprofil oben, Bauprogramm unten.

die von der Lokomotive zum See gefahrenen Züge beladen). Erwähnt sei noch der Umstand, dass der Durchstich zwei alte Tunnel freilegte: Der eine war bekannt und hatte seit etwa 1857 dem Abtransport von Torf zu einem Verladesteg am Bielersee gedient, der andere lag unmittelbar darüber und erwies sich angeblich als römischen Ursprungs (Abschnitt 5.1). Vom erwähnten grossen Aushub wurden nur knapp 90 % getätigt, die Ausräumung des Rests überliess man der Aare. Zuerst musste diese allerdings dorthin geleitet werden!
Zu diesem Zweck wurde ab 1875 auf den rund 7 km von Hagneck bis Aarberg ein Leitkanal mit bloss 6 bis 9 m Sohlenbreite ausgehoben und anschliessend in einem dem zukünftigen Kanalprofil entsprechenden Abstand mit Ufersicherungen aus Blockwurf eingefasst. Ab August 1878 begann man dann den Leitkanal sukzessive mit Aarewasser zu beschicken, um seine Aufweitung mittels der Erosionskraft des Wassers zu bewerkstelligen. Auf diese Weise gelang es bis 1887 über zwei Millionen Kubikmeter Material in den Bielersee zu schwemmen und den Kanal – nach Vornahme einiger Anpassungsarbeiten – zu vollenden (Abschnitt 4.1). Immerhin schlug die derart manipulierte Aare den Ingenieuren noch ein Schnippchen. Das erstmalige Öffnen des Einlaufwehrs oberhalb von Aarberg war für den 17. August 1878 im Rahmen eines Festaktes vorgesehen. Die Hochwasser führende Aare nahm den neuen Weg aber schon am Vorabend an, so dass die geladenen Gäste den Hagneckkanal bereits gefüllt vorfanden.
Die Aare machte sich aber auch sonst noch bemerkbar: Sie hörte mit der Ausräumung des Hagneckkanals nämlich nicht beim Sollwert auf, sondern erodierte weiter. Das provozierte im Durchstich weitere Böschungsabbrüche. Deshalb baute man dort zwei Querschwellen aus Faschinenwerk mit Bruchsteinverkleidung ein, was bei intensivem Unterhalt die gewünschte Stabilisierung brachte. Doch war man froh, als 1897–1900 an der Mündung beim Bielersee das Kraftwerk Hagneck erstellt wurde und mit seinem regulierbaren Stauwehr fortan den Durchstich kontrollierte (Peter 1922).

### Der Broyekanal und der Zihlkanal, Anpassungsarbeiten

Parallel zu den Arbeiten am Hagneckkanal wurden auch jene der oberen Korrektion durchgeführt. Als Oberingenieur wirkte dort der Neuenburger Henri Ladame (1838–1926), der am Eidgenössischen Polytechnikum

Abb. 115 Die 1875 erstellte Hagneckbrücke nach ihrer Zerstörung 1877. Ein Hangrutsch verschob das steinerne Widerlager der Stahlbogenkonstruktion.

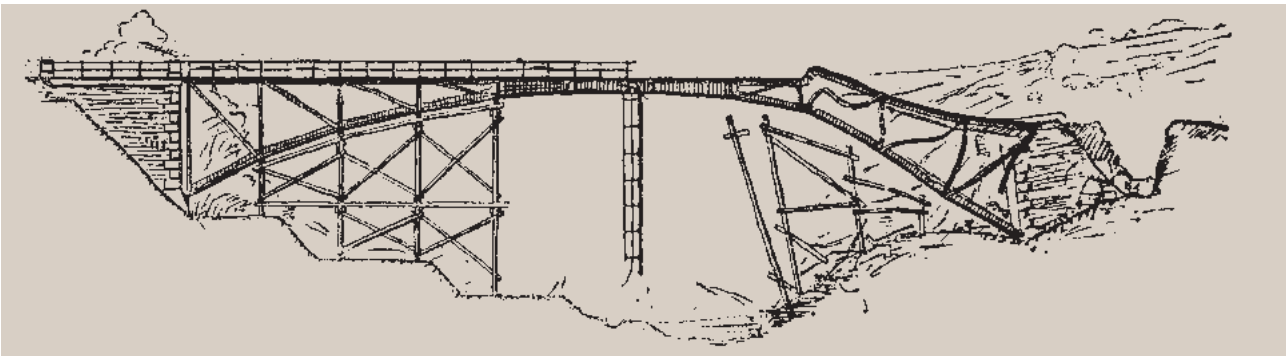


Abb. 116 Für die obere Korrektion wurden 5 Transportschiffe und 5 Schlepper 1876 angeschafft und nachher weiterverkauft. Hier einer dieser Schlepper im Hafen von Neuenburg kurz nach 1900, flankiert von einem Transportschiff und dem Dampfschiff «Jura».

in Zürich Maschineningenieurwesen studiert und seine Karriere, wie sein Berner Kollege Bridel, als Lokomotivführer und Bahningenieur begonnen hatte. Später wurde seine Funktion von seinem Landsmann Ingenieur François Borel (1842–1924) übernommen. Das Büro der Bauleitung befand sich nacheinander in Murten, Sugiez und Thielle. 1874 begannen die Ausweitungen und Begradigungen der Broye zur Verwirklichung des vom Murten- zum Neuenburgersee führenden, 8 km langen Broyekanals. Ähnliches geschah ab 1875 mit der Zihl im Hinblick auf den vom Neuenburger- zum Bielersee führenden, 8,5 km langen Zihlkanal. Ein Teil des Maschinenparks wurde dabei von der Baustelle des Nidau-Büren-Kanals übernommen, ein Teil neu erworben.

**Fertigstellung und Ausblick auf die zweite Juragewässerkorrektion**

Mit dem Absenken der Seen wurden natürlich zahlreiche Anpassungen an Häfen, Schiffsanlegestellen und Ufermauern erforderlich. Neben der herkömmlichen Flotte verkehrten dort seit 1826 ja bereits grössere Dampfschiffe. Ferner galt es, in allen flachen Gebieten Entsumpfungsarbeiten zu leisten, was mit einem ausgedehnten Netz von Entwässerungskanälen geschah (so genannte Binnenkorrektion).
Die offizielle Abnahme der fertigen Flussbauten erfolgte für die obere Korrektion 1886 und für die Berner Korrektion 1891 (Ehrsam 1974). Später gedachte die Nachwelt des Arztes und Politikers Johann Rudolf Schneider und des Ingenieurs Richard La Nicca durch ein gemeinsames Denkmal, das 1908 in Nidau enthüllt wurde und die Inschrift trägt:

«Den Rettern aus grosser Not,
das dankbare Seeland.»

Natürlich hat La Nicca über seine Zeit hinaus noch an weiter gehende Massnahmen gedacht und in einem gewissen Sinne die zweite Juragewässerkorrektion vorausgesagt. Diese wurde dann wesentlich durch den Umstand bedingt, dass sich die entsumpften Ebenen infolge von Setzungen und Torfverzehr (natürliche Oxydation) senkten und damit wieder für Durchnässungen und Überschwemmungen anfällig wurden. Die 1962–1973 realisierte zweite Juragewässerkorrektion bestand dementsprechend in einer Verstärkung der ersten, das heisst in einer Vergrösserung des Broye-, Zihl- und Nidau-Büren-Kanals sowie in der teilweisen Verwirklichung der einst zurückgestellten Flussbauarbeiten unterhalb von Büren und insbesondere unterhalb von Solothurn bei der Emmemündung (Frey 1954).

Abb. 117 Das untere Urner-Reuss-Tal nach K. F. Lusser, 1822, mit Reuss (links), Schächen (Vordergrund) und Urnersee (Hintergrund).

# 11 Andere Flusskorrektionen des 19. Jahrhunderts

Ausser den bisher beschriebenen grossen Flusskorrektionen gelangen hier noch jene der Birs, der Glatt, der Aare zwischen Thun und Bern, der Urner Reuss, der Broye, der Grossen Emme und des Tessins zur Darstellung. Es handelt sich dabei um eine Auswahl von Beispielen. Andere, noch vor 1900 durchgeführte oder zumindest begonnene Flusskorrektionen müssen aus Platzgründen übergangen werden. Dazu gehören insbesondere jene an den Flüssen

*Westschweiz:*
Noxon, Orbe, Gürbe, Aare Meiringen–Brienz, Solothurner Emme
*Zentralschweiz und Aargau:*
Kleine Emme, Reuss oberhalb Bremgarten, Aare bei Rupperswil und unterhalb Böttstein
*Nordschweiz:*
Birs oberhalb von Aesch, Wiese
*Ostschweiz*:
Töss, Thur, Rhein bei Rüdlingen, Seez, Hinterrhein, Landquart
*Südschweiz:*
Maggia vom Ponte Ascona zum Langensee

## 11.1 Die Birskorrektion im Unterlauf ab 1811

Als Beispiel für eine frühe Korrektion am Nordabhang des Juras soll hier die Birskorrektion im Unterlauf zur Darstellung gelangen. Auf den untersten 8 km, das heisst von der Brücke in Dornach bis zum Rhein, fliesst die Birs auf einem bis zu 1 km breiten Talboden. Doch zwängt sie sich oberhalb von Neuewelt durch einen Felsriegel, der wie ein Fixpunkt wirkt und die Strecke in flussbaulicher Hinsicht zweiteilt. Dementsprechend ist auch die zugehörige Flussbaugeschichte verschieden.
Die untere Strecke von 3,5 km Länge liegt heute teils im Kanton Basel-Landschaft, teils bildet sie die Grenze zwischen diesem und dem Kanton Basel-Stadt. Vor der Kantonsteilung von 1833 gehörte sie naturgemäss zum vielfältig genutzten Vorland der nahen Stadt, die von ihr über einen Kanal – den St.-Alban-Teich – viel Wasser bezog. Die erste Fassung lag bei St. Jakob und dann weiter flussaufwärts. Schliesslich wurde sie 1625 im erwähnten Felsriegel neu erstellt und heisst im Hinblick auf ihr markantes Wehr Birswuhr Neuewelt. Dabei erfuhr der St.-Alban-Teich eine Verlängerung auf rund 4 km. Diese Wasserausleitungsanlage hat sich aufgrund zahlreicher Erneuerungen bis heute erhalten (Golder 1984).
Der Stadt Basel war selbstverständlich von Anfang an daran gelegen, das Birswuhr und den am linken

Abb. 118 Heutige Situation des Birslaufs von Aesch bis zum Rhein.

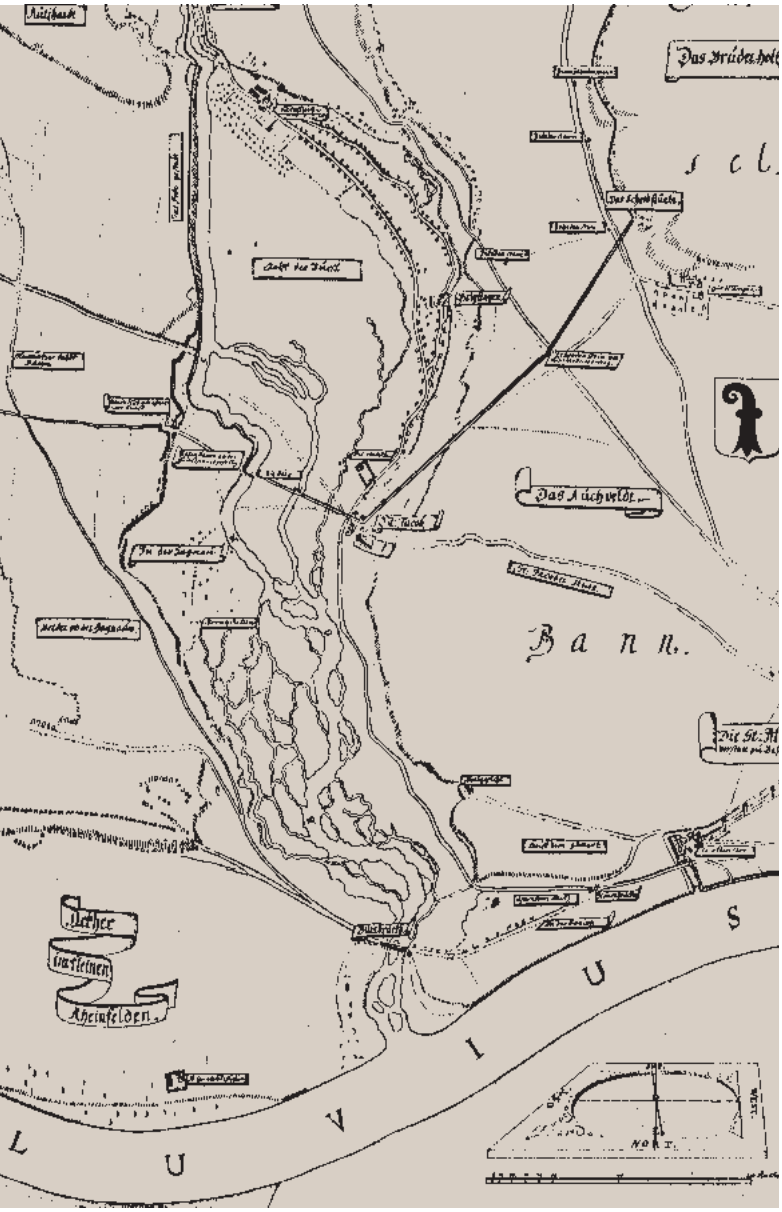



Abb. 119 Unterlauf der Birs, von der Fassung des St.-Alban-Kanals bis zum Rhein. Ausschnitt aus einem Plan von G. F. Meyer, 1678.

Talhang entlang führenden St.-Alban-Teich vor den Einwirkungen der Birs zu schützen. Es galt für sie aber auch, die das Birstal querenden Hauptstrassen nach Rheinfelden und Liestal angemessen zu sichern. Dazu kam, dass mehr oder minder mächtige Grundbesitzer die Talebene für ihre Landwirtschaft beanspruchten und möglichst hochwasserfrei halten wollten. Die Birs aber beanspruchte diese Talebene durch ihre Ausuferungen und Laufverlagerungen ebenfalls. Es scheint, dass um 1650 eine erste Teilkorrektion versucht wurde. So ist auf einem zeitgenössischen Plan ein rund 1 km langer Graben vom Birswuhr abwärts, dem rechten Talhang entlang, zu sehen mit dem Hinweis: «Ein Graben, so vor Jahren von etlichen Bürgern zu einer Wasserleitung ist gemacht worden.» Offensichtlich handelte es sich um einen Leitkanal, dem die Birs, wie ein Plan von 1678 zeigt, tatsächlich eine Zeit lang folgte (Golder 1984). Danach brach sie wieder aus und trat in ihre alten Spuren. Projekte, welche die Birs erneut kanalisieren wollten, wurden im 18. Jahrhundert zwar erstellt, aber nicht ausgeführt.

Unterhalb dieser vorübergehenden Kanalstrecke fand statt, was auch andernorts gang und gäbe war: Die Grundbesitzer suchten dem Fluss durch einseitige Wuhren – so genannte Schupfwuhren oder Schupfschwellen – Land abzutrotzen. Solange das Birsbett breit war, gelang das, ohne die Nachbarn am Gegenufer zu schädigen. Als das Bett jedoch enger wurde, gab es verschiedentlich Streit. Woher der grössere Druck kam, zeigt ein weiterer Planvergleich: Im 18. Jahrhundert verschob sich der Birslauf dort um 200 m nach rechts, das heisst von der Stadt Basel weg (Golder 1984). Da dieser Lauf aber zu wenig oder gar nicht gesichert war, hielt sich die Birs nicht immer an die menschlichen Vorgaben. Deshalb fasste man um 1800 eine Korrektion der Strecke von Münchenstein bis zum Rhein ins Auge.

1798 erstellte der autodidaktische Ingenieur und Geometer Johann Jakob Schäfer (1748–1823) von Seltisberg BL einen Plan des Gebiets vom Birswuhr bis zum Rhein. Darin zeichnete er das Korrektionsprojekt ein, das schliesslich verwirklicht wurde, und brachte den Vermerk an: «Wenn der Birs-Fluss ... auf die erforderliche Normal-Breite von 10 Basler Feldruthen (45 m) nach Gründen der Hydrotechnik gehoerig in ein neues Bett eingedämmt wird, so können 270 Basler Jucharten (ca. 90 ha) Land nicht nur urbar gemacht, sondern auch das schon gegenwärtig in Gefahr liegende urbare gesichert werden, anfänglich durch Pflanzung guter Arten Weiden, Platanus, Pappeln und Ellern (Erlen), in der Folge aber zu nützlichen und einträglichen Wiesen angelegt werden» (Golder 1984). Die Zielsetzung war also klar auf die Sicherung und Gewinnung von Kulturland ausgerichtet. 1807 verfasste Schäfer ein ähnliches Projekt für die rund 2 km lange Birsstrecke von Münchenstein bis zum Birswuhr. Er sah im Wesentlichen

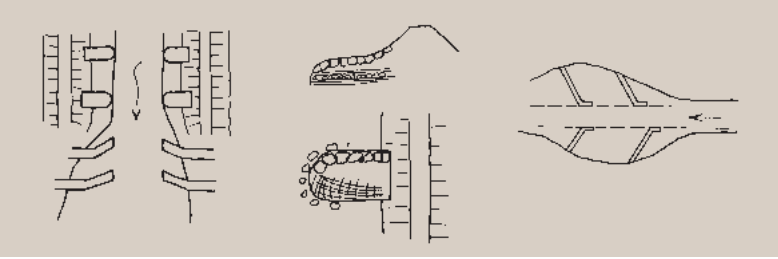


Abb. 120 Handskizzen von J. G. Tulla aus Briefen an J. J. Schäfer um 1811, nachgezeichnet von E. Golder, 1984.

eine Leitkanalbauweise längs einem stark begradigten Trassee vor sowie den Ausbau des definitiven Flussbetts zu einem Doppelprofil.
1809 reiste Schäfer als Basler Wasserbaumeister mit dem Titel eines Landkommissars an die Linth, um dort die laufenden Arbeiten der Linthkorrektion zu besichtigen. Er wurde dabei von einer Gruppe von Arbeitern begleitet, die vor Ort das Faschinenlegen erlernen mussten. Auf sein Betreiben hin wurde sein Korrektionsprojekt für die Birs noch dem badischen Rheinwuhrinspektor Johann Gottfried Tulla (1770–1828) vorgelegt, der 1811 positiv dazu Stellung nahm. In der Folge entspann sich zwischen Schäfer und Tulla ein interessanter technischer Briefwechsel, der längere Zeit anhielt. Tulla wurde nochmals beigezogen, als das Birswuhr 1813 und 1814 durch ein Hochwasser beschädigt wurde und repariert sowie schliesslich verlegt werden musste (Vischer 2000a).
Die Bauarbeiten an der Birskorrektion von Münchenstein bis zum Rhein begannen 1811. Sie standen unter der Leitung von Schäfer und nach dessen Tod von Andreas Merian (1794–1880), dem Basler Strassen- und Wasserbauinspektor, und sie konzentrierten sich darauf, dem Fluss den vorgesehenen neuen Lauf zu vermitteln und diesen mit fast lückenlosen Buhnenreihen zu konsolidieren.
An der Birs oberhalb von Münchenstein geschah zunächst nichts. Örtliche Abwehrmassnahmen hatte man dort aber schon früher getroffen. Aktenkundig ist ein von der Regierung des Kantons Basel-Landschaft 1850 gefasster Beschluss, eine von der Gemeinde Aesch vorgenommene Verbauung zu subventionieren und überdies «bezüglich der Fortsetzung der Birskorrektion oberhalb der Brücke in Dornach mit den Regierungen von Solothurn und Bern ein Einverständnis zu bewerkstelligen». Auch das 1856 vom Baselbieter Volk angenommene «Gesetz über die Gewässer und die Wasserbaupolizei» widerspiegelte solche koordinierende Bestrebungen. «Doch war», wie Botomino (1977) schreibt, «... die Macht der Verhältnisse (damals noch) grösser als die Gesetzeskraft.»
Von Münchenstein bis zum Rhein erfolgte die endgültige Sicherung der Ufer offenbar erst in den 1870er Jahren. Merkwürdigerweise wurden dann nur diese Uferverbauungen als «erste» Birskorrektion bezeichnet (Golder 1984). Eigentlich hätte man darin bloss einen Abschluss der von Schäfer instradierten Flussbauten sehen sollen. Vielleicht stellte man bei der Kantonsteilung von 1833 einfach die Uhren auf null zurück. Vielleicht musste nach 1870 am vorhandenen Flusslauf tatsächlich so viel geflickt werden, dass das den Beteiligten wie eine neue Korrektion vorkam; dann hätte man aber von der zweiten Birskorrektion sprechen müssen. Dieser zweite Rang blieb aber den Flussbauarbeiten vorbehalten, die Anfang des 20. Jahrhunderts mit Bundeshilfe ausgeführt wurden.
Diese «zweite» Birskorrektion wurde nötig, weil 1881 ein ausserordentliches Hochwasser das bis dahin Erreichte einer harten Bewährungsprobe aussetzte. Dabei wurde die Zweckmässigkeit der oberen Teilstrecke im Wesentlichen bestätigt, hingegen zeigte die untere einige Schwächen, die weitere Massnahmen erheischten. Die zunehmend sich verdichtende Besiedlung des Birstales zwischen Basel und Birsfelden machte die dortige Gegend ohnehin anfälliger.

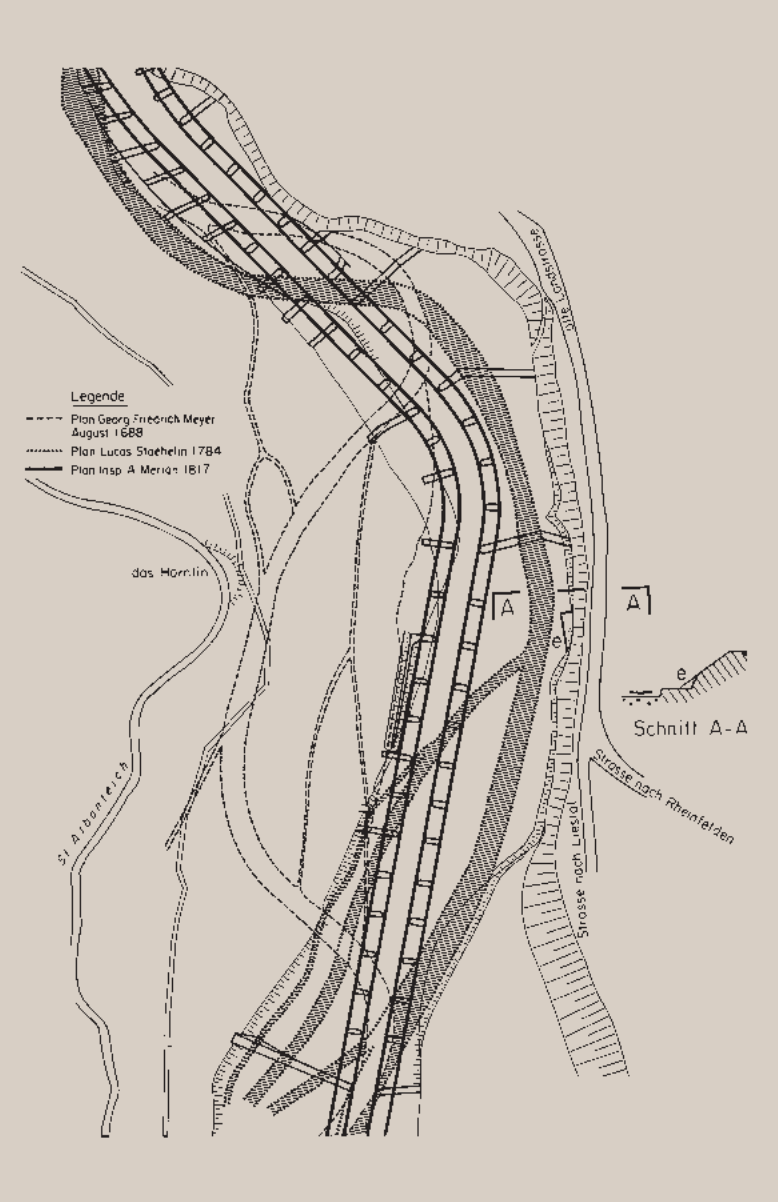



Abb. 121 Birslauf zwischen St. Jakob und Birsfelden. Zustand 1688 strichliert; Zustand 1784 punktiert mit Vorschlag eines Längswerks (in e) zur Sicherung der Uferstrasse; Korrektionsprojekt 1817 von A. Merian ausgezogen. Zeichnung E. Golder, 1984, nach A. Merian.

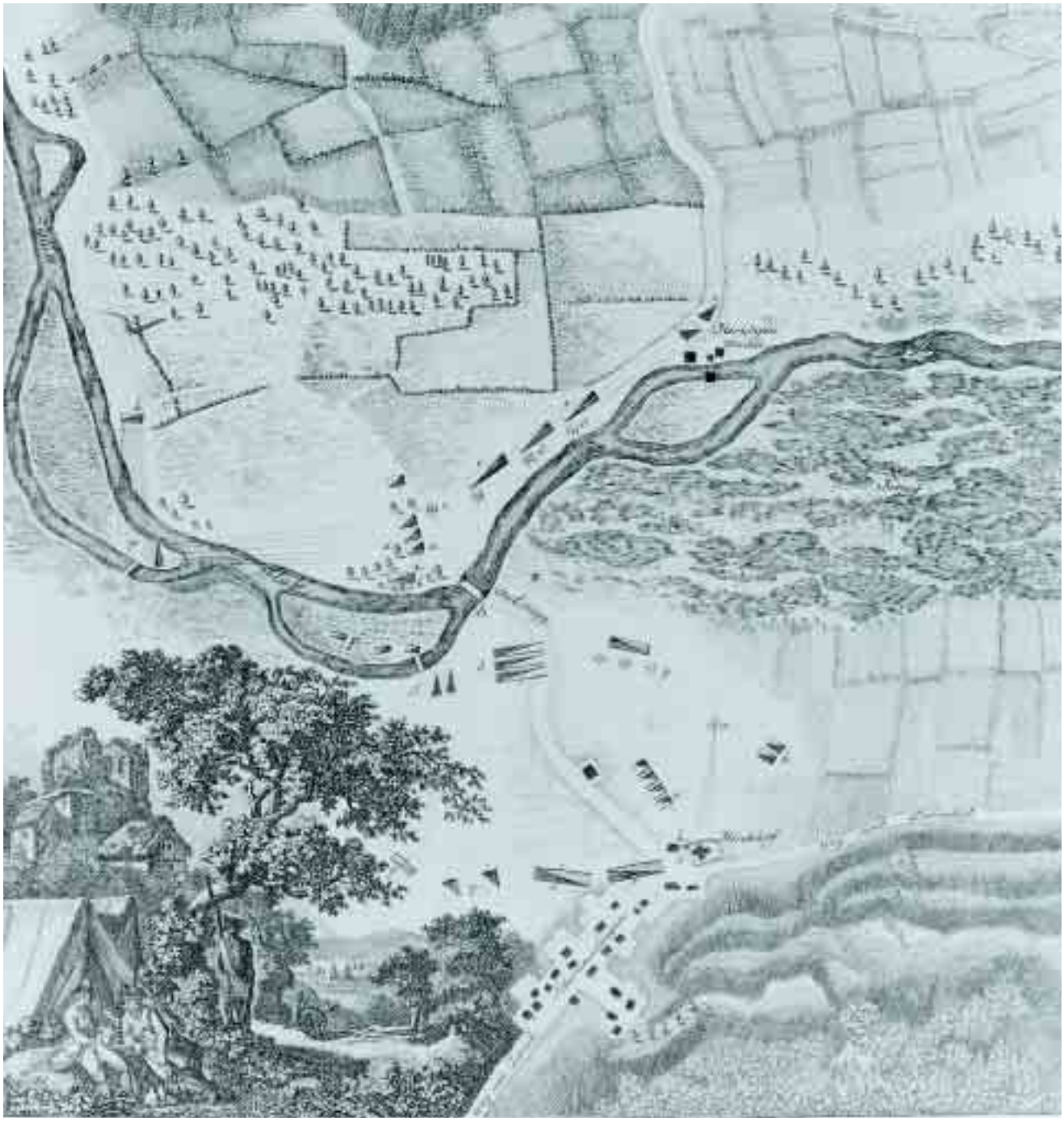


Abb. 122 Oberlauf der Glatt zwischen Wallisellen und Schwamendingen. Zürcher Manöver längs der Landstrasse Zürich–Winterthur, 1774.

## 11.2 Die Glattkorrektion ab 1813

### Die Korrektion der unteren Glatt 1813–1830

Die Glatt beginnt am Greifensee und mündet bei Rheinsfelden, einem Weiler von Glattfelden, in den Rhein. Ihr 36 km langer Lauf unterscheidet sich von andern dadurch, dass das Gefälle von oben nach unten zunimmt. In ihrem Ober- und Mittellauf floss sie früher deshalb sehr langsam, was Ausuferungen und Versumpfungen begünstigte. Um 1700 sollen die Sümpfe im Glatttal 55 km² eingenommen haben. In ihrem Unterlauf war die Glatt – ähnlich wie die benachbarte Töss – ein reissendes Gewässer, das die «Thalgründe durch Zerstörung der Ufer und Abschwemmung des fruchtbaren Bodens» verwüstete

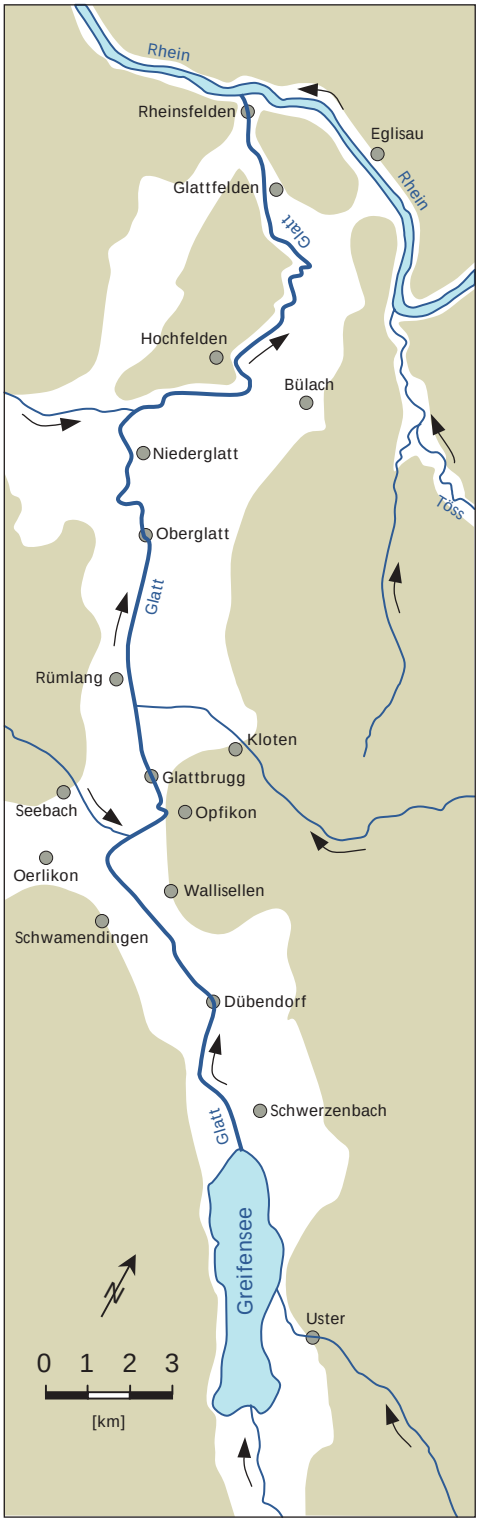



Abb. 123 Heutige Situation der Glatt vom Greifensee bis zum Rhein.

(EDI 1896). Dementsprechend unterschieden sich auch die Korrektionsziele: Am Ober- und Mittellauf galt es, ein besseres Abflussvermögen zu schaffen und die Sohle abzusenken; am Unterlauf strebte man eine Fixierung des Flussbetts an.

Es wurde bereits in Abschnitt 5.5 erwähnt, dass lokale Korrektionsarbeiten schon ab Anfang des 17. Jahrhunderts vorgenommen wurden. Ausgedehntere Arbeiten erfolgten aber erst Anfang des 19. Jahrhunderts. Anlass dazu boten die sich verschlimmernden Verhältnisse:

«In den Jahren 1807 bis 1810 hatten sich die Überschwemmungen der Glatt in grösserem Masse und in den nachteiligsten Zeitpunkten (vor oder während der Heuernte) wiederholt, die Notwendigkeit einer durchgreifenden Verbesserung des Laufes des Flusses wurde immer lebhafter gefühlt, und so kamen von allen Seiten her Bittschriften bei der Regierung ein, in welchen der traurige Zustand der verschiedenen Abtheilungen des Thales geschildert, der nachtheilige Einfluss der Überschwemmungen auf die Bodenerzeugnisse und den Wohlstand der Bevölkerung überhaupt dargestellt und auf das Dringendste um Abhülfe des immer weiter sich verbreitenden Übels der jährlichen Überschwemmungen und der allmählichen Versumpfung des Thales nachgesucht wurde. Das Sanitätskollegium berichtete, dass im Glatttal seit vielen Jahren ungewöhnlich viele Erkrankungen vorkommen, dass Ende 1811 in Rümlang und Oberglatt eine bedenkliche Epidemie aufgetreten sei, und dass es den Anschein habe, als ob die Disposition zu Krankheiten sich eher vermehre als vermindere» (Baudirektion ZH 1867).

1812 verfasste Hans Conrad Escher (1767–1823), der Leiter des Linthwerks, einen Bericht über die Verhältnisse an der Glatt mit Korrektionsempfehlungen (Hottinger 1852). Die bereits geschilderten Eigenschaften des Flusslaufs ergänzte er noch durch zwei wichtige Beobachtungen: Im Ober- und Mittellauf hemmten nicht nur die Gefällsverhältnisse den Abfluss, sondern «elf an der Glatt gebaute, höchst unzweckmässig eingerichtete Mühlen»; und im Unterlauf wirkte das Glattwasser nicht bloss verheerend, sondern diente auch der Wiesenwässerung, und das selbst auf den jeweils übersarten Flächen. Für die flussbaulichen Arbeiten definierte Escher eine zwischen Glattfelden und Hochfelden liegende Abschnittsgrenze. Der 30 km lange Glattlauf oberhalb müsse samt dem Greifensee um 1,2 bis 1,8 m abgesenkt werden. Dabei sei dieser Lauf an den Mühlen vorbeizuführen. Das heisst, dass die Mühlen fortan an seitlichen Kanälen stehen würden. Ihre Wehre in der Glatt dürften den Hochwasserabfluss der Glatt nicht mehr zurückstauen. Anders der 6 km lange Glattlauf unterhalb der Abschnittsgrenze! Dieser müsse so trassiert werden, dass die Strömung inskünftig weder die

Abb. 124 Glattstollen am Rheinufer, «Ansicht des durchgegrabenen neuen Auslaufs der Glatt in den Rhein», um 1820.

Talhänge anzugreifen noch die Talebene bei Glattfelden zu übersaren vermöge.
Die kantonale Wasserbaukommission stellte sich hinter den Bericht Eschers und legte ihn dem Regierungsrat vor. Dieser beschloss noch im selben Jahr 1812: «Die Korrektion des Glattflusses von seinem Einlauf in den Rhein bis zum Greifensee, nebst der damit zu bewirkenden Senkung des Seewasserspiegels, soll nach dem Vorschlag von Hans Konrad Escher und unter der Leitung der Wasserbaukommission des Kantons ausgeführt werden.»
Aus heutiger Sicht fällt auf, dass dieser Beschluss neben dem Korrektionsziel gleichsam auch die Arbeitsrichtung vorgab: vom Rhein zum Greifensee und damit flussaufwärts! Für den Aushub eines neuen Gerinnes war das durchaus vernünftig. Für die Tieferlegung eines bestehenden Gerinnes erwies sich jedoch ein Arbeiten flussabwärts meist als vorteilhafter. Auf jeden Fall war die Arbeitsrichtung bei Korrektionen früher nicht etwa von vornherein klar, sondern Gegenstand fachlicher Erörterungen oder gar von Streitgesprächen.
Der Kanton wollte nur die Kosten für Projekt und Bauleitung tragen. Die Finanzierung der Bauarbeiten sollte den Anstössern und den entsprechenden Gemeinden überbunden werden, was diese sehr stark belastete. Die Folge war, dass von den 27 Gemeinden vorerst 9 die Beteiligung verweigerten, 2 Vorbehalte machten und nur 16 bedingungslos zustimmten. Zu den Letzteren gehörte Glattfelden, weshalb die Arbeiten 1813 dort begannen (Bretscher 1952). Interessant ist, dass die unterste Glattschlinge vor dem Rhein mit einem 90 m langen Stollen durchstochen wurde, um das über einem Prallhang liegende Rheinsfelden vor Abbrüchen zu schützen. Dieser 1822 fertig gestellte und 1885 noch ausgemauerte Stollen ist heute jedoch nicht mehr zu sehen, weil er beim Bau des Kraftwerks Eglisau 1914–1919 durch einen neuen Stollen ersetzt wurde.
Ein Schwachpunkt war und blieb das Wehr der Glattfelder Mühle. Davon ausgehend gab es schon bald verheerende Ausbrüche von Hochwassern, was Flickarbeiten bis in die 1830er Jahre bedingte.
Die Strecke von Glattbrugg bis Hochfelden wurde 1817–1830 korrigiert und auf mehreren Kilometern begradigt. Dort gab es verschiedene Wehre für die Wiesenwässerung und 6 Mühlen, die es zusammen mit dem Glattbett abzusenken galt. Die Mühlen von Oberglatt und Hofstetten (bei Niederglatt) wurden dabei sogar abgebrochen. Der Erfolg dieser nicht immer genügend konsequent durchgeführten Massnahmen war offenbar nicht überzeugend, so dass die Lust zur Fortsetzung und Verbesserung der Glattkorrektion bei der Bevölkerung schwand und die Strecke von Greifensee bis Glattbrugg nicht in Angriff genommen wurde. Daran änderte auch der Umstand nichts, dass sich der Kanton ab 1840 zu einer grösseren Kostenbeteiligung sowie zur Übernahme der Unterhaltsarbeiten bereit erklärte.

### Die Gesamtkorrektion 1878–1895

1852 veranlasste eine grosse Überschwemmung die Gemeinden von Schwerzenbach bis Opfikon und Seebach, den Abschluss der Arbeiten zu verlangen. Der Glatttalverein wies 1856 darauf hin, dass viele Beschwerden über unbefugtes Schwellen durch verschiedene Fabrik- und Mühlenbesitzer eingegangen seien. Doch geschah zunächst nicht viel. Es waren dann gerade die kritisierten Wasserwerksbesitzer zwischen dem Greifensee und Wallisellen, die 1865 den Stein ins Rollen brachten. Sie schlugen einen langen Seitenkanal zur Glatt vor, was die Regierung zur Stellungnahme zwang. Dabei erteilte diese die Antwort: «So lange der Ablauf aus dem See nicht tiefer gelegt werden kann, vermögen auch die schönsten und geradesten Kanäle die Übelstände nicht zu beheben.» Es brauchte aber noch zwei weitere Umstände, bis der Kanton zur Tat schritt: Einmal trat 1872 das kantonale Gesetz über die Nutzung der Gewässer und das Wasserbauwesen in Kraft, das die Kompetenzen und Lasten neu verteilte. Dann zerstörte das katastrophale Hochwasser von 1876 die an den unteren Glattstrecken vorgenommenen Flussbauten weitgehend (Bretscher 1952).
Mit Unterstützung des Bundes kam es so 1878–1895 endlich zu einer durchgehenden Glattkorrektion vom Greifensee zum Rhein. Das neue Glattbett wurde zwischen Hochwasserdämme gelegt und erhielt eine Pflästerung als Uferschutz. Die Wasserwerke wurden angepasst und der abgesenkte Greifensee erhielt ein einfaches Regulierwehr. Auf die Anlage von Binnenkanälen und die Durchführung von Meliorationen wurde dagegen weitgehend verzichtet, was im 20. Jahrhundert dann nachgeholt werden musste. Die Veranlassung dazu bot nicht zuletzt die infolge der Industrialisierung überaus starke Expansion der Glatttalgemeinden (Härri 1978), von denen Schwamendingen, Oerlikon und Seebach inzwischen in Zürich eingemeindet worden sind. Von den einstigen sumpfigen Flächen des Glatttals, den so genannten Rieden, ist heute wohl das Gebiet des Flughafens Kloten am bekanntesten.

Abb. 125 Glattkorrektion zwischen Hochfelden und Glattfelden nach Th. Nosek, 1881.

## 11.3 Die Aarekorrektion zwischen Thun und Bern ab 1824

### Zustände bis zum Abschluss des Kanderdurchstichs 1714

Von der untersten Brücke in Thun bis zum Wehr beim Schwellenmätteli in Bern ist die Aare heute 28 km lang. Vor der Aarekorrektion war sie einige Kilometer länger. Allerdings bestand diese Korrektion nicht aus einer Folge von Durchstichen in einem stark mäandrierenden Fluss, sondern aus einer Umwandlung eines verzweigten Flusslaufs in einen leicht geschweiften Kanal. Dabei waren die Verzweigungen mit den zugehörigen Auen und Inseln im 17. Jahrhundert auf zwei Strecken konzentriert: Die erste lag zwischen Thun und dem Prallhang Uttigenfluh nördlich von Uttigen, die zweite zwischen dem Schützenfahr, einem Übergang westlich von Münsingen, und der heutigen Gürbemündung nördlich von Kehrsatz.
Von Thun bis Bern suchten sich die Anwohner natürlich vor den sie bedrohenden Aarefluten zu schützen. Das war aber besonders längs den beiden erwähnten Strecken schwierig, weil die Aare sich dort ziemlich wild gebärdete und sich kaum mit lokalen Uferverbauungen zähmen liess. Sie änderte bei grösseren Hochwassern oft ihren Lauf und brach bald links, bald rechts aus. Damit wurde das Schwellen oder Wuhren, wie damals die Bautätigkeit am Ufer genannt wurde, aufwendig und war letztlich auch wenig verheissungsvoll. Einzelaktionen verpufften ohnehin bald. Doch gab es ausnahmsweise auch Absprachen zwischen den Gemeinden, um eine gewisse Koordination anzustreben.
Ein Licht auf die Zustände im 17. Jahrhundert wirft ein Marchbrief der Gemeinden Münsingen und Belp, die an der Aare aneinander grenzen. Sie verpflichteten sich 1697 zu Folgendem (OBI 1916b): «Spätere Schwellen sollen auf beiden Seiten so weit möglich in gerader Linie ausgeführt und zwischen denselben der Aare ein genügender Raum von sechsundzwanzig Burgerklafter oder 208 Fuss (62 m) gelassen werden. Es sei eine Vermarchung vorzunehmen und bei

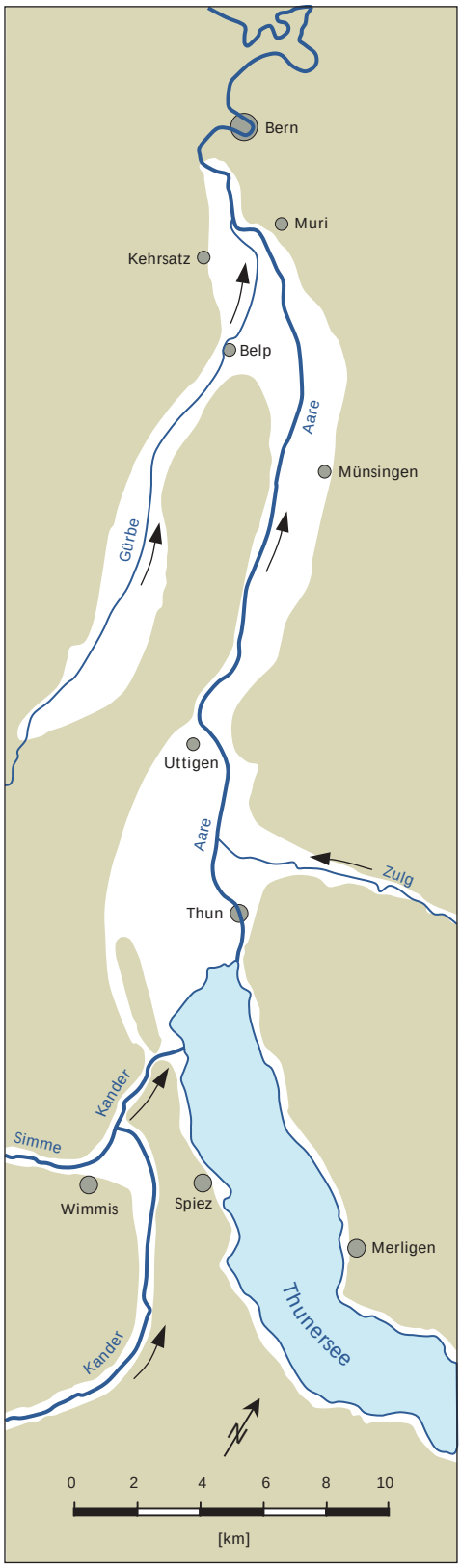



Abb. 126 Heutige Situation der Aare von Thun bis Bern.

Wiederherstellung von Marchen habe jede Gemeinde sich dabei vertreten zu lassen. In den vorgeschriebenen Linien sollen beide Gemeinden nur Streichschwellen (Längswerke am Ufer) und keine Schupfbuhnen anlegen dürfen. Die Erstellung jeder neuen Schwelle solle der andern Gemeinde vorher angezeigt werden, damit sie sich damit einverstanden erklären könne. Beide Gemeinden sollen in Zukunft gute, liebe Nachbarn sein und bleiben.»

Das Abfluss- und Geschieberegime der Aare wurde stark durch die Kander und die Zulg geprägt. Diese gefürchteten Wildbäche mündeten etwa 3 km unterhalb der Schleusen von Thun von links und rechts in die Aare ein. Ihre schnell ansteigenden und feststoffreichen Hochwasser wirkten ab dort wie Stösse auf eine noch labile Aarelandschaft, das heisst, sie verursachten jeweils die bereits erwähnten Umwälzungen und Gefahren.

Mit dem Kanderdurchstich von 1714 wurde die Kander in den Thunersee umgeleitet (siehe Kapitel 6). Damit mündete unterhalb von Thun nur noch die Zulg in die Aare ein, was zwei Konsequenzen hatte: Zum einen wurde der Seeausfluss bis zur Zulgmündung durch das Kanderwasser verstärkt, was den entsprechenden Aarelauf zusätzlich belastete. Zum andern wurden die Hochwasser der Zulg nicht mehr durch die ungedämpften Abflussspitzen der Kander aufgehöht, was für die Aare bis Bern und weiter flussabwärts eine spürbare Entlastung brachte, aber keineswegs alle Probleme löste.

## Die Arbeiten zur Sicherung von Thun

Im Nachhinein ist es schwer verständlich, dass man den Zufluss zum Thunersee mit der Kanderumleitung wesentlich erhöhte, ohne vorher die Abflusskapazität der Aare bei Thun zu verbessern. Zwar fehlten damals die topographischen und hydrologischen Grundlagen sowie vor allem die Retentionsgleichung, um genaue Berechnungen zur Seedynamik anzustellen. Doch war sicher jedem Beteiligten klar, dass eine Zuleitung der Kanderhochwasser in den Thunersee eine wesentliche Mehrbelastung der Aare in Thun verursachen musste. Und die Thuner wiesen erst noch energisch auf diesen Zusammenhang hin. Der Projektant der Kanderumleitung, Samuel Bodmer (1652–1724), hatte in seinem Plan entsprechend auch gewisse abflusssteigernde Massnahmen in Thun und unterhalb davon vorgesehen. Doch wurden diese offensichtlich vom Kanderdirektorium mit der Einwilligung der Gnädigen Herren von Bern fallen gelassen oder auf unbestimmte Zeit zurückgestellt. Wollte man es einfach darauf ankommen lassen?

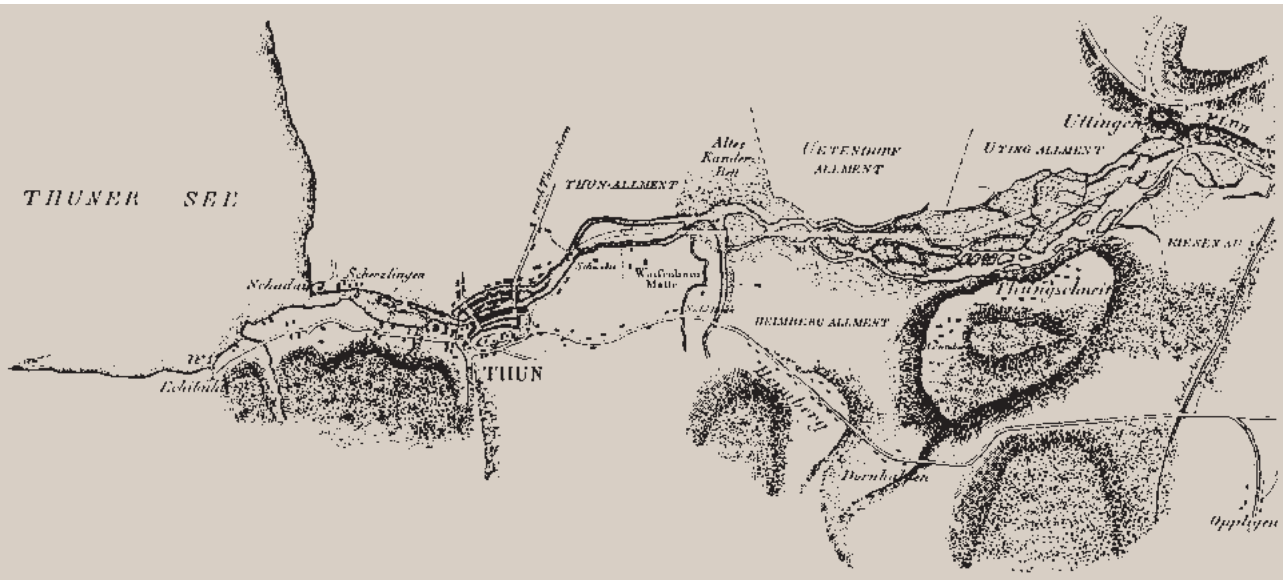
Jedenfalls brachte die Kanderumleitung von 1714

Abb. 127 Plan von Thun und dem anschliessenden Aarelauf sowie der Kander- und Zulgmündung. Strichliert das vorgesehene «Neüwe Aaren Bett» von S. Bodmer, 1710. Fliessrichtung von links nach rechts.

den Thunern und den Seeanliegern zunächst lauter Kalamitäten. Demzufolge versuchte man die erforderlichen Anpassungen – denen nun freilich für längere Zeit das Odium von Flickwerk anhaftete – nachzuholen. Dabei konzentrierten sich die Arbeiten vor allem auf die Aarestrecke im Kern von Thun (siehe Abschnitt 6.4). Unterhalb von Thun erfolgten sie mit weniger Nachdruck. So wurde die von Bodmer vorgeschlagene Kanalisierung der Aare über Uttigen hinaus auch jetzt noch nicht vorgenommen. An seiner Stelle liess das Kanderdirektorium 1717 nur einen kurzen Durchstich in einer Aareschlaufe unmittelbar unterhalb der Stadt ausheben. Dieser Kanal wurde wenige Jahre später und – wie Koch (1826) festhielt – «eigenmächtig» oder «durch ein Missverständnis» wieder zugeschüttet (OBI 1916b).

1720 erhielt Emanuel Gross (1681–1742) von Bern den Auftrag, sein «Projekt wie die Inundation von Thun und dortigen Seeöhrteren zu verhindern» auszuführen. Es umfasste neben mehreren Verbesserungen im Stadtbereich auch die Erstellung eines rund 1 km langen Kanals, der offenbar anstelle und in der Verlängerung des oben erwähnten Kanals bis zur Zulgmündung führte. Über ihn schrieb Koch (1826): «Auf dieser ... Strecke wurde unter dem Namen des Allmendkanales das Strombett gerader geführt, von einer alten Schwelle mitten in demselben gereinigt, die Ufer gesichert, und der Strom durch sogenannte Rührschiffe (siehe Abschnitt 4.3) vertieft, die bei Genf mit Vortheil gebraucht worden waren. Dieses wirkte so gut, dass schon in einem damaligen Bericht erklärt wird, es sei kein Schwäbis (Flurname, der wohl eine flaue Strömung andeutet) mehr unten an der Stadt Thun vorhanden, sondern ein kräftiger Strom bis gegen die

Abb. 128 Aarelauf von Thun bis Uttigen. Auszug aus einem Plan mit Projektskizze von J. J. Oppikofer, 1826.

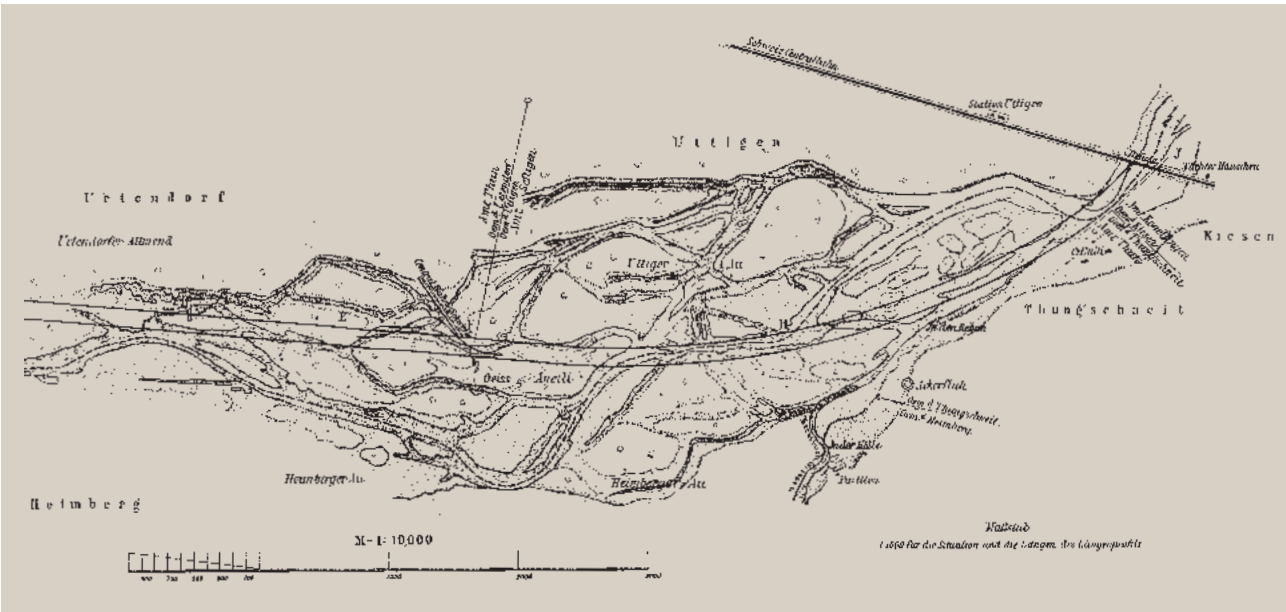


Suld (Zulg) herab.» Der Allmendkanal galt denn auch als «Hauptverbesserung der ganzen Lage bei Thun» (OBI 1916b).
Als weniger erfolgreich erwies sich die Fortsetzung durch einen Uttigenkanal, der über 1 km von der Zulgmündung in Richtung Uttigen gebaut wurde. In diesen wurde nur ein Teil der Aare eingeleitet, was ihn zum Ergänzungsgerinne machte. Doch verlandete er an seinem unteren Ende bald, fiel trocken und wurde 1725 aufgegeben (OBI 1916b). Darin widerspiegelte sich auch der Umstand, dass die Aare dort unter dem Einfluss der starken Geschiebezufuhr aus der Zulg zunehmend verwilderte – «... lokale Schutzbauten genügten nicht, um dem umliegenden Gelände Sicherheit zu geben, der Flusslauf schweifte immer mehr herum und verwüstete stets grössere Landteile» (OBI 1916b).
Von Interesse ist noch, dass die 1759 gegründete ökonomische Gesellschaft von Bern verschiedentlich Wettbewerbe zu flussbaulichen Fragen veranstaltete. So lautete 1762 die Preisfrage (HÜGLI 2002): «Quels sont les moyens les plus assurés, pour contenir dans leurs lits les Torrens et les Rivières de ce pays, particulièrement l'Aar, de préserver le plus surement et à moins fraix, les fonds adjacens, des ravages et des inondations auxquels ils sont exposés, et quelle méthode, quels mathériaux sont les plus propres pour la construction et l'entretien le plus facile des digues entreprises dans ce but?» (übersetzt: Welches sind die bewährtesten Mittel, um die Wildbäche und Flüsse dieses Landes – insbesondere die Aare – in ihrem Bett zu halten, damit die angrenzenden Ländereien am sichersten und billigsten vor den Zerstörungen und Überschwemmungen bewahrt bleiben, denen sie ausgesetzt sind; und welche Methode, welche Materialien eignen sich für den Bau und den Unterhalt der diesbezüglich errichteten Dämme?). Eine ähnliche Ausschreibung lancierte 1774 die bernische Vennerkammer. Diese Bestrebungen zielten freilich auf alle bernischen Gewässer und somit auf die ganze damalige bernische Aare von den Quellen bis Brugg.

### Die Aarekorrektion von Thun bis zur Uttigenfluh 1871–1892

Da die Zulg mit ihrem Geschiebe offensichtlich den grössten Störfaktor darstellte, wurde 1795–1796 der Versuch unternommen, ihre Einmündung zu verbessern. Sie erfuhr eine Abkrümmung parallel zur Aare, wo sie ihr Geschiebe ausserhalb derselben ablagern sollte, um erst dann in die Aare einzumünden. Die erstellten Arbeiten erwiesen sich aber als zu schwach. Ein ähnliches Projekt für eine Zulgkorrektion im Mündungsbereich wurde Anfang des 19. Jahrhunderts wieder aufgegriffen, dann aber fallen gelassen. So kam es, dass an der Aare von Thun bis Uttigen eine lange Zeit keine grösseren Flussbauten durchführt wurden. Die «Pause» dauerte von den 1720er bis zu den 1870er Jahren und damit rund 150 Jahre. Zwar hatte man 1781 unter dem Namen Aaredirektion eine Behörde eingesetzt, die bald für den ganzen Wasserbau von Thun bis Bern zuständig war und die Wuhrbauten koordinieren sollte. Doch schufen der Zusammenbruch des alten Bern und das Regime der Helvetik sowie andere Umstände – zu denen neben politischen Tribula-

Abb. 129 «Rectification u. Eindämmung der Aare zwischen Thun und Uttigen», Auszug aus einem Plan von J. Zürcher, 1876.



tionen immerhin die Aarekorrektion vom Schützenfahr bis zur Gürbemündung von 1824–1859 gehörte (siehe nächsten Abschnitt) – dann eine Zäsur.
Die neue Berner Regierung berief 1805 gleichsam als Ersatz für die Aaredirektion eine Schwellenkommission unter der Leitung des im Wasserbau versierten Juristen Karl Koch (1771–1844) von Thun. In dieser Kommission fasste bald die Überzeugung Fuss, dass es nun einer Gesamtplanung für die Aare von Meiringen bis nach Bern unter Beizug von Fachleuten bedürfe. Dementsprechend wurde 1810 Hans Conrad Escher (1767–1823), Leiter des Linthwerks, zu einer Begehung eingeladen. Er lieferte nach Vornahme einiger Abflussmessungen schon nach wenigen Monaten eine «ausführliche und lehrreiche Denkschrift über den Strombau und über die Aar oberhalb Bern» ab (Koch 1826). Sie schloss mit der einprägsamen Empfehlung: «Entweder müssen die Ströme frey ihrer Natur überlassen werden, oder, wenn man an ihren Ufern zu künsteln anfängt, so muss dieses mit vollständiger Übersicht ihrer ganzen Verhältnisse und mit der ausgebreitetsten Sachkenntnis geschehen» (siehe auch Abschnitt 4.1). Das veranlasste die Aufnahme von Plänen 1:2000 und eines Nivellements des Aarelaufs. Aufgrund dieser Unterlagen wurde der Flussbauexperte Johann Gottfried Tulla (1770–1828) von Karlsruhe hergebeten, der 1811 den Brienzer- und den Thunersee sowie die Aare zwischen Thun und Bern besichtigte und seinerseits eine Denkschrift abfasste. Er empfahl weitere Abflussmessungen und Nivellements bei den Extremwasserständen sowie die Organisation von Pegelbeobachtungen. Seine flussbaulichen Vorschläge bezogen sich aber vor allem auf die Aarestrecke vom Schützenfahr an nordwärts.
Die Schwellenkommission war grundsätzlich willens, den Gutachten von Escher und Tulla nachzuleben. In Angriff genommen wurde aber nur die Grundlagenbeschaffung; vertiefte Projektierungsarbeiten führte man keine durch. Und vor Ort begnügte man sich weiterhin mit bloss lokalen Eingriffen sowie einigen Versuchen mit Buhnentypen (Koch 1826). Die Verwilderung des Aarelaufs schritt deshalb weiter voran. Fasst man die wesentlichsten Klagen zusammen, die Mitte des 19. Jahrhunderts erhoben wurden, ergibt sich Folgendes (Hofmann 1990):

- Die Hochwasser der Aare verursachten Ausbrüche, die die Anwohner direkt gefährdeten. «Und wieder ertönten die Alarmhörner!», heisst es in einigen Berichten.
- Die Überschwemmungen vernichteten Kulturen; überdies ging viel Nutzland durch Erosion oder Überschotterung verloren.
- Die Schwellenpflicht, die zum Teil erst durch das kantonale Wasserbaugesetz von 1857 begründet wurde, belastete die Pflichtigen – zu denen auch die Schiffsmeister gehörten – übermässig; bald mangelte es auch an Schwellholz.
- Die Schifffahrt und die Flösserei beklagten sich über die unsichere, weil immer wechselnde Fahrrinne. Es gab bei Talfahrten Unfälle; für die Bergfahrten fehlte der durchgehende Reckweg (Leinpfad).
- Die 1859 zwischen Bern und Thun eröffnete Schweizerische Centralbahn führte zwar zu einem Rückgang der Schifffahrt. Dafür war der Bahnhof Uttigen von Uferabbrüchen bedroht; weitere Sicherheitsprobleme betrafen die nördlich davon erstellte Bahnbrücke über die Aare und die Bahnlinie gegenüber der Zulgmündung.

Der Ruf nach einer Aarekorrektion wurde folglich immer lauter. Mit der 1863 erfolgten Wahl von Johannes Zürcher (1831–1892) von Eriswil BE zum Bezirksingenieur erhielt er zudem eine fachkundige Unterstützung. Zürcher arbeitete ein Projekt aus, das vom

Abb. 130 Aarekorrektion: «Profiltypen während der Ausbildung des Flussbettes 1873–1883».

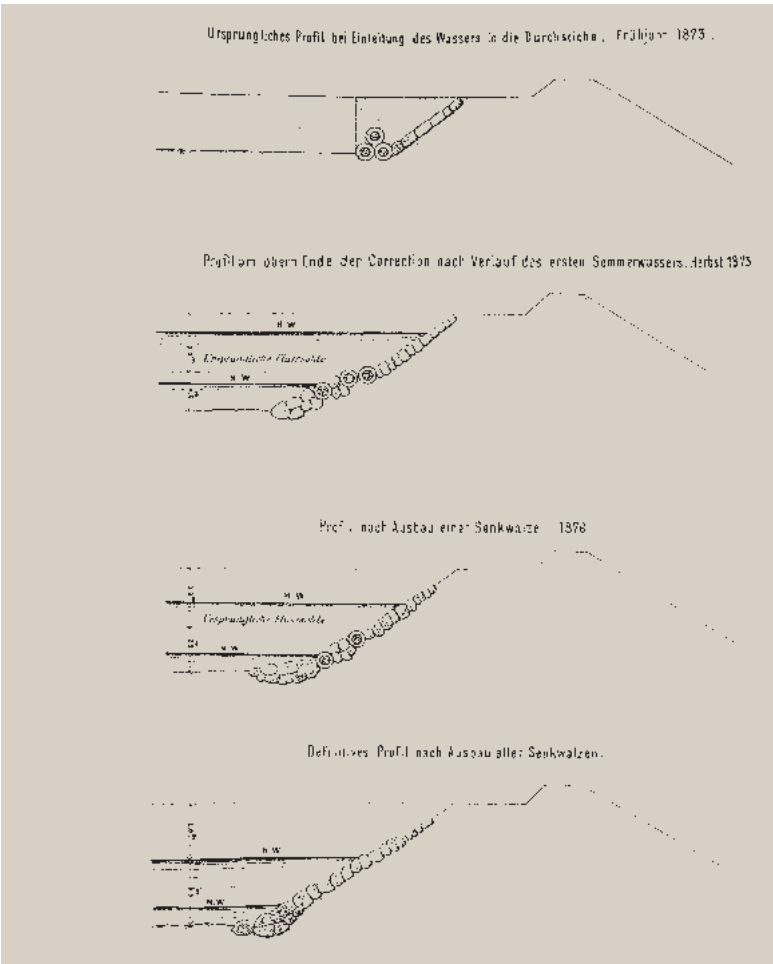


Abb. 131 «Vue dessinée à Mouri près de Berne». Praktisch unverbauter Aarelauf bei Muri, Bild von J. L. Aberli, stromaufwärts, um 1784.

Kantonsingenieur Emil Oscar Ganguillet (1818–1894) von Cormoret noch modifiziert und 1870 vom bernischen Regierungsrat genehmigt wurde. Es umfasste die fast 4 km lange Aarestrecke von Thun bis zur Bahnbrücke bei Uttigen sowie den untersten Teil der Zulg. Bei der Aare ging es um eine Kanalisierung, bei der Zulg um ein Abdrehen der Mündungsstrecke aareabwärts; bislang wies diese nämlich aareaufwärts. Der Baubeginn erfolgte 1871.

Die Aare erhielt ein Trapezprofil von 40 m Sohlenbreite. Zwischen den Böschungen und den knapp 1 m hohen Längsdämmen wurde eine Berme als Reckweg frei gelassen. Der Uferschutz bestand aus einer Pflästerung von harten Bruchsteinen, die auf einem Fuss von parallel zum Fluss angeordneten Senkwalzen ruhten. Der neue Zulglauf wurde mit einem aus Stein und Holz an der Mündung erstellten Absturzbauwerk gesichert (Zürcher 1876).

Die Arbeiten wurden in drei Losen an Unternehmer vergeben. Der Arbeitsfortschritt erfolgte grundsätzlich flussabwärts. Wie allgemein üblich, hob man für das neue Aarebett einen Leitkanal aus und überliess den weiteren Aushub dem Fluss. Die Steine für den Uferschutz bezog man aus Steinbrüchen bei Merligen am Thunersee; ihren Antransport besorgten Seeschiffe bis Thun und von dort weg Flussbarken. Vor Ort wurde alles von Hand ausgeführt; Maschinen standen offenbar nicht zur Verfügung.

An sich hatte man mit einer Bauzeit von wenigen Jahren gerechnet. Infolge verschiedener Rückschläge in Form von Dammbrüchen, Sohlenauflandungen usw. zogen sich die Arbeiten aber bis 1892 hin. Die Erfolge stellten sich jedoch schon etwas früher ein. Gewisse kritische Fragen führten aber zu einer 1877 ausgearbeiteten Expertise von Ingenieur William Fraisse (1803–1885) von Lausanne und Professor Karl Pestalozzi (1825–1891) von Zürich. Diese empfahlen unter anderem die Fortsetzung der Aarekorrektion von der Bahnbrücke bis zur Uttigenfluh, was die Korrektionsstrecke auf 7 km verlängerte.

Kurz und bündig hielt schliesslich ein Gedenkstein am Aareufer gegenüber der Zulgmündung fest (Hofmann 1950):

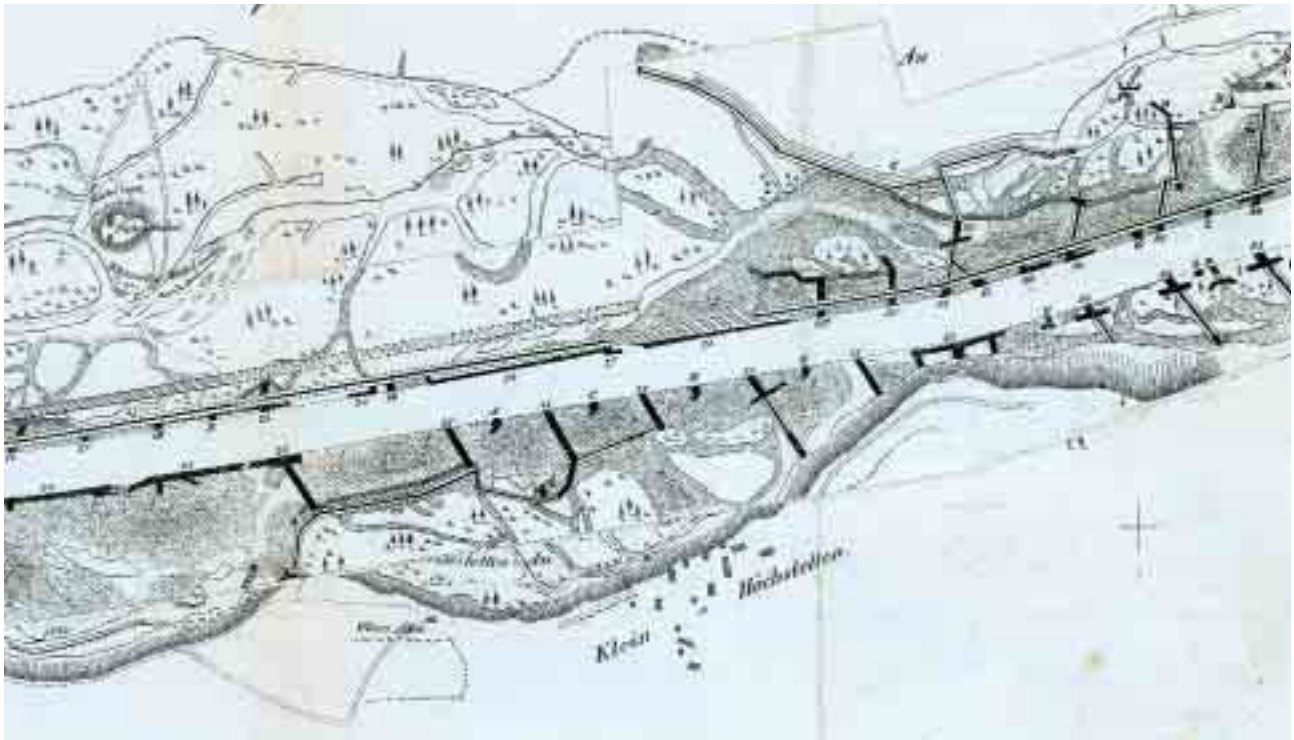
«Der gemeinnützigen Vereinigung der Uferanstösser und der Schweizerischen Centralbahngesellschaft mit Hülfe des Kantons Bern und der Schweizerischen Eidgenossenschaft ist es gelungen – unter der energischen Leitung und Aufsicht des Bezirksingenieurs

Herrn J. Zürcher – diesen verwilderten Flüssen einen geregelten Lauf und den Ufern Schutz und Sicherheit zu geben. 1871–1892.»

### Die Aarekorrektion vom Schützenfahr bis zur Gürbemündung von 1824–1859

Die 7 km lange Aarestrecke von der Uttigenfluh bis zum Schützenfahr westlich von Münsingen erforderte bloss eine Regulierung – also gleichsam eine bauliche Fixierung ihres natürlichen Laufs.
Vom Schützenfahr bis zur Gürbemündung – das sind rund 10 km –, wo die verzweigte und instabile Aare den Anwohnern ähnliche Sorgen bereitete wie bei der Zulgmündung, brauchte es schon grössere Eingriffe. Bereits 1781 beschloss die Aaredirektion dort den Bau eines 1,1 km langen Kanals, den sie den Anliegergemeinden zum Unterhalt übergab. Er war aber viel zu kurz, um nachhaltig zu wirken. 1796 brach die Aare unterhalb davon aus, was den Bau eines 0,8 km langen Wuhrs veranlasste.
Diesen Stand der Dinge fanden die bereits erwähnten Experten Escher und Tulla 1810, beziehungsweise 1811 vor und basierten darauf ihre Empfehlungen. Tulla bezeichnete eine Korrektion der Aarestrecke vom Schützenfahr bis vor die Tore Berns gegenüber den Projekten in und unterhalb von Thun als prioritär. Deshalb lieferte er für diese Strecke auch ein Projekt ab, das eine Kanalisierung auf eine Normalbreite von 47 m vorsah und auf die bereits bestehenden Flussbauten Rücksicht nahm. Es wurde durch Beschluss der Berner Regierung zu einer Art Richtplan für alle weiteren Eingriffe erhoben. Die entsprechenden Ergänzungsarbeiten setzten etwa 1824 ein und gewährleisteten ab den 1830er Jahren einen durchgehenden und kanalisierten Aarelauf. Die Fertigstellungsarbeiten dauerten aber bis 1859, als die Strecke in die Verantwortung der Schwellenpflichtigen überging (OBl 1916b).
Zur Herstellung der neuen Kanalabschnitte bediente man sich hoher Buhnen aus Steinmaterial. Sie verliefen rechtwinklig zum Ufer oder waren etwas stromaufwärts abgewinkelt und bewirkten, dass sich die Strömung vor den Buhnenköpfen eintiefte und dort das gewünschte Gerinne aushob. Die Buhnenköpfe bildeten dabei Punkte, die die Strömung – um es in der Sprache eines Schwellenmeisters zu sagen – geradezu anlockten und deshalb erst recht unterkolkt wurden. Da sie sich als relativ starre Bauten dem Untergrund nicht anzupassen vermochten, erlitten sie bald Schäden. Hätte man die Buhnen also besser in Faschinenbauweise ausführen sollen? Gemäss OBl (1916b) wäre das nicht zielführend gewesen, weil Holzkonstruktionen vom Aaregeschiebe zu schnell abgenutzt werden: «Auch der stärkste Besen ... wird nach einigen Jahren ... durchgerieben», lautete eine prägnante Aussage der Fachleute.

Abb. 132 Aare bei Kleinhöchstetten (zwischen Münsingen und Muri), Quer- und Längswerke um 1830 zur Fixierung des Aarebetts. Fliessrichtung von links nach rechts.



Als trotz allem 1876 ein ausserordentliches Hochwasser nördlich von Belp verheerend ausbrach, bat die Berner Regierung – wie bereits erwähnt – die Experten Fraisse und Pestalozzi um eine flussbauliche Ursachenanalyse. In ihrem Gutachten von 1877 empfahlen sie aufgrund ihrer Einsichten unter anderem, den Uferschutz fortan nicht mehr mit Buhnen sicherzustellen, sondern mit steinernen Streichschwellen, das heisst mit Längswerken. Die weiteren Arbeiten bezogen sich dann aber vornehmlich auf die 4 km lange Aarestrecke von der Gürbemündung bis zum Schwellenmätteli in Bern und weiter flussabwärts.
In das Hochwasserschutzkonzept musste selbstverständlich auch die Gürbe einbezogen werden. Ihre Mündung wurde in den 1830er Jahren befestigt und ihr Unterlauf von 5 km Länge in den Jahren 1855–1860 korrigiert (OBI 1914). Während der Aarekorrektion fand ein Übergang der Kompetenzen von den Anstössern und Gemeinden zum Kanton Bern statt, was 1857 im kantonalen Wasserbaugesetz festgeschrieben wurde. Aufgrund des Bundesgesetzes über die Wasserbaupolizei von 1877 wurde schliesslich auch das Eidgenössische Oberbauinspektorat in die Aarekorrektion involviert (HÜGLI 2002).

## 11.4 Die Korrektion der Urner Reuss ab 1850

Die Urner Reuss fliesst von Göschenen bis Amsteg in einem engen Tal mit mehreren Schluchtstrecken. Bei Amsteg tritt sie in eine Ebene aus, die sich über 15 km bis zum Vierwaldstättersee hinzieht und sich auf 2 km verbreitert. Bei dieser Ebene handelt es sich um eine typische Schwemmebene, die von der Reuss und ihren Seitenbächen seit der Eiszeit gebildet worden und damit von ihrer Entstehungsgeschichte her Überschwemmungen und Übersarungen ausgesetzt ist.
Auf dieser Ebene schlängelte sich die Reuss bis Anfang des 19. Jahrhunderts ziemlich ungehindert talwärts. Ihr Lauf wurde einzig durch die Schuttkegel der Seitenbäche da und dort an den Gegenhang gedrängt. Der grösste unter diesen Kegeln ist jener des Schächens zwischen Schattdorf und Altdorf. Die Mittel der Anwohner reichten höchstens aus, um dem Ausbrechen der Reuss und der Seitenbäche auf ihre Fluren lokal zu wehren. Das geschah – wie überall – durch die verschiedensten Uferverbauungen, jedoch auf eine bemerkenswert gut organisierte Weise. Die Anwohner bildeten schon früh eine Art Schwellenkorporationen (so genannte Steuern), die unter der Leitung eines Wuhrvogts standen. Über die Notwendigkeit und Dringlichkeit von Massnahmen an der Reuss und der Schächen entschied jeweils eine aus sieben Männern bestehende Instanz, das Siebnergericht, dessen Protokolle bereits 1594 beginnen (CULMANN 1864).

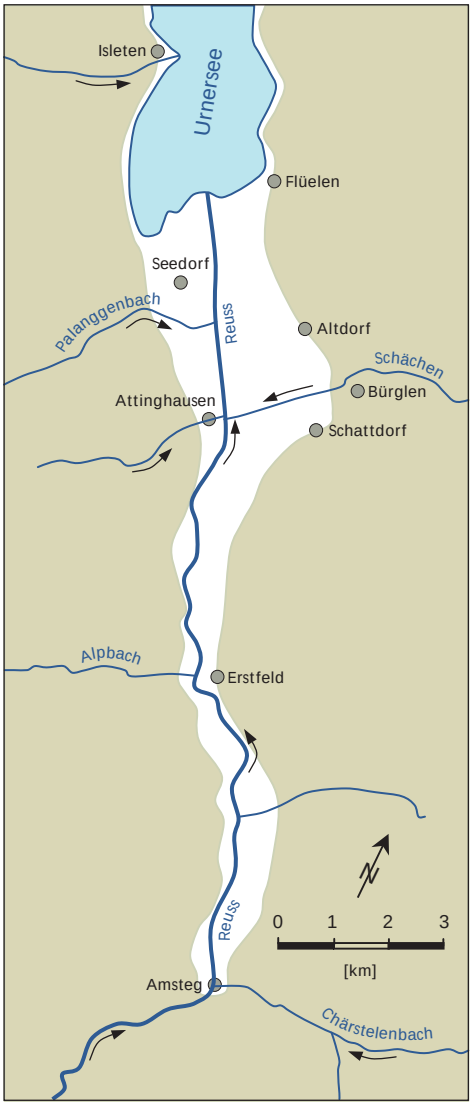



Abb. 133 Heutige Situation der Urner Reuss von Amsteg bis zum Vierwaldstättersee.

Nach rund 50 hochwasserarmen Jahren setzte mit dem Hochwasser 1828 eine hochwasserreiche Zeit ein.
In den Jahren 1828, 1831, 1834, 1839 und 1840 zerstörte die Reuss mehrere Verbauungen, uferte vielerorts aus und hinterliess übersarte oder versumpfte Flächen. Diesem Ansturm der Naturereignisse waren die Schwellenkorporationen und das Siebnergericht nun nicht mehr gewachsen, so dass nach neuen Lösungen gesucht werden musste. Einen Anstoss dazu gab die Schweizerische Gemeinnützige Gesellschaft, unter deren Patronat seit 1834 für die Unwettergeschädigten im Urnerland gesammelt wurde. Sie beschloss, die Hilfsgelder für eine Reusskorrektion unter fachkundiger Leitung zu verwenden. Zu Beginn der 1840er Jahre

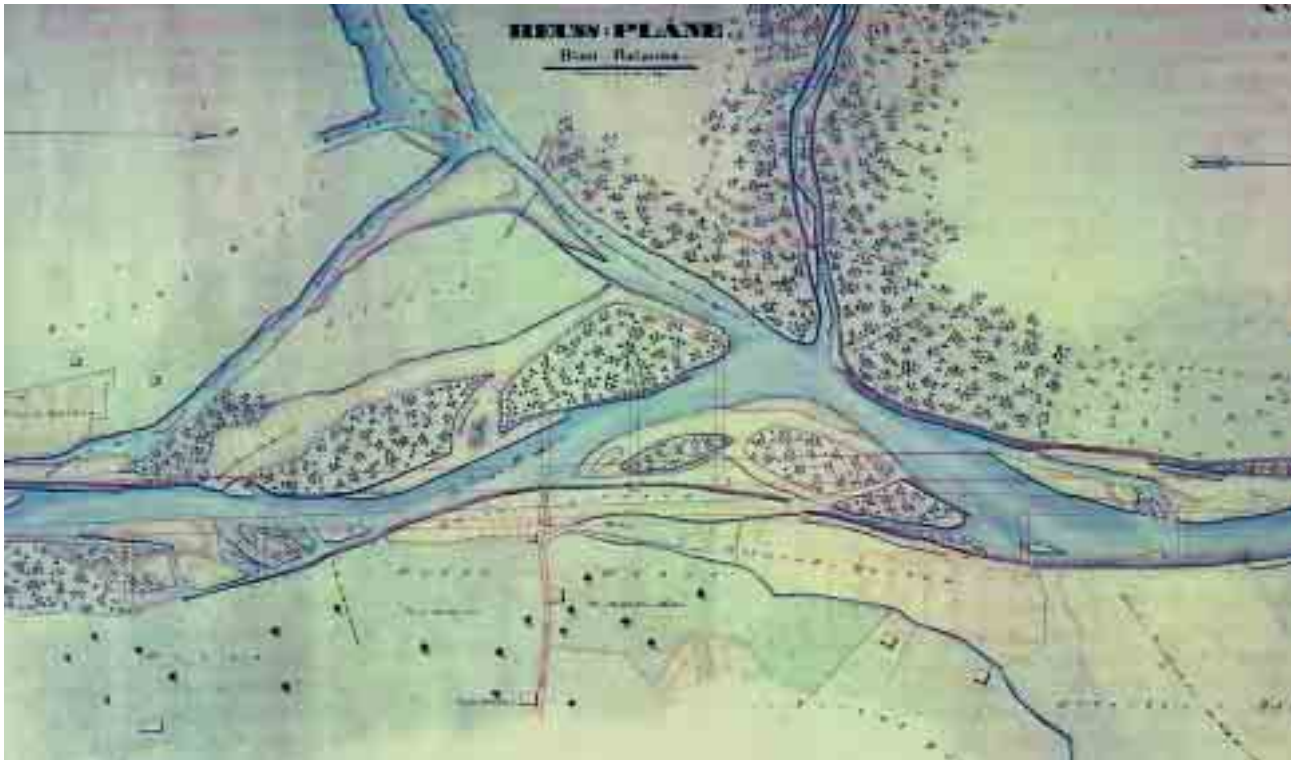



Abb. 134 Reuss bei der Palanggenbachmündung, Plan von K. M. Hegner, 1840–1842.

wurde zunächst ein Situationsplan der Reuss von Amsteg bis zum Vierwaldstättersee erstellt. Dann arbeiteten die beigezogenen Fachleute Richard La Nicca (1794–1883) von Chur und Karl Emanuel Müller (1804–1869) von Altdorf 1843 und 1844 je ein Projekt aus (Stadler 1984, Vischer 2001b).
Beim Projekt von La Nicca lehnte sich die Linienführung von Amsteg bis zur Brücke Attinghausen dem natürlichen Reusslauf an. Dann folgte ein gerader Kanal bis zur Einmündung des Palanggenbachs, wo er nach rechts abbog und nach einer weiteren geraden Strecke rund 500 m östlich der heutigen Reussmündung den See erreichte. Das Trapezprofil wurde seitlich von 4,5 m hohen Böschungen und Dämmen eingefasst, die mit einer auf einem Holzrost fundierten Pflästerung gegen Erosion geschützt waren. Beim Projekt von Müller war vieles ähnlich. Doch verlief die kanalisierte Strecke von Attinghausen bis zum See in einer einzigen, rund 4 km langen Geraden. Auch waren die Abmessungen des Trapezprofils grösser und der Fuss der Pflästerung noch robuster. Der Urner Landrat gab 1845 dem Projekt von Müller den Vorzug und fand damit auch die Zustimmung des schweizerischen Komitees, das die Hilfsgelder verwaltete. Dieses legte die Priorität auf die Strecke von der Seedorferbrücke bis zum See und machte die Aushändigung der Gelder von der Vollendung der Arbeiten abhängig (Stadler 1984).
Zunächst glaubte man, noch die geplante Absenkung des Vierwaldstättersees abwarten zu müssen (siehe Abschnitt 14.3). 1850 nahm der betroffene Bezirk dann aber das Projekt an, so dass mit dem Bau begonnen werden konnte. Dabei übernahm Karl Emanuel Müller die Ausführung des rund 1,5 km langen Kanals von der Seedorferbrücke bis zum See im Akkord. Interessant ist, dass das gewählte Trapezprofil von 25 m Sohlenbreite gegen den See hin um rund 1 m verengt wurde, um die Schleppkraft des Flusses im Deltabereich aufrechtzuerhalten. Als jedoch 1851 ein Hochwasser den bereits weitgehend erstellten Kanal vertiefte, den Böschungsfuss an verschiedenen Orten unterspülte und die Dämme der untersten Strecke fast ganz wegfrass, wurde eine Aufweitung des Profils in Betracht gezogen, aber nicht vorgenommen.
Nach der Vollendung der Arbeiten 1852 wurde 1854–1863 der Kanal von der Attinghauserbrücke bis zur Seedorferbrücke erstellt. Diesmal musste der Bezirk das Werk in eigener Regie mit Taglöhnern durchführen, weil eine Vergabe im Akkord wegen der Risiken offenbar nicht mehr in Frage kam (Stadler 1984).
Es zeigte sich aber bald, dass die einst auf der Strecke flussabwärts der Seedorferbrücke vorgesehene Aufweitung eigentlich notwendig gewesen wäre. Denn die dort weiter wirkende Erosion führte dazu, dass 1860 ein Hochwasser die Dämme auf 1,2 km Länge zum Einsturz brachte. Vielleicht war die dort zu starke

Strömung auch eine Folge der Absenkung der Hochstände des Vierwaldstättersees, erstellte man doch 1859–1861 in Luzern das entsprechende Regulierwehr (Culmann 1864). Als noch das berüchtigte Hochwasser von 1868 die Dämme erneut beschädigte und ausbrach, wurde die Aufweitung 1869 im Rahmen der Wiederinstandstellungsarbeiten zügig vorgenommen. Karl Emanuel Müller und der amtierende Linthingenieur Gottlieb Heinrich Legler (1823–1897) wirkten dabei als fachliche Berater (Stadler 1984).
Mangels einer valablen Geschiebetheorie und der Möglichkeit zur Durchführung von hydraulischen Modellversuchen war man sozusagen zu Versuchen vor Ort gezwungen (Püntener 2000). Tatsächlich war die vorgenommene Aufweitung etwas zu gross geraten. Denn nun begann sich die Sohle von der Attinghauserbrücke bis zum See zu heben. Dazu trug freilich auch das im See bei einer Ablagerung von durchschnittlich 150'000 m³ pro Jahr wachsende und damit den Reusslauf verlängernde Delta bei. Das Freibord der Dämme verminderte sich jedenfalls, so dass jenen nun eher eine Über- als eine Unterspülung drohte. Da 1888 der Kanton kraft einer Verfassungsänderung die Gewässerhoheit übernahm, wurde er auch für die weiteren Massnahmen an der Reuss zuständig und verantwortlich. Aufgrund eines Projekts seines Kantonsingenieurs Johann Müller (1846–1905) von Zug führte er 1900–1912 von der Seedorferbrücke bis zum See eine neue Korrektion durch, die auch einen Durchstich im Delta umfasste (Stadler 1984). An den Kosten beteiligte sich der Bund zu 50 %. Die Korrektion der Reuss von Amsteg bis zur Attinghauserbrücke erfolgte erst später und streckenweise. Es handelte sich praktisch um eine Regulierung des vorhandenen Flusslaufs.
Abschliessend sei noch erwähnt, dass auch der geschiebereiche Schächen Ende des 19. Jahrhunderts verbaut wurde. Aufgrund eines Projekts von 1888–1889 erfolgte die Erstellung einiger Längswerke und Wildbachsperren, die aber dem ausserordentlichen Hochwasser von 1910 nicht standhielten, was eine weitere Sanierung erforderlich machte (OBl 1916a, Knobel 1977).

## 11.5 Die Broyekorrektion ab 1853

Von ihren Quellen bei Semsales in den Freiburger Voralpen bis zum Neuenburgersee ist die Broye rund 80 km lang. Diese Strecke lässt sich grob dreiteilen: Die oberste Strecke bis Payerne zeichnet sich durch V-Täler oder schmale Talböden aus. Die mittlere Strecke von Payerne bis zum Murtensee liegt in einer breiten Talebene, die auch von der Petite Glâne und der Arbogne durchflossen wird. Die untere Strecke vom Murtensee bis zum Neuenburgersee

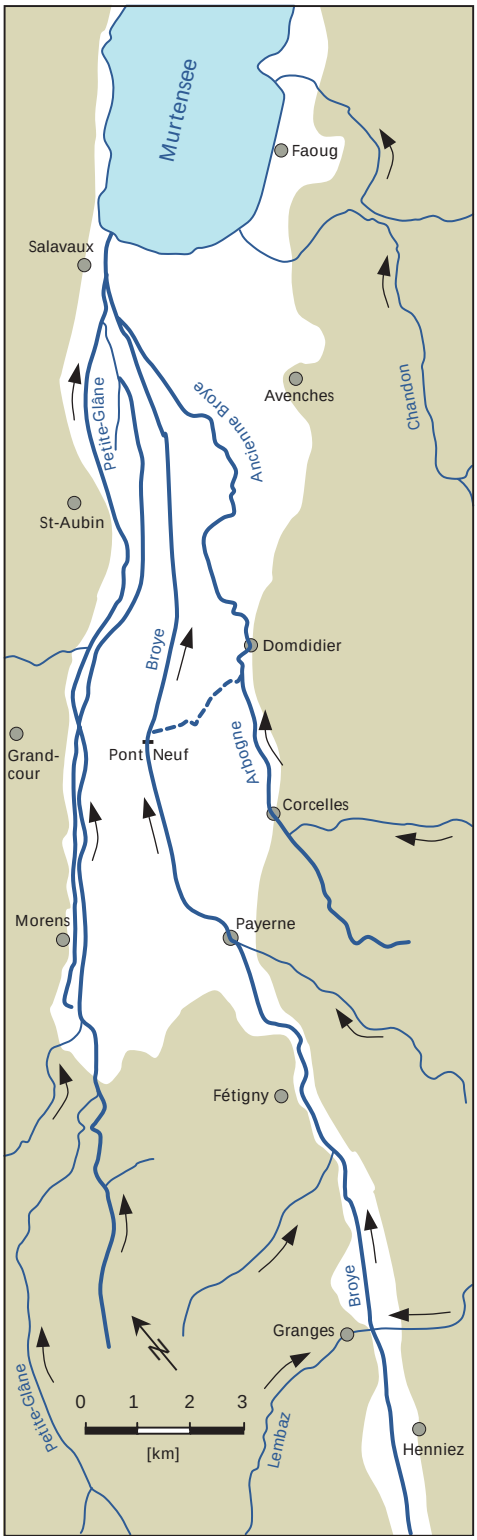


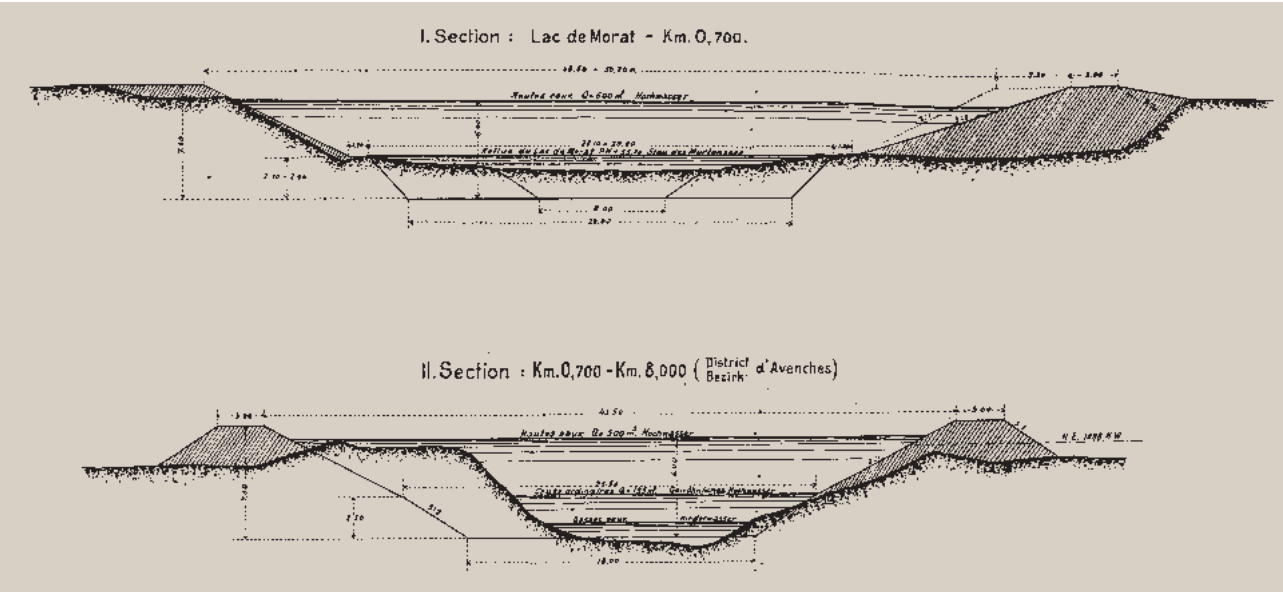

Abb. 135 Heutige Situation der Broye von Granges bis zum Murtensee.

Abb. 136 Uferschutz an der Broye mit Senkwalzen gemäss System Gumppenberg (Ingenieur am Lech in Bayern), um 1865.

bildet den Rand des Grossen Mooses im eigentlichen Seeland.
Hochwasserschutzmassnahmen waren auf allen drei Strecken nötig. Auf der obersten betrafen die Überschwemmungen aber nur einen Bruchteil des Landes, das sie auf der mittleren und der unteren Strecke heimsuchten. Deshalb wird hier das Augenmerk auf die mittlere Strecke gerichtet. Die untere erfuhr ihre Sanierung im Rahmen der bereits im Kapitel 10 beschriebenen Juragewässerkorrektion von 1868–1891.
Die erwähnte Talebene, die so genannte Broye-Ebene längs der mittleren Strecke, ist etwa 13 km lang und bis zu 4 km breit. Die einstigen Zustände werden wie folgt geschildert: «Die Broye floss hier infolge jahrhundertelanger Auflandung schon lange nicht mehr im Talweg der Ebene, sondern schweifte in zahlreichen Windungen mit schwachen Gefällen von einem Hochbord zum anderen, so dass die Geschiebe immer mehr liegen blieben, das Bett sich stets erhöhte und die Überschwemmungen häufiger wurden» (OBI 1916).
Schon im 18. Jahrhundert unternahm die Gemeinde Corcelles unterhalb von Payerne eine Broyebegradigung auf ihrem Gebiet. Im 19. Jahrhundert strebten dann die in der Ebene gleichsam ineinander verzahnten Kantone Freiburg und Waadt eine integrale Lösung an (Gonin 1890).
Zunächst wurde 1828 zwischen Granges und Payerne eine Broyekorrektion am Einlauf zur Ebene geplant, dann widmete sich ab 1843 Ignaz Venetz (1788–1859) einer Gesamtkorrektion. Venetz hatte 1837 seine Stelle als Kantonsingenieur des Wallis aufgegeben und diente dann bis etwa 1854 dem Kanton Waadt (siehe Kapitel 9). Er reichte 1849 sein Projekt ein, welches folgende Arbeiten umfasste:

- die vollständige Korrektion der Broye und der Petite Glâne sowie
- die Erstellung eines ausgedehnten Netzes von Bewässerungskanälen, um mittels Kolmation die Sümpfe und andere tief liegende Stellen auffüllen zu können, sowie Entwässerungskanäle zur Grundwasserhaltung.

Abb. 137 Normalprofile für die Broyekorrektion ab 1891.



Dabei kostete der zweite Punkt mehr als der erste, was wohl mit dazu beitrug, dass die Ausführung auf sich warten liess (Venetz 1851; BVIA 1882). Aufgrund dieser und anderer Einwände erstellte der Strassenaufseher von Moudon ein neues Projekt für die 11,5 km lange Strecke vom Pont Neuf der Strasse Corcelles–Grandcour bis zum Murtensee. Dabei sah er eine Verkürzung des Broyelaufs von 18 % vor sowie den Abbruch der Mühle an der Broyemündung in Salavaux. Venetz hatte noch geglaubt, es bedürfe des Rückstaus der Mühleschwellen, um von der Broye aus die von ihm geplanten Kolmationskanäle zu beschicken. Nun sollte dieser in Hochwasserzeiten natürlich unerwünschte Rückstau aber verschwinden und auf die Kolmation – die an der Broye wohl kaum die gleiche Wirkung gehabt hätte wie an den Alpenflüssen – verzichtet werden.
Nach einigen Projektanpassungen wurde 1853 mit den Bauarbeiten begonnen, und zwar in zwei Losen: von Payerne bis zum Pont Neuf und von diesem zum Murtensee. Das Normalprofil war ein einfaches Trapezprofil mit 12 m Sohlenbreite und 4,5 m Höhe. Mangels Aufschüttungsmaterial konnte man aber nicht alle Ufer fertig stellen. Als 1856 ein Hochwasser auftrat, wurde die Broye vorzeitig in ihr neues Bett geleitet, was an diesem gewisse Schäden verursachte. Weitere Schäden wurden 1860 kurz nach Bauvollendung festgestellt, und zwar in der Gegend des Pont Neuf, wo im Bett einige natürliche Abstürze und eine anschliessende generelle Eintiefung von etwa 3 m beobachtet wurden. Diesen Umstand schrieb man teils einer Rückwärtserosion zu, die den dort anstehenden Sand schneller abtrug als einige Lehmriegel, teils einigen Materialentnahmen zur Erhöhung der Ufer. Bei weiteren Hochwassern stellte man zudem Überschwemmungen 1,5 km oberhalb von Payerne und damit am Einlauf zur Broye-Ebene fest.
1860–1864 unternahm man eine Reihe von Studien zur Verbesserung der topographischen und hydrologischen Grundlagen. Von der Broye wurden Situationen 1:1000 aufgenommen sowie ein genaues Längenprofil und 600 Querprofile. Auch wurden Pegel gesetzt und Abflussmessungen durchgeführt, um insbesondere das Bemessungshochwasser verlässlicher festlegen zu können. Diese Grundlagen verdichteten sich 1865 zu einem Projekt, das von Granges, oberhalb von Payerne, über 16 km bis zum Murtensee eine Verbreiterung und Vertiefung des Broyebetts vorsah. Ihm wurde in der Folge jedoch nur durch einige örtliche Korrektionsarbeiten nachgelebt (OBI 1916).
Eine 1876 aufgetretene allgemeine Überschwemmung im Broyetal und auf der Broye-Ebene zeigte die Unzulänglichkeit der bisherigen Massnahmen aber auf.
Als neue Gegebenheit begann sich Ende der 1870er Jahre auch mehr und mehr die Absenkung des Murtensees im Rahmen der Juragewässerkorrektion auszuwirken. Deshalb erstellten Waadtländer Ingenieure um 1878 ein neues Korrektionsprojekt von Henniez bis zum Murtensee – also über eine Flussstrecke von 24 km. Gleichzeitig verpflichteten die Kantonsregierungen von Freiburg und Waadt drei Experten: Adolf von Salis (1818–1891), eidgenössischer Oberbauinspektor, Emil Oscar Ganguillet (1818–1894), bernischer Kantonsingenieur, und Karl Franz von Graffenried (1838–1919), Leiter der Berner Korrektion im Rahmen der Juragewässerkorrektion. Diese bestätigten die neuen Projekte im Wesentlichen.
Im entsprechenden Expertenbericht von 1880 findet sich auch eine Zusammenstellung der Broye-Ausuferungen (BVIA 1882):

| | |
|---|---|
| 1839–1848 | 16-mal |
| 1849–1858 | 11-mal |
| 1859–1868 | 13-mal |
| 1869–1878 | 20-mal |

Daraus geht der Stand der Dinge um 1880 ziemlich klar hervor: Trotz den bis 1878 durchgeführten Korrektionen vermochte man die – damals sich allerdings häufenden – Hochwasser nicht zu beherrschen. Es brauchte dafür noch grössere Anstrengungen und insbesondere die durch die Juragewässerkorrektion vorgesehene Absenkung des Murtensees als Vorfluter.
Abgesehen von der Verbauung einiger Uferabbrüche geschah aber nichts, bis 1888 ein Katastrophenhochwasser die Gegend tagelang unter Wasser setzte. Nun wurde 1889 von En Brivaux, flussaufwärts von Moudon, bis zum Murtensee über 39 km ein Gesamtprojekt erstellt. Es sah im Bereich der Broye-Ebene eine Vergrösserung der Sohlenbreite von bisher 12 m auf 16 und 18 m vor – unterhalb der Einmündung der Petite Glâne und der Arbogne gar auf 24 m. Das verlangte natürlich auch den Neubau der Brücken. Die Gemeinden des unteren Teils der Broye-Ebene widersetzten sich aber dem Vorhaben, so dass zunächst nur das Teilprojekt 1890 von En Brivaux bis zum Pont Neuf weiterverfolgt wurde.
1891 erfolgte der Baubeginn, wobei sich der Bund zu 40 % an den Kosten beteiligte. 1895 zeigte ein katastrophales Hochwasser noch, dass die neuen Sohlenbreiten richtig waren, hingegen die Ufer zu niedrig und zu wenig durch Steinverkleidungen gesichert. Nach den entsprechenden Anpassungen wurden die Arbeiten bis 1908 fertig gestellt.
Da sich die Stimmung in den Gemeinden des unteren Teils zu wandeln begann, legte der Kanton Waadt 1896 dem Bund das Teilprojekt für eine Fortsetzung der Korrektion vom Pont Neuf bis zum Murtensee vor.

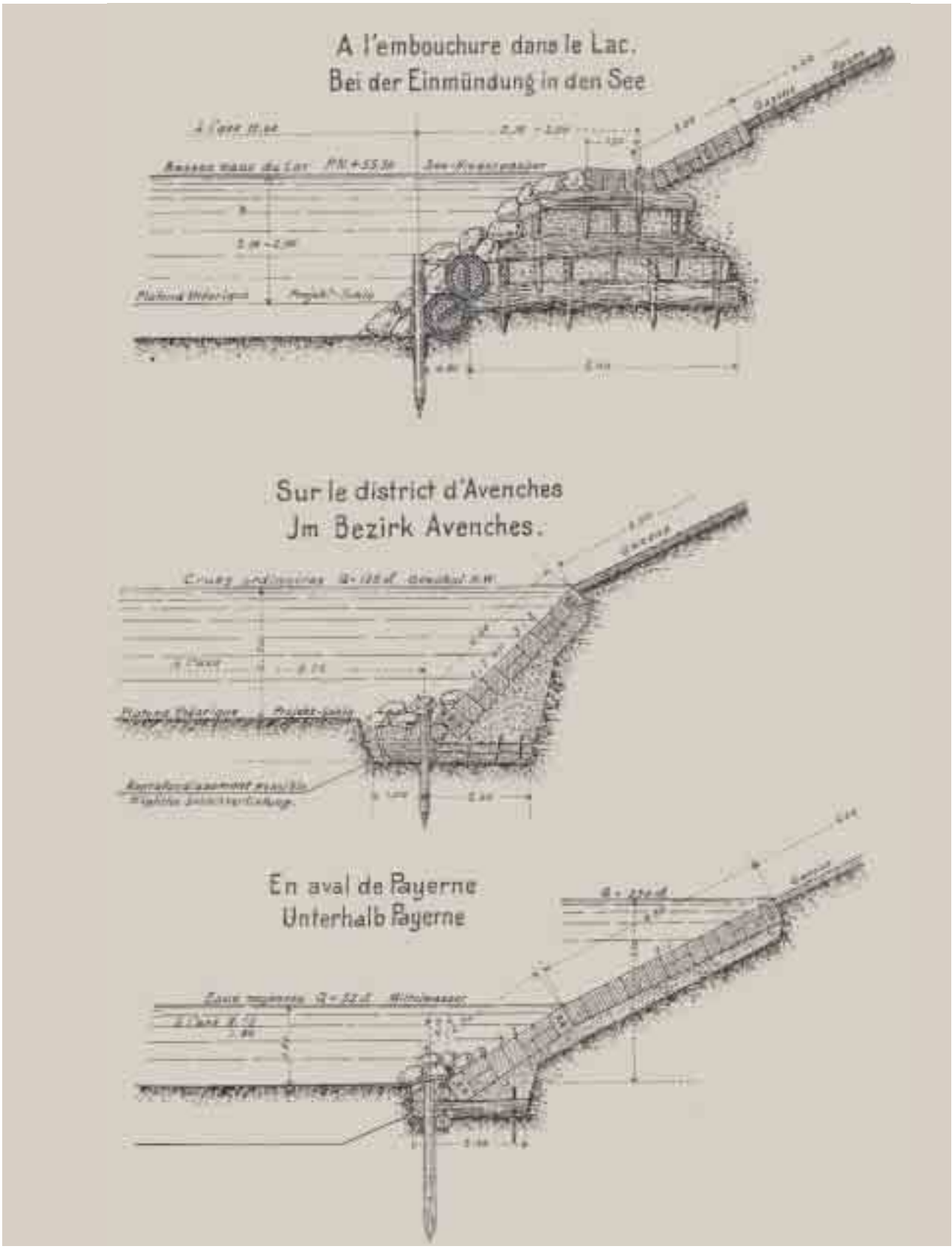



Abb. 138 Uferschutz an der Broye ab 1891.

Diese Korrektion wurde dann aber bis 1908 nur in Form einer Verstärkung der Ufersicherungen in der sich eintiefenden Broye verwirklicht. Das Jahrhunderthochwasser von 1910 verlangte im Bereich Avenches–St.-Aubin dann nochmals einige dringende Anpassungen (OBI 1916a).

## 11.6 Die Emmekorrektion ab 1886

Im Abschnitt 5.9 wurde das Schwellenwesen skizziert und am Beispiel des bernischen Emmentals verdeutlicht. Der Emmeschachen, das heisst das flache und überschwemmungsgefährdete Ufergebiet, gehörte ursprünglich weitgehend dem Staat, der es den Schachenbewohnern und -nutzern ab dem 15. Jahrhundert verpachtete. Das geschah zunächst an Einzelne und begründete im 16. Jahrhundert schliesslich die Schwellenpflicht als Servitut. Nach Thomi (2000) trat der Staat dann Teile des Schachens mehr und mehr an die dort angrenzenden Gemeinden ab, die dafür die Schwellenpflicht zu übernehmen hatten. Dieser Abtretungsprozess war 1729 abgeschlossen und begründete die Schachen- und Schwellenkorporationen. Die entsprechenden Schachenreglemente waren Nutzungsordnungen, die stark auf den Hochwasserschutz ausgerichtet waren. Ihnen ist gemeinsam, dass sie der Emme entlang einen durchgehenden Gehölzstreifen forderten. Hinsichtlich der technischen Ausgestaltung der Verbauungen gab es aber praktisch keine Vorschriften.
Auf diese Weise glaubte der Staat die Besiedelung und Sicherung des Schachens zu fördern und sich von der Verantwortung für das Schwellenwesen zu entlasten. Doch veranlasste das verheerende Hochwasser von 1764 erneut ein Eingreifen der Obrigkeit, die in der Folge landvogteiweise Schwellenreglemente erliess und den Uferschutz damit gleichsam professionalisierte. Das brachte zweifellos Verbesserungen und verpflichtete alle Beteiligten, einschliesslich Landvogt, zu einem koordinierten Vorgehen. Es belastete die Gemeinden aber auch vermehrt, was zu endlosen Auseinandersetzungen Anlass bot. Deshalb begann man sich nach Methoden umzusehen, die geeignet waren, das perpetuierende Schwellenwesen abzulösen. Der Ende des 18. Jahrhunderts in Europa aufkommende moderne Flussbau und die Linthkorrektion von 1807–1816 lieferten dafür die Vorbilder.
Mit der Zunahme der Emmehochwasser und insbesondere mit dem von Jeremias Gotthelf (1797–1854) in seiner Schrift «Die Wassernot im Emmental» so meisterlich geschilderten Rekordereignis von 1837 setzte die Wende ein. Im bernischen Wasserbaupolizeigesetz von 1857 wurde dafür auch die rechtliche Grundlage

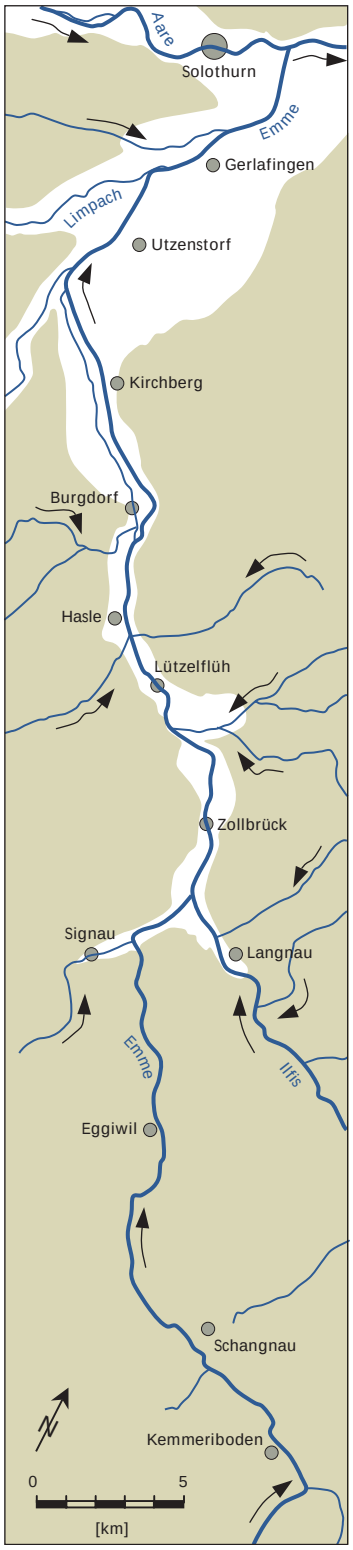



Abb. 139 Heutige Situation der Emme von Kemmeriboden bis zur Aare.

Abb. 140 Emme bei Utzenstorf vor der Korrektion. Blick von Schloss Landshut stromaufwärts.

geschaffen. Wie in anderen Kantonen stellte das Gesetz alle öffentlichen und wo nötig auch privaten Gewässer unter die Aufsicht des Staates. Die Pflicht zur Ufersicherung lastete zwar weiterhin auf den Anstössern, die technische Oberleitung oblag nun aber dem Kanton.

Etwas atavistisch (einem früheren Stadium der Gesellschaft entsprechend) mutet deshalb eine von Graf (1898) erzählte Begebenheit des gleichen Jahres an: «1857 hatte man in Kirchberg eine kleine Revolution. Durch eine Dammbaute für ein (industrielles) Etablissement des damaligen Regierungsstatthalters Hubler (in Burgdorf) war der Emme alles Wasser entzogen worden. Die Landleute von Kirchberg mussten für das Vieh das Wasser weit weg holen, und dieser leidliche Zustand spitzte sich so zu, da alle Reklamationen von Kirchberg nichts halfen, dass eines Tages mehrere hundert Kirchberger, an ihrer Spitze die Gemeinderäte Elsässer und Cuenin das Thal hinauf nach Burgdorf zogen und den Damm, der ihnen das Wasser absperrte, niederrissen, so dass das Wasser wieder seinen natürlichen Lauf nehmen konnte. Der Regierungsstatthalter liess die Sturmglocken läuten, die Aufruhrakte verlesen, jedoch hatten die Kirchberger ihren Zweck erreicht. Die beiden Rädelsführer mussten ‹leisten›, das heisst in die Verbannung ausserhalb des Amts gehen, wurden aber später vom Grossen Rat begnadigt.» Offenbar zweigte Hubler die Emme zur Gänze in die Burgdorfer Kanäle ab, die ihr Wasser erst weit unterhalb von Kirchberg und am Gegenufer wieder an die Emme zurückgaben.

Weitere Emmehochwasser von 1858 und 1860 sowie namentlich das in vielen anderen Einzugsgebieten ebenfalls wütende Ereignis von 1868 setzten die Planung endgültig in Bewegung. Zwar existierten für gewisse Strecken schon ab 1810 Projekte für Teilkorrektionen. Doch wurde nun die ganze Emme von der Quelle bis zur Solothurner Grenze unterhalb von Utzenstorf ins Auge gefasst. Von da an bis zur Einmündung der Emme in die Aare war der Kanton Solothurn ab 1871 bereits an der Arbeit (Dietler 1868, Graf 1898).

Für einen sofortigen Baubeginn fehlten aber zunächst die Mittel. Die bernische Emmestrecke misst immerhin fast 60 km, und der Kanton Bern war bereits bei mehreren anderen grossen Korrektionen involviert. Deshalb wurde das In-Kraft-Treten des Bundesgesetzes über die Wasserbaupolizei im Gebirge von 1877 abgewartet, um sich die Unterstützung des Bundes zu sichern. Zwecks Etappierung der Projektierung, der Eingaben an den Bund und der Bauarbeiten wurde die Emme von unten nach oben in vier Sektionen aufgeteilt. Die erste reichte von Burgdorf zur Solothurner Grenze, die zweite von Emmenmatt bis Burgdorf, die dritte von Eggiwil bis Emmenmatt und die vierte von Kemmeriboden bis Eggiwil. Die Leitung der Vorbereitungen und der Ausführung lag bis 1894 in den Händen des bernischen Kantonsingenieurs Emil Oscar Ganguillet (1818–1894).

Ab 1886 wurde an der 1. und 2. und anschliessend an der 3. Sektion bis zum Rebloch oberhalb von Eggiwil

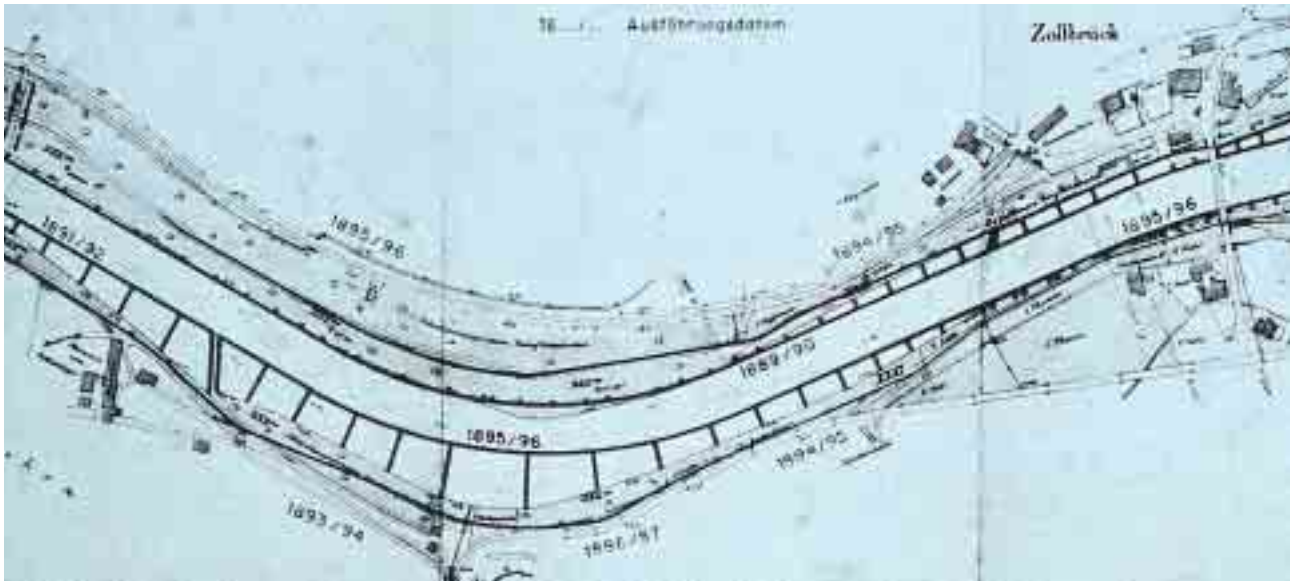
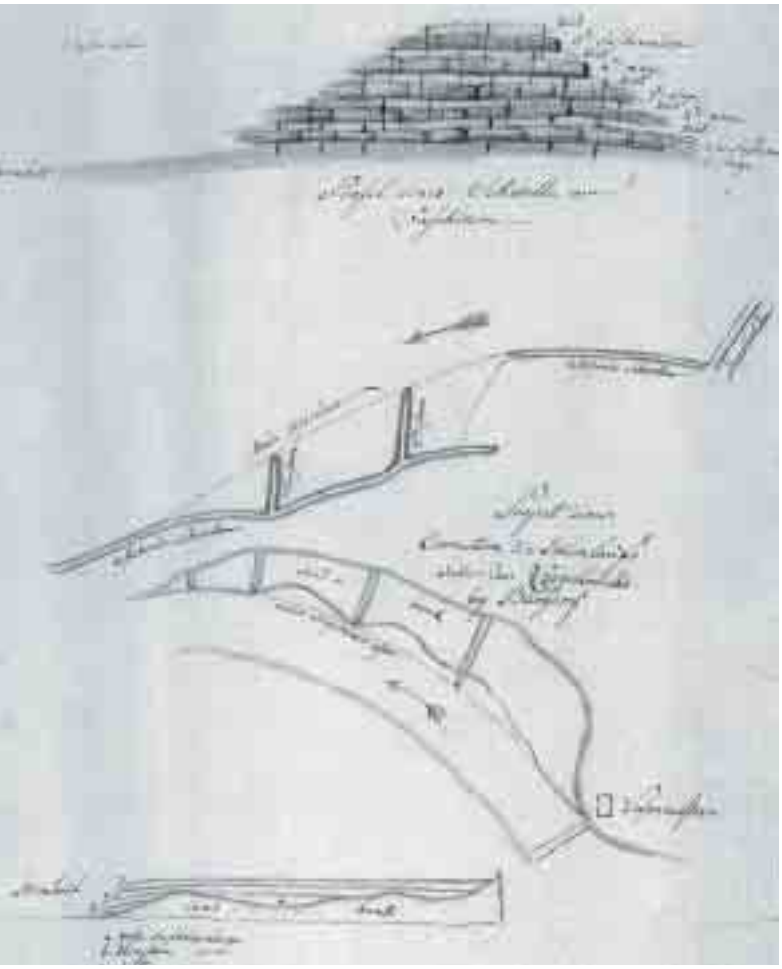



Abb. 141 Emmekorrektion 1886–1892 bei Zollbrück (Fliessrichtung von rechts nach links).

Abb. 142 «Project einer Correction des Emmenlaufs unter der Ziegelbrücke bey Burgdorf» von «H. C. Escher in Zürich, Director der Linthunternehmung, July 1810».



gearbeitet. Die Fertigstellung erfolgte Anfang des 20. Jahrhunderts. Die 4. Sektion im Quellgebiet wurde erst 1906 in Angriff genommen. Bei der Trassierung der neuen Flussachse hielt man sich möglichst an das alte Flussbett. Die Fixierung des Flussbetts geschah in der üblichen Bauweise mit Buhnen und Längswerken – Letztere in Form einer Art einwandiger Holzkästen, also in der so genannten Emmentaler Holzbauweise. Das Mittelgerinne wurde im Allgemeinen nicht ausgehoben, sondern dem Fluss zur Ausschwemmung überlassen. Das anschliessende Vorland bis zu den Hochwasser dämmen blieb oder wurde durchwegs bewaldet. Bei der 1. und 2. Sektion erreichten diese Dämme eine Höhe von 1,5 bis 3 m (Walthert 1977). Später wurden noch umfangreiche Verstärkungsmassnahmen nötig.
Die Weiterentwicklung der Emme wurde schliesslich von folgendem Umstand geprägt: Ganguillet hatte die neue Flussbreite so gewählt, dass die Emme ihr Mittelgerinne selber ausräumte und dann vertiefte. Die Emme trug also mehr Geschiebe ab, als ihr von oben zugeführt wurde. Als man dann noch die Seitenbäche verbaute, wurde diese Geschiebezufuhr noch kleiner. Dementsprechend erodierte die Emme ihre Sohle auch nach der Korrektion weiter. Das führte 1939 zum Verbot der Gewinnung von «Bollensteinen» (grobem Kies) im Emmebett (Huber 1941) und später zum Bau von Absturzbauwerken sowie in neuester Zeit, das heisst ab den 1990er Jahren, zu künstlichen Aufweitungen in Form so genannter Emmebirnen.

## 11.7 Die Tessinkorrektion ab 1888

Nach der Maggia ist der Tessin wohl der wildeste Gebirgsfluss der Schweiz. Das äussert sich durch zahlreiche, im Verhältnis zum Einzugsgebiet sehr starke Hochwasser. Auf der Strecke oberhalb der Brennomündung gab es früher nur wenig lokale Verbauungen durch einige Wuhren (Schwellen). Mehr Aufwand wurde von Biasca bis zum Langensee getrieben. Dort hatte der Fluss eine unterschiedlich breite Talebene aufgeschüttet, die er ursprünglich zum Teil mehrarmig durchzog und bei Hochwasser wohl auch gänzlich beanspruchte. Ihm machte nun der Mensch – da flache Gebiete in der Südschweiz rar sind – diese Talebenen streitig, indem er dort seine Siedlungen und Kulturen anzulegen versuchte. Die Antagonie wurde naturgemäss vor allem bei Hochwassern sichtbar, welche die Siedler mit Ausuferungen, Übersarungen und Laufveränderungen bedrängten.

In die Geschichte eingegangen ist eine Flutwelle, die als «Buzza di Biasca» bezeichnet wird und alle anderen Katastrophen weit übertraf. Sie entstand, weil 1512 ein grosser Bergsturz das Bleniotal oberhalb Biasca versperrte und so einen See aufstaute, aus dem der Kirchturm von Malvaglia kaum mehr herausragte. 1515 brach dieser See dann aus und erzeugte eine Flutwelle, die sich bis zum Langensee verheerend auswirkte. Sie zerstörte nicht nur die da und dort vorhandenen Schutzwerke und die 1487 erstellte Brücke in Bellinzona, sondern machte mit den von ihr mitgerissenen und wieder abgelagerten Feststoffen auch die Talebenen weitflächig und für lange Zeit unbrauchbar (Lichtenhahn 1987, Grossi 1986). Weitere extreme, aber unwetterbedingte Überschwemmungen folgten schon in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts, bevor eine längere hochwasserarme Periode einsetzte. Von der Mitte des 18. Jahrhunderts an war es aber mit dieser relativen Ruhe vorbei, und ab 1829 machte sich gar eine Häufung von ausserordentlichen Hochwassern bemerkbar.

Spätestens in dieser Zeit begann man Korrektionspläne zu entwickeln. Einerseits ging es um den Schutz bestehender Anlagen, andererseits um die Sicherung von Strassen- und Schienenverbindungen, die man gerade damals auszubauen oder neu anzulegen gedachte. Als Beispiel sei eine Idee aus Magadino erwähnt, einem Ort, der Anfang des 19. Jahrhunderts zum Hauptumschlagplatz am oberen Ende des Langensees geworden war. Dort begannen einige Bürger ab 1853 die Idee zu nähren, eine von Pferden gezogene Eisenbahn nach Bellinzona zu bauen. Aber auch andere Zeitgenossen und insbesondere der 1845 zum Kantonsingenieur ernannte Pasquale Lucchini (1798–1892) von Montagnola steckten voller Verkehrspläne. Lucchini entwarf jedoch auch das kantonale Gesetz von 1848 über die

Abb. 143 Flutwelle «Buzza di Biasca» von 1515 im Haupttal des Tessins nach J. Stumpf, 1548. Die gleiche Schreckensvision verwendete Stumpf unter anderem auch für das Rhonehochwasser von 1469 (siehe Abb. 96).

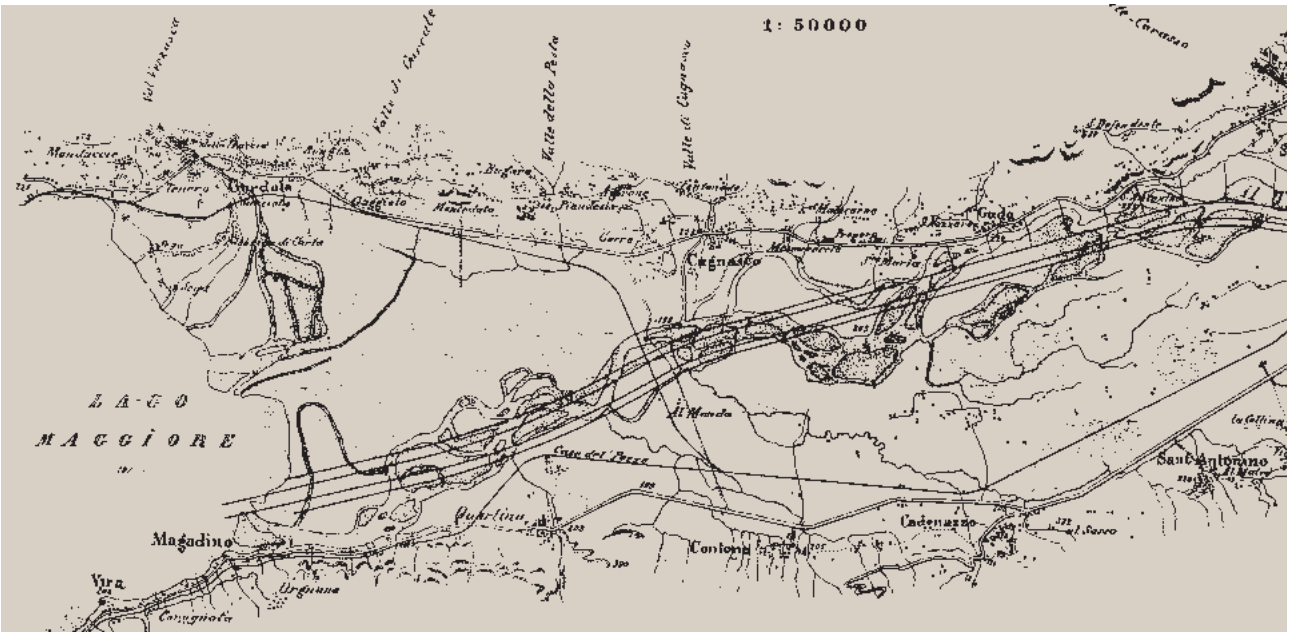



Abb. 144 «Tessin-Correction von Bellinzona – Langensee», Auszug aus Situationsplan 1883.

«sistemazione dei fiumi torrenti» (Verordnung betreffend Wildflüsse), das für den Tessiner Flussbau die rechtliche Grundlage schuf.
Es scheint, dass Lucchini bereits gewisse Studien für eine Tessin- und eine Maggiakorrektion durchführte und dass die Magadinoebene damals vermessen wurde. Nach seinem Rücktritt 1854 verfolgte der Distriktingenieur Carlo Fraschina (1825–900) von Bosco Luganese die Angelegenheit und legte 1864 und 1866 erste Korrektionsprojekte für die Tessinstrecke von Bellinzona bis zum Langensee vor (Fraschina 1866). Seine Vorschläge wurden von den eidgenössischen Experten Friedrich Wilhelm Hartmann (1809–1874) von Rorschach und Gustav Bridel (1827–1884) von Biel begutachtet und erhielten durch die ausserordentlich schweren, das ganze Einzugsgebiet verwüstenden Hochwasser vom September und Oktober 1868 auch eine grosse Aktualität. Diese wurde später – wie schon angedeutet – noch durch die Sicherheitsbedürfnisse der durch das Gebiet gelegten Bahnen erhöht. 1874 wurde die Strecke Bellinzona–Locarno eröffnet, und 1882 die Strecke Cadenazzo–Luino.
Das Korrektionsprojekt Fraschina wurde in den frühen 1880er Jahren vom eidgenössischen Oberbauinspektor Adolf von Salis (1818–1891) modifiziert und 1885 von Ingenieur Giuseppe Martinoli (1846–1907) von Marolta zu einem Bauprojekt verdichtet. Der Kostenvoranschlag war jedoch trotz einem Bundesbeitrag von 50 % geeignet, die Tessiner Bevölkerung zu spalten. Das zeigte sich, als die 1885 vom Grossen Rat verabschiedete Kreditvorlage vom Volk im Verhältnis zwei zu drei verworfen wurde. Die Tessiner Regierung, die darauf ihren Rücktritt anbot, aber gleich wieder eingesetzt wurde, suchte und fand bemerkenswert schnell einen Ausweg: Sie übertrug das Korrektionswerk einem Zweckverband der Anliegergemeinden, dem «Consorzio correzione del fiume Ticino», das die Arbeiten unter der Leitung von Martinoli 1888

Abb. 145 Normalprofil und Uferverbauung für die Tessinkorrektion ab 1888.

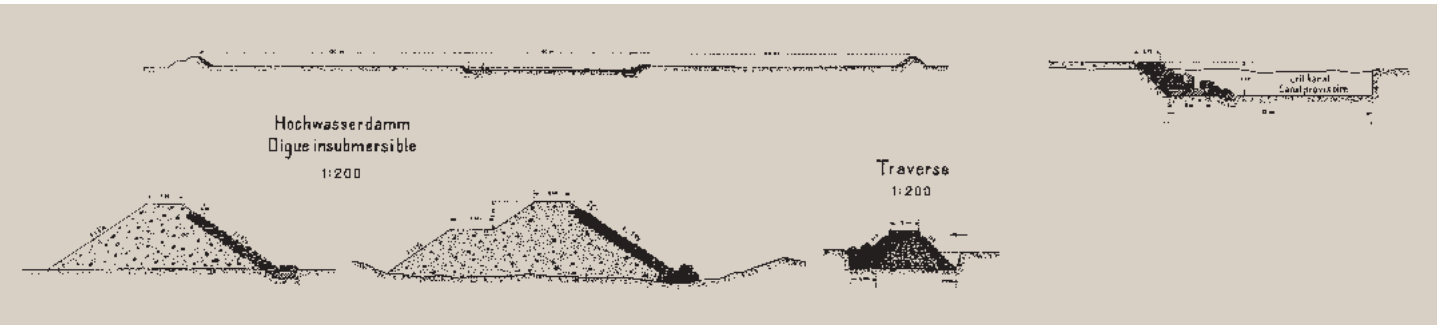


Abb. 146 Steintransportzug an der unteren Maggia, 1893. Foto von A. Monotti, Blick in Fliessrichtung.

aufnahm (Gaggetta 1946).
Der Lauf des Tessins wurde teilweise begradigt und erfuhr dabei eine Verkürzung von 17 auf 13,5 km. Als Normalprofil gelangte ein Doppelprofil zur Anwendung mit einem Mittelgerinne von 55 m Breite und je 100 m breiten Vorländern. Zur Herstellung des Mittelgerinnes hob man zunächst entlang einer der beiden Uferlinien einen 15 m breiten Graben aus, den man auf der vorgesehenen Uferböschung mit einer Steinvorlage schützte. Dann verwendete man den Graben als Leitkanal, der dem Fluss zur Ausweitung überlassen wurde. Um das zu erreichen, zwang man den vorher in der Magadinoebene weit ausgreifenden und mehrarmigen Tessin durch lange Querwerke – so genannte Traversen – allmählich in seine neue Bahn. Dabei achtete man darauf, dass die Felder zwischen den Traversen bei Hochwasser noch möglichst stark kolmatiert wurden. Der Bau der Hochwasserdämme, welche die Vorländer einfassen, erfolgte erst später zusammen mit der Erstellung der Binnenkanäle und der Verbauung der Seitenbäche. Faschinen wurden am Tessin selber offenbar kaum eingesetzt, hingegen grosse Kubaturen von unbehauenen oder grob behauenen Blöcken. Diese konnten in Steinbrüchen, die man am rechten Talhang eröffnete, gewonnen und mit dampfbetriebenen Baubahnen von 100 cm Spurweite vor Ort gefahren werden (OBI 1914). Mit ähnlichen Mitteln ging man ab 1891 auch bei der Maggiakorrektion vor.
Eine erste Bauphase am Tessin endete 1912, gewährleistete aber noch keine volle Sicherheit. So brach der Fluss 1913 und 1914 nochmals aus. 1913 zerstörte er den Bahndamm zwischen Cadenazzo und Riazzino an mehreren Stellen, was einem Nachtzug zum Verhängnis wurde. Die Lokomotive mit den vier ersten Wagen fiel in die Fluten, was vier Todesopfer forderte (Gaggetta 1946). Die weiteren Bauphasen zogen sich noch weit ins 20. Jahrhundert hin; die begleitenden Meliorationsarbeiten begannen 1918. Heute erinnert in der Magadinoebene bloss noch ein schmaler Uferstreifen am Langensee – die «Bolle di Magadino» – an die einst wilde Flusslandschaft.

Abb. 147 Erscheinungsbild eines Wildbachs mit Sammelgebiet, Sammelkanal, Schuttkegel und Vorfluter von A. Surell, 1870.

# 12 Wildbachverbauungen

## 12.1 Das Erscheinungsbild der Wildbäche

Ein Wildbach besteht in geomorphologischer Hinsicht aus vier Teilen, die Carl Culmann (1821–1881), Professor am Eidgenössischen Polytechnikum (heute ETH Zürich), als Sammelgebiet, Sammelkanal, Schuttkegel und Ablauf bezeichnete (Culmann 1864). Etwas ausführlicher dargestellt:

- Zuoberst liegt ein durch zahlreiche kleinere Wildbäche und Runsen (Gerinne ohne permanenten Abfluss) verästeltes Einzugsgebiet. Bei starker Erosion fallen dort die so genannten Erosionstrichter oder Schutthalden auf.
- Darunter folgt die eigentliche Wildbachstrecke in einem tief eingeschnittenen Tal, das je nach Landesgegend und Erscheinungsbild als Schlucht oder Tobel bezeichnet wird.
- Am unteren Ausgang der Schlucht oder des Tobels befindet sich ein markanter Schuttfächer oder Schuttkegel beziehungsweise Wildbachkegel.
- Sofern dieser Schuttfächer nicht unmittelbar an den Vorfluter grenzt, gibt es noch eine flache Auslaufstrecke bis zur Ausmündung.

## 12.2 Zuerst nur Massnahmen auf dem Schuttfächer und am Ablauf

Die Anfänge des Wildbachverbaus bezogen sich vor allem auf Massnahmen auf den Schuttfächern und im Ablauf. Dabei ging es meist um den Schutz der auf den Schuttfächern liegenden Dörfer und Kulturen vor Überschwemmungen und Übersarungen durch Hochwasser und Murgänge.

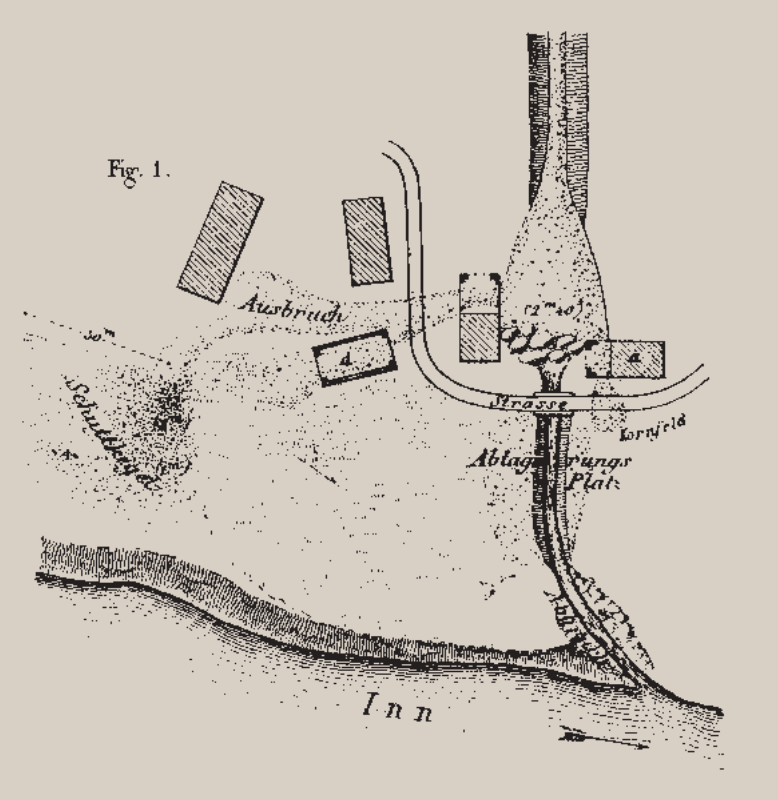
### Warum wurde auf Schuttfächern gesiedelt?

Angesichts der erwähnten Gefahr drängt sich die Frage auf, warum die Schuttfächer überhaupt besiedelt und landwirtschaftlich genutzt wurden. Warum ordnete man die Siedlungen im Tal des Vorfluters nicht einfach in den flacheren Partien und damit ausserhalb der Schuttfächer an?
Als Erklärung diene hier: Längs einem solchen Tal folgen sich Schuttfächer und flachere Partien oft in engen Abständen. Dabei staut ein Schuttfächer den Vorfluter meist derart auf, dass dieser flussaufwärts langsamer fliesst, häufig ausufert und deswegen von Sümpfen begleitet wird. Dort war früher das Gelände also weder für die Fundation von Bauten noch für die Landwirtschaft geeignet. Es war ein Feuchtgebiet und galt als ungesund. Demgegenüber boten die Schuttfächer einen besseren Baugrund und dank fruchtbaren Feinablagerungen auch bessere landwirtschaftliche Bedingungen. Noch offensichtlicher zeigte sich dieser Unterschied in den einst weiträumig versumpften, grossen Talebenen, wie etwa im Alpenrheintal. Dort nahmen sich die seitlichen Schuttfächer wie heile Halbinseln aus – heil eben bis auf die sporadischen Wildbachausbrüche. Mit diesem Hinweis soll hier aber nicht suggeriert werden, dass sämtliche Talsiedlungen auf Schuttfächern angeordnet wurden. Es gab durchaus auch Gründungen in den trockeneren Bereichen der Talböden.

### Korrektionsarbeiten

Gewöhnlich spricht man bei baulichen Schutzmassnahmen an Wildbächen von Wildbachverbauungen und bei solchen an Flüssen und Bächen von Korrektionen. Nun gleichen aber die Massnahmen, die auf dem Schuttfächer und dem Ablauf ergriffen werden, stark den Korrektionsarbeiten an flacheren Gewässern.
Es geht auch dort um Eindämmung, Fixierung des Gewässerlaufs und Kanalisierung. Und früher wurde das meist mit den damals üblichen flussbaulichen Mitteln

Abb. 148 Typischer Ausbruch eines Wildbachs auf seinem Schuttfächer, nach C. Culmann: «Kiesablagerungen in Martinsbruck (Martina) durch einen Muhrgang», um 1860.



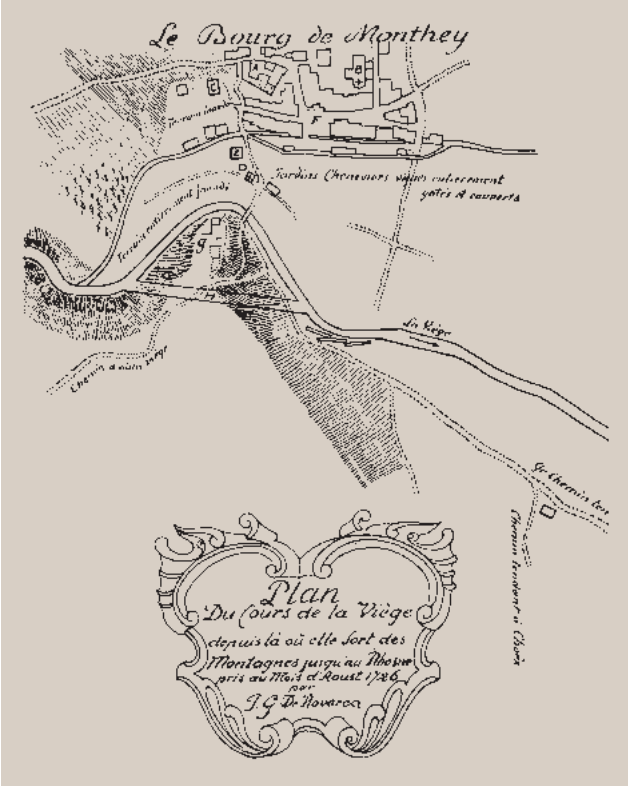



Abb. 149 Umleitung der Vièze in Monthey durch den Château-Vieux-Hügel nach J. G. De Roverea, 1726: «Nouveau lict (H) par lequel on travaille à faire passer la rivière à travers le Mont (g) qui est plus haut d'environ 64 pieds de roy que le lict de la ditte rivière du coté d'embas.»

verwirklicht. In gewissen Fällen wurde der Kanal allerdings sowohl an den Ufern wie an der Sohle gepflästert und dann als Schale bezeichnet. Als einziges spezifisches Bauwerk lässt sich eigentlich nur der bisweilen angeordnete künstliche Geschiebeablagerungsplatz in Form eines Auffangbeckens bezeichnen.
Die grosse Zahl der entsprechend gesicherten Schuttfächer verbietet hier eine vollständige Darstellung. Deshalb wird nur auf einige wichtige Beispiele eingegangen. Sicher ist anzunehmen, dass auf den besiedelten Schuttfächern schon früh Hochwasserschutz betrieben wurde – wahrscheinlich schon ab dem Jahr 1000. In Kapitel 5 fand ja bereits die im 12. oder 13. Jahrhundert erfolgte Lütschinenumleitung Erwähnung. Man kann sie zwar nicht als eine bewusste Kanalisierung der Lütschine bezeichnen, sondern wohl eher als eine situative Fixierung eines bestehenden Abzweigers. Historisch belegt ist ein solches Vorgehen hingegen bei der ebenfalls in Kapitel 5 erläuterten Umleitung der Engelberger Aa von 1471.
Erwähnt sind in Kapitel 5 auch Uferverbauungen auf dem Schuttfächer der Dranse in Martigny um 1310 und auf jenem der Saltina in Brig um 1330. Die Ersten bestanden aus Holzkästen, die Zweite aus einer Trockenmauer. Die Holzkastenbauweise erhielt sich über Jahrhunderte, wurde aber bei besonders angriffigen Wildbächen durch die Anwendung von Trockenmauern und später von vermörteltem Mauerwerk ergänzt oder ersetzt. So fanden sich auf dem Schuttfächer des Torrent de la Greffe in Vionnaz (gegenüber von Aigle) Überreste einer mächtigen Ufermauer mit einem Gedenkstein, der neben dem Namen des zuständigen Landvogts die Jahrzahl 1742 trägt (DE KALBERMATTEN 1985).
Eine für die damalige Zeit bemerkenswerte Lösung wurde 1726–1727 im benachbarten Monthey getroffen, das auf dem Schuttfächer der Vièze liegt und 1726 von einem katastrophalen Ausbruch betroffen wurde. Um diese Siedlung fortan zu schützen, wurde die Vièze nicht in eine Schale eingefasst, sondern in einen Kanal umgeleitet, der seitlich des Schuttfächers im Hügel von Château-Vieux ausgehoben wurde.
Der entsprechende Einschnitt ist rund 250 m lang und bis zu 20 m tief. Er wurde weitgehend in Fronarbeit unter Beteiligung fast aller Unterwalliser Gemeinden erstellt. Anfänglich war der Baufortschritt mit Pickel und Schaufel eher bescheiden. Erst als man Wasser beileitete, mit dem man das feinere Material wegspülen konnte, ging es vorwärts. Zunächst stammte dieses Wasser aus benachbarten Quellen. Es wurde hinter improvisierten Wehren jeweils so lange aufgestaut, bis sich ein wirksamer Spülschwall erzeugen liess. Später gelang es, Wasser aus dem Mühlekanal oberhalb von Monthey heranzuführen. Schliesslich ergoss sich die Vièze sukzessive in ihr neues Bett und schwemmte es noch ganz aus. Grosse Schwierigkeiten verursachten die zahlreichen angetroffenen Felsblöcke. Die kleineren wurden mit Tragbahren weggeschafft, die grösseren

Abb. 150 Schwellen in der Saltina bei Brig, Typenplan von 1866 für zwei Fundationsvarianten.

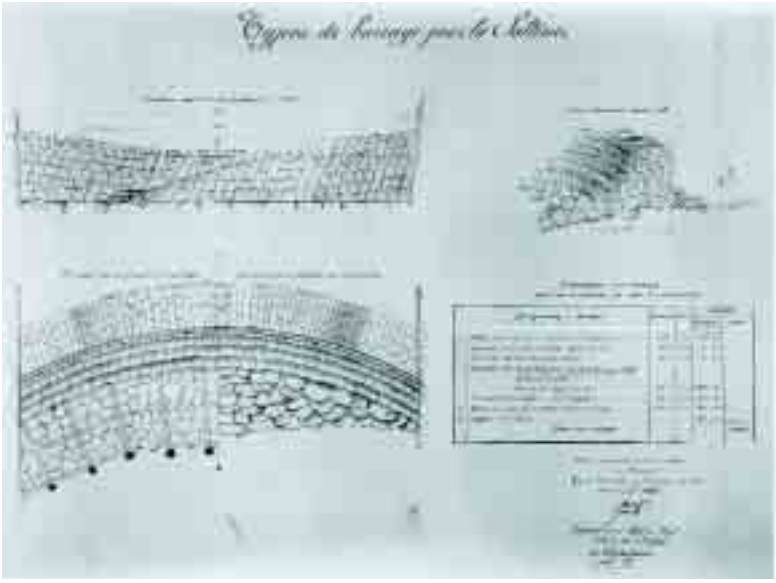


Abb. 151 Küsnacht am Zürichsee vor und nach der Überschwemmung von 1778 durch seinen Dorfbach. Gezeichnet «auf das getreüste nach der Nattur» von J. J. Aschmann.

mit Schwarzpulver gesprengt und dann mit Seilen weggeschleppt – wenn nötig mit zwei Seilschaften. Nach 531 Arbeitstagen war die Umleitung vollendet. Trotzdem brach die Vièze 1733 flussaufwärts des Hügels von Château-Vieux nochmals nach Monthey aus. Deshalb wurde diese Stelle mit einer ähnlich robusten Trockenmauer wie in Vionnaz gesichert. In den folgenden Jahren wurde die Vièze dann auch flussabwärts des Hügels kanalisiert. Zu vermerken bleibt noch, dass man bereits 1486 ernsthaft versucht hatte, den Hügel von Château-Vieux zu durchstechen (Comtesse 1920).

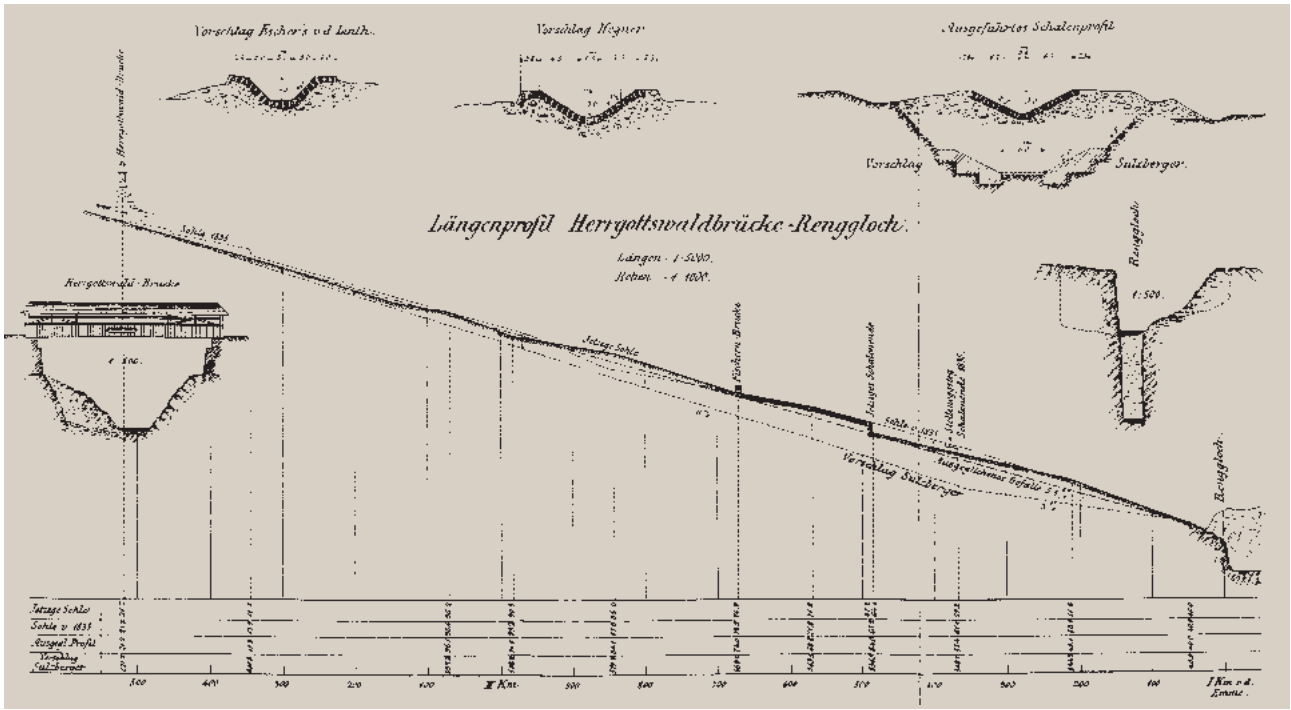
1778 – nach einem «erschrecklichen Donnerwetter» – brach der Dorfbach von Küsnacht (bei Zürich) aus. Dazu trug eine den Schuttfächer zuoberst querende neue Brücke bei, deren Lehrgerüst noch nicht abgebrochen war und den Durchlass einengte. Das jähe Ereignis zerstörte auf dem Schuttfächer 15 Wohnhäuser sowie 35 Ökonomiegebäude und forderte 63 Todesopfer. Zwecks Verhinderung weiterer solcher Katastro-

phen empfahl der bekannte Kirchen- und Brückenbauer Johann Ulrich Grubenmann (1709–1783), den Dorfbach vom Ausgang des Küsnachter Tobels bis zum Zürichsee in einen Kanal zu fassen. Dieser sollte 15 m breit sein; und die Ufer müssten mit grossen Steinen oder, falls diese nicht vorhanden, mit Faschinen (wahrscheinlich sind Holzkästen gemeint) so geschützt werden, «dass auch der wüetendeste Strom solche nicht angreiffen würde» (Egli 1974). Dieser Kanal wurde gemäss einem Projekt des Ingenieurhauptmanns Hans Conrad Römer (1724–1779) – dem als Inspektor und Baumeister der Stadtbefestigungen Zürichs auch der Wasserbau oblag – dann nur halb so breit erstellt und von Ufermauern eingefasst. Er versah seinen Dienst immerhin 100 Jahre lang, nämlich bis 1878, als ein ähnlich grosses Hochwasser auftrat. Dabei verfing sich ein losgelöster Holzsteg zuunterst am Schuttfächer im Brückendurchlass der Seestrasse und bewirkte eine schlagartige Verstopfung. Dementsprechend füllte der Dorfbach seinen Kanal sofort mit Geschiebe auf und brach aus. Die Überschwemmungen und Übersarungen in Küsnacht waren erneut meterhoch, doch hielten diesmal die inzwischen fester gebauten Wohnhäuser stand, und es gab nur einen einzigen Toten zu beklagen. In der Folge wurde die 1838 erstellte Brücke der Seestrasse um 0,6 m angehoben. Ferner erhielt der Kanal eine mit Querschwellen fixierte Sohle sowie verstärkte Ufer. Zusätzlich wurden im Küsnachter Tobel einige Sperren aus Trockenmauerwerk angeordnet. Letztere wurden aber nicht in jenem Umfang erstellt, den schon 1870 die Professoren Karl Pestalozzi (1825–1891) und Elias Landolt (1821–1896) vorgeschlagen hatten. Als die Sperren beim Hochwasser von 1891 weitgehend brachen, ersetzte man sie 1895–1899 durch eine Treppe von über 100 neuen Sperren (Frey 1974).

Der Fall Küsnacht belegt die Gefahr der Besiedlung von Schuttfächern sehr eindrücklich. Er weist auch auf eine notorische Schwäche des Strassen- und Bahnbaus hin: die zu kleine Bemessung der Durchlässe von Wildbachbrücken!

Bestimmt gibt es in den Alpen noch viele andere Wildbäche, bei denen Spuren verschiedenster Eingriffe zu sehen, in den Archiven jedoch keine entsprechenden Akten zu finden sind. Allerdings kennt man auch das Umgekehrte: Die Archive enthalten schöne Pläne, denen seinerzeit keine Ausführung folgte. Als Beispiel sei die Saltina bei Brig erwähnt. Sie wurde, wie bereits vermerkt, schon ab 1331 verbaut. Es gab aber zwischendurch immer wieder längere Pausen, bis die Lage jeweils erneut bedrohlich wurde. So leiteten die Überschwemmungen von 1834 und 1838 eine Serie von insgesamt sechs Katastrophen im 19. Jahrhundert und dementsprechend eine neue Aktivität ein. Um 1838 wurden darum Normalprofile für eine fachgerechte Kanalisierung mit Mauern und Buhnen erstellt (de Kalbermatten 1985). Doch ist nicht klar, was davon tatsächlich verwirklicht wurde. Jedenfalls stellte

Abb. 152 Schale auf dem Schuttfächer des Renggbachs oberhalb von Kriens. Vorschläge verschiedener Experten im 19. Jahrhundert.



Culmann um 1860 fest, dass die Bauten an der Saltina nicht geeignet seien, das Geschiebe über den grossen Schuttfächer bis zur Rhone zu leiten. Deshalb serpentiere die Saltina auf dem ihr überlassenen Kiesfeld von 1600 m Länge und 10 m Breite «nach Belieben» (Culmann 1864). Die Fixierung eines gestreckten Laufs erfolgte aber schon ab 1866, wobei auch eine Serie von hohen Schwellen aus Trockenmauerwerk eingebaut wurde. Die Arbeiten waren aber noch nicht vollendet, als 1868 zwei Hochwasser den Kanal mit Geschiebe weitgehend auffüllten (Expertenkommissionen 1868). Ende des 19. Jahrhunderts wurde dann der Ausbau ähnlich wie andernorts auf den ganzen Wildbach ausgedehnt. Wie der Küsnachter Dorfbach hatte auch die Saltina bei Brig ihre «Brückenabenteuer» – allerdings erst im 20. Jahrhundert: 1922 wurde die nach Glis führende Brücke weggeschwemmt, 1993 brach die Saltina über die Brücke hinweg in die Siedlung aus, 1997 wurde anstelle der festen Brücke eine Hubbrücke gebaut (Meyer et al. 1997).

Dass auch ein Wildbach ein Expertendefilee in Bewegung setzen konnte, sei am Beispiel des Renggbachs bei Luzern (siehe auch Kapitel 5) gezeigt. Der Renggbach floss normalerweise durch das Renggloch in die Kleine Emme oberhalb von Littau. Ab und zu brach er aber vor dem Renggloch aus, vereinigte sich mit dem ebenfalls wilden Krienbach und mündete mit ihm in Luzern in die Reuss. Dort überschwemmte und übersarte er die Luzerner Neustadt (links der Reuss liegender Stadtteil). Dies geschah zum letzten Mal 1738, drohte aber noch im ganzen 19. Jahrhundert als Gefahr.

Die Ausbruchstelle lag auf dem Schuttfächer des Renggbachs vor dem Renggloch. Deshalb zielten die Bemühungen zunächst darauf ab, das Bachbett dort zu fixieren und von Geschiebe frei zu halten. Um Letzteres zu gewährleisten, baute man 1812 am oberen Ende sogar ein 4 m hohes Wehr mit zwei «Torflügeln» – vermutlich analog zu einer Triftklause. Mit ihm wollte man Spülschwälle erzeugen. Doch war die Stauhaltung im engen und steilen Tal viel zu klein, um solche Schwälle zu nähren. Die ersten Versuche zeigten denn auch keine Wirkung, so dass das Wehr sofort wieder abgebrochen wurde – vom «allgemeinen Gelächter unter den neugierigen Zuschauern und den Arbeitern selbst» begleitet (Stirnimann 1882).

1819 schlug Hans Conrad Escher (1767–1823), der Leiter des Linthwerks, vor, den Renggbach auf dem ganzen Schuttfächer und damit über 1,3 km in eine Schale aus Blöcken einzufassen. Dieses Projekt wurde 1824 vom Zürcher Strassen- und Wasserbauinspektor Salomon Hegner (1789–1869) etwas abgewandelt und dann über 340 m verwirklicht. Einige um 1830 entstandene Schäden riefen neben Hegner auch noch

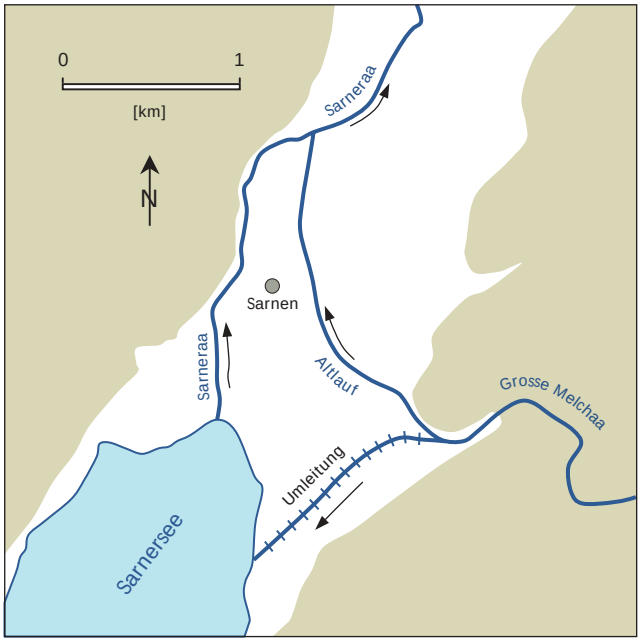



Abb. 153 Umleitung der Grossen Melchaa in den Sarnersee, 1880.

den Bündner Oberingenieur Richard La Nicca (1794–1883) und den Urner Unternehmer Karl Emanuel Müller (1804–1869) auf den Plan. Ihren Einzelgutachten wurde aber keine Folge geleistet. Nachdem 1835 ein Hochwasser die Anlage zur Hälfte weggespült hatte, empfahl Johann Jakob Sulzberger (1802–1855), ein Industrieller von Frauenfeld, 1840 erneut eine vollständige Einfassung des Renggbachs. Die Schale sollte diesmal nicht bloss auf den Schuttfächer aufgesetzt, sondern tief in diesen eingegraben werden. Eine weitere Expertengruppe wollte oder vermochte ihm diesbezüglich aber nicht zu folgen. Auch setzte sich mehr und mehr die Ansicht durch, dass der Renggbach auch oberhalb seines Schuttfächers verbaut werden müsse (Culmann 1864). 1875 lieferte der damals amtierende Linthingenieur Gottlieb Heinrich Legler (1823–1897) ein einschlägiges Projekt für 17 grössere Sperren sowie Hangsicherungsarbeiten ab. Und 1880 bestätigte der eidgenössische Oberingenieur Adolf von Salis (1818–1891) die Dringlichkeit solcher Massnahmen. Die ersten entsprechend ausgeführten Bauten wurden aber 1896 bei einem Hochwasser zerstört. Die fachgerechte Verbauung des Renggbachs erfolgte deshalb erst im 20. Jahrhundert (Ulmi & Bertschmann 1977). Das 19. Jahrhundert hatte nur teures Flickwerk und hochkarätige Gutachten gebracht!

Eine Korrektion, die der Lütschinenlegende (Kapitel 5) eine historisch belegte Tatsache gegenüberstellte, war die Ableitung der Grossen Melchaa 1880. Dieses Wildwasser floss früher nach seinem Austritt aus dem Grossen Melchtal östlich an Sarnen vorbei und mündete

dort in die Sarneraa. Dabei staute es dieselbe durch ihren Schuttfächer zunehmend auf, was sich bis zum 2 km oberhalb liegenden Sarnersee bemerkbar machte. Die Folge war eine wachsende Häufung von Überschwemmungen in Sarnen und an den Seeufern.
Nach dem besonders verheerenden Hochwasser von 1830 wurde nach Abhilfe gesucht. Das Ergebnis war schliesslich eine Ableitung der Grossen Melchaa durch einen 1,2 km langen Kanal in den Sarnersee (VON SALIS 1883). Seit 1880 entstand dort ein ansehnliches Delta (LAMBERT 1989). Merkwürdigerweise lassen sich von dieser sehr erfolgreichen Baumassnahme weder detaillierte Pläne noch Beschreibungen aus der Zeit finden (VISCHER 1995a). Hat die damals in Ausführung begriffene erste Juragewässerkorrektion mit der ungleich grösseren, aber im Flachland vorgenommenen Aare-Ableitung das Geschehen in Obwalden überblendet?

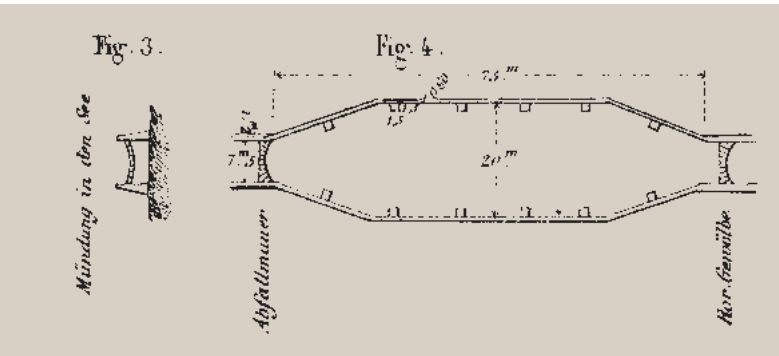
**Geschiebeauffangbecken**

Der Bau eines Geschiebeauffangbeckens empfiehlt sich dort, wo

- sich im Wildbachgerinne, das über den Schuttfächer führt, so viel Geschiebe ablagert, dass Ausbrüche zu befürchten sind, oder
- zu viel Geschiebe in den Vorfluter gelangt.

Im ersten Fall wird das Auffangbecken am Übergang von der Schlucht beziehungsweise vom Tobel zum Schuttfächer erstellt. Im zweiten Fall ordnet man es sinnvollerweise am unteren Ende des Schuttfächers an.
Anfänglich wurden zu diesem Zweck wohl nur die natürlichen Ablagerungsplätze durch seitliche Dämme etwas eingegrenzt. Dann hat man bei kanalisierten Wildbächen auch lang gestreckte, aber verhältnismässig schmale Aufweitungen vorgesehen (ZOLLINGER

Abb. 154 Aufweitung der Schale auf dem Schuttfächer der Baye de Clarens. 4 bis 5 solche Aufweitungen in Serie bildeten ab ca. 1850 ein Auffangbecken, das bei mittleren Abflüssen von selbst freigespült wurde.



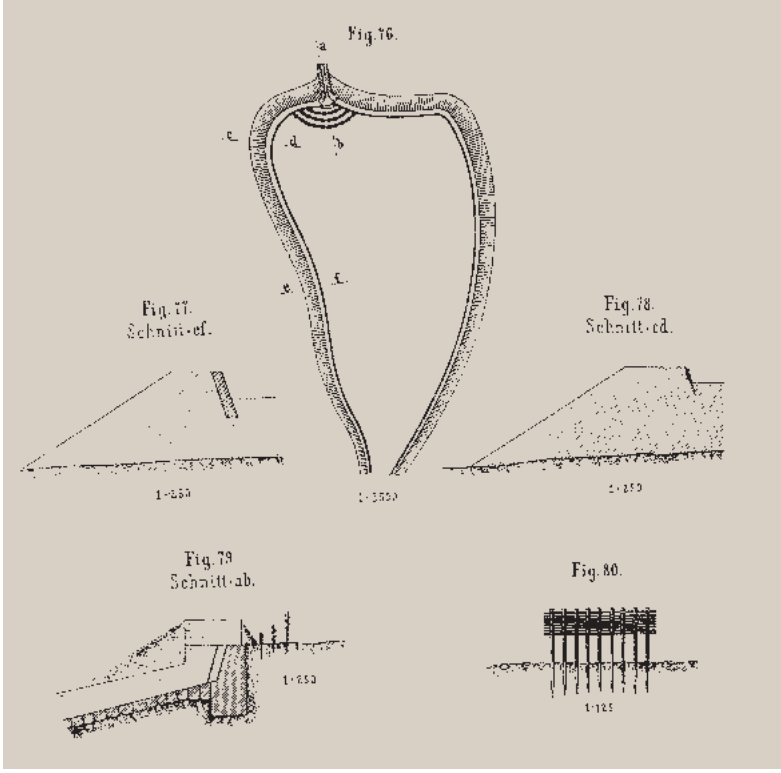




Abb. 155 Geschiebeauffangbecken der Ruestellirunse in Mollis, erstellt um 1854. Auslauf mit vorgelagerten Flechtzäunen. Zeichnung Th. Nosek, 1881.

1983) – offenbar in der Hoffnung, dass der Wildbach diese von selbst freispüle. Im Zeitalter vor der Mechanisierung war ja die Räumung solcher Geschiebeauffangbecken in Handarbeit und mit Fuhrwerken ein Problem.
Wahrscheinlich gab es schon früh viele solcher Geschiebeauffangbecken. Doch war ihr Bekanntheitsgrad eher klein. Eine gewisse Aufmerksamkeit erfuhr das Geschiebeauffangbecken an der Baye de Clarens, die in Clarens, nordwestlich von Montreux, in den Genfersee mündet. Dort häufte die Baye mit ihrem aus dem kleinen, aber steilen Einzugsgebiet stammenden Geschiebe einen grossen Schuttfächer an und übersarte oder überschwemmte bei Hochwasser jeweils die dem Ufer entlang führende Hauptstrasse. Bisweilen spülte sie diese auch in den See. Deshalb wurde sie durch Dämme eingefasst – so auch 1823 –, doch zeitigten diese keine nachhaltige Wirkung. Aufgrund einer Ausschreibung erhielt 1834 der Walliser Ignaz Venetz (1788–1859) den Auftrag, Remedur zu schaffen (VON ROTEN & KALBERMATTER 1990). Venetz galt als Fachmann und hatte sich unter anderem durch seine Massnahmen gegen die Ausbrüche der Gletscherseen von Mauvoisin, Mattmark und Märjelen einen Namen gemacht. 1816–1837 war er Walliser Kantonsingenieur und arbeitete dann für den Kanton Waadt, was

damals private Unternehmungen nicht ausschloss (Vischer 2001b).
Venetz war in Clarens sowohl für die Projektierung wie für die Ausführung verantwortlich (heute würde man ihn als Generalunternehmer bezeichnen). Er versuchte im oberen Teil des Schuttfächers ein Geschiebeauffangbecken zu erstellen, indem er dort vier Parallelmauern baute. Dadurch definierte er ein schmales Mittelgerinne und zwei breitere Vorländer, die er noch durch Querwerke in Felder aufteilte, um sie der Kolmatierung zu überlassen. Das heisst, er wählte eigentlich eine Bauweise, die eher für flache Fliessgewässer geeignet ist und auch bei einigen Flusskorrektionen zur Anwendung gelangte (Culmann 1864). Seine Anstrengungen wurden aber durch mehrere Hochwasser, insbesondere durch jenes von 1846, zunichte gemacht, so dass er 1847 aufgeben musste.
Der Kanton Waadt führte die Arbeiten weiter, indem er das Wildbachgerinne auf dem Schuttfächer nochmals mit Mauern einfasste und die Sohle pflästerte. Als sich das Geschiebe trotzdem darin aufstaute, wurde nochmals ein Geschiebeauffangbecken erstellt. Es bestand aus einer Serie von 4 oder 5 etwa 75 m langen Aufweitungen des erwähnten Kanals. In diesen Aufweitungen ragten die Stützpfeiler der Ufermauern wie kurze Buhnen ins Abflussprofil, was offenbar dazu beitrug, dass die ganze Anlage bei kleineren Hochwassern jeweils wieder freigespült wurde. Culmann, der Clarens um 1860 besuchte, bestätigte die Funktionstüchtigkeit, machte aber darauf aufmerksam, dass das zwangsläufig im See anwachsende Bayedelta mit der Zeit alles einstauen werde (Culmann 1864).
Den Auftakt für den Bau einer ganzen Reihe von Geschiebeauffangbecken bildete die Linthkorrektion von 1807–1816 (siehe Kapitel 7). Sie zielte darauf ab, der Hebung des Linthbetts und der entsprechend drohenden Aufschotterung der Linthebene Einhalt zu gebieten. Es ist deshalb verständlich, dass ihrer Trägerschaft – wie Culmann es ausdrückte – «das Recht verliehen wurde, die Geschiebe aller Seitenflüsse abzuweisen». Damit wurde entsprechend der Lage des Einzugsgebiets in erster Linie der Kanton Glarus in die Pflicht genommen, wo «die Bevölkerung angewiesen wurde darauf zu sinnen, durch künstliche Mittel die Geschiebe in den Bergen zurückzuhalten» (Culmann 1864). Ähnliche flankierende Massnahmen folgten später auch den anderen Flusskorrektionen.
Die erste Reaktion bestand naturgemäss in der Anordnung von Geschiebeauffangbecken. An gewissen Orten erzwangen die neuen Vorflutverhältnisse sogar ein rasches Handeln – so in Mollis. Dieses Dorf steht auf dem Schuttfächer der Rüfirunse. Es schützte sich früher allein durch eine Einfassung dieses Wildbachs, das

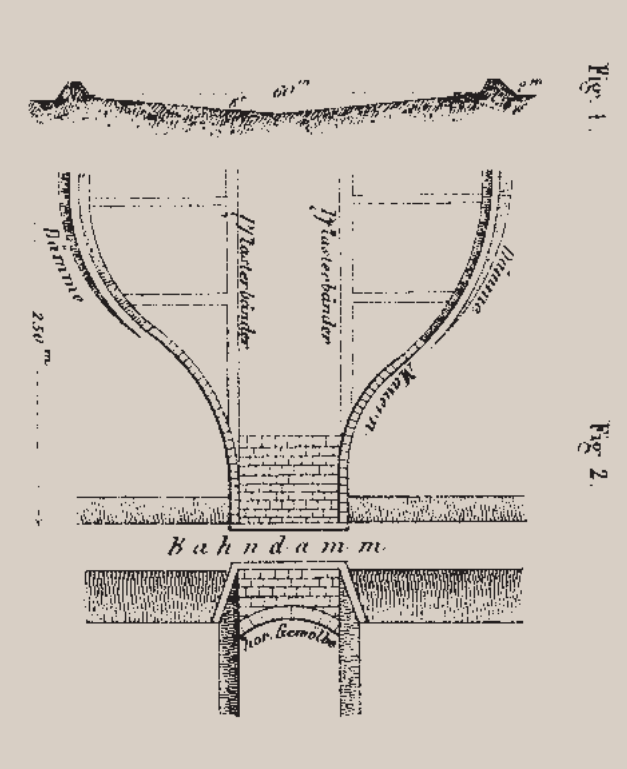



Abb. 156 Geschiebeauffangbecken der Gryonne vor dem Durchlass unter der 1857 erstellten Rhonetalbahn nordwestlich von Bex.

heisst durch eine Wildbachschale, die das anfallende Geschiebe in die Linth leitete. Anlässlich der Linthkorrektion erfuhr die Linth bei Mollis 1807–1811 aber eine Kanalisierung mit Eindämmung. Dadurch wurde die bisherige Geschiebeausleitung erschwert und zudem – wie bereits geschildert – gar untersagt. Folglich musste die Wildbachschale durch ein Geschiebeauffangbecken ergänzt werden. Doch erwies sich dann dessen Räumung als zunehmend aufwendig, wozu wohl auch die im 19. Jahrhundert eintretende Häufung der Hochwasser beitrug.
Südlich des alten Dorfkerns von Mollis fliesst mit der Ruestellirunse ein weiterer Wildbach in die Linth. Dort griff man am Schuttkegel aber lange nicht ein. Erst 1854 bildete sich eine Korporation, die das Wildbachbett fixierte und ein Geschiebeauffangbecken erstellte. Der Beckenboden war 120 m lang und 45 m breit und von 6 m hohen, auf der Wasserseite gepflästerten Dämmen umzogen. Am engen Auslauf stand eine Sperre mit vorgelagerten Flechtzäunen. Culmann bezeichnete diese Anlage als die grösste, die er anlässlich seiner vielen Begehungen im schweizerischen Alpenraum gesehen hatte. Ferner erwähnte er, dass die Ablagerung des Materials im Becken ganz sich selbst überlassen bleibe. In anderen Anlagen versuchte man sie offenbar durch Einbauten zu beeinflussen.

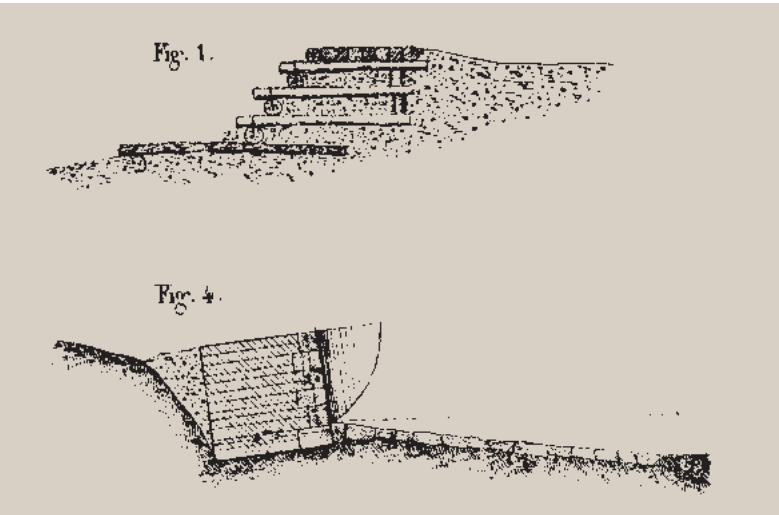
Einen weiteren Grund zur Erstellung von Geschiebeauffangbecken lieferte im 19. Jahrhundert der Bahnbau. Um die hinsichtlich grober Ablagerungen empfindlichen Gleisanlagen zu schützen, versuchte man eine Verstopfung der Wildbachunterführungen auszuschliessen. Als Beispiel diene hier die Anlage an der damals geschiebereichen Gryonne. Diese unterquert die 1857 im Rhonetal erstellte Eisenbahn und wurde deshalb seinerzeit am Einlauf ihrer Unterführung bei Bex mit einem Geschiebeauffangbecken versehen. Dessen Abmessungen von 250 x 60 m übertrafen jene in Mollis noch (Culmann 1864).

## 12.3 Ausweitung der Massnahmen auf den gesamten Lauf

### Von der Symptom- zur Ursachenbekämpfung

Die Massnahmen auf dem Schuttfächer und am Ablauf zielen auf die Verhinderung von Ausuferungen und insbesondere von unerwünschten Geschiebeablagerungen ab. Letztere sind aber ein Symptom der Erosion oberhalb des Schuttfächers. Angesichts der bereits geschilderten Schwierigkeiten bei der Räumung solcher Ablagerungen inner- oder ausserhalb eines allfällig vorhandenen Geschiebeauffangbeckens dachte man, wie bereits mehrfach erwähnt, bald auch an eine Bekämpfung der Ursache.
Als Anhaltspunkt für die Grössenordnung solcher Ablagerungen soll hier eine Auswertung der Vermessung des Deltas der Grossen Melchaa im Sarnersee dienen. Dort lagerte sich unmittelbar nach der Einleitung von 1880 sehr viel Material ab, weil sich die verkürzte Grosse Melchaa oberhalb zunächst mehr als sonst einfrass. Später erreichte sie dann den «courant normal», so dass die zwischen 1911und 1987 erhobene Massenbilanz als repräsentativ gelten kann. Diese ergibt eine mittlere Geschiebefracht von 6000 bis 7000 m³ pro Jahr (Lambert 1989) in Form von Kies und Sand. Hätte man also die Grosse Melchaa mit einem Geschiebe-auffangbecken versehen, das nicht gespült werden kann oder darf, wäre eine Räumung von jährlich 6000 bis 7000 m³ notwendig geworden: von Hand und mit einem Pferdefuhrwerk, – etwa im Ausmass einer Kubikmeterbenne – ein sehr arbeitsintensives Unterfangen!
Deshalb begann man sich im Wildbachverbau etwa ab 1800 Gedanken darüber zu machen, wie man das Geschiebe schon in der Schlucht oder im Tobel zurückhalten könnte. Es ging also zunächst darum, die Geschiebeauffangbecken einfach weiter oben zu realisieren. Doch sah man bald ein, dass man das Geschiebeaufkommen an sich und damit die Erosion im ganzen Einzugsgebiet verhindern oder doch entscheidend vermindern müsse.

Abb. 157 Querschnitte von Holzsperren an der Simme und von Steinsperren an der Gürbe um 1860.




### Die ersten Sperrentreppen

Die vereinzelten Wildbachsperren, die früher in einer Schlucht oder einem Tobel erstellt wurden, waren nicht sehr hoch – bloss einige Meter. Sie vermochten deswegen nicht viel Geschiebe aufzuhalten, aber immerhin das Gefälle zu brechen und die Erosion zu bremsen. Bei unverändertem Geschiebeanfall von oben verloren sie ihre Wirkung aber schon nach wenigen Jahren.
Hinsichtlich ihrer Machart waren sie sehr vielfältig. Es gab die verschiedensten Holzkasten-, Mauerwerks- und Verbundkonstruktionen. Entsprechende Pläne von 1833–1873 enthält das Walliser Staatsarchiv für 5 Walliser Wildbäche (de Kalbermatten 1985). Weitere frühe Beispiele aus andern Gebirgskantonen stellte Culmann dar (Culmann 1864).
Den Bau von Treppen mit grossen und hohen Wildbachsperren wagte man in der Schweiz erst ab 1842. Den Anstoss dazu gab der Landesingenieur von Tirol, Joseph Duile (1776–1863). Er veröffentlichte 1826, wie schon in Abschnitt 3.4 erwähnt, ein konzises Lehrbuch «über Verbauung der Wildbäche in Gebirgsländern, vorzüglich in der Provinz Tirol und Vorarlberg». Darin widmete er sich ganz besonders der Anordnung von Sperrentreppen und der Gestaltung der dafür geeigneten Stein- und Holzsperren (Duile 1826). Während aber die Umsetzung in seiner Heimat auf sich warten liess (ÖBLF 1984), erfasste sie in den 1840er Jahren das Glarnerland. Aus den Bedürfnissen heraus, die dort die Linthkorrektion geschaffen hatte, betraute nämlich die Glarner Regierung 1841 Duile mit einem «Untersuch der Wild- und Gebirgsbäche im Kanton Glarus».

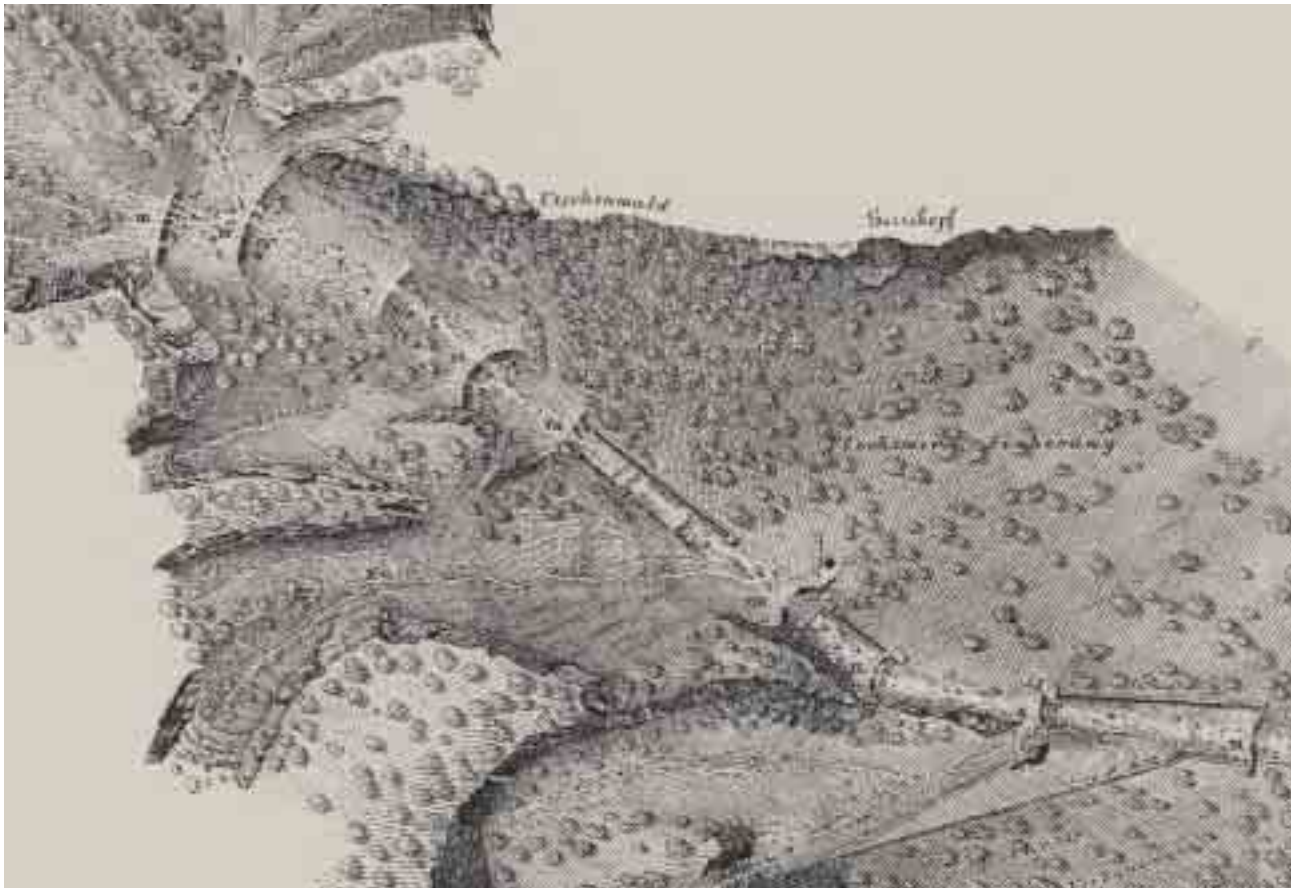


Abb. 158 Rüfirunse bei Mollis. Verbauungen; Lage der ab 1842 erstellten Sperren. Zeichnung von G. H. Legler, 1856.

Der resultierende Bericht schilderte die Ursachen der Wildbachschäden, nannte die diesbezüglich schlimmsten Wildbäche und schlug Sanierungsmassnahmen vor (Duile 1841). So wies Duile konkret auf den Durnagelbach als den grössten Geschiebezubringer zur Linth hin und bezeichnete die Dörfer Mollis und Niederurnen als die von Übersarungen am stärksten bedrohten. Er empfahl dringend, die an verschiedenen Orten bereits getroffenen Massnahmen auf den Schuttfächern durch solche im Einzugsgebiet zu ergänzen – und zwar längs dem Wildbachbett in Form von Sperrentreppen. Er vermittelte auch schriftliche Anleitungen zum Bau der Sperren mit den zugehörigen Längswerken und Flechtzäunen. Und über seinen Bericht hinaus schlug er mündlich und vor Ort noch zielführende Verwirklichungen vor – wie insbesondere für die Rüfirunse in Mollis (OBl 1914), die schon ab 1831 mit einigen kleineren Längs- und Querbauten versehen worden war (Legler 1856).

Das führte dazu, dass gerade an der Rüfirunse die erste moderne Wildbachverbauung der Schweiz entstand. Die dortige Ausgangslage wurde weiter oben ja bereits geschildert. Die Räumung des Geschiebeauffangbeckens erwies sich als zunehmend mühsam und kostspielig – unterblieb sie aber, so stauten die Geschiebeablagerungen in die Wildbachschale zurück und begünstigten damit verheerende Ausbrüche. Deshalb waren die unter den Wuhr- und Räumpflichten leidenden Molliser für die Botschaft Duiles besonders empfänglich.

Der Baubeginn an der ersten grossen Sperre erfolgte bereits 1842. Sie bestand aus einer gekrümmten Trockenmauer mit einem leichten Anzug. Ihr Aufbau geschah in Lagen von 1,8 bis 2,1 m, wobei die nächste Lage jeweils erst nach Hinterfüllung der unteren angebracht wurde. Auf diese Weise wurden auch die anderen Sperren und damit bis 1854 eine Abfolge von 11 Sperren – also eine Sperrentreppe – errichtet. Die grösste Sperre hatte eine Höhe von 18 m bei einer Bogenlänge von 30 m und einer Kronenstärke von 3,6 m (Legler 1856, OBl 1914). Sie versah ihren Dienst ganze 50 Jahre lang, musste dann aber – weil sie Verformungen zeigte, die ihren Einsturz befürchten liessen – ersetzt werden. Die neue Sperre wurde 1893 unmittelbar talwärts davon als Bogenmauer aus vermörteltem Mauerwerk mit einer Höhe von 22 m gebaut. Zum Vergleich diene, dass die damals höchste Kraftwerkstaumauer 1 m niedriger war. Es handelte

Abb. 159 Rüfirunse bei Mollis. Ansicht der ab 1842 erstellten Sperrentreppe. Zeichnung von G. H. Legler, 1868.

sich um die 1872 fertig gestellte, aber immerhin 195 m lange Betongewichtsmauer Pérolles in der Saane (Schnitter 1992).
Nach den Arbeiten an der Rüfirunse wurden im Kanton Glarus sehr bald weitere Wildbäche gemäss Duile verbaut, beginnend mit der Ruestellirunse, dem zweiten Molliser Wildbach, und dem Dorfbach von Niederurnen. Die seitlichen Runsen des Letzteren wurden jedoch speziell behandelt (siehe nächsten Abschnitt).

### Die ersten kleinen Murbremsen

In der Fachwelt fand damals eine interessante Lösung zur «Hebung und Verwaldung der wenig Wasser führenden Seitenbrüche» – wie sich Legler (1868) ausdrückte – besondere Beachtung. Es handelte sich um die so genannten Jenny'schen Flechtwerketagen und Steinschalen. Sie wurden 1838 vom Tagwenvogt (Werkführer der Gemeinde) Conrad Jenny (1800–1870) für die Verbauung der nur sporadisch durchflossenen Runsen im Einzugsgebiet des Niederurner Dorfbachs eingeführt (Davatz 2002). Die Flechtwerketagen waren Sequenzen von Flechtzäunen, die im Wesentlichen quer zu einer Runse in Abständen von etwa 3 m angebracht wurden. Ihre Wirkung bestand darin, dass sie als stehende Rechen kleinere Murgänge entwässerten und abbremsten. Wohl legten solche Murgänge jeweils die obersten 6 bis 8 Zäune um, doch verloren sie dabei so viel Wasser, dass sie dann erstarrten. Und auf diesen erstarrten Massen wurden nachher wieder neue Zäune erstellt.
Nach mehrmaliger Wiederholung dieses Prozesses war die Runse beispielsweise bis zu 10 m hoch aufgefüllt. Und wenn damit ihre seitlichen Böschungen genügend gesichert waren, wurde in Runsenmitte eine Schale von 2,20 m Breite ausgehoben, ausgepflästert und mit leitwandartig angeordneten Flechtzäunen eingefasst (Culmann 1864, Legler 1868, OBl 1914). Dann konnte die Aufforstung der Runse beginnen.
Diese Idee erwies sich bei Niederurnen offensichtlich als sehr erfolgreich. Trotzdem scheint sie nicht eigentlich Schule gemacht zu haben. Vielleicht waren die Verhältnisse in anderen Einzugsgebieten zu verschieden, oder man sah die Wirkung der Flechtzäune anders. Denn Flechtzäune und ähnliche kleine Bauwerke baute man ohnehin überall ein, wo es irgendwelche Schutthalden zu verfestigen galt. Sicher blieb aber die Kenntnis erhalten, wonach Murgänge Wasser verlieren und stillstehen, sobald sie gebremst abfliessen oder sich seitlich ausbreiten. Man trug diesem Effekt ja mehr oder weniger bewusst beim Bau von Sperrentreppen und grossen Geschiebeauffangbecken Rechnung. Doch vergass man mit der Zeit die Möglichkeit, die Trennung des Wassers von den Schuttmassen

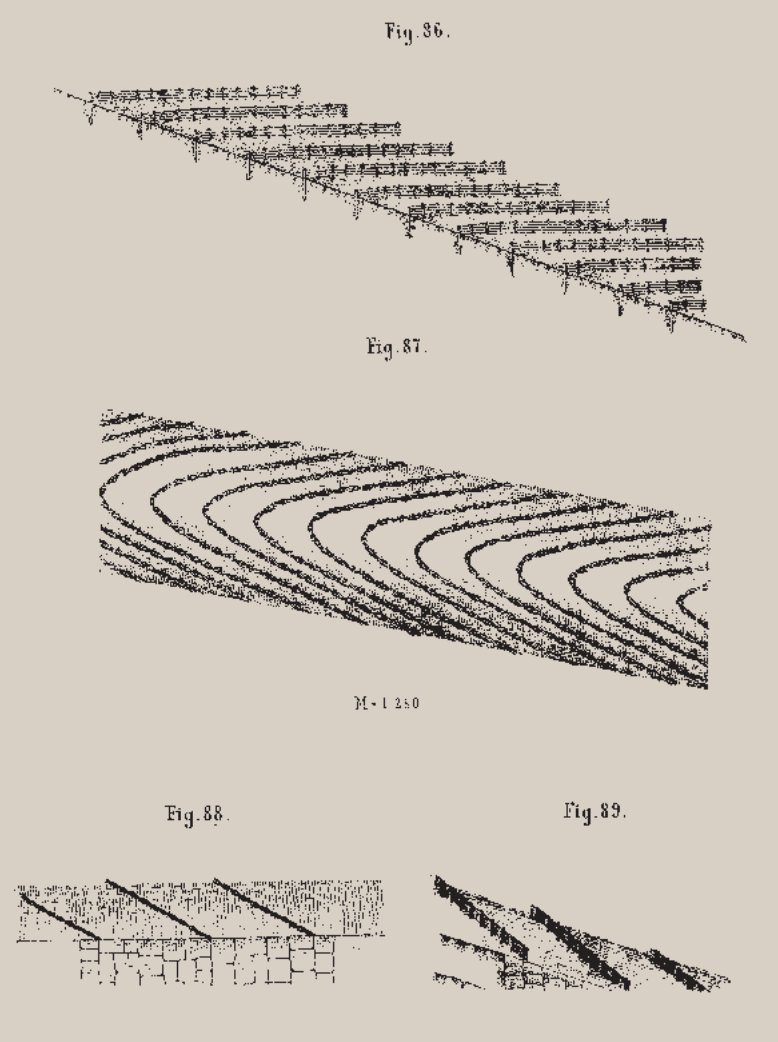



Abb. 160 Flechtwerketagen nach C. Jenny, wie sie ab 1838 in den seitlichen Runsen des Niederurner Dorfbachs eingebaut wurden. Zeichnung von Th. Nosek, 1881.

und damit deren Erstarren durch rechenartige Konstruktionen in der Abflussrinne zu erreichen.
Von dieser Möglichkeit wurde in der Schweiz erst wieder 1992 Gebrauch gemacht. Damals wurde im Dorfbach von Randa VS eine Murbremse in Form eines grossen liegenden Rechens (Grundrechen) eingebaut. Die entsprechende Idee wurde von Japan übernommen (Zimmermann 1994).

## 12.4 Die Ära der Sperrentreppen

### Gedankenaustausch in der Alpenregion

Wie bereits geschildert, wurde der moderne Wildbachverbau in der Schweiz 1841 stark vom Tiroler Duile beeinflusst. Durch ihn profitierten die Schweizer

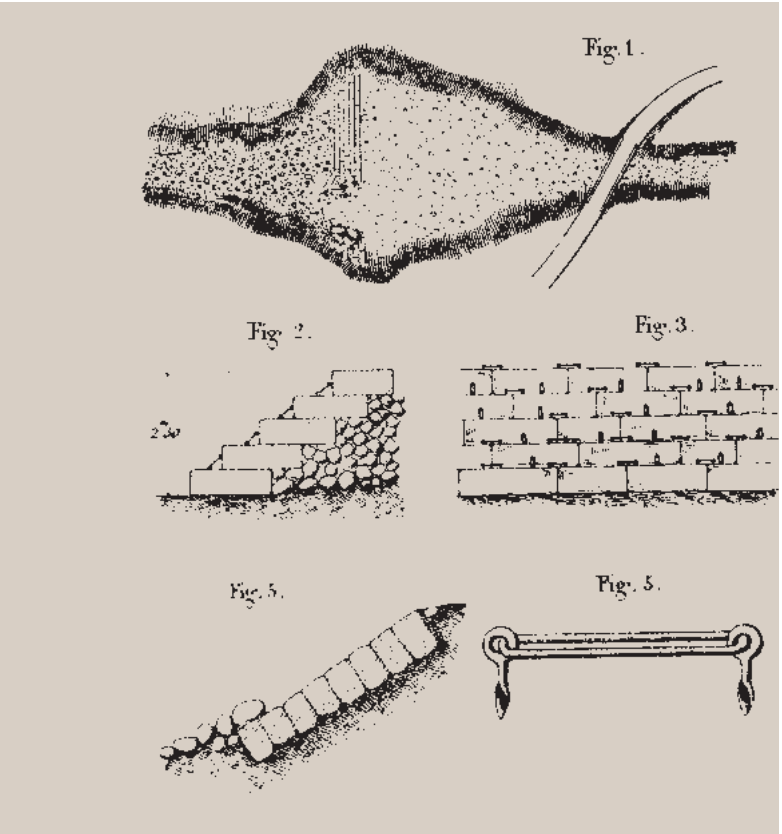



Abb. 161 Verbauung in den französischen Alpen, 1851. Sperre an der Roise bei Voreppe im Département Savoie; Eisenklammern verstärken die hinterfüllten Steintreppen. Skizzen von C. Culmann, 1864.

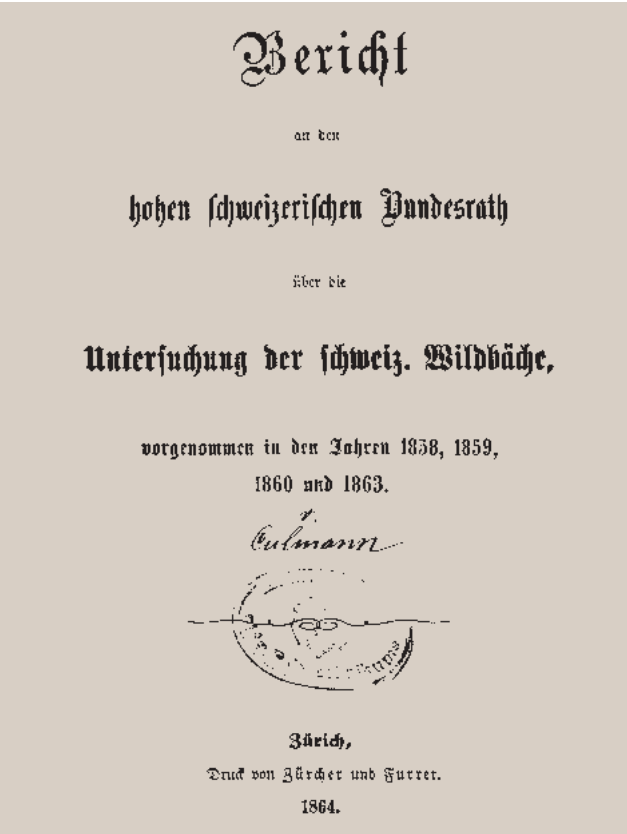
Fachleute von einer Baukultur, die sich in den Ostalpen entwickelt hatte. Weil aber die anschliessend im Kanton Glarus erstellten Sperrentreppen mit hohen Stufen zu den ersten Realisationen dieser Art gehörten, wurden sie auch von ausländischen Fachleuten besucht. Sie strahlten also gleichsam zu den Ostalpen zurück und wurden auch in andern Regionen wahrgenommen (Hess 1876, Nosek 1881).
Gab es auch Einflüsse aus den Westalpen? Culmann erwähnte in seinem Bericht von 1864 drei französische Ingenieure, nämlich Jean-Antoine Fabre (1748–1834), Alexandre Surell (1813–1887) und Scipion Gras (1806–nach 1870). Fabre, der im Département Var wirkte (Fabre 1797), verfasste 1797 ein «Essai sur la théorie des torrents et des rivières» (Abhandlung über die Theorie der Wildbäche und Flüsse). Darin empfahl er vor allem die Walderhaltung und Aufforstung der Einzugsgebiete. Den schlimmsten Wildbächen wollte er grundsätzlich freien Lauf lassen; für die anderen sah er Stabilisierungsmassnahmen bloss in den Runsen vor, und zwar mit Flechtzäunen – ähnlich, wie es ab 1838 Jenny in Niederurnen tat (Wang 1903). Surell befasste sich 1841 in einer Schrift «Etude sur les torrents des Hautes-Alpes» (Studie über die Wildbäche im Département Hautes-Alpes) mit den Wildbächen im weitgehend entwaldeten Département Hautes-Alpes (Surell 1870). Dort zeigten sich Erosionserscheinungen, die Culmann aufgrund eines Besuchs um 1860 mit den Stichworten charakterisierte: «verrüfte Gegend», «kahle, kiesfleckige Umgebung», «nicht mit irgendeinem Tal in der Schweiz oder im Tirol vergleichbar» (Culmann 1864). Dementsprechend konzentrierte sich Surell auf alle Massnahmen, die eine vollständige Wiederaufforstung ermöglichten. Zu diesen gehörten nebst Wildbachverbauungen und Hangsicherungen auch Hangbewässerungen. Die Sperren im Bachbett sollten möglichst aus Faschinen und Flechtwerken mit ausschlagfähigem Holz erstellt werden. Sei das Gebiet erst einmal wieder bewaldet, würden die Wildbäche von selbst verschwinden, glaubte Surell (siehe Kapitel 1). Culmann nahm im Département Hautes-Alpes um 1860 aber noch keine konkreten Massnahmen wahr. Dafür besichtigte er im benachbarten Département Savoie, das bedeutend weniger entwaldet war, drei 1851 von Gras erstellte Sperren. Sie definierten am Einlauf zum Schuttfächer der Roise bei Voreppe Geschiebeablagerungsplätze. Andere grössere Bauwerke waren in den französischen Alpen offenbar nicht zu sehen.
Culmann zog 1864 deshalb den Schluss, dass die französischen Studien von Fabre, Surell und andern zwar theoretisch einiges boten, aber mangels Verwirklichungen kein Vorbild für den schweizerischen Wildbachverbau abgaben. Der gleichen Meinung waren damals auch die von ihm befragten Welschschweizer Fachleute. 30 Jahre später wurde der französische Hochwasserschutz dann aber durchaus wahrgenommen und beachtet (Gonin 1890, Fankhauser 1897).

### Ein gesamtschweizerisches Konzept

Wie bereits erwähnt, wurden die Glarner zunächst durch die Linthkorrektion von 1807–1816 veranlasst, ihre Wildbäche vermehrt zu verbauen. Doch erkannte man dabei bald, dass diese Massnahmen auch den Anstössern der Wildbäche dienten. Culmann drückte das so aus: «Gar bald zeigte sich, wie gross der direkte Nutzen war, den die zu diesem Zwecke aufgeführten Verbauungen dem Land gewährten. Man fing an, auch da zu verbauen, wo es nicht unmittelbar die Forderung der Linthkorrektion war, und man findet jetzt überall weit oberhalb der corrigierten Linthstrecke an den Seitenzuflüssen verbaute Rüfen» (Culmann 1864).
Die andern Kantone wurden von dieser Bewegung nicht unmittelbar erfasst, obwohl das Wildbachproblem damals fast in jedem Gebirgstal drängte. Das veranlasste die Bundesbehörden zu einer Standort-

bestimmung und Neuausrichtung der einschlägigen Verpflichtungen des Bundes. Heute würde man ein solches Vorhaben als Erarbeitung eines gesamtschweizerischen Wildbachkonzeptes bezeichnen. Als Experte dafür konnte Carl Culmann (1821–1881), Professor für Ingenieurwissenschaften des Eidgenössischen Polytechnikums (heute ETH Zürich), gewonnen werden. Gleichzeitig beauftragten die Bundesbehörden auch seinen Kollegen Elias Landolt (1821–1896), Professor für Forstwirtschaft, den Zustand der Gebirgswälder zu untersuchen und gleichsam ein gesamtschweizerisches Gebirgswaldkonzept zu entwerfen (Landolt 1862). Damit trug man einerseits dem vielerorts offensichtlichen Zusammenhang zwischen der damaligen Entwaldung und der wachsenden Erosion Rechnung. Andererseits ging es um forstwirtschaftliche Ziele an sich.
Culmann lieferte seinen weiter oben schon mehrfach zitierten Expertenbericht 1864 ab. Dieser umfasste 650 Druckseiten und trug den Titel «Bericht an den hohen schweizerischen Bundesrath über die Untersuchung der schweiz. Wildbäche, – vorgenommen in den Jahren 1858, 1859, 1860 und 1863» (Culmann 1864). Culmann beschrieb darin die wichtigsten Wildbäche von 12 Gebirgskantonen sowie die dort vorhandenen oder bereits geplanten oder aus der Sicht Culmanns notwendigen Verbauungen, Letztere einschliesslich Kostenschätzung. Meistens ging er dabei auch auf die Korrektion der Vorfluter ein, wie die Rhonekorrektion, die Reusskorrektion usw. Dann stellte er die in den betroffenen Kantonen gültigen oder sich in Vorbereitung befindlichen gesetzlichen Grundlagen über den Wasserbau zusammen. Abschliessend präsentierte er «Vorschläge zur Verbesserung der hydrotechnischen Verhältnisse» in der Schweiz bezüglich Bundesgesetzgebung, Subventionspraxis, Überwachungsorganisation, Ausbildung und Grundlagenbeschaffung.

Abb. 162 Gesamtschweizerisches Wildbachkonzept von 1864. Titelblatt des 650-seitigen Berichts von C. Culmann.


Bericht

an den

hohen schweizerischen Bundesrath

über die

Untersuchung der schweiz. Wildbäche,

vorgenommen in den Jahren 1858, 1859,
1860 und 1863.

C. Culmann

Zürich,
Druck von Zürcher und Furrer.
1864.

Der Bericht von Culmann ist bezüglich seiner Vollständigkeit und der Dichte seiner Aussagen staunenswert. Culmann stammte ja aus der Pfalz, hatte in Karlsruhe studiert und dann seine Sporen im Eisenbahnbau in Niederbayern abverdient. Er war folglich, als er 1855 an das Eidgenössische Polytechnikum berufen wurde, kein Wildbachspezialist (Vischer 2001b). Aber er verschaffte sich ab 1859 gleichsam nebenher durch den Besuch einer Unzahl von ihm an sich fremden Schweizer Tälern und Wildbächen die für seine Expertise notwendige Übersicht. Dabei berücksichtigte er auch noch die Verhältnisse am österreichischen Inn, im Veltlin und in den französischen Alpen. Naturgemäss traf er unterwegs mit praktisch allen Fachleuten des Untersuchungsgebiets zusammen und konnte sich mit deren Ansichten auseinander setzen. Bescheiden entschuldigte er sich im Vorwort zu seinem Bericht für die von ihm vermuteten «zahlreichen Mängel» seiner Ausführungen mit der Erklärung: «Indem wir nochmals wiederholen, dass die uns gestellte Aufgabe eigentlich weitaus die Kräfte des Einzelnen übersteigt, hoffen wir, es werde das von einem hohen Bundesrath begonnene Werk nicht bei diesen Untersuchungen stehen bleiben ...»
Der Bericht Culmanns beeinflusste die weitere Entwicklung tatsächlich in sehr hohem Masse. Zu diesem Erfolg lieferte Culmann unter anderem folgenden, für die technische und politische Umsetzung wichtigen Schlüssel: «Gestützt auf das hier (nämlich im Kanton Glarus) Geschehene, auf die hier gemachten Erfahrungen, konnten wir überall mit Bestimmtheit die von mir vorgeschlagenen Bauten empfehlen, und häufig hatten wir auch auf unseren Exkursionen Gelegenheit, den Leuten, die an den versprochenen Erfolg der vorgeschlagenen Bauten nicht glauben wollten, zu sagen: Geht hin und seht, wie schön diese Bauten unter ganz ähnlichen Verhältnissen im Kanton Glarus gewirkt haben!» (Culmann 1864).
Diese Glarner Erfahrungen wurden übrigens 1868 noch vom damaligen Linthingenieur Gottlieb Heinrich

Abb. 163 Die aussergewöhnlichen Hochwasserereignisse 1868. «Verrüfung in Rinkenberg» (Zignau) durch die Zavragia im Vorderrheintal. Blick bachaufwärts.

Legler (1823–1897) zusammengefasst und publiziert (Legler 1868). Im Herbst desselben Jahres erfuhr der Bericht Culmanns zudem eine natürliche Aktualisierung: Aussergewöhnliche Hochwasserereignisse suchten die Einzugsgebiete des Rheins, der Reuss, des Tessin und der Rhone heim. Sie zeichneten sich nicht nur durch ausgedehnte Ausuferungen in den Talebenen aus, sondern auch durch eine Vielzahl von gefährlichen Rutschen und Murgängen im Gebirge. Die Schäden waren gewaltig und dazu angetan, die Öffentlichkeit für den Hochwasser- und Erosionsschutz zu mobilisieren (Expertenkommissionen 1868).

### Wildbachsperren als Herausforderung, die Verbauung der Nolla

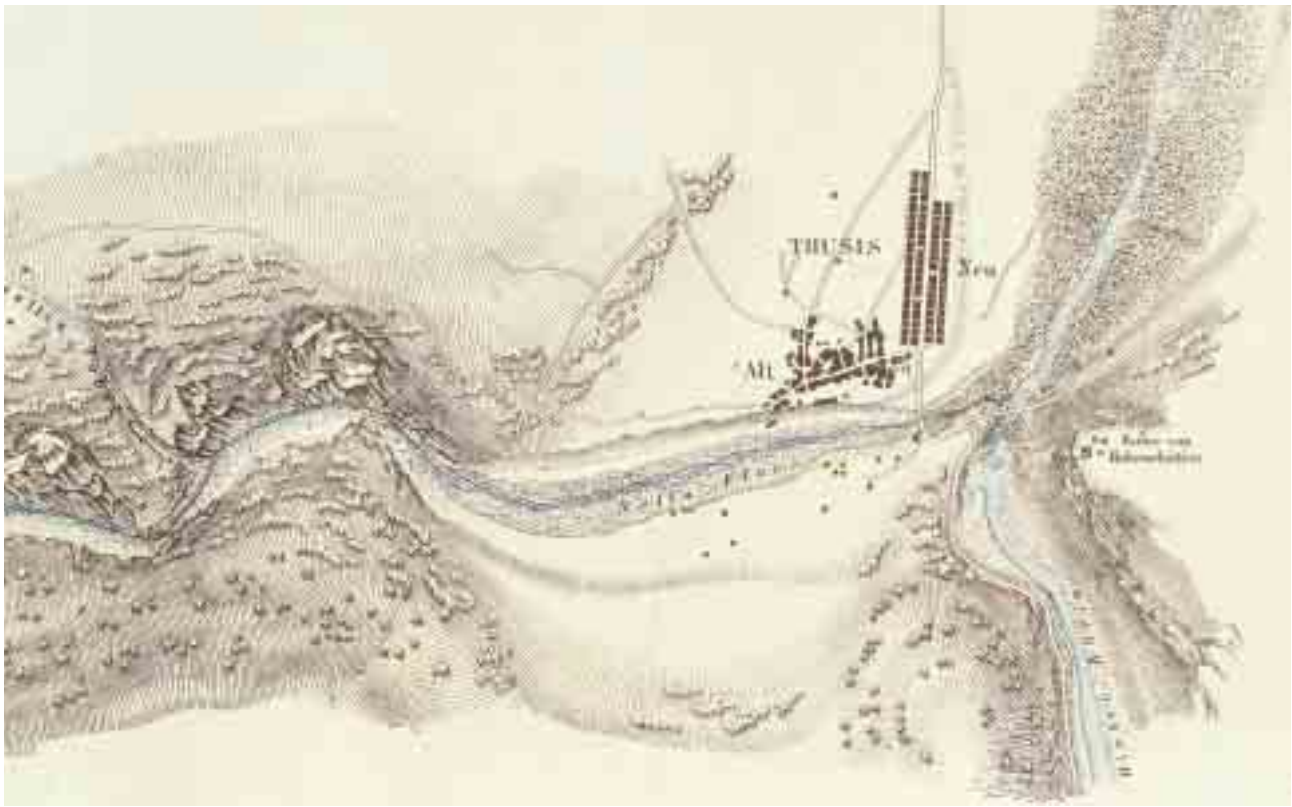
Der Bericht Culmanns von 1864 empfahl vielerorts den Bau von Wildbachsperren. Doch sah er diese fast immer nur als Ergänzung von Massnahmen auf dem Schuttkegel und anderswo. Für Culmann war die Erstellung von Sperrentreppen also kein Synonym für Wildbachverbau. Dasselbe kann auch von den anderen Fachleuten von Duile bis Legler gesagt werden. Letzterer schilderte in seiner Schrift von 1868 neben den Glarner Sperren ja auch die Glarner Erfolge bei der Stabilisierung der Einzugsgebiete sowie der Ausgestaltung der Geschiebeauffangbecken und der Abläufe (Legler 1868). Die in den 1870er Jahren in der Schweiz mit Macht einsetzende Ära des Wildbachverbaus liess dieses Synonym aber zumindest im Volksbewusstsein Platz greifen. Dafür sorgten drei Gründe:

- Das Neue am modernen Wildbachverbau waren eben die Sperrentreppen.
- Die Sperrentreppen fielen auf, weil sie in den bislang unberührten Schluchten und Tobeln gebaut wurden.
- Hohe Sperren waren teuer. Sie stellten mit ihren mannigfachen Beanspruchungen durch feststoffreiches Wasser, Murgänge, Lawinen, Geländebewegungen und Witterungseinflüsse eine Herausforderung für ihre Konstrukteure dar.

Einer der ersten Wildbäche, die ausserhalb des Kantons Glarus eine Sperrentreppe erhielten, war der Trübbach, «wo in wenigen Wochen anno 1866 15 steinerne Thalsperren mit ... 243 000 Kubikfuss (6600 m³) Inhalt ausgeführt» wurden (Legler 1868). Culmann bezeichnete den Trübbach 1864 denn auch als den schlimmsten Wildbach des Kantons St. Gallen, dessen Verbauung im Gefolge der Alpenrheinkorrektion sehr dringend sei (Culmann 1864). Wesentlich bekannter wurde dann aber die 1870 beginnende Verbauung der bündnerischen Nolla – zum einen, weil die bei Thusis

ausmündende Nolla einer der verheerendsten Wildbäche der Schweiz war, zum andern, weil sich mehrere hervorragende Fachleute damit befassten.
Die Nolla entwässert ein weitgehend im Bündnerschiefer liegendes Einzugsgebiet von 25 km² Oberfläche. Sie fliesst dort durch eine rund 6 km lange Schlucht, in die einige kleinere Wildbäche einmünden. Ihr Wasser ist selbst in Mittelwasserzeiten stark schwebstoffhaltig und darum dunkel gefärbt. Damit trübt sie auch ihren Vorfluter, den Hinterrhein, und macht sich noch flussabwärts im Alpenrhein als Trübung bemerkbar. In Hochwasserzeiten ist ihre Feststofffracht aus Schweb und dann auch aus viel Holz und Geschiebe erst recht auffällig.
Nun entlud sich die Hochwasser führende Nolla früher häufig in verheerenden Schüben von feststoffreichen Flutwellen und Murgängen. Das erste aktenkundige Ereignis datiert von 1585 und wurde wie folgt geschildert: «An unserer Frauentag im Augusten ist das Wasser zu Thusis so angeloffen, dass Steine wie Stubenöfen triben, hat sich verschwellt (den Hinterrhein aufgedämmt) und eine Stund vor Tag mit sölich Ungestümigkeit usbrochen, dass ein sölich Tosen, Krachen und Braschlen (Prasseln) war, als ob die Berge zusammengefallen werend, dadurch» den Unterliegergemeinden im Domleschg «an Baumgärten, Wiesen, Bruggen, Wuren, Fälder und Gärten unschätzbarlicher grosser Schaden erfolgt ist». Den gleichen Mechanismus beschrieb Hans Conrad Escher beim Nollahochwasser von 1807. Dieses bewirkte mit Murgängen, dass sich der Schuttkegel bei Thusis in kurzer Zeit vergrösserte und den Hinterrhein bis 12 m hoch aufstaute. Dann brach der Hinterrhein durch, so dass ein reissender Schwall den Talboden des Domleschgs überschwemmte und übersarte (OBl 1890).
Escher, der Direktor des Linthwerkes, war offenbar der erste Experte, der sich – «auf dringende Aufforderung hin», wie er schreibt (Solar 1998), – mit einer Sanierung befasste. In seinem 1809 veröffentlichten Bericht «über Bergschlipfe, mit besonderer Hinsicht auf die Bergschlipfe im Rolla- (Nolla-) Thal hinter Thusis ...» schlug er aber keine wasserbaulichen Massnahmen im Bachbett vor. Er glaubte, man könne die Lage durch Massnahmen ausserhalb – wie Entwässerungen und Bepflanzungen im Einzugsgebiet – in den Griff bekommen (Escher A. 1852).
Aufgrund des damaligen Standes des Wildbachverbaus fiel es sichtlich schwer, sich Einbauten in der wilden Nollaschlucht vorzustellen. Das war wohl mit ein Grund, weshalb man mit den Bauarbeiten nicht an der Nolla, sondern am Hinterrhein begann. Unter der Leitung des Bündner Oberingenieurs Richard

Abb. 164 Einmündung der Nolla in den Hinterrhein bei Thusis, 1870.



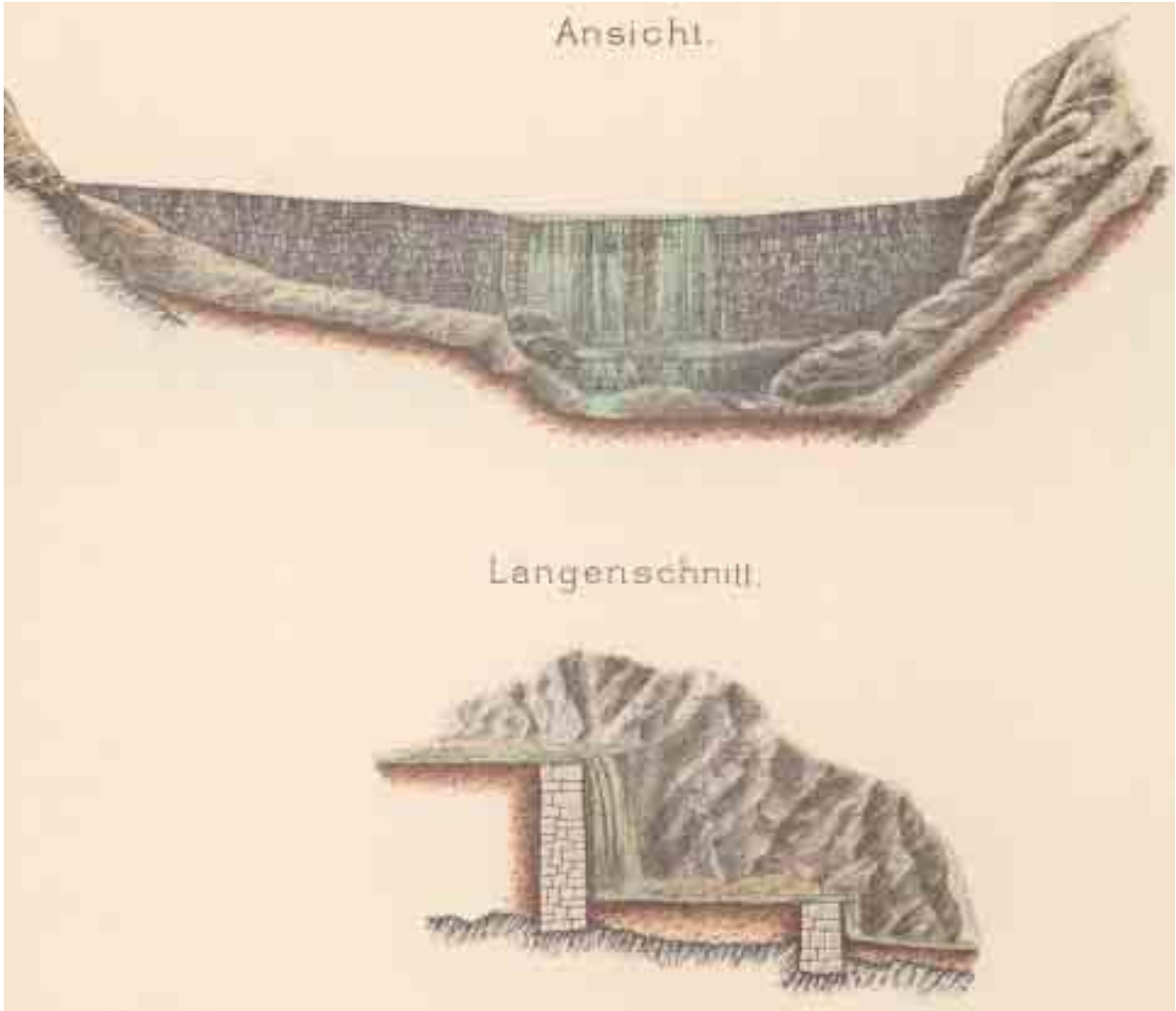



Abb. 165 Die kurz nach 1870 vollendete Sperre I an der Nolla, Ansicht und Querschnitt.

La Nicca (1794–1883) setzten dort 1832 Korrektionsarbeiten ein, die bis 1892 dauerten. Sie bestanden aus einer Kanalisierung des Hinterrheins von Cazis bis Rothenbrunnen und der Kolmatierung der frei werdenden Kiesflächen mit Nollawasser. Dieses wurde bei Thusis gefasst und dosiert auf die Kolmationsfelder geleitet.

Die Nolla verhielt sich anfänglich recht ruhig. Ihr Hochwasser von 1834 vermochte den Korrektionsarbeiten am Hinterrhein noch nicht viel zu schaden. La Nicca erkannte aber die Gefahr und begann sich vermehrt auch mit der Nolla zu befassen. Als Ursache ihrer riesigen Feststoffschübe bezeichnete er richtigerweise die starke Verwitterung ihrer Schluchtwände und die entsprechenden Schuttherde. Für ihn – der damals wohl schon durch Duile beeinflusst war – kamen als Gegenmassnahme deshalb in erster Linie Sperren in Frage (Bischoff 2002). Zunächst gab es aber weder konkrete Pläne noch neue Nollahochwasser.

1854 übernahm Adolf von Salis (1818–1891) die Nachfolge La Niccas als Bündner Oberingenieur. Um 1860 entwarf er für die Nolla eine Reihe von Steinsperren, zu denen sich Culmann 1864 kritisch äusserte. Das heisst, er betrachtete sie als zu teuer, da die Fundationsverhältnisse schlecht und die für das Mauerwerk erforderlichen Blöcke nicht vor Ort zu finden seien. An ihrer Stelle empfahl er kleinere Faschinensperren, «nicht weil wir sie für besser als die projektierten massiven Sperren halten, sondern nur weil wir fürchten, dass diese letzteren nie zur Ausführung kommen dürften, während doch die Herstellung als sehr dringend bezeichnet werden darf» (Culmann 1864). Erst wenn die Schlucht einigermassen stabilisiert sei, könnten seiner Ansicht nach dann

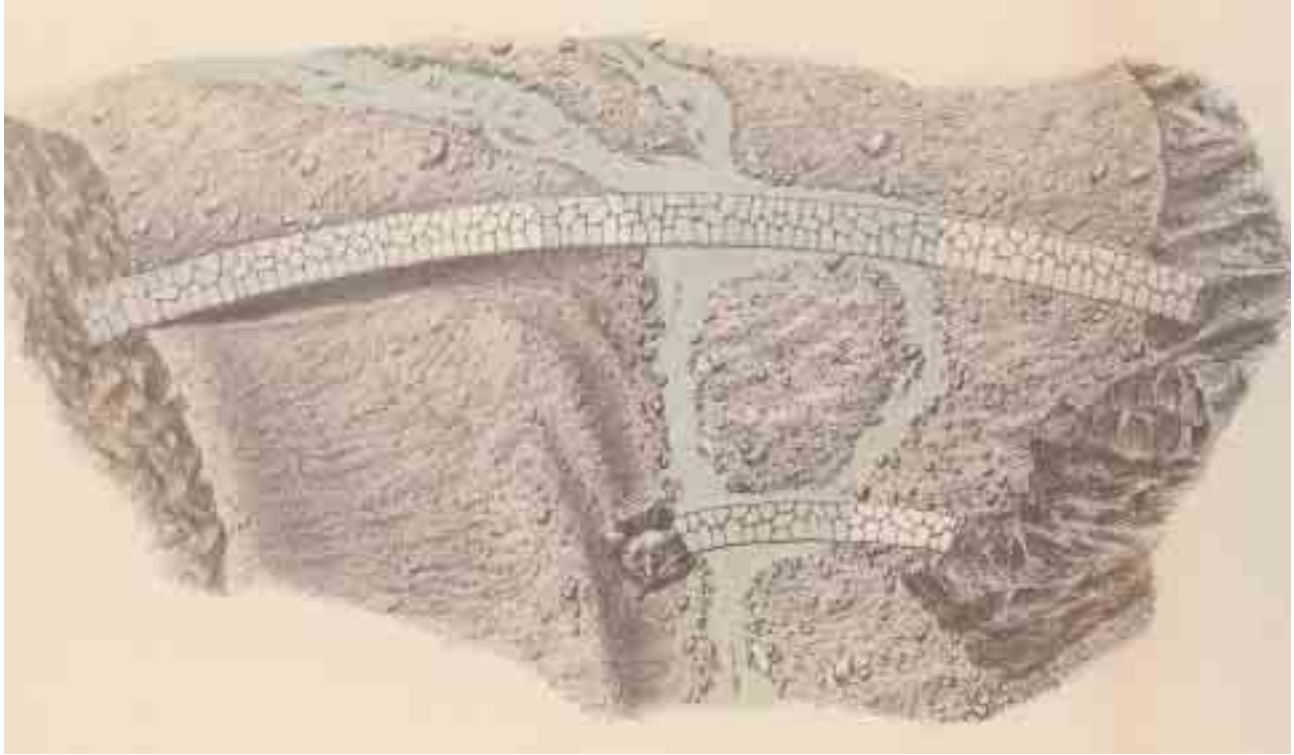


Abb. 166 Grundriss der Sperre I an der Nolla.

festere Sperren in Form von Holzkastenkonstruktionen eingebaut werden.
Schliesslich «sprach» die Nolla ihr Machtwort. Nach einer mehr als 30-jährigen Pause stürzte sie 1868, 1869 und 1870 derart heftig aus ihrer Schlucht, dass sich die früheren Hochwassermechanismen bei Thusis wiederholten und die Hinterrheinkorrektion dreimal hintereinander ernsthafte Rückschläge erlitt. Dementsprechend fand von Salis nun mit seinem Projekt sowohl bei seinem Kanton wie beim Bund Gehör. Es sah 1870 im Unterlauf der Nollaschlucht 8 Steinsperren von 15 bis 30 m Höhe vor (von Salis 1870). Und mit dem Bau der drei untersten wurde auch gleich begonnen, und zwar mit vor Ort gewonnenen Blöcken. Als zwei dieser Sperren 1872 ihre Endhöhe von 15 und 16 m erreichten, stürzte die eine infolge von Unterkolkungen ein. Deshalb wurde beschlossen, inskünftig die Höhe von 12 m nicht mehr zu überschreiten und die Kolksicherung jeweils mit einer Gegenschwelle zu gewährleisten (Bischoff 2002).
Die zwei verbleibenden Sperren bestanden aus Trockenmauerwerk, waren im Grundriss leicht gekrümmt und besassen keinen Anzug. Die grössere wies bei 12 m Höhe und 72 m Breite eine Stärke von 3,2 m auf; sie war für die damalige Zeit also bemerkenswert schlank, steht aber heute noch (Schnitter 1992).
Die weiteren grossen Sperren wurden zusammen mit vielen kleineren im Oberlauf erst später in Angriff genommen und bis 1902 vollendet (Bischoff 2002). Neben konventionellen Hangsicherungsarbeiten wurde bei Tschappina noch ein 2,6 km langer Hangkanal aus Holz erstellt. Er sollte die dortigen Seitenbäche aufnehmen, damit sie nicht länger den Hang durchnässten und Rutschungen begünstigten (OBI 1892).
Adolf von Salis wurde 1871 zum eidgenössischen Oberbauinspektor ernannt, weshalb die geschilderten Bauarbeiten von 1871 bis 1893 unter der Leitung des neuen Bündner Oberingenieurs Friedrich von Salis (1825–1901) standen (Vischer 2001b). Der Erfolg stellte sich zwar bald ein, indem kein Einstau des Hinterrheins mehr vorkam. Infolge der Instabilitäten im ganzen Einzugsgebiet kamen die Bauarbeiten an der Nolla aber bis heute noch nicht zur Ruhe. In anderen Worten: Bei der Stabilisierung des Nollabetts wurden im unteren Bereich des Wildbachs relativ rasch gute Erfolge erzielt. Die Stabilisierung im oberen Bereich und die Verbauung der Runsen und andern Schuttherde dauerten aber noch lange an.
In Bezug auf diese längerfristigen Arbeiten hatte sich Adolf von Salis schon 1870 sehr einprägsam geäussert: «Wo ein Übel so lange in den Eingeweiden des Gebirges gewühlt, wo der Mensch aus Nachlässigkeit und nur auf den nächsten Nutzen bedacht, demselben durch Jahrhunderte sogar Vorschub geleistet hat, wie es hier und an hundert andern Orten durch Bewässern

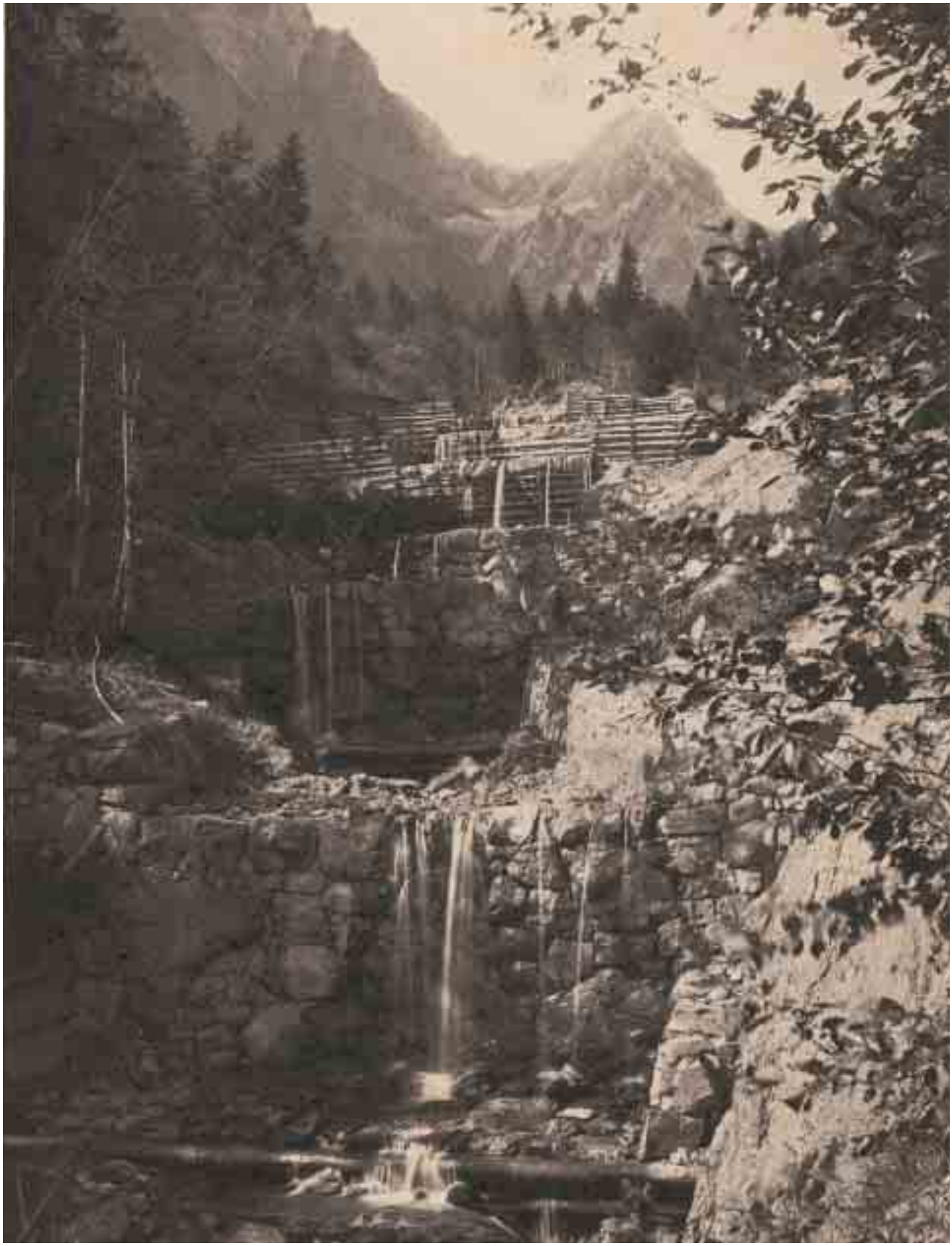


Abb. 167 Sperren am Steinibach bei Hergiswil um 1880.

brüchiger Hänge, durch rücksichtsloses Entholzen und Verhinderung der Wiederbewaldung durch Atzung (Beweidung) geschehen ist, darf man nicht erwarten, dass wie durch Zauberschlag die Wunden sich schliessen werden und den grauenhaften Ruinen sofort neues Leben entspriesse. Dies ist, um nicht unmögliche Anforderungen zu stellen oder solche Erwartungen zu hegen, in Bezug auf die Nollaverbauung wie auf die Verbauung der Rüfen und Wildbäche überhaupt zu bedenken» (von Salis 1870).

### Der rechte Mann am rechten Platz

Wie erwähnt, berief der Bundesrat 1871 Adolf von Salis (1818–1891) auf die neu geschaffene Stelle eines eidgenössischen Oberbauinspektors. Dort fasste jener seine fachtechnischen Ziele im Wasserbau in einer meisterlichen «Notice sur l'amélioration du régime des eaux d'après les principes appliqués en Suisse» (Notiz über die Verbesserung des Abflussregimes nach den in der Schweiz angewandten Grundsätzen) zusammen, die er an der «Exposition Géographique» von Paris international bekannt machte. Er betonte darin hinsichtlich der Wildbäche, dass es auch an diesen darum gehe, ein Gleichgewichtsgefälle anzustreben (siehe Abschnitt 3.3). Als neues, aber bereits erprobtes Mittel dazu empfahl er Sperrentreppen in der jeweiligen Schlucht beziehungsweise im Tobel. Dabei erklärte er die genaue Wirkung der Sperren auf den Abfluss und die Feststoffführung und betonte, dass der Einfluss nur vorübergehend sein könne, wenn das Einzugsgebiet oberhalb nicht stabilisiert werde – entweder durch bauliche oder durch forstliche Massnahmen. Und selbstverständlich wies er auch auf die erforderlichen Massnahmen auf dem Schuttfächer und im Abflauf hin (von Salis 1875).
Von Salis übte seine Funktion bis zu seinem Tod 1891 aus, das heisst 20 Jahre lang. Er war gleichsam der Exponent des damaligen Aufschwungs im baulichen Hochwasserschutz (siehe Kapitel 15). Der Stand der schweizerischen Wildbachverbauungen am Ende seiner Karriere lässt sich im 1890 erschienenen Band des Eidgenössischen Oberbauinspektorats ablesen. Dort findet sich eine Zusammenstellung der bis dahin mit Bundesunterstützung verwirklichten Arbeiten. Diese betrafen rund 160 Wildbäche, und es kann geschätzt werden, dass etwa 60 davon insgesamt 1000 grössere Sperren aufwiesen (OBI 1890).

Abb. 168 «Anfang des Gürtelbaues» nach Schindler im Wannenprofil der Versuchsstrecke an der Wiese, 1897.

# 13 Einige interessante Kritiker des Flussbau-Establishments

## 13.1 Noch mehr Flussumleitungen in Seen?

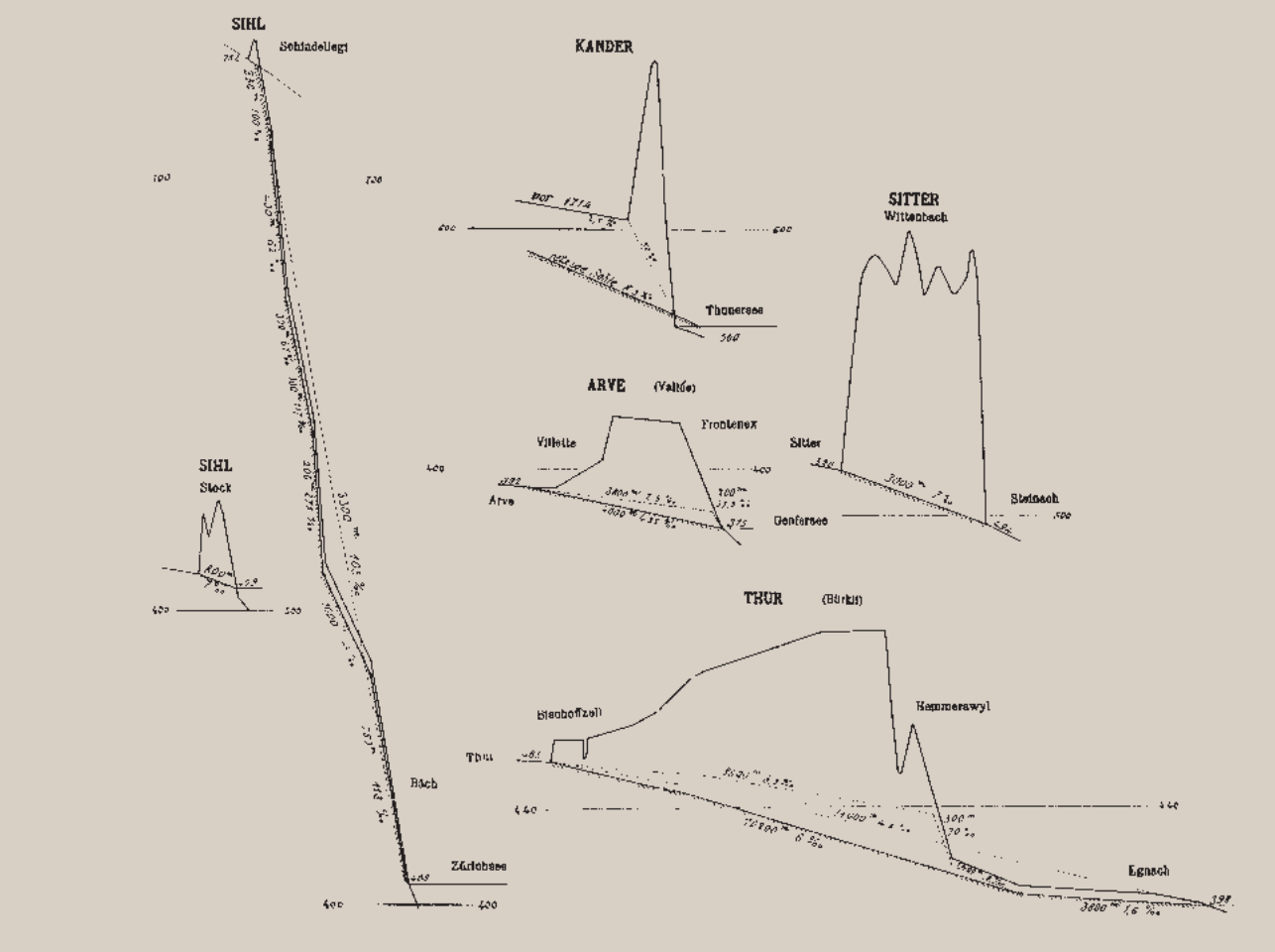
Die Umleitung der Lütschine in den Brienzersee im 12. oder 13. Jahrhundert ist wohl eine Legende (siehe Kapitel 5). Die weiteren Umleitungen sind aber eine Tatsache: die Kander in den Thunersee 1711–1714, die Linth in den Walensee 1807–1816, die Aare in den Bielersee 1868–1887 und die Melchaa in den Sarnersee 1880. Es ging darum, diese Seen als Geschiebefang zu verwenden und für den Hochwasserrückhalt heranzuziehen.
Es scheint, dass solche Umleitungen in den andern Alpenländern nicht ausgeführt wurden. Die erwähnten Beispiele können daher als typisch schweizerische Massnahme bezeichnet werden (Vischer 1995a). Das wirft freilich die Frage auf, weshalb denn diese Massnahme in der Schweiz auf vier Fälle beschränkt blieb. Ein erster Blick auf die Schweizerkarte zeigt, dass viele Flüsse bereits natürlicherweise in einen See fliessen:

- Alpenrhein in den Bodensee
- untere Linth in den Zürichsee
- Lorze in den Zugersee
- Engelberger Aa, Muota und Urner Reuss in den Vierwaldstättersee
- Hasliaare in den Brienzersee
- Broye in den Murtensee
- Walliser Rhone in den Genfersee
- Tessin und Maggia in den Langensee usw.

Diese Flüsse bedurften also keiner Umleitung im erwähnten Sinn. Ein zweiter Blick enthüllt aber doch noch einige Möglichkeiten.

Einen solchen zweiten Blick tat offenbar Karl Bürkli (1823–1901) von Zürich. Er war ursprünglich Gerber von Beruf und wandte sich dann einer Vielfalt von Tätigkeiten zu. Bekannt wurde er vor allem als Vorkämpfer des Sozialismus und der Konsumgenossenschaften. Mit seinen prägnanten Eingaben und

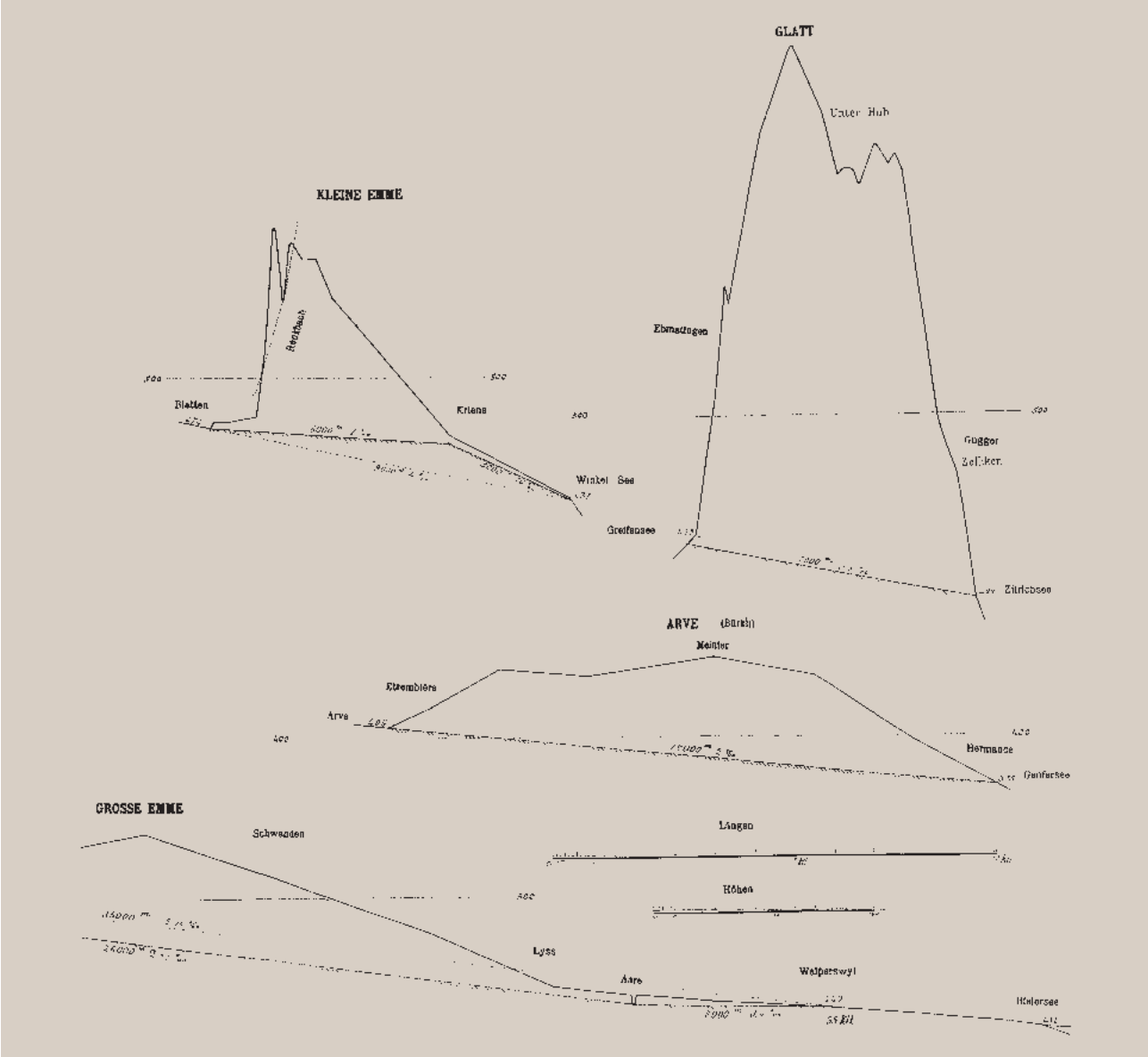
Abb. 169 Einige Vorschläge von Karl Bürkli für Flussumleitungen im Vergleich zur Kanderumleitung, im Längenprofil (50fach überhöht) dargestellt durch von Muralt, 1880.



Zeitungsartikeln beschäftigte er die Behörden von Stadt und Kanton Zürich nachhaltig – so auch mit Ideen für weitere Flussumleitungen. Schon 1865 – also noch vor dem Baubeginn für die erwähnte Aare- und Melchaa-Umleitung – schlug er eine Ableitung der Sihl in den Zürichsee vor. Und in den 1870er Jahren skizzierte er – etwa unter dem Titel «Flusssanierungen, aber solche die helfen» – eine ganze Reihe von kühn bis utopisch anmutenden Umleitungsvarianten (VON MURALT 1880):

- Sitter in den Bodensee bei Wittenbach
- Thur in den Bodensee von Bischofszell nach Egnach oder von Kradorf nach Salmsach
- Glatt in den Zürichsee vom Greifensee nach Zollikon
- Sihl in den Zürichsee von Schindellegi nach Bäch oder in den Zürcher Quartieren Wollishofen und Enge
- Kleine Emme in den Vierwaldstättersee von Blatten unter dem Renggloch durch über Kriens nach Luzern
- Grosse Emme in den Bielersee von Burgdorf über Lyss und durch den Hagneckdurchstich
- Arve in den Genfersee von Etrembières bei Annemasse nach Hermance oder dann knapp am östlichen Stadtrand von Genf vorbei (Villette-Frontenex), ein Vorschlag, den 1857 bereits ein französischer Ingenieur gemacht hatte (siehe Abschnitt 14.5).

Abb. 170 Weitere Vorschläge von Karl Bürkli für Flussumleitungen.



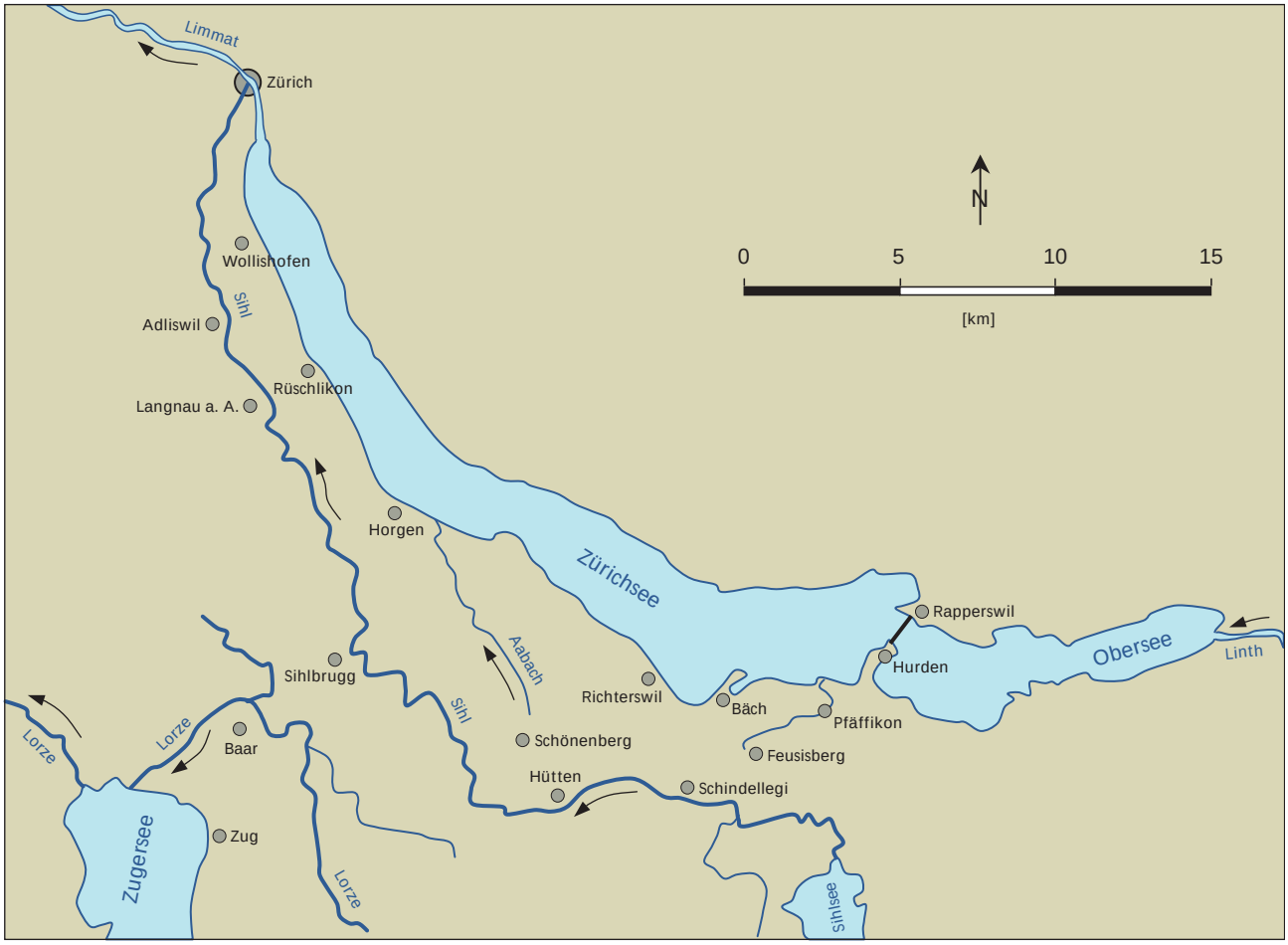



Abb. 171 Heutige Situation der Sihl im Hinblick auf mögliche Ableitungen derselben von Schindellegi, Hütten, Langnau oder Wollishofen in den Zürichsee oder von Sihlbrugg in den Zugersee.

Dabei ging es ihm neben dem Hochwasserschutz auch um die Förderung der Wasserkraftnutzung. So regte er zur Aufbesserung der nutzbaren Limmatabflüsse in Trockenzeiten auch eine Überleitung von Alpenrheinwasser in den Walensee an.
Als Kantonsrat reichte Bürkli 1876 eine Motion ein, die sich auf jene Projektvarianten bezog, die den Kanton Zürich betrafen: die Umleitungen der Sitter oder der Thur in den Bodensee, die Umleitung der Sihl in den Zürichsee und die Umleitung der Kleinen Emme in den Vierwaldstättersee. Die Zürcher Regierung liess die Angelegenheit durch ihren Kantonsingenieur Kaspar Wetli (1822–1889) prüfen. Dieser wies in seinem Bericht von 1877 darauf hin, dass die Schutzbedürfnisse des Kantons Zürich an der Thur und der Reuss nicht gross seien. Deshalb könne man sich dort neben den laufenden und aufwendigen Töss- und Glattkorrektionen nicht auch noch engagieren. Hingegen seien die Schutzbedürfnisse der aufstrebenden Stadt Zürich an der Sihl durchaus ernst zu nehmen.
Da der Motionstext sich auf eine Ableitung der Sihl bei Schindellegi festlegte, ging Wetli näher auf diese Variante ein. Tatsächlich liesse sich die Sihl dort mit wenig Aufwand über die Wasserscheide zum Zürichsee leiten. Doch sah Wetli folgende Schwierigkeiten:

- Der rund 4 km lange und steile Kanal von Schindellegi bis Bäch müsste auf seiner ganzen Länge gegen Erosion geschützt und damit stark befestigt werden; er wäre deshalb teuer.
- Der Zürichsee würde in Hochwasserperioden noch weiter als bisher über die Schadensmarke steigen, falls sein Ausfluss nicht verbessert würde; das würde die Beseitigung der Mühlestege und Mühlewerke sowie Baggerungen im Weichbild der Stadt Zürich bedingen, was kostspielig sei, aber auch eine Chance für eine «Verschönerung der Stadt» mit «neuen Limmat- und Seequais» biete.
- Der vom Motionär erhoffte Gewinn an Wasserkraft auf der Limmat sei illusorisch; wohl würde der Abfluss der Sihl im Zürichsee vergleichmässigt, was den Werken an der Limmat zugute käme, doch müsste

dafür eine Reihe von Kraftwerken an der Sihl aufgegeben werden.

In der Folge wollte der Regierungsrat nicht weiter auf die Angelegenheit eintreten (Regierungsrat ZH 1877). 1897 machte Bürkli als Mitglied des Grossen Stadtrats von Zürich eine Eingabe an den Kleinen Stadtrat und verlangte eine technische, finanzielle und rechtliche Prüfung einer Sihlableitung in fünf Varianten:

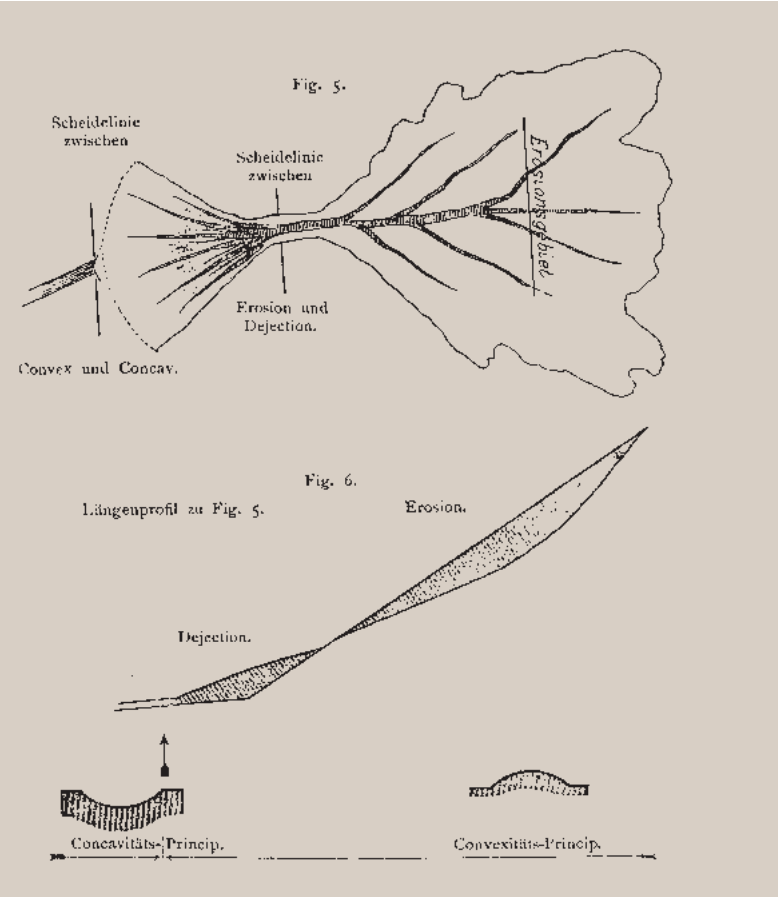
- Von Sihlbrugg zur Lorze bei Baar und damit in den Zugersee
- Von Schindellegi über Feusisberg in den Staldenbach und über Pfäffikon in den Zürichsee oder über Hurden in den Obersee
- Von Hütten unter Schönenberg hindurch in den Aabach und damit bei Käpfnach/Horgen in den Zürichsee
- Von Langnau durch einen Stollen Richtung Rüschlikon in den Zürichsee
- Von Adliswil oder bei Wollishofen durch einen Stollen in den Zürichsee

Zur Behandlung berief der Kleine Stadtrat eine dreiköpfige Expertenkommission, der unter anderen der bekannte Geologieprofessor Albert Heim (1849–1937) angehörte. Diese Kommission lehnte alle Varianten ungefähr mit den gleichen Argumenten ab, die Wetli bereits 20 Jahre früher angeführt hatte. Nur verwendete sie dafür eine etwas drastischere Sprache. Insbesondere beschwor sie, falls man die Umleitungsstrecken nicht schwer befestige, die Entwicklung von Erosionsschluchten, wie man sie vom Kanderdurchstich her kenne. Einzig die Erstellung von Hochwasser-Entlastungsstollen unterhalb von Langnau oder Adliswil liess sie als Lösung gelten, bezeichnete sie aber als zu teuer. Im Übrigen empfahl sie die Weiterverfolgung jenes Wasserkraftwerkprojektes, das schliesslich unter dem Namen Etzelwerk mit dem Sihlsee 1932–1937 erstellt wurde. Denn mit diesem könne wenigstens ein Teil des Sihlwassers kontrolliert dem Zürichsee zugeführt werden.
Bürkli verfasste darauf eine lange und temperamentvolle Entgegnung, in der er zunächst festhielt, dass es ihm an der Sihl nur um eine Hochwasserentlastung und nicht um eine vollumfängliche Umleitung gehe. Dennoch unterstrich er schliesslich die Meinung eines andern Zürchers, der aus städtebaulichen Gründen schlicht die Forderung erhob: «Die ganze Sihl, die zahme wie die wilde, müsse zur Stadt hinaus!»
Heute spricht man kaum mehr von solchen Projekten. In den Archiven liegen aber zwei Berichte, die zeigen, dass man die Idee eines Hochwasser-Entlastungsstollens von der Sihl in den Zürichsee 1962 und 1971 wieder aufgegriffen hat. Der erste Bericht entstand im Rahmen der Strassenplanung im Bereich der Sihl in Zürich und stellte eine Hochwasserentlastung bei Schindellegi einer solchen bei Leimbach gegenüber, wobei die Letztere bevorzugt wurde. Der zweite gehörte zu einer Variante für das städtische Expressstrassennetz «Ypsilon plus» und sah ebenfalls einen Stollen von Leimbach unter Wollishofen hindurch bis zum Zürichsee vor.

## 13.2 Ein naturphilosophisches Gestaltungsprinzip?

Arnold Schindler (1829–1913) von Mollis, ein Chemiker, der sich ab den 1870er Jahren als Autodidakt im Wasserbau bezeichnete (Golder 1991), verfasste 1878 eine Schrift, mit der er den Flussbau und die Wildbachverbauungen der Fachleute grundsätzlich in Frage stellte. Er fand damit teilweise Gehör, so dass er einige konkrete Sanierungsaufträge erhielt. Im Allgemeinen erregte er aber Widerspruch, was ihn kämpfe-

Abb. 172 «Convexitäts- und Concavitätsprinzip» nach Schindler 1888, Abgrenzung für ein Wildbachgebiet.



risch stimmte und zu weiteren Schriften – teils mit polemischem Charakter – veranlasste. Diese Entwicklung widerspiegelte sich auch in den entsprechenden Titeln:

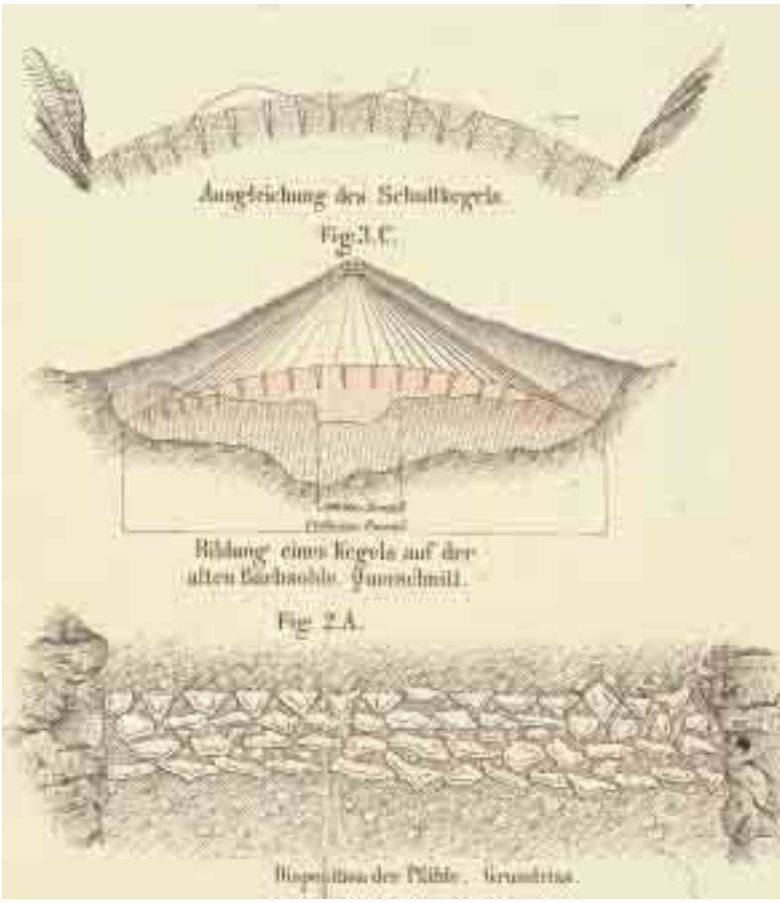
- Die Ursachen der Hochwasser und die Mittel ihrer Bekämpfung, 1878
- Die Wildbach- und Flussverbauung nach den Gesetzen der Natur, 1888
- Der Wasserbau und die Bundesfinanzen – oder wie können Millionen gespart werden? Ein technisches Ultimatum, 1899
- Ein geschichtlicher Rückblick auf einen 35-jährigen Kampf im Gebiet des Wasserbaus, 1905
- Nackte Tatsachen zur Beurteilung der Frage: Kann sich die offizielle eidg. Wasserbau«kunst», auf Grund ihrer Leistungen, vor dem Staatshaushalt, vor der Wissenschaft und vor der drohenden Zukunft noch verantworten?, 1908
- Katechismus der Erosionsheilung, der Rüfenverbauung und der Flusskorrektion, vermutlich 1911

Die Liste ist unvollständig und müsste auch durch einige Aufsätze Schindlers über seine Projekte ergänzt werden. Im Wesentlichen propagierte er:

- eine bestimmte geomorphologische Theorie
- die Erstellung konvexer Gerinnequerschnitte im Oberlauf der Gewässer
- die Erstellung konkaver Gerinnequerschnitte im Unterlauf und
- den versenkten Holzpfahl als universelles Bauelement.

Die nachstehenden Ausführungen stützen sich insbesondere auf die beiden erstgenannten Schriften (Schindler, A. 1878 und 1888).
Schindlers geomorphologische Theorie besagte, dass sich sämtliche natürlichen Erhebungen anfänglich als «rundlich gewölbte Beulen der Erdoberfläche» präsentiert hätten. Die Zerstörung dieser konvexen Urform sei dann vor allem durch das Wasser erfolgt. Dieses habe jeweils bei kleinen, von der Natur oder vom Menschen verursachten Unregelmässigkeiten angesetzt. Eine heile «Beule» sei nämlich per se erosionsbeständig.
Daraus leitete Schindler ab, dass man die Erosion im Einzugsgebiet der Gewässer durch die Wiederherstellung konvexer Oberflächen bekämpfen müsse. Alles andere sei falsch. Dementsprechend bezeichnete er die Bildung von natürlichen Schuttfächern als Selbstheilungsprozess der Natur und als Vorbild für menschliche Eingriffe. Es gehe also darum, auch den kleinsten Runsen im Einzugsgebiet mittels Einbauten einen konvexen Querschnitt zu geben. Auf diesem würde sich der Abfluss dann verteilen und seine Erosionskraft verlieren. Somit würden die Runsen in kurzer Zeit durch kleine und kleinste Schuttfächer verfüllt und als Erosionsherde eliminiert.
Die untere Grenze des Oberlaufs der Gewässer legte Schindler konsequenterweise am unteren Rand des grössten natürlichen Schuttfächers fest. Dort beginne der Unterlauf, durch den der Abfluss möglichst rasch und schadlos abzuführen sei. Die «natürliche Normalität» bestehe dort aus einem möglichst gestreckten Gerinne mit konkavem Querschnitt. Die hydraulische Begründung, die Schindler dazu anführt, ist zwar schwer verständlich. Doch ist klar, dass Schindler ein auch im Lockergestein stabiles Bach- oder Flussbett anstrebte und dafür eine Querschnittsform propagierte, die jener natürlicher Gewässer entsprach: elliptisch, halbkreisförmig, parabolisch – aber mit flachen Ufern. Als universelles Bauelement zur Verwirklichung seiner Ideen empfahl Schindler den versenkten Holzpfahl. Sowohl die konvexen wie die konkaven Querschnitte sollten durch Sequenzen von im Wesentlichen quer zur Fliessrichtung geschlagenen Pfahlreihen definiert

Abb. 173 System Schindler: Erstellen eines konvexen Querschnitts in einer Runse durch Anordnung von versenkten Pfählen.



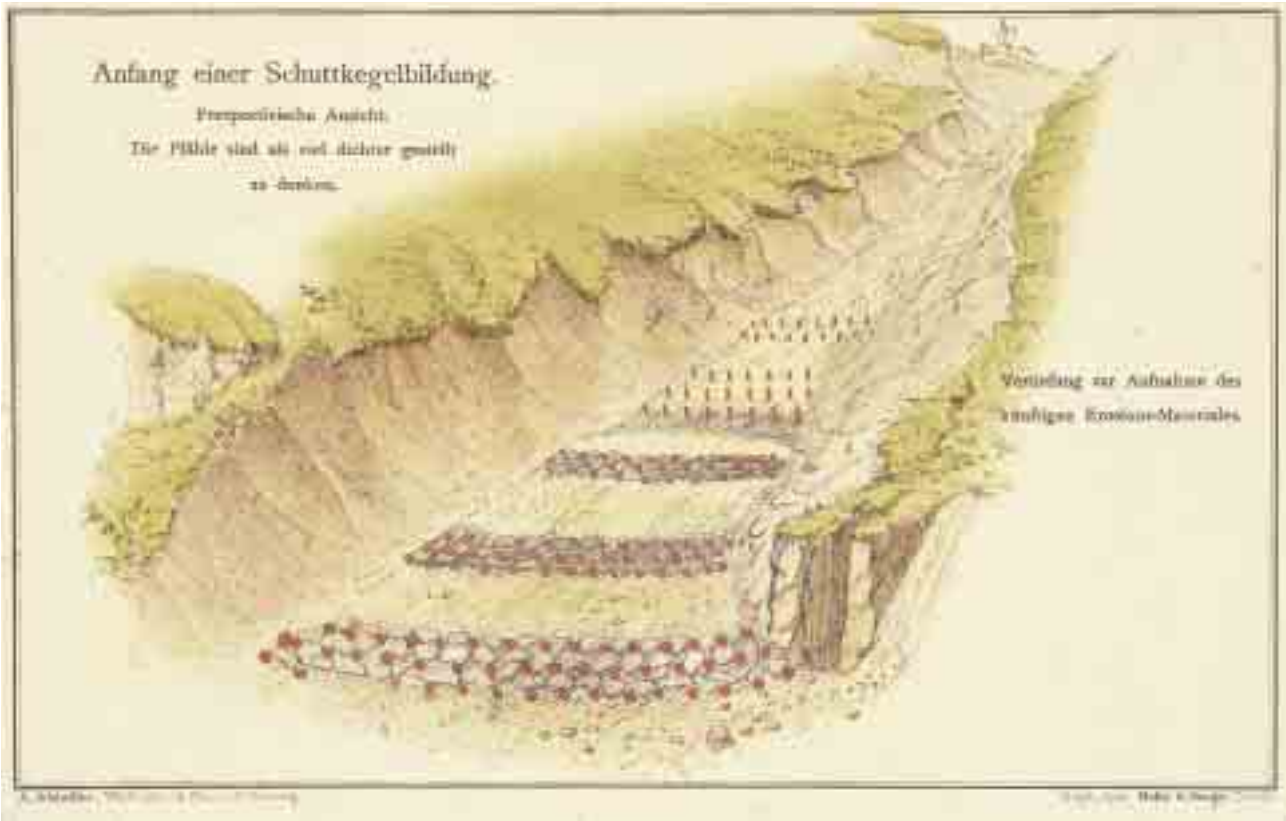



Abb. 174 System Schindler: «Schuttkegelbildung». Mehrfache Pfahlreihen mit Blockwurf zu so genannten Gürteln zusammengefasst.

werden. Dabei müssten die Pfahlköpfe jeweils auf der Höhe der Projektsohle liegen – dürften also nicht etwa in die Strömung aufragen. Die stabilisierende Wirkung der Pfahlreihen könnte allenfalls noch durch zwischen den Pfahlköpfen versetzte Blöcke verstärkt werden. Grundsätzlich liess Schindler keine andere Bauweise gelten. So lehnte er Flechtzäune ebenso ab wie kleine und grosse Absturzbauten. Wildbachsperren hielt er höchstens in engen Felsschluchten für sinnvoll. Von Rechteck- oder Trapezquerschnitten wollte er nichts wissen. Kein Wunder also, dass er bei vielen Fachleuten – selbst im Ausland – Kritik erntete. Ausgewogene Stellungnahmen finden sich in BVIA (1889) und in Wang (1903).

Umso genauer wurde dann ein Versuch des Kantons Basel an der Wiese beobachtet, wo 1897 das «System Schindler» nach Schindlers Plänen und unter dessen Aufsicht auf einer Strecke von 500 m zum Einbau gelangte. Zunächst ging alles gut, dann gab es zwischen Schindler und der Baudirektion Streit und schliesslich verursachte ein kurz nach Vollendung auftretendes Hochwasser verschiedene grössere Ufer- und Sohlenerosionen. Das führte zu bedeutenden Mehrkosten, bei deren Begründung der Basler Kantonsingenieur aber immerhin Folgendes anführte (Golder 1991): «Die Form des Schindlerschen Profils verdient seiner kontinuierlichen Form wegen, gegenüber dem (ursprünglich geplanten) Doppelprofil den Vorzug. Für die Verhältnisse an der Wiese, diesem mit grossem Gefälle und sehr beweglicher Sohle versehenen Fluss, ist der innere Teil des Profils nicht genug widerstandsfähig hergestellt. Die Pfählungen sind zu schwach, das bald im Trockenen und bald im Nassen liegende Holzwerk geht nach einer Anzahl Jahren zu Grunde und der darüber gepflanzte Rasen vermag für sich den Angriffen des Wassers und des Materials nicht zu widerstehen. Deshalb muss der innere Teil des Profils stärker konstruiert werden.» Im Vergleich zum Schindler'schen Wannenprofil hatte sich aber ein 40 Jahre früher an der Wiese erstelltes und konventionell ausgeführtes Doppelprofil lange tadellos gehalten. Darum wurde bei der Fortsetzung der Verbauungsarbeiten das System Schindler nicht mehr in Betracht gezogen.

Schindler versuchte sich vergeblich gegen diesen Abbruch des Versuchs zu wehren. Denn abgesehen von seiner Ehre stand auch eine Prämie seitens des Eidgenössischen Departements des Innern – der eidgenössische Oberbauinspektor Albert von Morlot (1846–1931) hatte sich sehr für den Versuch interessiert – auf dem Spiel, die nur im Bewährungsfall ausbezahlt werden sollte. Nun erwies es sich für Schindler eben als nachteilig, dass er sein System überall und damit auch im

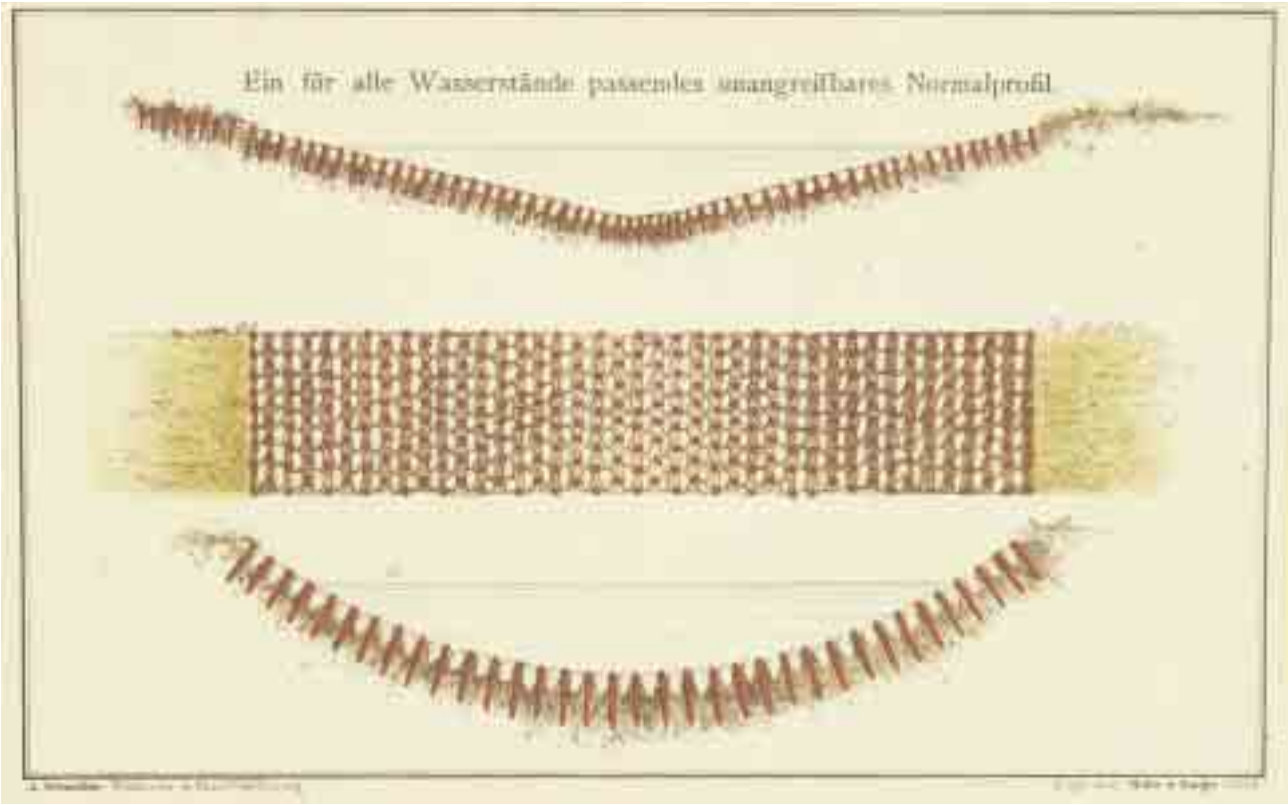



Abb. 175 System Schindler: Wannenprofil und Gürtelbauweise für Flüsse.

Unterlauf der Gewässer von der Anwendung des versenkten Holzpfahls abhängig machte. An und für sich könnte man ja ein Wannenprofil, wie er es propagierte und wie es augenscheinlich auch andern gefiel, mit beständigeren Bauelementen verwirklichen. Ein solches Wannenprofil wurde später mehrfach wieder in Vorschlag gebracht und ist heute bei der Naturierung korrigierter Gewässer durchaus aktuell.

## 13.3 Gerader oder gewundener Flusslauf?

Johann Gottfried Tulla (1770–1828) hielt in seiner bekannten Maxime von 1812, «Ein Fluss oder Strom hat nur ein Bett nötig» (siehe Abschnitt 2.1), hinsichtlich eines korrigierten Flusslaufs Folgendes fest: «Dieser ist soviel als möglich gerade zu halten, damit dem Hochwasser ein geregelter Abfluss verschafft wird, die Ufer erhalten werden können, der Fluss sich tiefer einbette, also der Wasserspiegel sich senke, und das Gelände nicht überschwemmt werde.» Tulla gab also – wie andere Flussbauer seiner Zeit – einem geraden Lauf gegenüber einem gewundenen den Vorzug. Das eröffnete damals gleichsam die Ära der Flussbegradigungen.

Die Begründung ergab sich aus der Geschwindigkeitsverteilung in der Strömung. Seit der Erfindung des Woltmanflügels um 1790 konnte man diese Verteilung ja messen und die Erfahrung der Schiffer und Flösser bestätigen: In geraden Strecken ist die Strömung in Flussmitte am stärksten und an den Ufern am schwächsten; in Krümmungen befindet sich das Maximum der Geschwindigkeit am Aussenufer und das Minimum am Innenufer. Daraus folgerte man, dass die Ufer von geraden Strecken weniger der Erosion ausgesetzt seien als die Aussenufer von Krümmungen. Somit müsse der Uferschutz und -unterhalt in einer geraden Strecke billiger ausfallen. Doch wurde diese Ansicht offenbar schon Mitte des 19. Jahrhunderts in Frage gestellt: In einer geraden Strecke müsse man beide Ufer durchgehend befestigen, während man die Innenufer in einem gewundenen Lauf sich selbst überlassen könne. Das erlaube bedeutende Einsparungen.
An sich wäre es nicht so schwierig gewesen, die beiden Möglichkeiten anhand von Aufwandsberechnungen zu vergleichen. Und wahrscheinlich wäre das Ergebnis bei den Flachlandflüssen etwas anders ausgefallen als bei Gebirgsflüssen. Doch scheint man keine solchen Studien gemacht zu haben. Das hing auch mit der damals hinsichtlich Uferschutz herrschenden Empirie zusammen. Es gab – beispielsweise für die

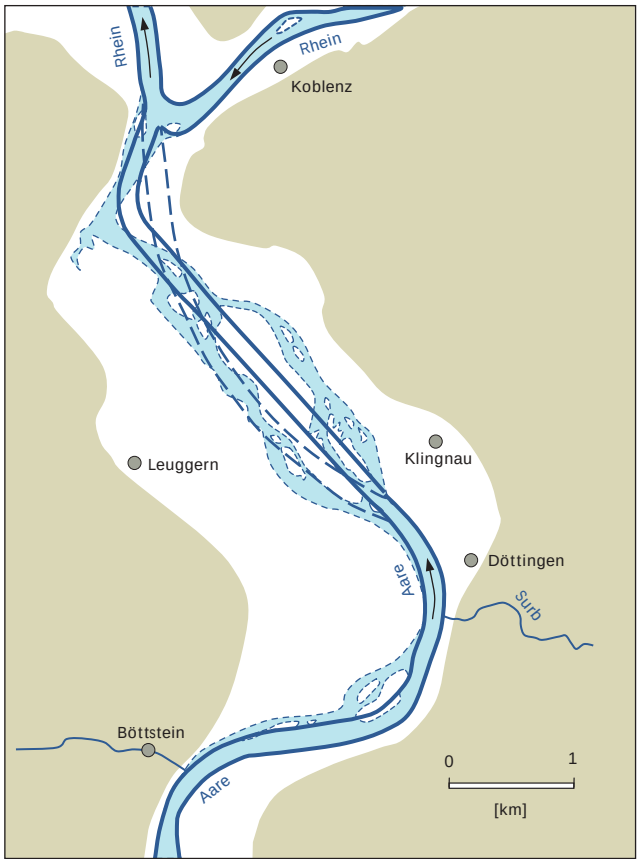



Abb. 176 Aarekorrektion Böttstein–Rhein. Ausgezogen offizielles Projekt; gestrichelt Idee Mühlberg, hinterlegt Flusslauf von 1886.

Bemessung eines Blockwurfs – noch keine Formeln. Daher erhielt die Diskussion bald eine ideologische Note: «Gerade ist gut, gewunden ist schlecht!» Oder eben umgekehrt.

Der erste eidgenössische Oberbauinspektor, Adolf von Salis (1818–1891), griff ebenfalls in diese Diskussion ein. Aufgrund verschiedener Erfahrungen schloss er ein Exposé in seiner wegweisenden Schrift von 1883 mit der Bemerkung: «Verfasser ist sonach der Meinung, dass womöglich gerade Linien und sonst Kurven von möglichst grossem Halbmesser anzuwenden seien» (von Salis 1883). Umso mehr erstaunt es, dass er sich 1887 von einem Vorschlag für eine solche weite Kurve überraschen, ja provozieren liess. Offenbar hatte der bekannte Geologe Friedrich Mühlberg (1840–1915) von Aarau in einer Versammlung des Zürcher Ingenieur- und Architektenvereins das offizielle Projekt der Aarekorrektion von Böttstein bis zum Rhein kritisiert. Dieses Projekt sah unterhalb von Döttingen eine rund 3 km lange Gerade mit einer anschliessenden Krümmung von 750 m Radius vor. Und Mühlberg wollte diese Strecke durch eine einzige Krümmung von 3500 m Radius ersetzt sehen. Dabei stützte er sich auf seine Beobachtungen an den Aargauer Flüssen, die überall, «sei es aus eigener Kraft, sei es infolge stattgefundener Correction, in analog gekrümmter Bahn laufen». In der Ansicht, dass dann am Innenufer kein besonderer Schutz nötig sei, wurde er auch von Professor Albert Heim (1849–1937) unterstützt (ZIA 1887).

Von Salis, der nicht an der Versammlung teilgenommen, sondern bloss davon gehört hatte, tauchte seine Feder tief ein: In einer dreiseitigen Stellungnahme mit Situationsplan in der «Schweizerischen Bauzeitung» ging er unwirsch auf die tatsächlichen und vermeintlichen Behauptungen Mühlbergs ein. Nach einer Wiederholung der bekannten strömungsmechanischen Gesichtspunkte wies er insbesondere auf eine neue Erfahrung hin, die man bei der Rhonekorrektion gemacht hatte: Dort sei es bei den unvermeidlichen Krümmungen nötig geworden, neben den Aussenufern auch die Innenufer zu verbauen. Im Schlusssatz unterstellte er Mühlberg gar den Anspruch, «wesentliche Grundlagen der Hydrotechnik» abändern zu wollen (von Salis 1887a).

Die schriftliche Replik Mühlbergs war fast ebenso wortreich und bezeichnete die Ausführungen von Salis' zur Trassierungsfrage kurzerhand als «naturwidrige Behauptungen». Als Zeugen rief sie den «theoretisch und practisch gleich erfahrenen Verfasser des grossen Handbuches der Wasserbaukunde Hagen» an und erwähnte – und das genüsslich –, dass der eidgenössische Oberbauinspektor ja Kurven mit grossem Halbmesser selber als Möglichkeit propagiere. Denn genau um eine solche Kurve gehe es ihm, betonte Mühlberg. Der Streit drehte sich auch noch um andere Punkte (Mühlberg 1887).

Was aber hatte der zitierte Gotthilf Hagen (1797–1884) von Königsberg tatsächlich geschrieben? Die einschlägige Aussage findet man in seinem Band über «die Ströme»: «Insofern die concaven Ufer (Aussenufer) dem stärksten Stromangriffe ausgesetzt sind, ist die Deckung (der Schutz) derselben am schwierigsten, zugleich aber am nothwendigsten. Leichter ist die Erhaltung der geraden Ufer oder überhaupt derjenigen Ufer, die in einer ganz geraden Stromstrecke liegen, woselbst die Wasserfäden sich parallel zum Ufer bewegen und nicht dagegen gestossen werden. Wenn endlich das Ufer convex ist (Innenufer), so pflegt der Angriff des Wassers auf dasselbe so geringe zu sein, dass man nicht nur gar nichts zur Sicherung thun darf, sondern dass sogar die weitere Zunahme und Erhöhung des Ufers gewöhnlich von selbst erfolgt, besonders wenn das gegenüber liegende im Abbruch ist. Es geschieht nicht selten, dass man gezwungen ist, dieser Zunahme Einhalt zu thun, und die Pflanzungen, welche sie befördern, zu zerstören. Es ergibt sich hier-

aus schon, dass die grössten Schwierigkeiten in der Erhaltung der Ufer vermieden werden, sobald man regelmässige Uferlinien einführt, welche von besonders scharfen Krümmungen frei sind» (Hagen 1844). Mühlbergs Versuch, aus dieser Aussage eine Antithese zu Flussbegradigungen abzuleiten, wirkt daher nicht gerade überzeugend.

Von Salis antwortete Mühlberg nicht mit einer eigentlichen Duplik, sondern mit einer kurzen Notiz. Darin betonte er, dass sich «die Controverse in ihrer grundsätzlichen Bedeutung auf die Frage» konzentriere, «ob wirklich in der Gebogenheit der Linien an und für sich ein von der Technik im öconomischen Interesse für Bau und Unterhalt der Gewässerkorrectionen zu beachtendes naturgesetzliches Moment liege». Dann gab er der Hoffnung Ausdruck, dass neuere, umfangreiche flussmorphologische Aufnahmen durch das Eidgenössische Oberbauinspektorat zu dieser Frage bald konkrete Anhaltspunkte liefern würden (von Salis 1887b). Die Aarekorrektion von Böttstein bis zum Rhein wurde jedenfalls 1886–1902 nach dem offiziellen Projekt verwirklicht. In den 1930er Jahren verschwand die strittige Strecke aber unter dem Klingnauer Stausee: gleichsam eine Ironie des Schicksals!

Heute würde man die Aarekorrektion wohl nicht nach von Salis ausführen. Denn seither hat sich gezeigt, dass sich in vielen geraden Flussstrecken der Schweiz Geschiebebänke bilden, die links und rechts den Ufern entlangwandern. Das führt dazu, dass die Strömung zwischen diesen hin und her pendelt und nicht – wie früher angenommen – parallel zu den Ufern verläuft. Daher brauchen auch gerade Flussstrecken einen verhältnismässig starken und durchgehenden Uferschutz. Die Wahl einer weiten Krümmung, wie sie Mühlberg vorschlug, hätte an diesem Umstand aber kaum etwas geändert. Man müsste einen leicht gewundenen Lauf mit kleineren Radien vorsehen – also etwa im Ausmass, wie sie das offizielle Projekt der Aarekorrektion ober- und unterhalb der gewählten Geraden aufwies.

Abb. 177 Brienzerseeregulierung. «Obere Schleusen», als Regulierwehr im linken Aarearm bei Interlaken mit Hubschützen aus Holz, 1856 in Betrieb genommen und mehrfach überholt. Blick aareaufwärts. Foto B. Etter, 1994.

# 14 Hochwasserschutz an Seen

## 14.1 Ziele des Hochwasserschutzes und Lösungen

An einem See ergeben sich grundsätzlich drei Hochwasserschutzziele:

- Schutz der Oberlieger vor einem schädlichen Rückstau des Sees in die Zuflüsse
- Schutz der Anlieger vor Seeausuferungen und Grundwasseraufstössen
- Schutz der Unterlieger vor Überschwemmungen durch den Ausfluss

Sieht man von einer Drosselung des Zuflusses und einer Erhöhung der Ufer ab, so verlangen die ersten beiden Ziele eine Absenkung der Hochstände des Sees unter die Schadensgrenze. Das bedingt eine Ausweitung oder eine Tieferlegung des Ausflusses. Das dritte Ziel lässt sich auf zwei Arten erreichen: Entweder wird der Ausfluss samt allen kritischen Stellen flussabwärts auf den grösstmöglichen Seeabfluss ausgebaut, was einer Flusskorrektion gleichkommt. Oder der Seeabfluss wird auf ein unschädliches Mass begrenzt, indem der Ausfluss verengt oder erhöht wird. Letzeres führt aber zu einem Widerspruch: Der Ausfluss muss einerseits ausgeweitet oder abgetieft, andererseits verengt oder erhöht werden. Dieser Widerspruch kann nur durch ein Regulierwehr im ausgeweiteten oder tiefer gelegten Ausfluss gelöst oder zumindest gemildert werden. Ein solches Wehr gibt den Ausfluss frei, wenn der See zu hoch liegt, und es drosselt, wenn der Seeabfluss zu gross wird. In gewissen Fällen treten die Extreme nicht gleichzeitig auf, so dass diese gegenläufigen Manöver möglich sind. In andern Fällen besteht Gleichzeitigkeit, so dass sich Hochwasserereignisse nur bedingt schadlos bewältigen lassen. Es gilt dann, den Schaden wenigstens zu minimieren. Das Stichwort, das die entsprechende Regulierung kennzeichnet, heisst folglich Kompromiss, heisst Interessenausgleich.
Gewöhnlich richtet sich dieser Interessenausgleich jedoch nicht nur auf den Hochwasserschutz aus, sondern auch auf die Bedürfnisse der Mittel- und Niederwasserhaltung – und das sowohl im See wie im Ausfluss. Denn es gibt ja an Gewässern noch eine Reihe anderer Ziele, wie etwa solche des Landschaftsschutzes, der Schifffahrt, der Fischerei, der Wasserversorgung, der Kraftnutzung, des Gewässerschutzes und der Uferstabilität. Die Regulierung muss dann einer breiten Zielmatrix entsprechen, was in den folgenden Ausführungen zwangsläufig durchscheint.

Abb. 178 Der Ausfluss aus dem Thunersee mit Blick aareabwärts auf Thun. Von M. Merian, Mitte 17. Jahrhundert.

## 14.2 Übersicht über die grösseren Seen

Unter den natürlichen Schweizer Seen und Grenzseen gibt es 15, die grösser sind als 10 km². Von diesen sind 11 reguliert und 4 nicht (BWW 1983):

- *Reguliert:* Genfersee, Neuenburgersee, Langensee, Vierwaldstättersee, Zürichsee, Luganersee, Thunersee, Bielersee, Zugersee, Brienzersee, Murtensee
- *Nicht reguliert:* Bodensee, Walensee, Sempachersee, Hallwilersee

Selbstverständlich können hier nicht alle aufgeführten Beispiele behandelt werden. Unter den regulierten Seen fallen der Langensee und der Luganersee ohnehin ausser Betracht, weil ihre Regulierwehre erst Mitte des 20. Jahrhunderts erstellt wurden (Chavaz & Gygax 1960). Der Thunersee erhielt seine Regulierwehre um 1726 im Nachgang zur Kanderkorrektion. Ein Hinweis darauf findet sich in Abschnitt 6.4. Und der Neuenburger-, der Bieler- und der Murtensee wurden im Rahmen der ersten Juragewässerkorrektion nicht nur stark abgesenkt, sondern 1887 mit einem auf alle drei Seen einwirkenden Regulierwehr versehen. Darüber berichtet Abschnitt 10.4. Der Zugersee erhielt sein erstes Regulierwehr wohl schon 1592 bei seiner in Abschnitt 5.7 beschriebenen Absenkung. Der Brienzersee, der erst nach dem Abbruch der berüchtigten Aareschwelle bei Interlaken (Abschnitt 1.2) und einer Absenkung um 1,2 bis 1,8 m um 1860 eine Regulierung erfuhr, soll hier nicht zur Darstellung gelangen. Seine Regulierwehre gleichen jenen des Thunersees. Hingegen sei einlässlich auf den Genfersee, den Vierwaldstättersee und den Zürichsee eingegangen. Sie sind besonders interessant, weil ihr Ausfluss im Weichbild einer wichtigen Stadt liegt.
Von den nicht regulierten Seen gelangt bloss der Bodensee zur Darstellung.

Abb. 179 Die Reussschwelle im mittelalterlichen Luzern. Hindernis für den Hochwasserabfluss und für die Schifffahrt. Schiffsunfall bei einer Talfahrt. Aus der Diepold-Schilling-Chronik, 1513. Blick vom linken Ufer auf die Altstadt.

## 14.3 Der Vierwaldstättersee, verbindendes und trennendes Element in der Innerschweiz

Am Ausfluss des Vierwaldstättersees, das heisst am Übergang vom See zur Reuss, liegt bekanntlich Luzern. Diese Situation war aber nicht immer eindeutig. Denn im 9. Jahrhundert lag der Seespiegel 1 bis 2 m tiefer (Glauser 1978); nach anderen Quellen sogar noch tiefer. Die Vorläufer der Stadt, darunter namentlich das Kloster Im Hof, standen deshalb nicht am See, sondern auf einer Felsplatte am rechten Reussufer. Dort legte das Kloster auch seine Mühlen an, die später an die Stadt übergingen. Mit immer ausgedehnteren Schwellen leitete man das Reusswasser den Wasserrädern zu und staute dabei den See allmählich auf. Dieser Aufstau wurde noch durch die Ablagerungen des am Gegenufer mündenden, geschiebereichen Krienbachs verstärkt sowie durch das vorspringende Widerlager der im 12. Jahrhundert geschlagenen Brücke. So kam es, dass die Luzerner Bucht des Vierwaldstättersees bei Mittel- und erst recht bei Hochwasser bis nach Luzern vorrückte. Das ermöglichte die Entwicklung Luzerns – dessen Stadtwerdung wahrscheinlich 1178 erfolgte – zur heute rittlings über dem Ausfluss liegenden Ortschaft: rechts die so genannte Grossstadt, links die Klein- oder Neustadt (Vischer 1995b).
Allerdings sank der See bei Niederwasser und damit besonders im Winter noch so weit ab, dass sich die Luzerner Bucht jeweils noch mehr als 1 km zurückzog. Luzern war dann vom Vierwaldstättersee abgeschnitten, und die Reuss floss ihr in einem kläglichen Rinnsal zu. Auf diesem so genannten Winterweg konnten die grösseren Schiffe nicht verkehren, weshalb ihre Güter auf Weidlinge oder gar Karren umgeschlagen und zur Stadt gebracht werden mussten. Das änderte sich gemäss den Chroniken erst Anfang des 14. Jahrhunderts, als die Einbauten in der Reuss weiter verstärkt und zu einer das ganze Flussbett querenden Schwelle ergänzt wurden. Dadurch stieg der See weiter an und machte Luzern zum ständigen Seeanlieger.

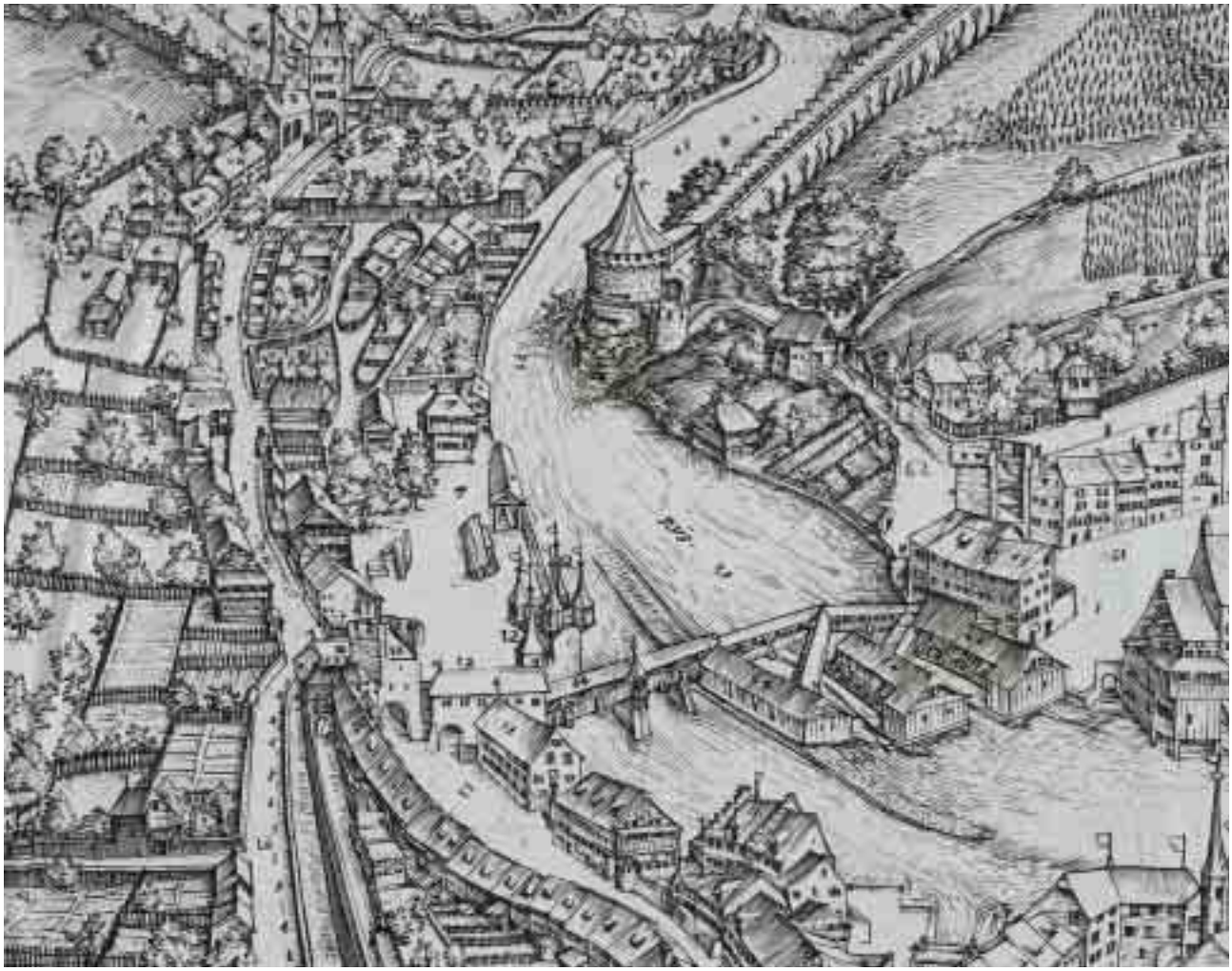


Abb. 180 Die Reuss in Luzern mit den Stadtmühlen. Ausschnitt aus dem Martiniplan, 1597. Blick reussabwärts.

Was nun aber bei Niederwasser günstig war, musste sich bei Hochwasser nachteilig auswirken, indem alle tief liegenden Ufergebiete von Luzern bis Flüelen und Alpnachstad häufigere und ausgedehntere Überschwemmungen erfuhren. Das veranlasste die alten Orte Uri, Schwyz und Unterwalden zu energischen Protesten gegen dieses «Aufschwellen». 1589 nahm Luzern denn auch eine Tieferlegung seiner Schwelle um 0,3 m vor, was jedoch schon 1608 rückgängig gemacht wurde. Damals erneuerten die Luzerner die Schwelle und bauten sie zu einem beweglichen Wehr aus. Die als Schützen verwendeten Holzpritschen erlaubten einen Niederwasseraufstau von 0,6 m, liessen aber keine Hochwasserabsenkung zu. Entsprechend lebte der Streit von Uri, Schwyz und Unterwalden mit Luzern wieder auf, was die eidgenössische Tagsatzung auf den Plan rief. Aber auch die weiteren Erneuerungen des Reusswehrs von 1738–1739 und 1788–1789 führten zu keiner wesentlichen Entschärfung der Ausuferungsgefahr am See. Einige kleinere Verbesserungen wurden Mitte des 19. Jahrhunderts praktisch durch die Aufhebung alter, zusätzlicher Abflussgerinne – wie des Löwen- und des Hirschengrabens – zunichte gemacht (Chavaz & Lanker 1958).

Im hochwasserreichen 19. Jahrhundert häuften sich die Klagen von Uri, Schwyz und Unterwalden. Dokumentiert ist entsprechend ein Eingeständnis der Luzerner, dass sie beim Hochwasser von 1821 die Schützen (Schleusen) ihres Wehrs zu spät geöffnet hätten. Ferner ist eine Einsprache der Urkantone gegen den Bau der Quaianlage 1841 vor der Jesuitenkirche aktenkundig, weil im Gefolge ein weiterer Aufstau der Reuss befürchtet wurde.

Die Meinungen hinsichtlich der Seestände gingen auseinander: Einerseits wandte sich 1842 der Stadtingenieur von Luzern gegen jede Reuss- und Seeabsenkung, weil er um die Stabilität der Reussufer und der ufernahen Gebäude fürchtete (Härry 1918). Andererseits äusserte im selben Jahr der Forstinspektor Jost Mohr (1782–1853) die kühne Idee, das Reusswehr –

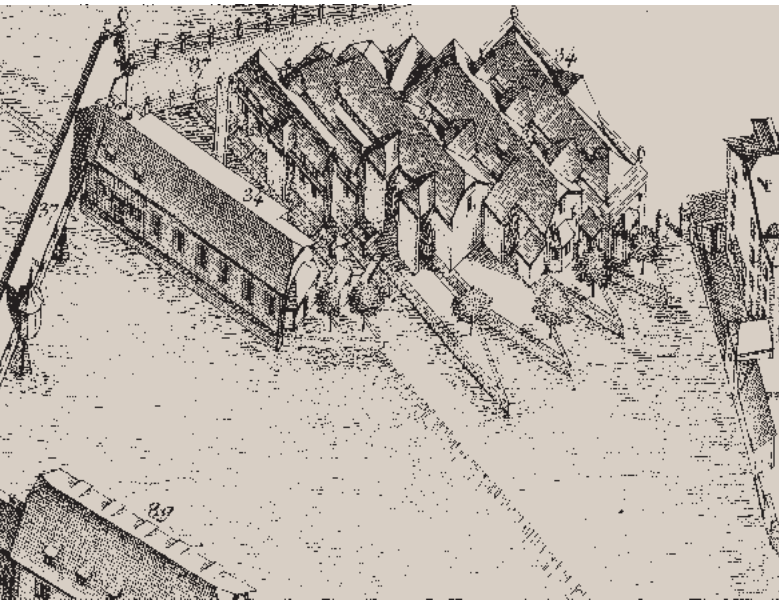


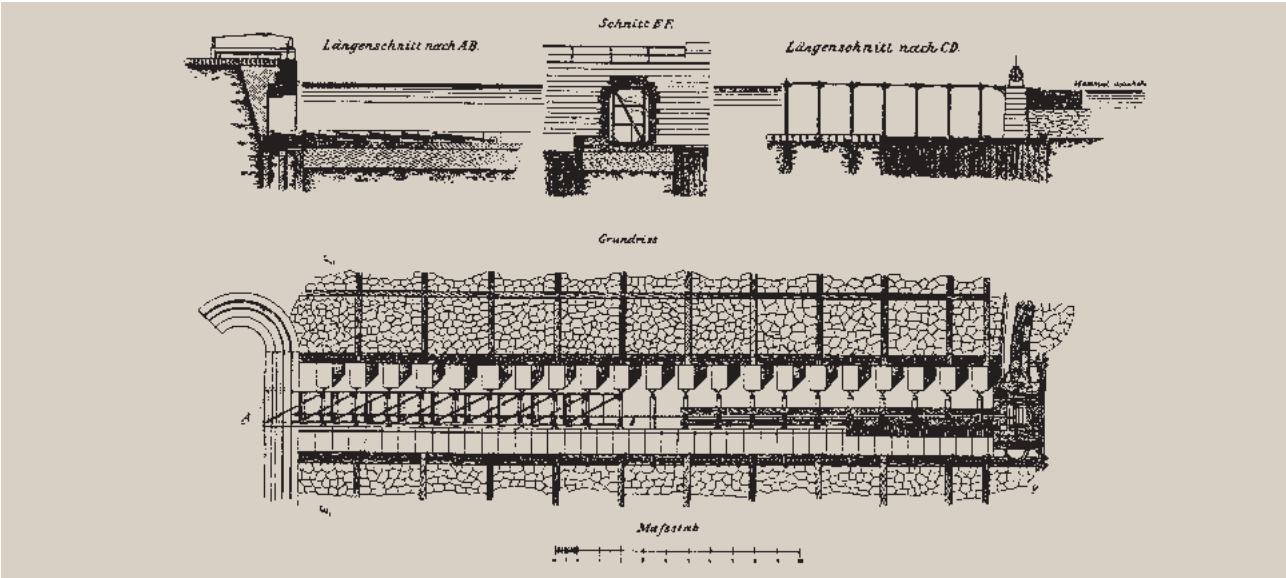
Abb. 181 Die Stadtmühlen in Luzern, Auszug aus einem Stadtprospekt von F. X. Schumacher, 1792.

das er auch als Talsperre bezeichnete – vollständig zu beseitigen. Die damit erzielbare Seeabsenkung würde ca. 1000 Jucharten (360 ha) Land dem See abgewinnen und andere 1000 Jucharten Umwandlung von Riedland in «fette Wiesen» einbringen. Die Luzerner Bucht würde sich dabei bis zum Tribschenhorn zurückziehen und durch einen 1000 Schritt (750–800 m) breiten Kanal ersetzt, der «einer Meeresstrasse ähnlich, von geschäftigen Fahrzeugen ... bedeckt» und von «lachenden Fluren mit Obstbäumen» umgeben wäre (Mohr 1842, Bühlmann 1960). Wahrscheinlich wurde Mohr ausser von seiner Abneigung gegen alle Schwellen noch von den Geschehnissen am Lungernsee beeinflusst, wo man 1835 eine Absenkung um 35 m erzielt hatte, um damit 250 Jucharten (90 ha) Kulturland zu gewinnen (Vischer 1995b). 1837 wurde zudem die Dampfschifffahrt von Luzern nach Flüelen eröffnet, was die Auseinandersetzung durch die alte, aber nunmehr verstärkte Forderung der Schifffahrt nach einer überall genügenden Fahrwassertiefe bereicherte.

Schliesslich einigten sich die vier Waldstätte auf eine Expertise durch Johann Heinrich Pestalozzi (1790–1859) von Zürich und Karl Emmanuel Müller (1804–1869) von Altdorf. Diese Autoritäten legten erste Ergebnisse 1844 vor und lieferten damit die Grundlage für eine 1846 vorgenommene kontradiktorische Aufnahme der Überschwemmungsgebiete am See; es handelte sich insgesamt um 1206 Jucharten (435 ha). 1846 äusserte sich Pestalozzi gutachterlich über die Ursachen und eine mögliche Seeregulierung, dann folgten die Wirren des Sonderbundskrieges. Auf Betreiben von Uri überprüfte 1851 Richard La Nicca (1794–1883) von Chur die Vorschläge Pestalozzis und empfahl an der Reussschwelle in Luzern noch einschneidendere Eingriffe (Härry 1918). Ein Jahr später lieferte Johann Jakob Sulzberger (1802–1855) von Frauenfeld ein Gutachten über die Reusskorrektion im Weichbild der Stadt Luzern.

1855 begann die Schweizerische Zentralbahn am linken See- und Reussufer mit ausgedehnten Aufschüttungen. Es ging ihr um die Verbindung ihrer in Bau befindlichen Geleise mit einer Schiffsanlegestelle sowie um die Errichtung des Bahnhofs Luzern. Das löste natürlich bei den Urkantonen Befürchtungen hinsichtlich

Abb. 182 Konstruktionszeichnungen des 1859–1861 erstellten Regulierwehrs in Luzern. Nadelwehr mit Nadellehne, Letztere bei entfernten Nadeln abklappbar.



eines weiteren Seeaufstaus aus, so dass sie sich 1857 an Luzern und – als dieses nicht darauf eingehen wollte – an den Bundesrat wandten. Dieser liess die Situation nochmals durch Experten prüfen und regte – obwohl die Aufschüttungen als nicht gravierend eingestuft wurden – ein Zusammengehen der Kontrahenten an. Das Ergebnis liessen sich die Urkantone noch im gleichen Jahr durch Professor Carl Culmann (1821–1881) von Zürich bestätigen. Dann wurde gehandelt: 1858 schlossen die Eidgenossenschaft, die vier Waldstätte und die Zentralbahn einen «Vertrag betreffend Verbesserung des Seeabflusses in Luzern» ab. Dieser stützte sich auf Projektierungsarbeiten, an denen sich massgeblich der bereits erwähnte Karl Emmanuel Müller und der Oberingenieur der Zentralbahn, Wilhelm Pressel (1821–1902) von Stuttgart, beteiligt hatten. Unter der straffen Leitung von Bundesrat Jakob Stämpfli (1820–1879) beanspruchten die Vertragsverhandlungen und die Ratifizierung offenbar nur anderthalb Tage. Das Ergebnis war eine Zielvorgabe sowie die Wahl eines konkreten Ausführungsprojektes und die Festlegung eines Kostenteilers.
Die Zielvorgabe wurde wie folgt formuliert: «Es soll unter Weglassung eines Teils des bisherigen geschlossenen Wehres in Luzern, ein Schleusenwehr angelegt» sowie innert drei Jahren nach dessen Inbetriebnahme ein Reglement «über das Öffnen und Schliessen der Schleusen» aufgestellt werden. Mit der Ausführung der neuen Anlage wurde bereits 1859 begonnen – 1861 waren die entsprechenden Arbeiten im Wesentlichen abgeschlossen. Die neue Wehrschwelle kam 0,8 m unter die alte zu liegen und erlaubte eine Absenkung des höchsten Seestands um 0,6 m. Als Regulierelemente wurden Holznadeln gewählt, die einen Aufstau des tiefsten Seestands um 2,5 m möglich machten. Dieses nach dem so genannten System von Poirée erstellte Nadelwehr erregte damals als moderne Anlage weit herum Aufsehen. Das zugehörige Regulierreglement trat 1867 in Kraft und ist im Prinzip heute noch gültig. Es gewährleistet vor allem den Schutz der Seeanlieger, bringt aber auch den Unterliegern etwas. Letzteres geschieht jeweils durch die Drosselung des Seeausflusses während der hohen, aber nur kurz dauernden Spitzenabflüsse der unterhalb von Luzern in die Reuss einmündenden Kleinen Emme.
Zu erwähnen bleibt noch, dass 1875 die immer wieder erneuerten und weiterbetriebenen Stadtmühlen abbrannten und die entsprechende Schwelle rechtsufrig 1887–1888 abgetragen wurde. Schon 1874 hatten die Ingenieure Gottlieb Heinrich Legler (1823–1897) von Diesbach GL und David Ziegler (1821–1901) von Winterthur in einem gemeinsamen Gutachten eine bessere Nutzung der Reusswasserkraft empfohlen. Deshalb wurde nun neben dem Regulierwehr eine moderne Niederdruckanlage mit einem Oberwasserkanal und einem kurzen Unterwasserkanal erstellt. Sie nahm 1889 ihren Betrieb auf und belieferte einige angrenzende Gewerbe über Transmissionen mit Kraft. Die Elektrifizierung erfolgte erst 1926. Die Grobregulierung des Vierwaldstättersees wurde weiterhin mit dem Nadelwehr gewährleistet. Für die Feinregulierung standen beim Kraftwerk nun aber handlichere Durchflussorgane zur Verfügung.

## 14.4 Der Zürichsee, von der verrammelten zur freien Limmat

Das alte Zürich schützte sich anfänglich durch Palisaden und Gräben vor allfälligen Feinden und ab dem 13. Jahrhundert durch einen Mauerring mit Türmen und Toren. Es folgten weitere Umfassungsmauern und nach dem Dreissigjährigen Krieg von 1618–1648 ein weit ausholender Befestigungsgürtel mit Schanzen (Ziegler 1979).
Diese Wehrbauten und das ihnen zugrunde liegende Schutzbedürfnis hatten verschiedene wasserbauliche Konsequenzen. Einmal galt es den Befestigungsgürtel seewärts und allenfalls limmatabwärts im Wasser zu ergänzen. Dann wurden zur Verstärkung der Mauern Wassergräben erstellt, die im Westen der Stadt vom

Abb. 183 Der Ausfluss aus dem Zürichsee mit den Palisaden, dem Grendelgebäude, dem Wellenberg, der Wasserkirche und dem oberen Schöpfwerk. Von Hans Leu d. A. um 1502, Blick limmataufwärts.

Abb. 184 Seeausfluss aus dem Zürichsee, Limmat und Schanzengraben in Zürich (Fliessrichtung von rechts nach links). Unterhalb der Brücken sind die beiden Mühlestege mit der Papierwerd zu sehen sowie die Ausmündung des Schanzengrabens und der Sihl. Plan von J. Murer, 1576.

See bis unterhalb der Stadt führten. Und im Hinblick auf die Versorgung in Notlagen war es wichtig, dass die Wasserwerke und zumindest die Getreidemühlen innerhalb des Befestigungsgürtels standen. In diesem Bereich lagen selbstverständlich auch alle Limmatübergänge. Das trug wesentlich dazu bei, dass die Limmat in Zürich zu einem Brennpunkt städtischer Aktivitäten wurde. Entsprechend zeigen alle alten Stadtansichten – die älteste stammt von 1502 – eine überaus stark verbaute Limmat. Zu den künstlichen Strömungshindernissen gesellte sich noch der so genannte Metzgstein unterhalb der Rathausbrücke. Dieser grosse Felsblock wurde zwar nur bei extremem Niederwasser sichtbar, bot dann aber mindestens Platz für das Trinkgelage, mit dem sein Erscheinen jeweils gefeiert wurde (Zimmermann 1995).

Die verbaute Limmat prägte das Stadtbild noch bis Anfang des 19. Jahrhunderts. Für diesen Zeitpunkt hielt der Strassen- und Wasserbauinspektor des Kantons Zürich, Karl Wetli (1822–1889), folgende Massierung von Bauten fest (Wetli 1885):

Beim Seeauslauf stand linksufrig die Bauschanze als Insel und rechtsufrig das Grendelgebäude mit einem Tor für die Schifffahrt. Dazwischen erstreckte sich eine lange Palisade. Weiter limmatabwärts folgten der mitten im Flussbett aufragende Wellenbergturm und die sich ans rechte Ufer anlehnende, aber sowohl um- wie unterströmte Wasserkirche. Vom damit verbundenen Helmhaus führte ein Steg mit vielen Jochen über die Limmat. An diesem war ein Wasserwerk mit einem grossen Schöpfrad und so genannten Fangedämmen (weit ins Oberwasser reichende Leitwerke) angebaut. Die einzige grosse Brücke war damals die Rathausbrücke, zu der ein ähnliches Wasserwerk mit Fangedämmen gehörte. Ein drittes Wasserwerk mit Fangedämmen stand in der Schipfe, allerdings nicht mit einem Schöpfwerk verbunden, sondern mit Pumpen zur Grundwasserförderung aus einem Schacht. Und zuunterst querten der Obere und der Untere Mühlesteg sowie der Lange Steg die Limmat. Bei den dicht von Mühlen, Gewerbebauten und andern Häusern belegten Mühlestegen «war gleichsam», wie Wetli schreibt, «die ganze Flussöffnung der Willkür der Wasserwerkbesitzer preisgegeben». Der fast die Papierwerd (eine grosse Insel) streifende Lange Steg besass «zahlreiche Joche». Etwas oberhalb mündeten auch noch der Schanzengraben und die Sihl in die Limmat, was die Stauung vermehrte. «Überdies war die ganze Strecke von der Bauschanze abwärts mit allerlei Fischereivorrichtungen verrammelt.»

Diese Massierung hatte an der oberen Limmatstrecke und am See vermehrte Ausuferungen zur Folge.

Doch sind Angaben über das Ausmass des Überstaus schwierig, weil vor 1811 keine regelmässigen Pegelaufzeichnungen gemacht wurden. Jedenfalls soll früher der Münsterhof (Fraumünsterplatz) mehrfach überflutet worden sein. Dementsprechend wurden auch breite Uferstreifen am See immer wieder von Hochwassern heimgesucht und konnten nur schlecht besiedelt oder landwirtschaftlich genutzt werden.

Den Anlass zu einem besseren Hochwasserschutz bot die Linthkorrektion. Sie war ja an einer Begrenzung der

Hochstände des Zürichsees am Auslauf des Linthkanals interessiert. Auf Anregung ihres Promotors und Leiters Hans Conrad Escher (1767–1823) setzte Zürich 1807 eine Studienkommission ein, die nach Lösungen suchte. Es wurde ihr aber vorgeschrieben, dabei auf die Erhaltung sämtlicher Wasserwerke an der Limmat zu achten. Diese Einschränkung verlor jedoch bald an Bedeutung – teils weil die Wasserwerke den Limmatabfluss tatsächlich hemmten, teils weil einige davon als überholt galten oder auch weil sie ganz einfach den modernen städtebaulichen Bestrebungen im Weg standen. So waren es schliesslich die verschiedensten Gründe, die zu einer völligen Umgestaltung des Seeauslaufs und der Limmat im Weichbild Zürichs führten. Für die Abflussverhältnisse war Folgendes relevant (Bertschi 1936, 1952):

Aufgrund eines Gutachtens von Hans Conrad Escher wurde 1811–1815 die Sihlmündung an ihren heutigen Ort beim Platzspitz verlegt. Ferner wurden einzelne Staueinrichtungen am Unteren Mühlesteg entfernt. 1821–1824 folgten der Abbruch des Wasserwerks mit seinen Fangedämmen an der Rathausbrücke und die Sprengung des Metzgsteins sowie 1835 der Bau der Münsterbrücke anstelle des dortigen Stegs mit dem zugehörigen Wasserwerk. Gleichzeitig verschwanden auch das Grendelgebäude mit den Palisaden und der Wellenbergturm. Zudem wurde die Um- und Unterströmung der Wasserkirche aufgehoben und das Limmatbett dort etwas vertieft.

Eine Kommission, der Alois Negrelli (1799–1858), Johann Heinrich Pestalozzi (1790–1857), Hans Caspar Escher (1775–1859) und Salomon Hegner (1789–1869) angehörten, überprüfte 1838 die Lage und empfahl unter anderem den Oberen Mühlesteg zumindest teilweise in ein Regulierwehr umzuwandeln. 1842–1846 wurden dort nach dem Brand von drei Mühlen einige Räderwerke durch regulierbare Wehröffnungen ersetzt und das Abflussprofil erweitert. Später wurden weitere Gerinneaufweitungen flussaufwärts realisiert. Unterhalb des Unteren Mühlestegs und der Papierwerd erfolgte 1861 die Ablösung des Langen Stegs durch die damals gebaute Bahnhofbrücke.

1860 wählten die Stadtbehörden Arnold Bürkli (1833–1894) zum Stadtingenieur. Dieser widmete sich sofort mit Geschick und Tatkraft der Modernisierung des Limmatraums wie überhaupt der ganzen Stadt. Unter seiner Leitung wurde 1862 die Mündung des Schanzengrabens von der Limmat zur Sihl verschoben und 1865 der Fröschengraben zugedeckt, um die Bahnhof-

Abb. 185 Der Metzgstein unterhalb der Rathausbrücke, der nur bei Niedrigstwasser sichtbar wurde: «Vorstellung des grossen breiten Steins unter der unteren Brügk, so Ao. 1740 trocken hervorgegangen; wie solches auch Ao. 1636 geschehen» – mit Handwerkern, die darauf arbeiten. Stich von J. C. Uelinger, 1740. Blick limmataufwärts.

strasse anzulegen. Beide Gräben hatten bis dahin als Nebenabflüsse des Sees gedient. Daher wurde der Schanzengraben nun derart aufgeweitet, dass er den Verlust des Fröschengrabens mehr als nur wettmachte. 1868 entstand beim Bauschänzli eine neue Trinkwasserfassung in der Limmat mit einem Sandfilter. Das aufbereitete Wasser wurde durch ein auf dem Flussbett verlegtes Rohr zu einem Pumpwerk am Oberen Mühlesteg geführt und von dort zum heute noch auf dem Lindenhof sichtbaren Reservoir gefördert. Dementsprechend gab man 1869 das alte, in der Schipfe stehende Wasserwerk auf. 1881 wurde noch die Rathausbrücke umgebaut und das dortige Flussbett abgetieft.
Schon vorher, das heisst 1876–1878, hatte man das Kanalkraftwerk Letten erstellt, das einerseits die Industrie über Seiltransmissionen mit Antriebskraft versorgte, andererseits das im Aufbau befindliche Zürcher Druckwassernetz für die Wasserversorgung und die Wassermotoren speiste (Vischer 2000c). Das geförderte Wasser kam von der Trinkwasserfassung beim Bauschänzli über jenes Rohr, das vorher beim Oberen Mühlesteg endete und nun bis zum Letten verlängert wurde. Nach der Typhusepidemie von 1884 musste die Trinkwasserfassung in der Limmat allerdings aufgegeben und durch eine neue im See ersetzt werden.
Der Kanaleinlauf des Kraftwerks Letten befand sich gegenüber dem Platzspitz, wo in der Limmat unmittelbar oberhalb der Sihlmündung ein Nadelwehr installiert wurde. Seine Stauwirkung reichte aber bloss bis zum Unteren Mühlesteg, so dass sie den Seeabfluss nicht beeinflusste und für die Seeregulierung belanglos war.
Eine Bilanzierung ergab später, dass man bis 1880 mit all den erwähnten Massnahmen eine Absenkung der Höchststände im See von rund 0,2 m erreicht hatte (Peter, H. 1924). Noch gab es aber zwei bedeutende Hindernisse im Limmatbett, nämlich die nach wie vor sperrigen beiden Mühlestege! In der Folge konzentrierte man sich deshalb auf diese, das heisst insbesondere auf den an einer Engstelle der Limmat stehenden Oberen Mühlesteg. Darum erfolgte dort 1889 der Abbruch einer grossen Mühle und 1890 ein Umbau, der die Durchflussprofile erhöhen und die Reguliermöglichkeiten verbessern sollte. Am auffälligsten erwies sich der Einbau eines im Stromstrich liegenden Überfallwehrs mit U-förmigem Grundriss. Doch reichte das immer noch nicht aus, um die Hochwasser-

Abb. 186 Die Limmat im Bereich der beiden Mühlestege und der Papierwerd (Fliessrichtung von links nach rechts). Der Limmatquai wurde 1859 als neue Strasse in die Limmat hineingebaut. Luftaufnahme von E. Spelterini, 1904.

gefahr am See zu bannen.
Die zahlreichen Verbesserungen erwiesen sich zwar als spürbar, fielen aber gegenüber den ständig steigenden Ansprüchen der Seeanlieger zu wenig ins Gewicht. Es war ja die Zeit, da die Seeufer attraktiv und darum fast vollständig «mit Villen, Gärten und Parkanlagen, Boots- und Badehäusern, Strandbädern etc.» (Bertschi 1936) überbaut wurden und der Zürichsee vom französischen Schriftsteller André Gide (1869–1951) das Prädikat «trop meublé» (übermöbliert) erhielt (Zimmermann 1995). Dennoch versuchte man im 20. Jahrhundert noch jahrzehntelang an der Regulierfunktion der Mühlestege herumzubasteln, bis diese Stege schliesslich beseitigt und durch ein modernes Regulierwehr ersetzt wurden. Dabei spielte auch der allgemeine und ästhetisch begründete Ruf nach einer «freien Limmat» eine Rolle. Das Regulierwehr entstand 1949–1951 im Zusammenhang mit dem Neubau des bereits ab 1892 elektrifizierten Kraftwerks Letten mit der Ablösung des beim Platzspitz stehenden Nadelwehrs durch ein mechanisch verstellbares Dachwehr sowie mit einer Tieferlegung des Limmatbetts oberhalb. Die Projekt- und Bauleitung hatte Hektor Bertschi (1882–1957) inne, das Regulierreglement wurde schon vorher, das heisst 1941, vom Eidgenössischen Amt für Wasserwirtschaft ausgearbeitet und nach allseitiger Genehmigung vom Bund beschlossen (Bertschi 1952).

## 14.5 Der Genfersee, Wasserkunst contra Hochwasserschutz

In Luzern waren es vor allem die Reussmühlen, die einen Aufstau des Vierwaldstättersees und damit vermehrte Seeausuferungen verursachten. In Zürich gab es die gleiche Entwicklung aufgrund der zahlreichen Limmatmühlen. Anders in Genf! Dort war es in erster Linie ein einziges, von der Rhoneströmung angetriebenes und Rhonewasser in die Stadt pumpendes Wasserhebewerk – eine so genannte Wasserkunst –, das den Genfersee anhob und den Zorn der Anlieger erregte.
Die Stadt Genf entstand am Ausfluss des Genfersees, wo die Rhone eine längliche Insel, die Ile, aufweist. Dort liess sich leichter als anderswo eine Brücke schlagen und dort grenzte südlich auch ein Hügel an, der sich für die Anlage einer befestigten Siedlung, der späteren Haute Ville, anbot. Den Kern der Wasserversorgung bildete in der Römerzeit ein Aquädukt, der über 11 km von Annemasse her die Haute Ville erreichte. Doch wurde sicher schon damals Wasser aus dem See und der Rhone sowie aus Schachtbrunnen geschöpft. Es ist nicht klar, ab wann man auf den Aquädukt verzichtete oder verzichten musste. Waren es die Alemanneneinfälle im 3. Jahrhundert, waren es andere kriegerische Ereignisse, die es ratsam erscheinen liessen, sich nur noch auf Anlagen innerhalb der Stadtbefestigungen zu verlassen?

Abb. 187 Genf am Ausfluss des Genfersees mit der Ile und der Rhonebrücke. Von G. Ballino, 1569.

In der Basse Ville konnte man sich natürlich direkt in der Rhone bedienen. Doch wurde diese zunehmend mit Schmutz und Schmutzwasser belastet und so – wie alle Flüsse in den damaligen Flussstädten – zur Kloake. Bald wurden auch die wenig tiefen Schachtbrunnen im Uferbereich kontaminiert und für die Trinkwasserversorgung unbrauchbar. Immerhin hatte man genügend Brauchwasser zur Verfügung. Dieses diente einerseits der Bewässerung der im Stadtbereich gehaltenen Gemüsegärten, andererseits dem Gewerbe, das am Rhoneufer und auf der Ile aufblühte. Die Wasserkraft oder – wie es auf Französisch noch zutreffender heisst – «la force motrice» (Antriebskraft) der Rhone wurde dabei selbstverständlich für Schöpfräder und Verarbeitungsmaschinen aller Art genutzt. Deshalb glich diese Rhonestrecke mit ihren Schwellen, Räderwerken, Fischfachen, Brücken und weiteren Einbauten durchaus anderen von Städten gesäumten Flüssen.
In der Haute Ville war man auf einige tiefe, aber wenig ergiebige Schachtbrunnen sowie auf einige kleine Quellen angewiesen. Dementsprechend war die Wasserversorgung auch dort prekär und blieb es durch das ganze Mittelalter hindurch bis Anfang der Neuzeit (Betant 1941). Dann begann man an den Bau eines Wasserwerkes zu denken, das, von der Rhoneströmung angetrieben, sauberes Seewasser sowohl in die Haute wie in die Basse Ville fördern sollte.
Für eine solche Wasserkunst gab es in Genf bereits ab 1559 die verschiedensten Projektvorschläge, doch wurde

Abb. 188 Im 17. Jahrhundert umgibt sich Genf mit einem auffällig starken Befestigungsring, um sich seiner Feinde – vor allem der Savoyer – zu erwehren. Entsprechend wird der Seeausfluss mit Schanzen, Palisaden und Ketten belegt. Stich von 1655.

davon bis 1708 – also fast 150 Jahre lang – nichts verwirklicht. Die Frage nach dem Warum muss hier offen bleiben. Wichtig ist, dass 1708 der aus der Bretagne stammende, aber in Paris tätige Architekt und Ingenieur Joseph Abeille (1673–1756) auf den Plan trat und handelte. Er verpflichtete sich, gegen eine Entschädigung in Genf ein Wasserhebewerk zu bauen und 20 Jahre lang zu betreiben. Bei der Standortwahl hatte er praktisch keinen Spielraum. Einerseits war er für den Antrieb der Pumpen auf die Strömung der Rhone angewiesen, andererseits musste er – weil eine lange Leitung in den See damals nicht machbar war – das zu fördernde Rhonewasser dort fassen, wo es unmittelbar aus dem See trat und daher noch einigermassen sauber war. Diese beiden Bedingungen trafen praktisch nur am oberen Ende der Ile zu, wo Abeille seine «Machine hydraulique» (Wasserkunst) im linken Rhonearm anordnete. Sie soll aus einigen unterschlächtigen Wasserrädern bestanden haben, die mehrere, verschieden starke Kolbenpumpen antrieben. Damit konnten drei Laufbrunnen in der Haute Ville und zwei Laufbrunnen in der Basse Ville gespeist werden (Schnitter 1992). Weil diese Wasserkunst aber nicht die erwünschte Leistung erbrachte, liess Abeille 1712 noch eine Schwelle in die Rhone einbauen, die seinen Wasserrädern vor allem bei Niederwasser vermehrt Triebwasser zuleitete. Dieses Hindernis im Auslauf des Genfersees weckte nun den Argwohn der Seeanlieger, die deswegen vermehrte Überschwemmungen der flachen Ufergebiete bei Hochwasser befürchteten.

1728 ging die «Machine d'Abeille», wie sie auch hiess, an die Stadt über, die sie durch den aus Burgdorf stammenden Mechaniker Jean Maritz (1680–1744) ausbauen und warten liess. Die Pläne der 1733 entsprechend erweiterten Anlage zeigten zwei hölzerne Wasserräder von mehr als 8 m Durchmesser mit 7 m langen Wellbäumen von fast 80 cm Durchmesser. Die Wellbäume trugen dreieckige Nocken, die je sechs vertikale Kolbenpumpen antrieben. Den entsprechenden Ausgangsstutzen war noch ein Grobfilter aus Kies vorgelagert. Für das Seeregime wirkte sich diese an und für sich schon sperrige Anlage vor allem deshalb spürbar aus, weil Maritz die feste Schwelle noch durch ein eigentliches Wehr mit Schützen ersetzte und damit die Rhone nach seinen Wünschen zu regulieren begann. Nach einigen mechanischen Verbesserungen vermochte die «Machine hydraulique» um 1790, 13 öffentliche und 17 private Laufbrunnen zu speisen.
Schon 1737 wandten sich die Einwohner von Villeneuve an die Gnädigen Herren von Bern, weil sie die besonders bei ihnen spürbaren Seeausuferungen auf die Einbauten in der Rhone bei Genf zurückführten. Und etwas später sprachen die «Alliés de Berne» (Verbündete von Bern) tatsächlich in Genf vor und drängten auf eine Tieferlegung der Wehrkrone um 18 Zoll (ca. 50 cm). Das veranlasste die Genfer, eine Kommission,

Abb. 189 Die Wasserkunst von Genf. Oben ein nach Resten originaler Pläne rekonstruierter Längsschnitt und unten ein halber Grundriss des von J. Maritz 1733 erneuerten Rhonepumpwerks.

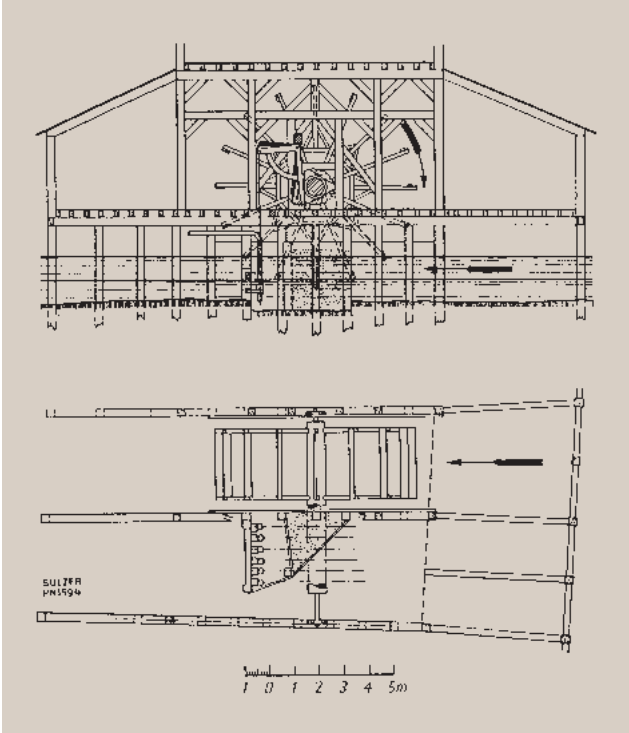


Abb. 190 Ausschnitt aus einer französischen Karte um 1765 mit Genf. Im See ist die nach alten Vorstellungen eigenständige und scharf begrenzte Rhoneströmung nach Genf dargestellt.

die so genannte «Petite Commission aus sujet des inondations du Lac et de la Digue du Rhône», einzusetzen. Aus einem Protokoll derselben von 1749 geht hervor, dass sich die Geister an Berns Forderung schieden (Lambert 1986). Die eine Partei, zu der Jean-Louis Calandrini (1703–1758), Professor für Philosophie und Mathematik an der Académie Genève, gehörte, wollte den Bernern entgegenkommen, selbst wenn das vermutlich nicht die von jenen erhoffte Wirkung zeitige. Die andere Partei betrachtete die Wasserhebeanlage, «qui nous est absolument nécessaire» (die wir unbedingt benötigen), nicht als alleinige Ursache für den Seeaufstau und empfahl, zuerst alle andern Hindernisse zu beseitigen. Dazu gehörten einige Mühlen, mehrere auf Pfählen stehende Waschanlagen und vor allem viele hohe Fischfachen. Nur dann sollte das Wehr allenfalls noch durch die Entfernung einiger Pfähle durchgängiger gestaltet werden.

Abb. 191 Die Wasserkunst von Genf (Holzbau in Bildmitte) trägt im Bild die Jahrzahl 1837 und enthält im Wesentlichen noch die von J. Maritz gebauten Maschinen. Blick rhoneabwärts. Das sperrige Gebäude lehnt sich an die Ile an und stellt im linken Rhonearm ein starkes Strömungshindernis dar. Links ein Waschschiff.

Letzteres hätte, wie auch Calandrini bemerkte, sicher nichts gebracht. Es ist fraglich, ob schliesslich überhaupt etwas vorgekehrt wurde.
Genf stellte sich immer wieder auf den Standpunkt, dass das Wehr seiner Maschine die Seeausuferungen weder vermehre noch zeitlich verlängere. Die Ursachen dafür seien anderswo zu suchen. «Nous ne sommes absolument pas responables de la pluie qui tombe du ciel» (wir sind keineswegs für den vom Himmel fallenden Regen verantwortlich), lautete ein verbreitetes Argument. Ein anderes wollte für den Seeanstieg die Erhöhung des Seebodens durch die von den Zuflüssen eingetragenen Sedimente verantwortlich machen. In einem um 1749 ausgefertigten Gutachten mit dem Titel «Mémoire sur les eaux du Rhône et du Lac» (Memorandum betreffend Rhone- und Seewasser) wies Calandrini aber nach, dass diese Erhöhung zu unbedeutend sei, als dass man sie den Bernern als Argument entgegenhalten könne (Lambert 1986). Gemäss der Retentionsgleichung, die allerdings erst später verfügbar wurde, besteht zwischen den beiden Grössen, nämlich der Erhöhung des Seebodens und des Seespiegels, ohnehin kein Zusammenhang (siehe Abschnitt 3.3). Dann bekräftigte Calandrini seine frühere Haltung, wonach die Lage des Rhonewehrs in Genf bezüglich des Hochwasserschutzes am See allein massgeblich sei: «... si ce niveau du radier est plus bas, le lac en tous temps s'écoulera plus tôt, il y aura moins d'inondations» (wenn die Schwellenkote tiefer liegt, wird der See zu jeder Zeit früher abfliessen, so dass es weniger Überschwemmungen gibt).
Ende des 18. Jahrhunderts fand die Französische Revolution statt, die sich auch in der Schweiz auswirkte und zur französischen Besetzung des Landes führte. Genf wurde dabei sogar annektiert und gehörte von 1798 bis 1813 als Hauptort des Département du Léman zu Frankreich. In dieser unruhigen Zeit hatten die Seeanlieger andere Sorgen. Es scheint, dass die Diskussion um die Seestände erst nach der Gründung des Kantons Waadt 1803 und nach dem Eintritt Genfs in die Eidgenossenschaft 1814 sowie besonders nach dem Hochwasser von 1856 wieder auflebte.
Dieses Hochwasser suchte unter anderen die Unterlieger des Sees heim, das heisst die Gebiete längs der Rhone und damit auch das französische Lyon, was Napoleon III. zu einem Studienauftrag veranlasste. Sein

«Inspecteur divisionnaire des Ponts et Chaussées chargé du bassin du Rhône», Louis-Léger Vallée (1784–1864) von Sèvres (F), hatte sich schon 1841 mit dem Genfersee befasst und sollte sich nun der Frage widmen, ob das Rückhaltevermögen des Sees wirksamer eingesetzt werden könnte (VAN MUYDEN 1901).
Vallée studierte in der Folge die hydrologischen und hydraulischen Verhältnisse in Genf und erkannte dabei neben den Problemen der Unterlieger auch jene der Anlieger. Deshalb schlug er 1857 den Bau eines Seeregulierwehrs in der Rhone oberhalb der Ile vor sowie eine Räumung der Rhone vom See bis zur Mündung der Arve von sämtlichen Räderwerken – ausser der Wasserkunst – und eine Ausbaggerung. Nach seinen fachkundigen Berechnungen hätten es diese Massnahmen möglich gemacht, einerseits die Hochstände des Sees zu senken und die Tiefststände zu heben, andererseits die Hochwasser flussabwärts derart zu dämpfen, dass die höchsten Rhonespiegel in Lyon 0,6 m tiefer lägen. Er war zudem der Auffassung, dass Frankreich die Kosten des Regulierwehrs tragen sollte. Ausserdem empfahl Vallée noch eine verbesserte Wasserkraftnutzung durch eine kompakte Anlage am unteren Ende der Ile. Zur Vermehrung dieser Kraft und zur weiteren Dämpfung der Hochwasser skizzierte er

Abb. 192 Der Pont de la Machine mit dem 1838–1843 neu erstellten Rhonepumpwerk am Kopf der Ile im rechten Arm der Rhone. Fliessrichtung von links nach rechts. Lithographie von F. Tollin.

Abb. 193 Situation des Seeauslaufs mit Projekt Pestalozzi/Legler, 1875. Im linken Rhonearm das vorgesehene Pumpwerk, im rechten (am unteren Ende) das vorgesehene Nadelwehr zur Seeregulierung.

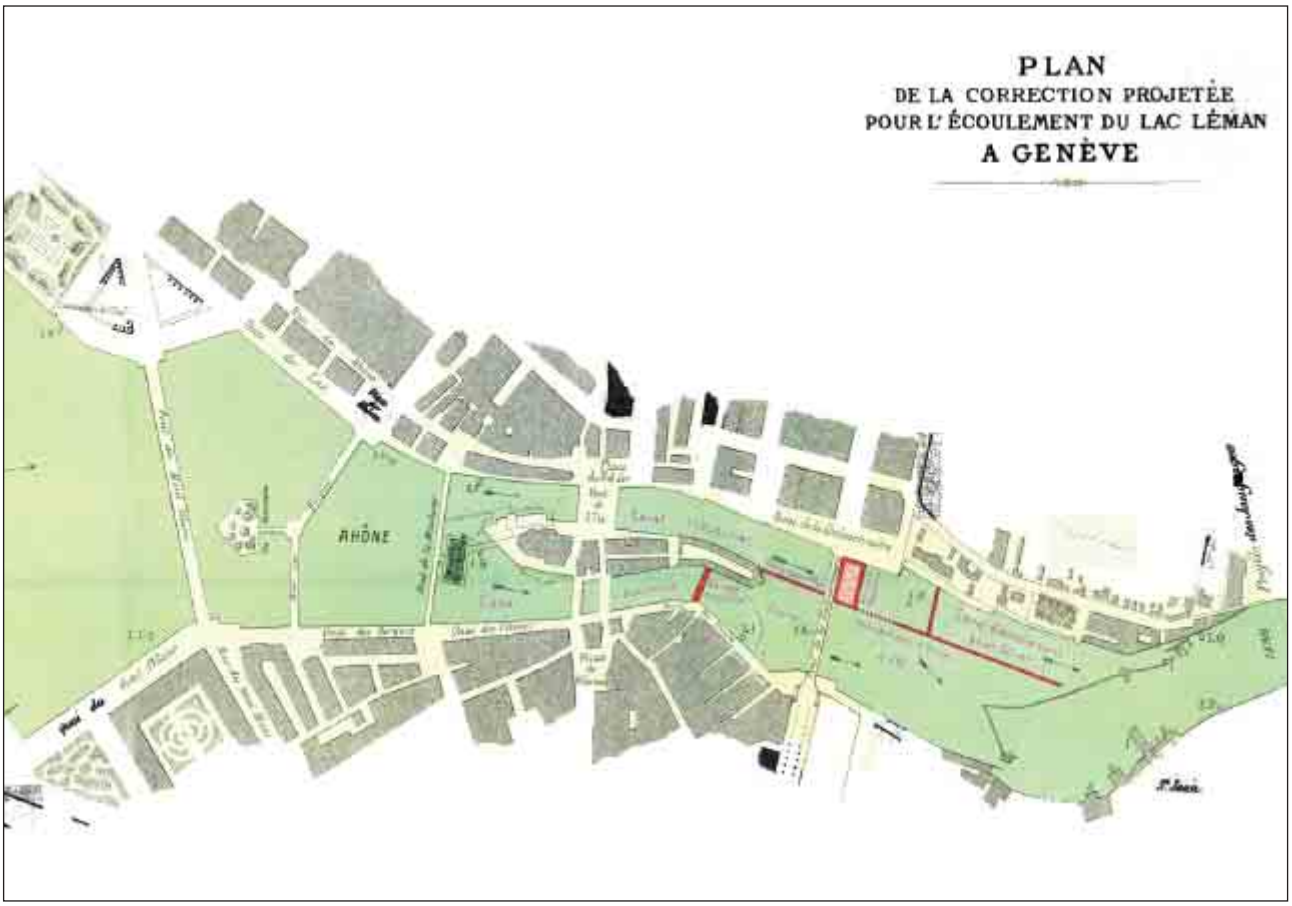


Abb. 194 Bauarbeiten am rechten Rhonearm Anfang 1887. Blick flussaufwärts. Sohlevertiefung. Erstellung des Regulierwehrs (links). Stilllegung des Rhonepumpwerks mit den 1862–1872 angebrachten Flügeln.

auch eine Umleitung der Arve in den See (Chappuis 1886). Doch wurde die Angelegenheit von Frankreich dann nicht weiterverfolgt.

Von Calandrini bis Vallée lief die «Machine hydraulique» in Genf immer weiter. Nach einigen mechanischen Verbesserungen Ende des 18. Jahrhunderts erfolgte 1809 ein Versuch zu einer weiteren Steigerung der Leistungsfähigkeit, was aber ins Gegenteil umschlug, bis dem jungen Ingenieur Guillaume-Henri Dufour (1787–1875) von Genf eine Korrektur gelang. 1838 konnten so 24 öffentliche sowie 19 private Laufbrunnen beschickt werden, doch wurde die Mechanik dabei überfordert (Schnitter 1992). Das führte 1838–1843 zur Erstellung einer vollständig neuen und viel leistungsfähigeren Maschine rund 20 m flussaufwärts. Das Bauliche gestaltete Dufour zusammen mit einem Architekten, der dem Maschinenhaus gleichsam das Aussehen einer Orangerie gab und dadurch in der Basse Ville einen Akzent setzte. Zur Anlage gehörte auch eine neue Stahlbrücke über die Rhone, der so genannte Pont de la Machine. Der Entwurf des maschinellen Teils stammte vom französischen Ingenieur Jean-Marie Cordier (1784–1864) von Béziers (F), der als Antrieb für die vier neuen Doppelkolbenpumpen zwei gusseiserne Wasserräder von 6 m Durchmesser und fast 5 m Breite vom Typ Poncelet vorsah. Rund 20 Jahre später erfolgte eine bedeutende Ausweitung des Maschinenhauses, und zwar 1862–1864 durch einen südlichen Flügel und 1868–1872 durch einen nördlichen. Dieses Gebäude blieb bis heute erhalten (Inku 1997).

Ab 1857 nahm die Dauer der Seehochstände und der damit verbundenen Ausuferungen zu. Als die Genfer 1862–1872 die erwähnte Erweiterung ihrer Wasserkunst vornahmen, wurden die Auseinandersetzungen mit den Seeanliegern schärfer. Als Kontrahent trat nun hauptsächlich der Kanton Waadt auf, der verschiedene Expertisen in Auftrag gab. Ein solcher richtete sich auch an Professor Karl Pestalozzi (1825–1891) von Zürich und den Linthingenieur Gottlieb Heinrich Legler (1823–1897). Diese führten Uferbegehungen zur Abschätzung des Schadenpotenzials durch und nahmen eingehende Studien der Zu- und Abflussverhältnisse – und damit besonders der Bedingungen in Genf – vor, lieferten 1874 einen Vorbericht ab und 1876 den definitiven «Rapport sur les conditions de l'écoulement du

Rhône à Genève et propositions pour l'amélioration de cet écoulement dans le but de réaliser l'abaissement des hautes eaux d'été du lac Léman» (Bericht über die Abflussverhältnisse der Rhone in Genf und Vorschläge zur Verbesserung des Abflusses, um die Sommerhochstände des Genfersees zu senken). Als Massnahme schlugen sie vor, die «Machine hydraulique» in Genf aufzugeben und durch ein grosses neues Pumpwerk im linken Arm der Rhone zu ersetzen; der rechte Arm sollte korrigiert und vertieft als hauptsächlicher Seeausfluss dienen und am oberen Ende mit einem Nadelwehr für eine ausgewogene Seeregulierung versehen werden. Um den Forderungen der Seeanlieger auch Nachachtung zu verschaffen, klagte 1878 der Kanton Waadt den Kanton Genf beim Bundesgericht ein, was später zu einer Konvention führte.

Neben dieser Kontroverse um den Hochwasserschutz am See gab es aber offensichtlich noch eine solche um die optimale Wasserkraftnutzung in Genf. Einerseits ging es darum, diese möglichst voll auszuschöpfen oder aber zu Gunsten einer Nutzung der Arve ganz aufzugeben. Andererseits standen sich private und öffentliche Interessenten gegenüber. An entsprechenden Projektvorschlägen beteiligten sich unter anderen Louis Favre (1826–1879), der aus Genf stammende Erbauer der Gotthardbahn, sowie der visionäre Ingenieur Guillaume Ritter (1835–1912) von Neuenburg. Die Oberhand gewann schliesslich die Stadt Genf, die vom Kanton 1882 die Konzession für die Nutzung der Rhone in Genf erhielt (Chappuis 1886). In die politische Debatte griff damals auch Théodore Turrettini (1845–1916) ein, der Direktor der Société genevoise pour la construction d'instruments de physique, was ihm die Wahl zum Stadtrat von Genf und nebenamtlichen städtischen Baudirektor eintrug. In dieser Funktion machte er sich mit seinem Stadtingenieur – ab 1884 war das Constant Butticaz (1858–1938) – unverzüglich an die Projektierung und den Bau des Pumpwerks Coulouvrenière im linken Rhonearm.

1884 wurde zwischen den Kantonen Waadt, Wallis und Genf die «Convention concernant la correction et la régularisation de l'écoulement du lac Léman» (Vereinbarung zur Verbesserung und Regulierung des Genferseeabflusses) abgeschlossen und 1885 vom Bund genehmigt. Darin einigte man sich auf die Vertiefung der beiden Rhonearme, auf den Abbruch abflusshindernder Bauten auf der Ile, auf Baggerungen oberhalb und auf ein Regulierreglement für den See. Die Neugestaltung des Seeauslaufs sollte im Wesentlichen gemäss dem Konzept von Pestalozzi und Legler aus dem Jahr 1876 erfolgen.

Die Coulouvrenière war ein Kraftwerk, das ausschliesslich Pumpen antrieb. Sie war also ebenfalls eine Wasserkunst. Im Endausbau sollten dort 20 Jonval-Turbinen je zwei Kolbenpumpen antreiben. Diesen Pumpen wurde von einer Fassung im See sauberes und relativ temperaturbeständiges Wasser zugeleitet, das sie ins Druckwassernetz der Stadt förderten. Man hatte sich nämlich dafür entschieden, das Gewerbe und die Industrie nicht mit Seiltransmissionen zu versorgen, sondern mit Druckwasser für Kleinturbinen und Wassermotoren. Das Druckwassernetz enthielt also Trink- und «Kraftwasser» in einem. Der Baubeginn der ambitiösen und fast als Palast gestalteten Anlage erfolgte 1883. Bereits 1886 konnte die Coulouvrenière mit den ersten 5 Gruppen, das heisst mit 5 Turbinen und 10 Pumpen, eingeweiht werden. Ihre Inbetriebnahme läutete in der Genfer Wasserversorgung die moderne Zeit ein und fand europaweit Beachtung. Bis 1897 wurden dann weitere 13 Gruppen installiert (Giacasso 1987). Aus einem Überdruckventil, das bisweilen einen aufsteigenden Strahl von 30 m Höhe erzeugte, entstand bald der bekannte Genfer Springbrunnen von heute 140 m Höhe im See draussen (Vischer 1988c).

Die alte Wasserkunst am Pont de la Machine wurde stillgelegt und das zugehörige Wehr am Einlauf des linken Rhonearms beseitigt. Dabei wurde dieser linke Arm durch eine an die Ile anschliessende Trennmauer erheblich verlängert und diente der Coulouvrenière als Oberwasserkanal. Der rechte Rhonearm musste das Überschusswasser und insbesondere das Hochwasser ableiten und erhielt an seinem Einlauf das für die Seeregulierung so wichtige Wehr. Dieses wurde entgegen dem Projekt von Pestalozzi und Legler nicht als Nadelwehr konzipiert, sondern erhielt leichter beherrschbare «vannes à rideaux» (rollladenartige Schützen). Es ging 1887 in Betrieb.

In der Folge wurde das Regulierreglement mehrfach überprüft und 1892 neu gefasst (Chavaz & Gygax 1960), wobei wiederum namhafte Experten zu Wort kamen. Der Genfersee wurde dadurch in der Schweiz zu einem Brennpunkt hydrologischer Studien. An diesen beteiligte sich auch François-Alphonse Forel (1841–1912) – unter anderem ab 1880 durch die Ausmessung der Gletscher im Einzugsgebiet. Letzteres war der Anfang der bis heute weitergeführten und in der Fachwelt berühmten schweizerischen Gletschermessreihe.

Abschliessend sei vermerkt, dass die Coulouvrenière und das Regulierwehr über 100 Jahre lang einwandfrei arbeiteten. Dann traten sie in den 1990er Jahren ihre Funktionen an den unmittelbar flussabwärts erstellten Barrage du Seujet ab. Bei diesem handelt es sich um ein unauffälliges Flusskraftwerk mit Maschinenraum, Stauwehr und Schiffsschleuse.

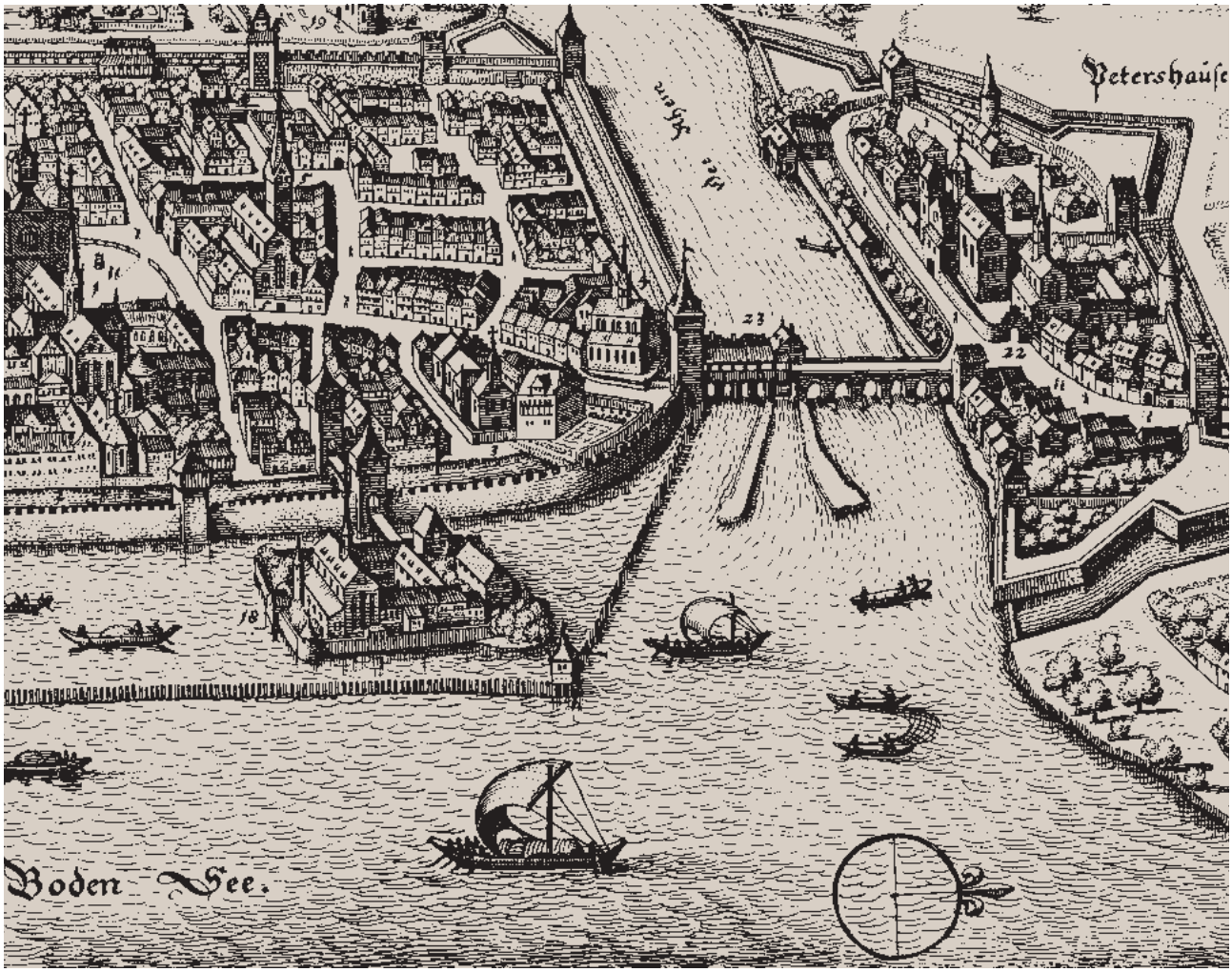



Abb. 195 Konstanz am Ausfluss des Bodensee-Obersees mit Rheinbrücke und Mühlen. Stich von M. Merian, 1643, Blick in Fliessrichtung.

## 14.6 Kein Hochwasserschutz am Bodensee – ausser einem kleinen Rückbau 1856

Der Bodensee besteht bekanntlich aus zwei Seen, nämlich dem Obersee und dem Untersee. Und diese Seen hängen in hydrologischer Sicht ähnlich zusammen wie die Jurarandseen Murten-, Neuenburger- und Bielersee. Das heisst, dass eine Absenkung der Höchststände des Obersees auch eine solche des Untersees bedingen würde. Entsprechende Baumassnahmen unterblieben aber, obwohl die Häufigkeit der Seeausuferungen als relativ hoch bezeichnet werden muss (Vischer 1990, 1993).

Hingegen wurde allmählich ein kleiner Aufstau des Obersees vorgenommen. Schon im Mittelalter baute man im Seerhein Fischfachen, Mühlen und andere Anlagen ein, die den Ausfluss aus dem Obersee behinderten. Im 15. Jahrhundert kombinierte man die Mühlen dann mit der Konstanzer Rheinbrücke. Schliesslich lehnten sich an diesen Übergang einige stattliche Gewerbebetriebe mit mehreren Räderwerken an. Um deren Kraft zu erhöhen, wurden seewärts Fangedämme (Leitwerke) und zwischen den Pfeilern Schwellen angeordnet, Letztere zum Teil mit Stellfallen, das heisst mit kleinen Schützen. Auf diese Weise entstand gleichsam ein Wehr, das den Oberseespiegel entsprechend anhob. Der Aufstau dürfte zwar bloss den Dezimeterbereich erreicht haben, was bei Nieder- und Mittelwasser belanglos war, aber bei Hochwasser doch störte. Bei den betroffenen Seeanliegern spielte wohl, wie bei ähnlichen Fällen, auch eine gewisse psychologische Überhöhung des Effekts mit. Als die Brücke 1856 samt ihren Mühlen abbrannte, erwirkten jedenfalls die Uferstaaten Baden, Bayern, Österreich, Schweiz und Württemberg, dass die Mühlen nicht wieder erstellt und die Leitwerke und Schwellen besei-

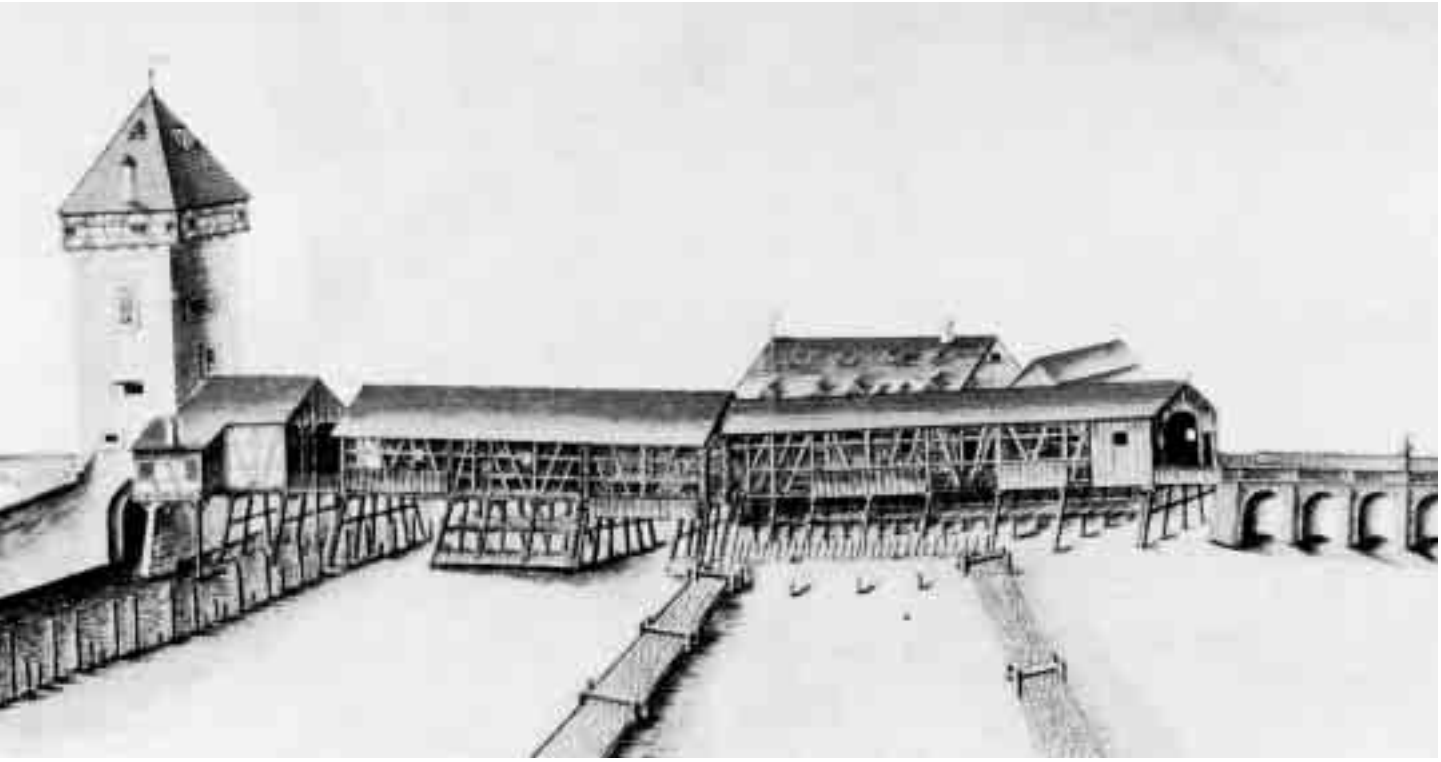


Abb. 196 «Prospect von der Rheinbrücke bey Konstanz» von J. von Lob, 1799. Blick in Fliessrichtung.

tigt wurden, was man als Rückbau bezeichnen kann. Die Ratifizierung dieser Vereinbarung, die auch eine Entschädigung an Konstanz festschrieb, erfolgte 1858 (Grim 1995).

Die Ausbaggerungen, die damals und später im Konstanzer Trichter und im Seerhein erfolgten, geschahen zu Gunsten der Schifffahrt und beeinflussten das Seeregime nicht. Ebenso wenig wirkten sich einige kleinere Abgrabungen am Eschenzer Horn aus, die im Nachgang zu den verheerenden Ausuferungen von 1876 und 1890 vorgenommen wurden.

In dieser Zeit begann man auch umfassende Sanierungspläne auszuarbeiten. Ausschliesslich auf den Hochwasserschutz ausgerichtet war das Projekt von Max Honsell (1843–1910), Wasserbauingenieur des Grossherzogtums Baden. Honsell schlug darin 1879 die Baggerung einer Rinne in der Rheinsohle von Stein bis zur Bibermündung vor sowie den Einbau von Flutschleusen (Schützen) im Moserdamm bei Schaffhausen. Dieser Damm querte damals den Rhein zu Gunsten eines Kraftwerks, das seine Energie über Seiltransmissionen an die Industrie abgab. Ein weiter reichendes Projekt präsentierte 1891 der Linthingenieur Gottlieb Heinrich Legler (1823–1899), der ausser einer Absenkung der Hochstände im Bodensee auch eine Nieder- und Mittelwasserhaltung vorsah. Deshalb empfahl er neben einer Baggerung im Rhein von Stein bis zum Moserdamm auch die Umwandlung dieses Dammes in ein bewegliches Wehr sowie den Bau eines Bodensee-Regulierwehrs bei Stein oder am Eschenzer Horn.

Andere Projekte folgten im 20. Jahrhundert und stellten neben ähnlichen Massnahmen noch Ausweitungen des Seerheins bei Konstanz zur Diskussion. Aber auch ihnen blieb die Verwirklichung versagt (Vischer 1989). Hingegen wurden an einigen Orten Uferaufschüttungen und -erhöhungen realisiert.

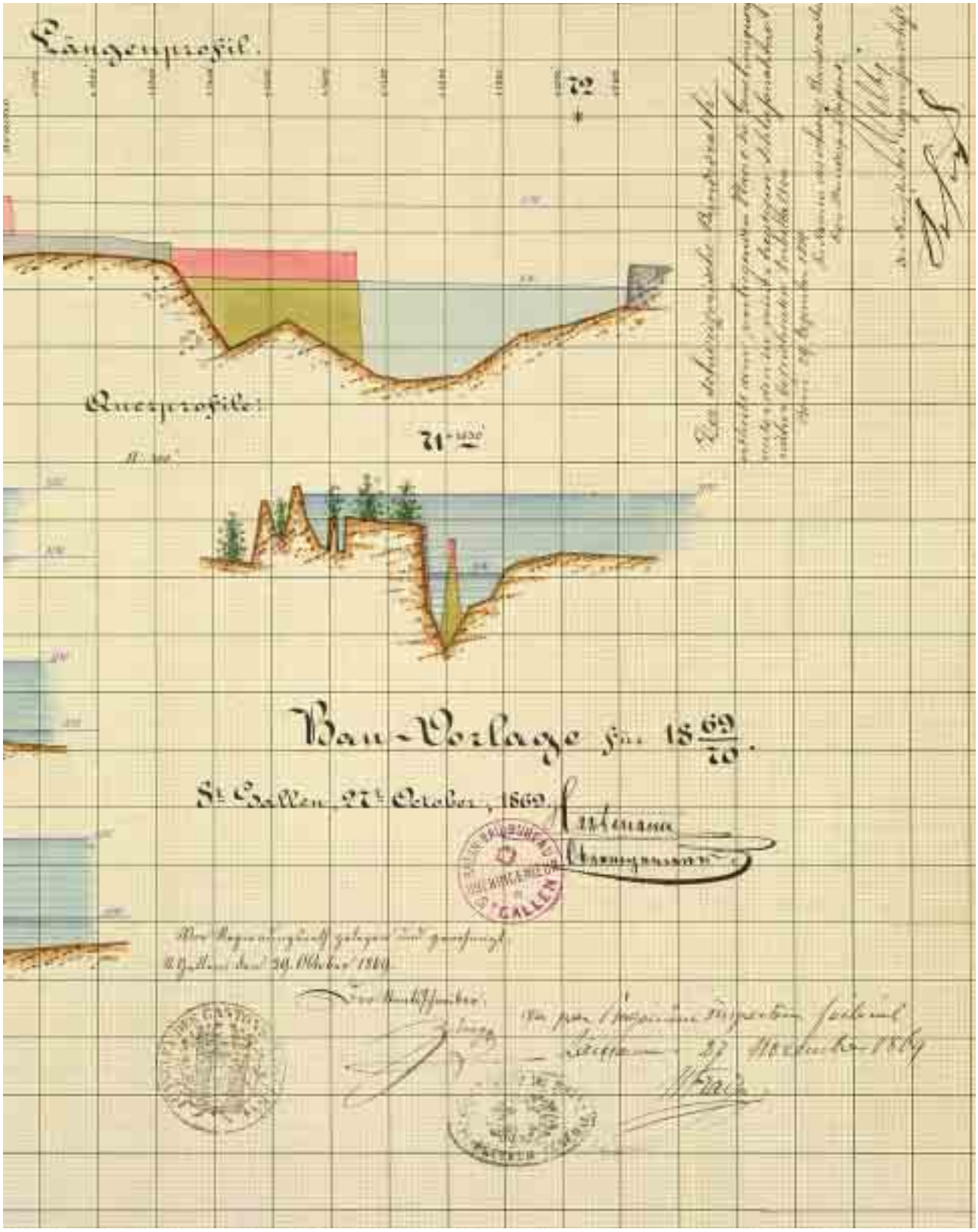



Abb. 197 Plangenehmigung für die Rheinkorrektion 1869. Bauvorlage (Auszug) vom 27. Oktober von Oberingenieur Hartmann für eine Massnahme bei Oberriet. Genehmigungsvermerke des Regierungsrats des Kantons St. Gallen vom 29. Oktober, des «Inspecteur fédéral» Fraisse vom 27. November und des Bundesrates vom 29. Dezember mit der Unterschrift des Bundespräsidenten Welti.

# 15 Entwicklung der Bundesaufgaben

## 15.1 Die Zeit bis zur Restauration

Die alte Eidgenossenschaft war ein Staatenbund, dessen Hoheitsgebiet neben den alten Orten auch die Gemeinen Herrschaften umfasste. Letztere waren Untertanengebiete, die von zwei oder mehr Orten verwaltet wurden. Stellte sich ein Hochwasserschutzproblem nur innerhalb eines einzigen Ortes, so löste dieser das Problem selber. Bedrängte es dagegen mehrere Orte oder Gemeine Herrschaften, war dafür die Tagsatzung – mindestens im Sinne einer Koordination – zuständig. Waren bloss Gemeine Herrschaften betroffen, war das in der Regel nicht Sache der eidgenössischen Tagsatzung, sondern einer besonderen Tagsatzung, die nur von den an der Herrschaft beteiligten Orten beschickt wurde.
Für diese Kompetenzverteilung lassen sich einige wichtige Beispiele anführen. So betraf die Kanderumleitung von 1711–1714 nur den Ort Bern und wurde von diesem auch allein bewältigt. Hingegen berührten die notorischen Ausuferungen des Alpenrheins auf der Schweizer Seite die eidgenössischen Landvogteien und Gemeinen Herrschaften Sargans und Rheintal (Letztere mit Verwaltungssitz in Rheineck) sowie die dazwischen liegende Glarner Vogtei Werdenberg und die Zürcher Landvogtei Sax. Entsprechende Klagen veranlassten die eidgenössische Tagsatzung 1769, sich einen Überblick zu verschaffen. Sie beauftragte den Zürcher Ingenieur-Hauptmann Hans Conrad Römer (1724–1779) mit einer Aufnahme des «Rheinlaufs durch das ganze Rheintal, samt den Wuhrungen, Dämmen und einer genauen Lage der Örter gegeneinandern, welche auf beyden Seiten desselben sich befinden». Die resultierende Karte mit Bericht führte zu einer von der Tagsatzung erlassenen Wuhrordnung und damit zu einer gewissen Abstimmung und Vereinheitlichung der weiteren Wuhrarbeiten unter der Aufsicht von Wuhrinspektoren (Warth 1990, Kaiser 1990). Ferner bedrängte die Versumpfung der Linthebene und der Gegend um Walenstadt die Orte Schwyz und Glarus sowie die Gemeinen Herrschaften Uznach und Gaster, was ebenfalls die Tagsatzung auf den Plan rief. Sie betraute 1783 den Berner Artillerieoffizier Andreas Lanz (1740–1803) mit der Ausarbeitung eines Sanierungsprojekts, das er ein Jahr später ablieferte. Das Kernstück war der Vorschlag zur Umleitung der Linth durch den Walensee.
Im Gefolge der Französischen Revolution und der französischen Besetzung der Schweiz wurde die Tagsatzung abgeschafft. Die zentrale Regierungsfunktion übernahm 1798 das Direktorium des Regimes der Helvetik. Dieses liess das Linthgebiet schon 1799 durch seinen «Inspecteur général des ponts et chaussées», Jean Samuel Guisan (1740–1800) von Avenches, begutachten. Dabei wurde das Umleitungsprojekt von Lanz bekräftigt. Für eine Verwirklichung war die Zeit aber zu ungünstig. Im Übrigen hielt das Direktorium Ende 1799 in einem Dekret Folgendes fest: «Alle Werke an den Ufern der Ströme usw., welche bisher errichtet und unterhalten worden sind, werden es ferner durch die Gemeinden, so wie es bis anhin geschehen. Falls eine Gemeinde sich weigerte, ferner die Arbeiten zu verrichten, zu denen sie bis anhin verpflichtet war, ist die Verwaltungskammer des Kantons begwältigt, dieselben auszuführen und sich die Unkosten ersetzen zu lassen; sollte dann jene Gemeinde wegen dem Ersatz der durch die Verwaltungskammer gemachten Auslagen, Schwierigkeiten verursachen, wird diese dem Direktorium einen Bericht erstatten, damit es die nöthigen Massregeln nehme, um den Gehorsam gegen die eingeführte Ordnung zu erzwecken.» Innerhalb des Direktoriums wurde diesbezüglich der Kriegsminister als zuständig erklärt, und als dieser 1801 die Lage im schweizerischen Uferbauwesen bemängelte und gefährliche Folgen befürchtete, wurde er beauftragt, «einstweilen und bis ein Gesetz darüber beschlossen habe, die Massregeln, die er am zweckmässigsten finden werde, zu ergreifen, um all Dem zu wehren, was den freien Lauf der Ströme und Flüsse hindern oder den Ufer-Liegenschaften schaden könnte» (Hungerbühler 1854). Ob bei dieser Festlegung Hans Conrad Escher (1767–1823) von Zürich mitwirkte, der in dieser Zeit einige Monate lang Kriegsminister

Abb. 198 «Der Rheinlauf durch das ganze Rheinthal samt Wuhrungen, Dämmen ...», Karte von H. C. Römer, 1769.

Abb. 199 Blick von Ragaz talabwärts. Rechts der noch unkorrigierte Rhein. Links die niedrige Wasserscheide zum Linthgebiet hinter Sargans. Zeichnung von F. Schmidt, Stich von F. Salathé um 1830.

war, muss hier offen bleiben.
1803 wurde das Regime der Helvetik durch jenes der föderalistischeren Mediation abgelöst. Die Tagsatzung erstand wieder und beschloss 1804, die Linthkorrektion unter der Leitung von Escher als eidgenössisches Werk durchzuführen und diesem durch die temporäre Verpflichtung des badischen Rheinwuhrinspektors Johann Gottfried Tulla (1770–1828) fachliche Unterstützung zu gewähren. Mangels Geld wurde aber die Finanzierung der Kanalbauten in den Jahren 1807–1816 durch die Ausgabe von Aktien sichergestellt. Ausserhalb des Linthwerkes kam das Hoheitsrecht über die Gewässer jedoch den Kantonen zu, die ausdrücklich für die Fluss- und Uferpolizei verantwortlich gemacht wurden. Doch erhielt der Landammann der Schweiz die Befugnis, nötigenfalls Aufseher in die Kantone abzusenden und bei dringendem Bedarf Arbeiten auf Kosten der Pflichtigen anzuordnen. Zu diesen Pflichtigen gehörten nach wie vor meist die Gemeinden – zunächst die anliegenden und manchmal auch die rückliegenden (Hungerbühler 1854).
Die Tagsatzung blieb auch in der anschliessenden, 1815 bis 1830 dauernden Restaurationszeit zuständig. Als sie darauf aufmerksam gemacht wurde, dass der bei Sargans auflandende Alpenrhein Richtung Walensee ausbrechen könnte, entsandte sie 1817 eine Kommission vor Ort. Zu den Experten gehörten offenbar Hans Conrad Escher (1767–1823), Johann Heinrich Pestalozzi (1790–1857) und Salomon Hegner (1789–1869). Aufgrund ihres Berichts wurden die direkt betroffenen An- und Unterliegerkantone Graubünden, St. Gallen, Glarus, Schwyz, Zürich und Aargau zum Handeln aufgefordert. Sie liessen sich 1819 vom bereits erwähnten badischen Flussbauexperten Tulla beraten, vermochten sich aber nur auf die Vornahme einiger Vermessungen, nicht aber auf bauliche Massnahmen zu einigen (siehe Abschnitt 8.2).

## 15.2 Die Zeit nach der Bundesverfassung von 1848

Die Julirevolution in Paris von 1830 beendete die auch in der Schweiz umstrittene Restauration. Es setzte ein Demokratisierungs- und Liberalisierungsprozess ein, der eine Fülle von Änderungen, aber auch zahlreiche Auseinandersetzungen – zum Teil mit Waffen – und schliesslich einen eigentlichen, wenn auch kurzen Bürgerkrieg, den so genannten Sonderbundskrieg, brachte. In dieser unruhigen Zeit wurden keine grösse-

ren Korrektionen in Angriff genommen. Doch einigte man sich schliesslich 1848 auf eine Verfassung, die aus dem bisherigen Staatenbund einen Bundesstaat machte.
Hinsichtlich des Wasserbaus kann man die damit einsetzende Entwicklung wie folgt skizzieren (ASF 1971): Der Verfassungsartikel 21 (später 23) verlieh dem Bund das Recht, «im Interesse der Eidgenossenschaft oder eines grossen Teils derselben auf Kosten der Eidgenossenschaft öffentliche Werke zu errichten oder die Errichtung derselben zu unterstützen». Von dieser Grundlage machte der Bund Gebrauch, um fortan die grösseren Flusskorrektionen nicht etwa gemäss dem Beispiel des Linthwerkes im Alleingang durchzuführen, sondern massgebend mitzutragen. Im 19. Jahrhundert betraf dies:

- die Alpenrheinkorrektion mit Beschluss von 1854,
- die Juragewässerkorrektion mit den Beschlüssen von 1857, 1863 und 1867,
- die Rhonekorrektion mit den Beschlüssen von 1863 und 1870 sowie
- die Tessinkorrektion mit den Beschlüssen von 1882, 1885 und 1887.

Der Bund benutzte die gleiche Grundlage, um sich an der Genferseeregulierung mit Beschluss von 1885 zu beteiligen (Zurbrügg 1965). In dieser Zeit gaben sich mehrere Kantone auch eigene Wasserbaugesetze. Diese erhöhten meist die kantonalen Rechte und Pflichten im Hochwasserschutz gegenüber den kommunalen.
1871 erklärte die Bundesversammlung im Sinne einer sektoriellen Auslegung des Verfassungsartikels die Korrektion und Verbauung der Wildwasser sowie die Aufforstung ihrer Quellgebiete als Werk von dauerndem schweizerischem Interesse. Das führte zwangsläufig zu einer neuen Kompetenzregelung, die sich 1874 im Verfassungsartikel 24 niederschlug: «Der Bund hat das Recht der Oberaufsicht über die Wasserbau- und die Forstpolizei im Hochgebirge. Er wird die Korrektion und Verbauung der Wildwasser, sowie die Aufforstung ihrer Quellengebiete unterstützen und die nötigen schützenden Bestimmungen zur Erhaltung dieser Werke und der schon vorhandenen Waldungen aufstellen» (Jaccard & Schmid 1960).
Den ersten Schritt in diese Richtung hatte das Eidgenössische Departement des Innern bereits 1871 getan, als es im Rahmen seiner Abteilung Bauwesen das Eidgenössische Oberbauinspektorat schuf. Es besetzte dieses mit dem damaligen Bündner Oberingenieur Adolf von Salis (1818–1891). Diesem oblag neben seinen Fachgeschäften (siehe nächster Abschnitt) ab 1874 der Entwurf eines Bundesgesetzes über die Wasserbaupolizei im Hochgebirge, das 1877 von den eidgenössischen Räten verabschiedet wurde. Es begründete unter der Kurzbezeichnung Wasserbaupolizeigesetz eine lange und fruchtbare Ära des schweizerischen Flussbaus und Wildbachverbaus – und das nicht bloss im Hochgebirge, sondern überall. Dazu trug auch das 1876 in Kraft gesetzte Forstpolizeigesetz bei, das die notwendige Aufforstung in den Einzugsgebieten gewährleistete. Von dieser Ära ist in der vorliegenden Schrift aber nur am Rande die Rede. Denn 1877 begann ja jenes Jahrhundert, das 1977 in der Jubiläumsschrift des Wasserbaupolizeigesetzes eine bezüglich Wasserbau umfassende und flächendeckende Beschreibung erfuhr (ASF 1977), die hier nicht dupliziert werden soll.
Zur Entwicklung der Bundesaufgaben gehörte natürlich auch die Gründung der Eidgenössischen Polytechnischen Schule in Zürich (heute ETH Zürich). Diese wurde 1855 mit fünf Fachabteilungen eröffnet, von denen hier zwei besonders interessieren: die Ingenieurschule und die Forstschule. Die Ingenieurschule

Abb. 200 Die Hochwasser von 1868 betrafen einen grossen Teil der Schweiz und beeinflussten die eidgenössische und kantonale Politik des Hochwasserschutzes entscheidend. Das Bild aus dem Rheintal zeigt neben Gebäudeschäden in Burgerau bei Buchs auch die Unterbrechung der 1858 gebauten Bahnlinie und der Telegrafenleitung.

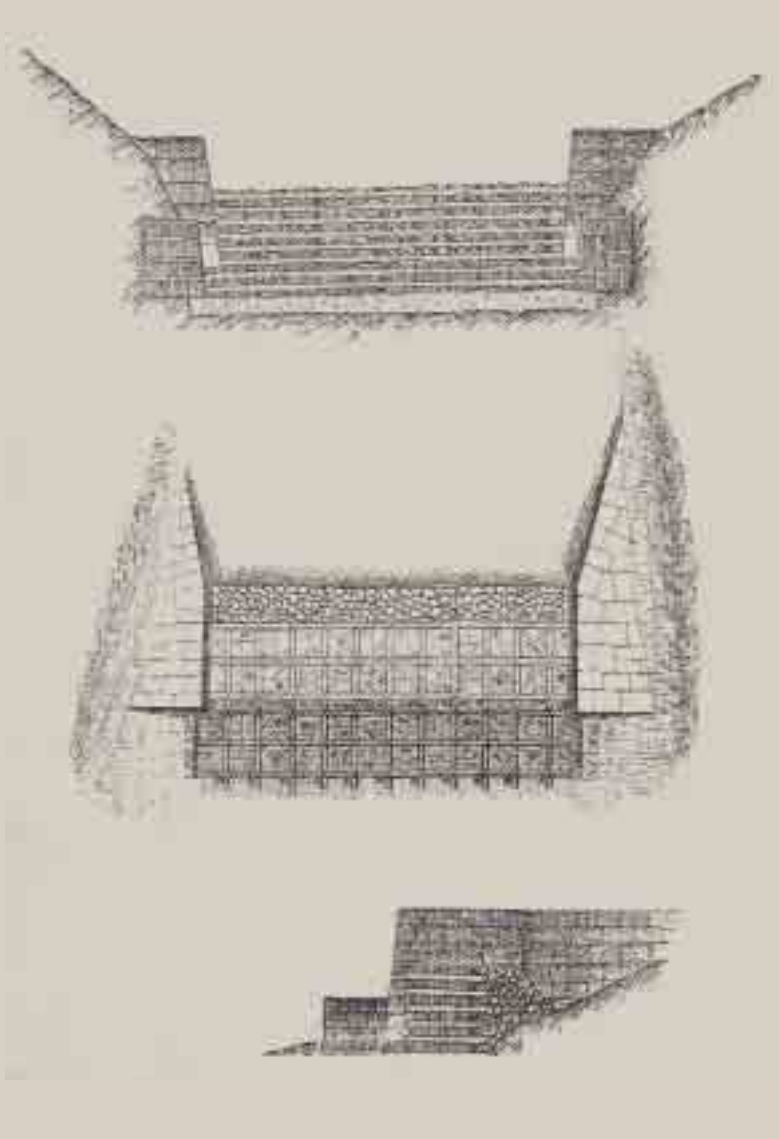


Abb. 201 Konstruktionsvorschlag des Eidgenössischen Oberbauinspektorats von 1883: Wildbachsperre als Holzkasten mit steinernen Flügeln.

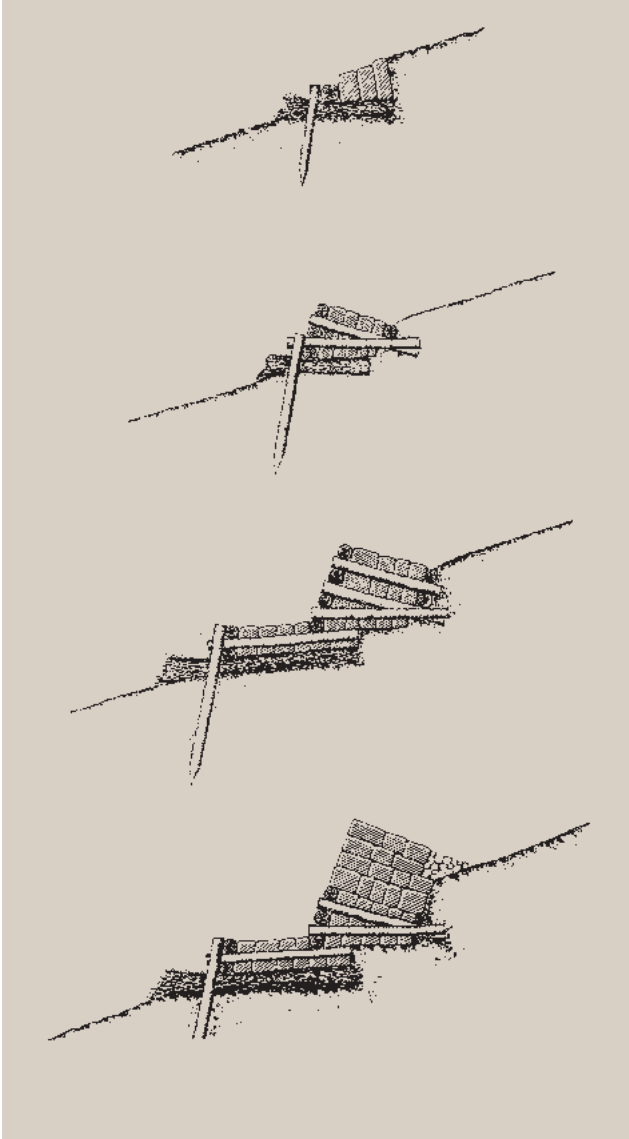


Abb. 202 «Typen für Verbauung kleiner Runsen gegen Erosion» des Eidgenössischen Oberbauinspektorats von 1883.

widmete sich der Ausbildung von Strassen-, Eisenbahn-, Brücken- und Wasserbauingenieuren und ebenso «topographischen Ingenieuren», die zweite der Ausbildung von Forstwirten. Von den ersten Professoren dieser Abteilungen, nämlich von Carl Culmann (1821–1881) und Karl Pestalozzi (1825–1891) sowie von Elias Landolt (1821–1896), war in dieser Schrift ja bereits die Rede. Parallel zu Landolt bestritt Professor François Xavier Marchand (1799–1859) noch den Unterricht in französischer Sprache. So kam es, dass in der Schweiz ab 1860 und erst recht ab 1870 eine genügende Anzahl von Fachkräften zur Verfügung stand, um die Probleme des Hochwasserschutzes anzugehen. Ohne sie hätten das Forstpolizeigesetz von 1876 und das Wasserbaupolizeigesetz von 1877 sicher nicht die beschriebenen Auswirkungen gezeitigt.

## 15.3 Der erste eidgenössische Oberbauinspektor

Nach der Inkraftsetzung der Bundesverfassung von 1848 wurde in der Bundesverwaltung die Abteilung Bauwesen geschaffen. Sie war bis 1860 dem Eidgenössischen Post- und Baudepartement zugeordnet und wechselte dann zum Eidgenössischen Departement des Innern über. Dieser Abteilung kam die Oberaufsicht über die den Bund betreffenden Bauten und

öffentlichen Werke zu. Ihre Zusammensetzung war aber mehr auf Strassen und Hochbauten ausgerichtet. Daher zog der Bund für die Oberaufsicht von Wasserbauten jeweils externe Fachleute – so genannte Bundesexperten (auf Französisch «inspecteurs fédéraux») bei. Von den zahlreichen Persönlichkeiten seien hier bloss erwähnt:

- William Fraisse (1803–1885) von Lausanne für die Juragewässerkorrektion und die Alpenrheinkorrektion
- Richard La Nicca (1794–1883) von Sarn GR für die Juragewässerkorrektion und die Tessinkorrektion
- Friedrich Wilhelm Hartmann (1809–1874) von Dillingen (Bayern) und später von Rorschach für die Rhonekorrektion und die Tessinkorrektion
- Leopold Blotnitzki (1817–1879) von St. Petersburg (ab 1852 als Ingenieur in der Schweiz tätig) für die Rhonekorrektion

Als Bundesexperte kann auch der erwähnte Professor am Eidgenössischen Polytechnikum Carl Culmann (1821–1881) von Bergzabern (Pfalz) und später von Zürich betrachtet werden. Er legte im Auftrag des Bundesrats 1864 ein eigentliches gesamtschweizerisches Wildbachkonzept vor (siehe Kapitel 12).
Wie weiter oben angeführt, gaben die zunehmenden Verpflichtungen des Bundes dann 1871 Anlass zur Ergänzung der Abteilung Bauwesen mit der Stelle eines eidgenössischen Oberbauinspektors und der Besetzung derselben mit Adolf von Salis (1818–1891) von Chur. Dieser hatte sich bei vielen Bündner Strassen- und Wasserbauten und insbesondere bei der Korrektion des Hinterrheins und der Verbauung der Nolla einen Namen gemacht. Seine grosse Erfahrung erlaubte es ihm, einen grossen Teil der Arbeit zu übernehmen, für die man bisher Bundesexperten berufen hatte. Das heisst, er beeinflusste fortan alle Wasserbauprojekte und entsprechenden neuen Ausführungen persönlich und entscheidend.
Mit dem In-Kraft-Treten des Wasserbaupolizeigesetzes 1877 stieg die Verantwortung des Bundes und seines Oberbauinspektors stark an. Von Salis und sein kleiner Stab erhielten dadurch noch mehr Gewicht. Neben der Erledigung der Amtsgeschäfte widmete sich diese Verwaltungseinheit – deren Kürzel OBI bald einem Gütezeichen gleichkam – auch der Instruktion der Praxis. Dazu dienten unter anderem die schönen und mit klaren Illustrationen versehenen Quartbände:

- Von Salis, 1883: Das schweizerische Wasserbauwesen; Organisation, Leistungen und Bausysteme (herausgegeben zur Landesausstellung 1883)
- OBI, 1890: Die Wildbachverbauung in der Schweiz. Erstes Heft
- OBI, 1892: Die Wildbachverbauung in der Schweiz. Zweites Heft

Sie erschienen zuerst in deutscher Sprache und ein halbes bis ganzes Jahr später auch auf Französisch. In gewissen Kapiteln sind sie geradezu lehrbuchmässig abgefasst, in anderen halten sie anschaulich die neuesten Flusskorrektionen und Wildbachverbauungen fest. Entsprechend fanden sie auch im Ausland Beachtung (Wang 1903). Dieses technische Führungsinstrument wurde ab 1891 auch vom nächsten eidgenössischen Oberbauinspektor, Albert von Morlot (1846–1931) von Bern, weiter benutzt und gepflegt.
Es bleibt noch zu erwähnen, dass dem Eidgenössischen Oberbauinspektorat 1897 das Hydrometrische Büro des Bundes unterstellt wurde (ASF 1971). Es war 1872 verstaatlicht und der Abteilung Bauwesen angegliedert worden. Später, das heisst 1906, entwickelte es sich zu einem selbständigen Bundesdienst unter der Bezeichnung Abteilung Landeshydrologie. Diese wurde 1915 in Abteilung für Wasserwirtschaft umbenannt, aus der 1918 das Eidgenössische Amt für Wasserwirtschaft hervorging und damit das heutige Bundesamt für Wasser und Geologie (Stambach 1972, Kasser 1987, Furrer 1996).

# Literaturverzeichnis


Ackermann, J. (1971): *Der verschupfte Surenenknab und seine Spiessgefährten.* – Zum 60jährigen Bestehen der Aawasserkorporation Buochs-Ennetbürgen. Eigenverlag, Buochs.

Ammann, J. F. (1993): *Knopflis Pioniertat frühester Flussbaukunst.* – Zuger Neujahrsblatt 1998. Hrsg. Gemeinnützige Gesellschaft Zug, 39–49, Zug.

ASF (1971): 100 Jahre Eidgenössisches Amt für Strassen- und Flussbau 1871–1971. Jubiläumsschrift, Bern.

ASF (1977): *Hochwasserschutz in der Schweiz, 100 Jahre Bundesgesetz über die Wasserbaupolizei.* – Eidg. Amt für Strassen- und Flussbau, Bern.

Barraud, E. (1888): *Les tunages du Rhône à Bex.* – Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes 14, 7, 113–118.

Baudirektion ZH (1867): *Bericht der Direktion der öffentlichen Arbeiten an den Regierungsrath betreffend die Glattkorrektion*, signiert von Hagenbuch.

Baumann, M. (1977): *Stilli, von Fährleuten, Schiffern und Fischern im Aargau.* Eigenverlag, Stilli.

Beck, P. (1938): *Die Kander, ihre Ableitung in den Thunersee 1713; 25 Jahre Kanderkies AG. Thun, 1913–1938*. Geschäftsblatt AG, Thun.

Becker, F. (1911): *Das Linthwerk und seine Schöpfer.* – Jahresbericht der geographisch-ethnographischen Gesellschaft in Zürich, 1–32, Zürich.

Bergmeister, U. & Leipold-Schneider, G. (2000): *Umstritten und freudig begrüsst – 100 Jahre Fussacher Durchstich 1900–2000*. – Vierteljahresschrift für Geschichte und Gegenwart Vorarlbergs 52, 1, 49–80.

Bergmeister, U. (1989): *Die Rheinregulierung von der Illmündung bis zum Bodensee*. – Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik 1, 23–28.

Bertschi, H. (1936): *Die Abflussregulierung des Zürichsees.* Wasser- und Energiewirtschaft 28, 2, 11–12; 3, 29–33.

Bertschi, H. (1952): *Die Zürichseeregulierung*. Wasser- und Energiewirtschaft 44, 10/11, 191–206.

Betant, A. (1841): *Puits, Fontaines et Machines hydrauliques de l'ancien Genève*. Ed. Journal de Genève, Genf.

Binggeli, V. (1983): *Geografie des Oberaargaus*. – Jahrbuch des Oberaargaus, Sonderband 3, Langenthal.

Bircher, S. (1992): *Die Malaria im St. Galler Rheintal.* In: Internationale Rheinregulierung: *Der Alpenrhein und seine Regulierung*, 120–126. – Buchsdruck, Buchs.

Bischoff, A. (2002): *Fluss- und Wildbachverbauungen zur Zeit La Nicca's und heute*. Entwurf zu einem Beitrag in: Klinik Beverin: *Richard La Nicca, Bilder der Baukunst*, Cazis.

Bleuler, L. (1845): *Les vues les plus pittoresques des Bords du Rhin depuis ses sources jusqu'à son embouchure dans la mer*. Eigenverlag, Schaffhausen.

Botomino, M. (1977): *Basel-Landschaft.* In: Eidgenössisches Amt für Strassen- und Flussbau (ASF 1977): Hochwasserschutz in der Schweiz, 104–106, Bern.

Brändli, D. (1998): *Mit Bäumen gegen Fluten; Überschwemmungsrisiko und Forstwesen während des 18. und 19. Jahrhunderts*. Lizentiatsarbeit, Universität Bern (unveröffentlicht).

Braschler, H. (1967): *Die Meliorationen im St. Galler Rheintal*. – Terra Grischuna 26, 5, 238 ff.

Bretscher, R. (1952): *Die Glatt und die Glattkorrektionen. In: Gemeinde Wallisellen: Geschichte der Gemeinde Wallisellen*, Eigenverlag, Wallisellen, 284–290.

Bühlmann, J. (1960): *600 Jahre Reussschwelle – 100 Jahre Nadelwehr*. Luzerner Neuste Nachrichten, Luzern, 4. Juni.

BVIA (1882): *Notices sur les travaux entrepris dans le canton de Vaud et dans les régions voisines de notre pays pour la correction, l'aménagement et l'utilisation des eaux courantes*. – Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes 8, 1, 5–11; 2, 17–24.

BVIA (1886): *Régularisation du niveau du lac Léman et utilisation des forces motrices du Rhône à Genève*. – Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes 13, 1, 1–4; 3, 22–24.

BVIA (1889): Bibliographie: *Die Wildbach- und Flussverbauung nach den Gesetzen der Natur. La correction des torrents et rivières d'après les lois de la nature*. Par A. Schindler-Rochat. *Buchbesprechung* im Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et architectes 15, 1, 136.

BWW (1983): *Seen und Talsperren*. – Wasser, Energie, Luft 75, 1/2, 14–25.

Carmody, T. & Kobus, H. (1968): *Hydrodynamics, Daniel Bernoulli, Hydraulics, Johann Bernoulli*, translated from the Latin. – Dover, New York.

Cattani, A. (2001): *Landwehrhauptmann und Sozialist, Karl Bürkli, zum 100. Todestag eines Originals.* Neue Zürcher Zeitung 243, 45.

Cavelti Hammer, M. & Brandenberger, R. (1996): *Das Linthwerk (1807–1822)*. – Cartographica Helvetica, H. 14, 11–19.

Chantre, D. (1860): *Rapport sur les inondations du Haut Valais dans l'année 1860*. Ramboz et Schuchardt, Genève.

Chappuis, J. (1886): *Régularisation du niveau du lac Léman et utilisation des forces motrices du Rhône à Genève*. Redaktionelle Zusammenfassung eines Vortrages. Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes, 13, 1, 1–4 und 3, 22–24.

Chavaz, F. & Gygax, S. (1960): *La régularisation des lacs au cours du dernier demi-siècle*. – Wasser- und Energiewirtschaft 52, 3, 42–44.

Chavaz, F. & Lanker, E. (1958): *Die Regulierung der Seen im Einzugsgebiet der Reuss*. – Wasser- und Energiewirtschaft 50, 8/9, 209–225.

Comtesse, A. (1920): *L'inondation de Monthey 1726 et la percée du Château-Vieux*. Annales valaisannes 4, 3/4, 76–111.

Culmann, C. (1858): *Die Correction der Juragewässer.* Schweizerische Polytechnische Zeitschrift, 3, 8–60, Winterthur.

Culmann, C. (1864): *Bericht an den hohen schweizerischen Bundesrath über die Untersuchung der schweiz. Wildbäche, vorgenommen in den Jahren 1858, 1859, 1860 und 1863*. Zürich.

Davatz, J. (1990): *Die Linthkorrektion, ein erfolgreiches und merkwürdiges Bauwerk*.– Zeitschrift Glarnerland/Walensee, Glarus.

Davatz, J. (1991): *Die Linthkorrektion – das erste Nationalwerk der Schweiz*. In: Davatz, J.; *Glarus und die Schweiz; Streiflichter auf wechselseitige Beziehungen*. – Bäschlin, Glarus, p. 183–190.

Davatz, J. (2002): *Tagwenvogt Conrad Jenny aus Niederurnen* (1800–1870). Briefliche Mitteilung vom 9.4.

de Bélidor, B. F. (1737–1753): *Architecture Hydraulique*, 2/2, Paris.

de Bélidor, B. F. (1740): Architectura Hydraulica. 1, Georg Mertz, Augsburg.

de Kalbermatten, G. (1985): *L'évolution dans la conception des barrages en torrents en Valais*. Ingénieurs et architectes suisses 111, 7, 95–108.

de Wolff, J. (1977): *Valais*. In: Eidgenössisches Amt für Strassen- und Flussbau (ASF 1977): *Hochwasserschutz in der Schweiz,* 161–168, Bern.

Desor, E. (1870): *La correction des eaux du Jura*. – Le Rameau de Sapin, Organe du Club Jurassien, Nov., 1–2.

Dierx, W. & Garbrecht, G. (2001): *Wasser im Heiligen Land; biblische Zeugnisse und archäologische Forschungen*. Hrsg. Frontinus Gesellschaft, Köln. – Philipp von Zabern, Mainz.

Dietler, H. (1868): *Über die Regulierung der Emme und Birs im Kanton Solothurn*. Bericht an den Regierungsrat, Solothurn.

Duchoud, P. (1998): *Le temps des barques*. Cabédita, Yens/Morges.

Duile, J. (1826): *Über Verbauung der Wildbäche in Gebirgs-Ländern, vorzüglich in der Provinz Tirol und Vorarlberg*. Innsbruck.

Duile, J. (1841): *Bericht und Anträge des Herrn J. Duile ... an Landammann und Rath des Kantons Glarus über den Untersuch der Wild- und Gebirgsbäche im Kanton Glarus*. Glarus.

EDI (1896): *Schweiz. Landesausstellung in Genf 1896, Specieller Katalog der Kollektiv-Ausstellung von Bund und Kantonen betreffend Flusskorrektionen, Wildbachverbauungen, Entsumpfungen und Strassenwesen*. Stämpfli, Bern.

EDI (1964): *La correction du Rhône en amont du Léman*. EDMZ, Bern.

Egli, A. (1978): *Küsnacht und sein mörderischer Dorfbach; die Überschwemmung vom 8. Juli 1778*. Küsnachter Jahresblätter 1978, 3–17.

EHB (Eidgenössisches Hydrometrisches Bureau, 1907): *Die Entwicklung der Hydrometrie in der Schweiz*. – Eidgenössisches Departement des Innern, Bern.

Ehrsam, E. (1974): *Zusammenfassende Darstellung der beiden Juragewässerkorrektionen, ausgeführt in den Jahren 1868–1891 und 1962–1973*. – Interkantonale Baukommission der II. Juragewässerkorrektion (ohne Ortsangabe).

Elskes, E. (1894): *Rupture des ponts métalliques, étude historique et statistique*. – Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes 20, 8, 139.

Escher, A. (1852): *Escher als Gebirgsforscher*. In: Hottinger, J. J.: Hans Conrad Escher von der Linth. – Orell Füssli & Cie., Zürich; Neuauflage 1994 – Linth-Escher-Gesellschaft, Mollis, 369–406.

Escher, H. C. (1804): *Bericht über die Versumpfungen am Wallen-See, ihre Ursachen und die Mittel dagegen*. Beilage 2 in: *Aufruf an die Schweizerische Nation zur Rettung der durch Versumpfungen ins Elend gestürzten Bewohner der Gestade des Wallen-Sees und des unteren Linth-Thales*, 1807 (Verfasser Escher, H. C. und Ith, J.).

Expertenkommission Zürich (1898): *Bericht der Expertenkommission zur Prüfung der Frage der Ableitung des Wildwassers der Sihl in den Zürich- oder Zugersee*, Zürich, 27. Juli (Staatsarchiv).

Expertenkommissionen (1868): *Die Berichte der Expertenkommissionen über die Ursachen und den Betrag des durch die Überschwemmungen im Jahr 1868 in den Kantonen Uri, St. Gallen, Graubünden, Tessin und Wallis angerichteten Schadens*. Hrsg. Schweiz. Bundesrat, Bern.

Eytelwein, J. A. (1818): *Praktische Anweisung zur Bauart der Faschinenwerke und der dazu gehörigen Anlagen an Flüssen und Strömen*. Berlin.

Fabre, J.-A. (1797): *Essai sur la théorie des torrents et des rivières*. Paris.

FANKHAUSER, F. (1897): *Forstliche Reiseskizzen aus dem mittäglichen Frankreich*. Zeitschrift für das schweizerische Forstwesen, 9–21, 49–61, 152–161, 191–200, 307–314, 355–363, 421–430.

FELCHLIN, M. (ohne Datum): *Der Bergsturz von Goldau*. Orientierungsblatt des Bergsturzmuseums Goldau, Goldau.

FRAISSE, W. (1875): *Note sur une écluse de colmatage*. – Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes 1, 6–8, Lausanne.

FRASCHINA, C. (1866): *Relazione sulla sistemazione del fiume Ticino da Biasca al Lago Maggiore*. Bericht des Baudepartements des Kantons Tessin, Lugano.

FREY, A. A. (1954): *Von der I. zur II. Juragewässer-Korrektion*. – Eigenverlag Twann (mit Federzeichnungen von Armin Bieber).

FREY, H. (1974): *Das Küsnachter Tobel und die Verbauungen des Küsnachterbaches nach den Überschwemmungen von 1778 und 1878*. Küsnachter Jahresblätter 1974, 28–39.

FURRER, CH. (1996): *Carl Mutzner, Vorkämpfer für die Gewässerhoheit der Kantone*. Wasser, Energie, Luft 88, 5/6, 125–126.

GAGGETTA, S. (1946): *60 anni del consorzio del fiume Ticino* (1886–1946). Arturo Salvi, Bellinzona.

GEISER, K. (1914): *Brienzersee und Thunersee, Historisches und Rechtliches*. – Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband, Publikation 2, Bern.

GIACASSO, P. (1987): *L'usine des Forces motrices de la Coulouvrenière a 100 ans*. – Gas, Wasser, Abwasser 67, 1, 31–34.

GLAUSER, F. (1978): *Zur Verfassungstopographie des mittelalterlichen Luzern*. In: WICKI H. & andere: *Luzern 1178–1978,* Beiträge zur Geschichte der Stadt. Stiftung Stadtjubiläum 800 Jahre Luzern, Luzern, 53–60.

GOLDER, E. (1984): *1884–1984: 100 Jahre Birswuhr Neue Welt; die Geschichte eines Bauwerks*. – Baudepartement Basel-Stadt, Tiefbauamt, Basel.

GOLDER, E. (1991): *Die Wiese, ein Fluss und seine Geschichte*. – Baudepartement Basel-Stadt, Tiefbauamt Basel.

GONIN, L. (1890): *Mémoire sur la correction fluviale de la Broye*. Impr. A. Borgeaud, Lausanne.

GONIN, L. (1890): *Visite d'un ingénieur suisse aux travaux de reboisement des alpes françaises*. Bulletin de la société vaudoise des ingénieurs et des architectes 16, 3 und 4, 207–215.

GÖTZ, A. (1983): *Gewässerkorrektionen im Wandel der Zeit*. In: PRO AQUA: *Die Geschichte der Gewässerkorrektionen und der Wasserkraftnutzung in der Schweiz* (Bd. 9E, p. 2.1–2.16), – Eigenverlag, Basel.

GÖTZ, A. (1988): *Die Mündung des Alpenrheins im Wandel der Zeit*. – Schweizer Journal, September, 16–18.

GÖTZ, A. (2002): *Hochwasserschutzkonzepte gestern – heute – morgen*. In: PFISTER, CH.: *Am Tag danach.* Verlag Paul Haupt, Bern, 197–208.

GRAF, H. J. (1898): *Beitrag zur Geschichte der Verbauung der Emme im Kanton Bern*. Fischer, Münsingen.

GRICHTING, A. (1990): *Das Oberwallis 1840–1990*. Rotten-Verlag, Brig.

GRIM, J. (1995): *Die «alte Rheinmühle» in Konstanz und ihre Wirkung als Regulierwehr.* Schriftenreihe der Frontinus-Gesellschaft, H. 19, Bonn.

GROSJEAN, G. (1971): *500 Jahre Schweizer Landkarten*. Orell Füssli, Zürich.

GROSSI, P. (1986): *Vita di un fiume.* A. Salvioni u. Co., Bellinzona.

GROSSNIKLAUS, H. (1957): *Wilderswil*. Berner Heimatbücher. Verlag Paul Haupt, Bern.

GRÜNIG, A. (1988): *Zum Wandel der Flusslandschaft in der aargauischen Reusstalebene.* – Jahresbericht 1987 der Stiftung Reusstal, 29–43, Rottenschwil.

GUTE SCHRIFTEN (1958): *Die Wassernot im Emmental von Jeremias Gotthelf*. Nr. 14, Nachdruck (die Emmeschlange als Titelbild).

HAGEN, G. (1844): *Handbuch der Wasserbaukunst,* Zweiter Theil, Die Ströme. Bornträger, Königsberg. Erster Bd., Kapitel 69.

HANTKE, R. (1992): *Die Entstehungsgeschichte des Alpenrheintals*. In: Internationale Rheinregulierung: *Der Alpenrhein und seine Regulierung*, 20–30, Buchsdruck, Buchs.

HÄRRI, R. (1978): *Die Glatt und ihre Korrektion von Niederglatt bis zum Rhein*. Turicum, Sommerheft, 37–41.

HÄRRY, A. (1918): *Die Regulierung des Vierwaldstättersees.* Mitteilungen des Reussverbandes 4, Teil 1, 24–27. Anhang zur Schweizerischen Wasserwirtschaft, 10, 17/18.

HASSLER, H. (1977): *Zug*. In: EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR STRASSEN- UND FLUSSBAU (ASF 1977): *Hochwasserschutz in der Schweiz*, 89–92, Bern.

HAURI, C. (1958): *Entwässerung der Reussebene zwischen Mühlau und Rottenschwil*. – Wasser- und Energiewirtschaft 8/9, 264–266, Baden.

HÄUSLER, F. (1968): *Das Emmental im Staate Bern bis 1798*. – Schriften der Berner Burgerbibliothek, Bd. 2, 238–247, Bern.

HEER, A. (1992): *Die Dienstbahn*. In: INTERNATIONALE RHEINREGULIERUNG: Der Alpenrhein und seine Regulierung, Buchsdruck, Buchs, 247–256.

HOFMANN, H. (1950): *Die Aare- und Zulg-Korrektion*. Monographie, Bern (ohne Datumsangabe, aber offenbar um 1950 verfasst).

HONSELL, M. (1878): *Die Rhone-Korrektion im Kanton Wallis*. – Allgemeine Bauzeitung (Foersters Bauzeitung) 43, 61–66.

HÖPFLINGER, F. (1986): *Bevölkerungswandel in der Schweiz.* – Rüegger, Grüsch, p. 14.

HOTTINGER, J. J. (1852): *Hans Conrad Escher von der Linth, Charakterbild eines Republikaners*. – Orell, Füssli u. Cie, Zürich: Neuauflage 1994, Linth-Escher-Gesellschaft, Mollis.

HUBER, FR. (1941): *Die Emme und ihre Ufer*. Sonderdruck aus Burgdorfer Jahrbuch 1941, Burgdorf.

HÜGLI, A. (2002): *«Die Schlange im eigenen Busen nähren». Die Korrektion der Aare zwischen Thun und Bern im 19. Jahrhundert*. Lizentiatsarbeit in Schweizer Geschichte, Universität Bern (unveröffentlicht).

HUNGERBÜHLER, J. M. (1854): *Denkschrift über den Uferschutz am Rhein und die neuesten Bestrebungen für eine durchgreifende Stromregulierung von Ragaz bis zur Mündung des Rheins in den Bodensee*. Huber und Komp., St. Gallen und Bern, 1854.

INGENSAND, H. (1992): *2000 Jahre Theodolit: von Heron bis Heinrich Wild*. – Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, 3, 128–140.

INKU (1997): *Le Rhône genevois et ses sites industriels*. – Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Technikgeschichte und Industriekultur, April.

JACCARD, A. & SCHMID, W. (1960): *Aperçu rétrospectif des corrections exécutées sur nos cours d'eau*. – Wasser- und Energiewirtschaft 52, 8/9/10, 300–305.

JACCARD, A. (1955): *La régularisation du lac Léman*. – Wasser- und Energiewirtschaft 47, 5/6/7, 121–124.

JAEGER, CH. (1949): *Technische Hydraulik*. – Birkhäuser, Basel.

JASMUND, R. (1911): *Fliessende Gewässer*. In: BUBENDEY, J. F.: *Der Wasserbau, III.* Teil des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften, Erster Band: Die Gewässerkunde. Wilhelm Engelmann, Leipzig.

KAISER, K. (1990): *Ignaz Venetz im Dienste der Eiszeitforschung*. In: NATURFORSCHENDE GESELLSCHAFT OBERWALLIS: *Ignaz Venetz 1788–1859*. Rotten Verlag, Brig, 53–124.

KAISER, M. (1990a): *Rheinkarten und Rheinpläne aus 375 Jahren; eine Landschaft im Wandel*. – Werdenberger Jahrbuch 3, 30–43, Historisch-Heimatkundliche Vereinigung des Bezirks Werdenberg, Buchs.

KAISER, M. (1990b): *Hans Conrad Römers Rheingutachten von 1769*. – Werdenberger Jahrbuch 3, 44–67, Historisch-Heimatkundliche Vereinigung des Bezirks Werdenberg, Buchs.

KAISER, M. (1990c): *Hochwasser und Überschwemmungen am Alpenrhein*. – Werdenberger Jahrbuch 3, 67–77, Historisch-Heimatkundliche Vereinigung des Bezirks Werdenberg, Buchs.

KAISER, M. (1992): *Die alten Rheindörfer.* In: INTERNATIONALE RHEINREGULIERUNG: *Der Alpenrhein und seine Regulierung*, 67–74. – Buchsdruck, Buchs.

KAISER, M. (1992b): *Industrialisierung und Rheinkorrektion im St. Galler Rheintal*. In: INTERNATIONALE RHEINREGULIERUNG: *Der Alpenrhein und seine Regulierung,* 103–111. Buchsdruck, Buchs.

KAISER, M. (2002): *Alpenrhein und Landschaftswandel*. Manuskript für ein Kapitel in der neuen St. Galler Kantonsgeschichte.

KAPELLE, H. (1987): *Gedanken über die zum Bau des Canal d'Entreroches im 17. Jahrhundert erforderlichen Messinstrumente*. In: Canal d'Entreroches.– Cahier d'archéologie romande (33, p. 99–106), Lausanne.

KÄPPELI, R. (1969): *Eine Talschaft in Bedrängnis*. Zeitschrift Plan 26, 5, 145–148.

KASSER, P. & SCHNITTER, G. (1967): *Hydrologie*. In: THAMS, J. C.: *The Development of Geodesy and Geophysics in Switzerland* (p. 84–93). – Berichtshaus, Zürich.

KASSER, P. (1987): *Lütschg, Otto, Hydrologe, Glaziologe*. In: NEUE DEUTSCHE BIOGRAPHIE, Bayerische Akademie der Wissenschaften, Bd. 15.

KNÄBLE, K. (1970): *Tätigkeit und Werk Tullas*. – Badische Heimat 50, 4, 450–465.

KNOBEL, A. (1977): *Uri*. In: EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR STRASSEN- UND FLUSSBAU (ASF 1997): *Hochwasserschutz in der Schweiz*, 58–63, Bern.

KOBELT, K. (1922): *Walenseeregulierung*. Linth-Limmat-Verband, Mitt. 6, 37–40; 7, 41–47 (Anhang zu Schweiz. Wasserwirtschaft, Jg. 14).

KOCH, K. (1826): *Bericht der Schwellen-Commission ... über die Correction der Aar von Thun bis Bern*. – Stampfli, Bern.

KOELLA, E. (1988): *Die internationale Rheinstrommessung bei Basel, vorgenommen am 6.–13. November 1867*. In: LANDESHYDROLOGIE UND -GEOLOGIE: *125 Jahre Hydrometrie in der Schweiz*. – Mitteilungen 9, 109–122, Bern.

KOENIG, F. (1992): *Der Staatsvertrag Schweiz – Österreich von 1892*. In: INTERNATIONALE RHEINREGULIERUNG: *Der Alpenrhein und seine Regulierung*, Buchsdruck, Buchs, 172–189.

LA NICCA, R. (1881): *Hydrotechnisch-finanzielle Baubeschreibung der Juragewässerkorrektion*. In: SCHNEIDER 1881: *Das Seeland der Westschweiz und die Korrektion seiner Gewässer*. – Krebs, Bern, 175–208.

Lambert, A. (1986): *Die ersten Schritte auf dem Weg zur Genfersee-Regulierung*. Wasser, Energie, Luft 78, 1/2, 25–28.

Lambert, A. (1988): *Jaugeages du Rhône à Genève précédant la régularisation du Léman*. In: Landeshydrologie und -geologie: *125 Jahre Hydrometrie in der Schweiz*. – Mitteilungen 9, 163–174, Bern.

Lambert, A. (1989): *Das Delta der Grossen Melchaa im Sarnersee*. Wasser, Energie, Luft 81, 61–64.

Landolt, E. (1862): *Bericht an den hohen schweizerischen Bundesrath über die schweizerischen Hochgebirgswaldungen, vorgenommen in den Jahren 1858, 1859 und 1860*. Fiala, Bern.

Lauterburg, R. (1877): *Über den Einfluss der Wälder auf die Quellen- und Stromverhältnisse der Schweiz.* K. J. Wyss, Bern.

Legler, G. H. (1856): *Die Verbauung der Rüfiruns bei Mollis*. – Schweizerische Polytechnische Zeitschrift 1, 10–12.

Legler, G. H. (1868): *Über das Linthunternehmen*. In: Hydrotechnische Mitteilungen über Linthkorrektion, Runsenbauten, Zürichsee-Regulierung usw. – Frid. Schmid, Glarus, 1–22.

Leupold, J. (1724): *Schauplatz der Wasser-Bau-Kunst*. Zunkel, Leipzig.

Leupold, J. (1735): *Schauplatz der Mühlen-Bau-Kunst*. W. Deer, Leipzig.

Lichtenhahn, C. (1987): *100 Jahre Tessinkorrektion und weitere flussbauliche Aufgaben*. – Wasser- und Energiewirtschaft 79, 5/6, 102–105.

Linth-Escher-Gesellschaft (1993): *Das Linthwerk*. – Monographie, Mollis (mit einem Nachdruck zweier Dokumente: «Aufruf an die Schweizerische Nation» von 1807 und «Das Linththal, wie es ware und wie es jetzt ist» von 1821).

Linth-Escher-Gesellschaft (2000): *Schindler, Escher und das «Haltly»*. – Baeschlin, Glarus.

Lüthi, H. (2001): *Die Limmat und das Dorf Dietikon; die Jugenderinnerungen des Jakob Grau*. Altberg, Weiningen.

Lütschg, O. (1926): *Über Niederschlag und Abfluss im Hochgebirge, Sonderdarstellung des Mattmarkgebietes.* Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband, Schrift 14, Zürich.

Maag, Ch. (1989): *Zürich und sein Linthwerk*. Zürcher Chronik Nr. 2, 56–59.

Meier, P. (1885): *Die Linthebene*. Unveröffentlichtes Vortragsmanuskript der Linthverwaltung, Lachen.

Meister, R. (1981): *Albert Anker und seine Welt*. Verlag Zytglogge, Bern, 79.

Meyer, O., Pfammatter, C., Eyer, E., Werlen, M. (1997): *Saltina-Hubbrücke in Brig-Glis*. Schweizer Ingenieur und Architekt 50, 4–8.

Mohr, J. (1842): *Der Vierwaldstätter-See und die Thalsperre oder Reussschwelle zu Luzern*. Xaver Meyer, Luzern.

Morosoli, R. (2001): *Entwurf für eine Geschichte des Ägeritales, ein Gemeinschaftswerk aller Ägerer Gemeinden* (in Vorbereitung).

Mühlberg, F. (1887): *In Sachen der Correction Böttstein-Rhein*. Schweizerische Bauzeitung IX, 22, 134–136.

Müller, R. (1973): *Über die Wasserstände der Juraseen*. In: Schwab, H. & Müller, R.: *Die Vergangenheit des Seelandes im neuen Licht*. Universitätsverlag Freiburg, 154–176.

Naef, H. R. (1993): *125 Jahre Wasserversorgung der Stadt Zürich*. Zürcher Chronik 2, 10–14.

Neumann, K. (1979): *Projekt wie die Inundation zu Thun und dortigen Seeörtheren zu verhinderen*. – Wasser, Energie, Luft 71, 9, 177–183.

Noseda, I. (2000): *Die Eroberung der Schweizer Talböden*. – Werk, Bauen und Wohnen, H. 1/2, 34–41.

Noseda, I. (2001): *Die grosse Landnahme zu Lasten der Gewässer im 19. Jahrhundert: am Beispiel der Linthkorrektion*. – Cartographica Helvetica, H. 23, 27–34.

Nosek, Th. (1881): *Über Regulierung von Gebirgsflüssen und Anlage von Thalsperren in Baiern und in der Schweiz*, Reisebericht. Carl Winiker, Brünn.

Noverraz, J. (1977): *Vaud*. In: Eidgenössisches Amt für Strassen- und Flussbau (ASF 1977): *Hochwasserschutz in der Schweiz*, 157–160, Bern.

OBI (1890): *Die Wildbachverbauung in der Schweiz.* Eidgenössisches Oberbauinspektorat. Erstes Heft, Bern.

OBI (1892): *Die Wildbachverbauung in der Schweiz*. Eidgenössisches Oberbauinspektorat. Zweites Heft, Bern.

OBI (1914): *Wildbachverbauungen und Flusskorrektionen in der Schweiz*. Eidgenössisches Oberbauinspektorat. Drittes Heft, Bern.

OBI (1916a): *Korrektion der Gebirgsflüsse in der Schweiz*. Schweizerisches Oberbauinspektorat, Viertes Heft. Bern.

OBI (1916b): *Flusskorrektionen der Schweiz; Aare zwischen Thuner-See und Bieler-See*. Rösch und Schatzmann, Bern.

ÖBLF (1984): *100 Jahre Wildbachverbauung in Österreich, 1884–1984*. Österreichisches Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft (ÖBLF), Wien.

Ospelt, A. (1990): *Die Rheinkorrektion entlang der st. gallisch-liechtensteinischen Grenze*. Werdenberger Jahrbuch 3, 104–107. Historisch-Heimatkundliche Vereinigung des Bezirks Werdenberg, Buchs.

Ostschweiz (1967): *Das Tal des Rheins*. Arbeitshefte für den Unterricht in der Schweizer Geographie, H. 9, Arp, St. Gallen.

Pestalozzi, H. (1852): *Das Linthwerk in hydrotechnischer Beziehung*. In: Hottinger, J. J.: *Hans Conrad Escher von der Linth* – Orell, Füssli u. Cie., Zürich; Neuauflage 1994 – Linth-Escher-Gesellschaft (p. 407–429), Mollis.

Pestalozzi, K. (1872): *Über die Rheincorrection im Canton St. Gallen*. Separatdruck aus Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, Zürich.

Pestalozzi, K. (1881): *Die Geschiebebewegung und das natürliche Gefälle der Gebirgsflüsse.* Memorandum ohne nähere Angaben (spätestens 1881 erschienen, wahrscheinlich aber auch nicht viel früher).

Peter, A. (1922): *Die Juragewässerkorrektion, Bericht über die Vorgeschichte, Durchführung und Neuordnung 1921*. – Bernischer Regierungsrat, Bern.

Peter, E. (1955): *Die Korrektion des Rheins im Kanton St. Gallen*. Schweizerische Bauzeitung 73, 25, 3–8.

Peter, H. (1917): *Die Abflussregulierung des Wallen- und Zürichsees*. Linth-Limmat-Verband, Mitt. 1, 12–16 (Anhang zu Schweiz. Wasserwirtschaft, Jg. 9).

Peter, H. (1924): *Wasserwirtschaftsplan des Linth-Limmatgebietes*. Hrsg. Linth-Limmat-Verband, Zürich.

Pfister, Ch. & Brändli, D. (1999): *Rodungen im Gebirge – Überschwemmungen im Vorland: Ein Deutungsmuster macht Karriere*. In: Sieferle, R. P. & Breuninger, H.: *Natur-Bilder. Wahrnehmungen von Natur und Umwelt in der Geschichte*. – Campus, Frankfurt, p. 297–323.

Pfister, Ch. (1996): *Häufig, selten oder nie, zur Wiederkehrperiode der grossräumigen Überschwemmungen im Schweizer Alpenraum*. – Geographische Gesellschaft Bern, 59, 139–149, Bern.

Püntener, P. (2000): *Hochwasser im Kanton Uri, ein historischer Rückblick und das Hochwasser vom 24./25. August 1987*. – Schweizer Ingenieur und Architekt 118, 36, 752–755.

Regierungsrat ZH (1877): *Bericht des Regierungsrathes betreffend die Motion Bürkli wegen der Korrektion öffentlicher Gewässer*, Zürich, 29. Dez. (Staatsarchiv).

Reiff, H. (1990): *Die Vorbereitung und Ausführung der Rheinkorrektion in der Zeit von 1848 bis 1927*. – Werdenberger Jahrbuch 3, 82–92, Historisch-Heimatkundliche Vereinigung des Bezirks Werdenberg, Buchs.

Rickenbacher, M. (1999): *Die Trigonometrie im Blut, zum 250. Geburtstag des Orismüllers Johann Jakob Schäfer (1749–1823)*. Baselbieter Heimatblätter, 64. Jg., Nr. 4, Liestal.

Roesli, F. (1965): *Das Renggloch als geologisches Phänomen und als Beispiel einer frühen Wildbach-Korrektion*. Eclogae Geologicae Helvetiae, Vol. 58/1, 109–126.

Rohner, H. (1992): *Baragas Plan von 1792 und Korrektionsvarianten im Vorfeld des Staatsvertrages von 1892*. In: Internationale Rheinregulierung: *Der Alpenrhein und seine Regulierung*, Buchsdruck, Buchs, 144–151.

Rouse, H. & Ince, S. (1980): *History of Hydraulics*. – Iowa Institute of Hydraulic Research, Iowa.

Scheck, R. (1885): *Anleitung zur Ausführung und Veranschlagung von Faschinenbauten*. Berlin.

Schindler, A. (1878): *Die Ursachen der Hochwasser und die Mittel ihrer Bekämpfung*. Eigenverlag, Basel.

Schindler, A. (1888): *Die Wildbach- und Flussverbauung nach den Gesetzen der Natur*. Hofer und Burger, Zürich.

Schindler, A. (vermutlich 1911): *Katechismus der Erosionsheilung, der Rüfenverbauung und der Flusskorrektion*. Kreis u. Co., Basel.

Schindler, C. (2002): *Zum Quartär des Linthgebiets zwischen Luchsingen, dem Walensee und dem Zürichsee*. Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz (Manuskript).

Schmid, W. (1958): *Wildbachverbauungen und Flusskorrektionen im Einzugsgebiet der Reuss*. – Wasser- und Energiewirtschaft 8/9, 201–209.

Schneider, J. R. (1881): *Das Seeland der Westschweiz und die Korrektion seiner Gewässer*. – Krebs, Bern.

Schnitter, N. (1992): *Die Geschichte des Wasserbaus in der Schweiz*. – Olynthus, Oberbözberg.

Schöpfer, H. (2001): (Korrespondenz mit dem Verfasser).

Schuler, M. (1836): *Geschichte des Landes Glarus*, Zürich, 447–449 (Zitat aus Davatz 1990).

SIG (1991): *Le jet d'eau de Genève.* Hrsg. Services industriels de Genève, Tribune Editions, Genève.

Solar, G. (1998): *Der persönliche Lebensbericht von H. C. Escher von der Linth*. Teile I und II – Linth-Escher-Gesellschaft, Mollis.

Speck, J. (1993): *Stadtbaumeister Jost Knopfli und die «Abgrabung» des Zugersees 1591–1592*. – Zuger Neujahrsblatt 1993. Hrsg. Gemeinnützige Gesellschaft Zug, 22–38, Zug.

Speich, D. (2001a): *Das Planarchiv der eidgenössischen Linthkommission*. Cartographica Helvetica 23, p. 35–38.

Speich, D. (2001b): *Umweltschutz und Denkmalpflege an der Linth: Ein Blick in die Geschichte*. – Wasser, Energie, Luft 93, H. 7/8, 213–214.

Speich, D. (2002): *Korrigierte Natur; praktische Aufklärung, politische Kultur und die Begradigung der Linth (ca. 1750 – ca. 1850)*. Entwurf einer Dissertation, Version Juni.

Stadler, H. (1884): *Die Reusskorrektion von der Attinghauserbrücke bis zum Urnersee*. In: Arbeitsgruppe Reussmündung: *Die Reussmündungslandschaft am Urnersee*. Naturforschende Gesellschaft Uri, H. 12.

Stambach, E. (1972): *Über die historische Entwicklung des Eidgenössischen Amtes für Wasserwirtschaft*. – Wasser- und Energiewirtschaft 64, 10/11, 354–361.

Stirnimann, V. (1888): *Der Renggbach in der Gemeinde Kriens und dessen rationelle Verbauung.* – J. L. Bucher, Luzern.

Stuber, R. (1949): *Das Rheintal in seinem Kampfe gegen den ungebändigten Rhein*. – Jahrbuch unser Rheintaler, 21–35.

Surell, A. (1870): *Etude sur les torrents des Hautes Alpes*. Dunod, Paris, 2. Auflage (1. Auflage 1841).

Suter, K. (1977): *Schaffhausen*. In: Eidgenössisches Amt für Strassen- und Flussbau (ASF 1977): *Hochwasserschutz in der Schweiz*, 107–111, Bern.

Teysseire, J. Cl. (1997): *Die dritte Rhonekorrektion, Anwendung der neuen Philosophie für Hochwasserschutzprojekte*. – Wasser, Energie, Luft 89, 5/6, 97–100.

Thomi, L. (2000): *«Wassernot» im Emmental; der Kampf der Schachenbewohner gegen das Hochwasser der Emme*. – Seminararbeit Universität Lausanne.

Thürer, G. (1966): *Das Linthwerk Hans Conrad Eschers*. – Neue Zürcher Zeitung Nr. 4650, p. 8.

Ulmi, H. & Bertschmann, S. (1977): *Luzern*. In: Eidgenössisches Amt für Strassen- und Flussbau (ASF 1977): *Hochwasserschutz in der Schweiz*, 51–57, Bern.

Vallés, F. (1857): *Etudes sur les inondations, leurs causes et leurs effets*. Victor Dalmon, Paris.

van Muyden, A. (1901): *Le Régime du lac Léman et de ses affluents au cours de la période décennale de 1890–1899.* – Bulletin technique de la Suisse Romande, 2, 9, 73–76.

Venetz, J. (1851): *Mémoire sur les digues insubmersibles, sur les écluses à cheminée pour le colmatage et sur les principes à suivre dans les corrections des cours d'eau avec leur application spéciale aux redressements de l'Orbe et de la Broye et à assainissement des marais adjacents*. Ferd. Ramboz et Cie., Genève.

Vischer, D. & Fankhauser, U. (1990): *275 Jahre Kanderumleitung*. – Wasser, Energie, Luft 82, 1/2, 17–25, Baden.

Vischer, D. & Raemy, F. (1998): *Histoire de l'aménagement des eaux dans les Alpes suisses*. Gas, Wasser, Abwasser 78/12, 978–985, Zürich

Vischer, D. & Raemy, F. (2001): *Du canal de Suez à la première correction des eaux du Jura*. – Wasser, Energie, Luft 93, 7/8, 211–212, Baden.

Vischer, D. (1982): *Daniel Bernoulli zum 200. Todestag*. – Wasser, Energie, Luft 75, 5/6, 144–146, Baden.

Vischer, D. (1983): *Leonhard Euler zum 200. Todestag*. Wasser, Energie, Luft 75, 7/8, 139–141.

Vischer, D. (1986a): *Die schweizerischen Gewässerkorrektionen des 19. Jahrhunderts, Zeugen einer friedlichen Eroberung*. – Neue Zürcher Zeitung 2, p. 35, Zürich.

Vischer, D. (1986b): *Schweizerische Flusskorrektionen im 18. und 19. Jahrhundert*. – Mitteilung 84, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich.

Vischer, D. (1987): *The Strickler formula, a Swiss contribution to hydraulics*. – Wasser, Energie, Luft 79, 7/8, 139–142. Baden.

Vischer, D. (1988a): *125 Jahre Hydrometrie auf Bundesebene – die Rolle des Ingenieurs Robert Lauterburg*. – Schweizer Ingenieur und Architekt 106/43, 1184–1191, Zürich.

Vischer, D. (1988b): *Lehren aus dem Flussbau des 19. Jahrhunderts*. – Institut für Siedlungswasserwirtschaft der Universität Graz, 14, 559–572, Graz.

Vischer, D. (1988c): *Ein berühmtes Überdruckventil.* – Wasser, Energie, Luft 80, 9, 208–209.

Vischer, D. (1989): *Ideen zur Bodenseeregulierung. Ziele. Altes und Neues*. – Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik 87, 1, 32–37.

Vischer, D. (1989a): *Sind Flüsse Lebewesen? Gedanken zum Verhältnis zwischen Mensch und Gewässer*. – Österreichische Wasserwirtschaft 41, 5/6, 115–121.

Vischer, D. (1989b): *Die Umleitung der Lütschine in den Brienzersee im Mittelalter, Legende oder Wirklichkeit?* – Wasser, Energie, Luft 81, 9, 289–242, Baden.

Vischer, D. (1990): *Der Bodensee, seine Zuflüsse, seine Schwankungen, seine Abflüsse; eine hydrologische Übersicht*. Wasser, Energie, Luft 82, 7/8, 137–144.

Vischer, D. (1991): *Ein römischer Entwässerungsstollen in der Schweiz?* – Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik 89, 6, 303–309.

Vischer, D. (1993): *Der Zeitpunkt der jährlichen Höchststände im Bodensee-Untersee und im Hochrhein oberhalb der Thurmündung*. Wasser, Energie, Luft 85, 7/8, 133–135.

VISCHER, D. (1994a): *Die Forsthydrologie und Hans M. Keller: wissenschaftliche und persönliche Würdigung*. – Beiträge zur Hydrologie der Schweiz, 36, 7–17, Zürich.

VISCHER, D. (1994b): *Bernische Wasserbauten des 18. Jahrhunderts*. In: LÖTSCHER, TH.: *«Währschafft, nuzlich und schön»* (p. 48–61). – Bernisches Historisches Museum, Bern.

VISCHER, D. (1995a): *Eine typisch schweizerische Form der Wasserwehr*. – Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 146, 8, 613–628.

VISCHER, D. (1995b): *Die Schweizer Seen in der Wasserbaugeschichte*. – Schriftenreihe der Frontinusgesellschaft 19, Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser, 33–58, Bonn.

VISCHER, D. (1996): *Vom treibenden Blatt zum Messflügel*. In: LANDESHYDROLOGIE UND -GEOLOGIE: *100 Jahre Eichstätte für hydrometrische Flügel*. – Hydrologische Mitteilungen 24, 23–38, Bern.

VISCHER, D. (1997): *Luigi Negrelli, Oberingenieur der ersten schweizerischen Eisenbahn*. – Schweizer Ingenieur und Architekt 115, 5, 8–10, Zürich.

VISCHER, D. (1999): *Nationales Gewässersystem und Wasserkraftstatistik*. In: GUGERLI, D.: *Vermessene Landschaften, Kulturgeschichte und technische Praxis im 19. und 20. Jahrhundert*. Serie Interferenzen, 1, 89–104 – Chronos Verlag, Zürich.

VISCHER, D. (2000a): *Johann Gottfried Tulla, badischer Experte für Schweizer Flusskorrektionen*. – Schweizer Ingenieur und Architekt 5, 11–16, Zürich.

VISCHER, D. (2000b): *Tulla und die Schweiz*. – Wasserwirtschaft 90/10, 472–478, Wiesbaden.

VISCHER, D. (2000c): *Der Wassermotor von Albert Schmid (1847–1915), ein Werkstattantrieb ausgangs des 19. Jahrhunderts*. – Wasser, Energie, Luft 92, 11/12, 348.

VISCHER, D. (2001a): *Überschwemmungsgebiete als Wohnraum für die «untere Klasse»; ein Hochwasserschutzkonzept von 1825 für St. Petersburg*. – Wasserwirtschaft 91/6, 302, Wiesbaden.

VISCHER, D. (2001b): *Wasserbauer und Hydrauliker der Schweiz*. – Verbandsschrift 63, Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband, Baden.

VOCH, L. (1767): *Anleitung zum Wasserbaue an Flüssen und Strömen*. – E. T. Lotter, Augsburg.

VON MORLOT, A. (1895): *Die Juragewässerkorrektion*. – Schweizerische Bauzeitung 26, 103–107, 116–119, 122–124, Zürich.

VON MURALT, H. (1880): *Fluss-Sanierung nach Carl Bürkli*. (Ohne nähere Angaben, Erscheinungsjahr ca. 1880, Staatsarchiv Zürich).

VON ROTEN, E. & KALBERMATTER, PH. (1990): *Ignaz Venetz als Ingenieur*. In: NATURFORSCHENDE GESELLSCHAFT OBERWALLIS: *Ignaz Venetz 1788–1859*. Rotten Verlag, Brig, 33–46.

VON SALIS, A. (1870): *Bericht über die Nollaverbauung an die Tit. Regierung des Kantons Graubünden*. In: Regierung des Kantons Graubünden: Eingabe ... an den Tit. Schweiz. Bundesrath auch zu Handen der hohen Bundesversammlung betreffend Verbauung der Wildbäche der Schweiz, mit speziellen technischen Gutachten über das Projekt der Nolla-Verbauung. Chur.

VON SALIS, A. (1875): *Notice sur l'amélioration du régime des eaux d'après les principes appliqués en Suisse, rédigée pour l'exposition géographique de Paris en 1875*. Bulletin de la société vaudoise des ingénieurs et des architectes, 1, 4, 29–37.

VON SALIS, A. (1883): *Das Schweizerische Wasserbauwesen; Organisation, Leistungen und Bausysteme*. Stämpfli, Bern.

VON SALIS, A. (1887a): *Zum Projekt der Aarecorrection Böttstein-Rhein*. Schweizerische Bauzeitung IX, 19, 115–117.

VON SALIS, A. (1887b): *Aare-Correction Böttstein-Rhein.* Schweizerische Bauzeitung, IX, 24, 148.

VON SALIS, F. (1879): *Über den Seedamm-Bruch an der Albula*. Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubündens, Vereinsjahr 1877–78, Hitz, Chur, 1–16.

WAIBEL, F. (1992): *Die Werke der Internationalen Rheinregulierung*. In: INTERNATIONALE RHEINREGULIERUNG: *Der Alpenrhein und seine Regulierung* (206–235). – Buchsdruck, Buchs.

WALLISELLER CHRONIK (1888): *Rieden – ein Bilderbogen zu seiner Geschichte*. Eigenverlag Wallisellen.

WALTHERT, H. & andere (1977): *Bern.* In: EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR STRASSEN- UND FLUSSBAU (ASF 1977): *Hochwasserschutz in der Schweiz*, 43–49, Bern.

WANG, F. (1903): *Grundriss der Wildbachverbauung erster und zweiter Teil*. S. Hirzel, Leipzig.

WARTH, W, (1990): *Die Schweiz, der Kanton St. Gallen, die Rheintalgemeinden und die Rheinkorrektion vor 1848*. In: INTERNATIONALE RHEINREGULIERUNG: *Der Alpenrhein und seine Regulierung*. 152–157, Buchsdruck, Buchs.

WEINGARTNER, R. (1998): *Analyse der räumlichen und zeitlichen Variabilität der Hochwasser in der Schweiz*. – Schlussbericht NFP 31. vdf Hochschulverlag, Zürich.

WETLI, K. (1885): *Die Bewegung des Wasserstandes des Zürichsees während 70 Jahren und Mittel zur Sanierung seiner Hochwasser.* Hofer und Burger, Zürich.

WEY, J. (1875): *Die Colmatage des Hinterlandes des Rheines im Canton St. Gallen*. – Eisenbahn, III, 5, 37–38.

Wey, J. (1890): *Geschichtliche Darstellung der technischen Entwicklung der Rheincorrection*. – Schweizerische Bauzeitung XV, 4, 19–34.
Wey, J. (1909): *Memorial zum Diepoldsauer Durchstich der Internationalen Rheinregulierung*. Bericht an die Regierung des Kantons St. Gallen. Zollikofer, St. Gallen.
WSL (1991): *Chronik der Unwetterschäden in der Schweiz*. Bericht 330 der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf.
Zammatio, C., Marinoni, A. & Brizio, A. M. (1981): *Leonardo der Forscher*. – Belser Verlag, Stuttgart und Zürich, p. 37.
Zaugg, P. (1993): *Hauptmann Andreas Lanz, Ingenieur von Rohrbach (1740–1803)*. Jahrbuch des Oberaargaus, 223–236.
Zaugg, P. (1997): *Mathematiker und Ingenieure aus dem Emmental*. Burgdorfer Jahrbuch (p. 102–106). – Haller u. Jenzer, Burgdorf.
ZIA, Zürcher Ingenieur- und Architecten-Verein (1887): Vereinsnachrichten, Referat über die Sitzung vom 28. April 1887. Schweizerische Bauzeitung IX, 19, 119–120.
Ziegler, P. (1979): *Der See und die Menschen*. In: Hantke et al.: *Der Zürichsee und seine Nachbarn*. Verlag Neue Zürcher Zeitung, 197–217.
Zimmermann, M. (1994): *Murgänge im Dorfbach von Randa (VS)*. Wasser, Energie, Luft 86, 1/2, 17–21.
Zimmermann, W. G. (1995): *Zürich – aus der Geschichte einer Stadt am Wasser*. Schriftenreihe der Frontinusgesellschaft 19, Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser, 26–32, Bonn.
Zipkes, E. (1986): *175 Jahre Escher-Kanal; Gedenktafel und Erinnerungsmedaillen zu Ehren von Johann Conrad Escher (1767–1823), Schöpfer der Linthkorrektion*. – Helvetische Münzenzeitung, Zürich, 21. Jg., Nr. 12, 533–540.
Zollinger, F. (1983): *Die Vorgänge in einem Geschiebeablagerungsplatz*. Dissertation an der ETH Zürich, 7419.
Zschokke, Th. (1852): *Die Überschwemmungen in der Schweiz im September 1852*. Monographie, Aarau.
Zürbrugg, H. (1965): *Aspects juridiques du régime des eaux en Suisse*. – Schweiz. Juristenverein, Referate und Mitteilungen, H. 2, Verlag Helbing und Lichtenhahn, Basel.
Zürcher, J. (1876): *Aar-Korrektion zwischen Thun und Uttigen*. – Allgemeine Bauzeitung, Wien, 65–67; 79–83.

# Bildquellen

(1) Graphische Sammlung ETH Zürich. (2) Baugeschichtliches Archiv der Stadt Zürich. (3) Staatsarchiv Wallis, Foto Biner, Bramois. (4) Bergsturz-Museum, Goldau (Poster). (5) Zentral- und Hochschulbibliothek Luzern. (6) aus WSL 1991. (7) aus Gute Schriften 1958. (8) Graphische Sammlung ETH Zürich. (9) aus Waibel 1992. (10) aus Ostschweiz 1967. (11) Zeichnung des Verfassers nach einem Stich von E. Rittmeyer in Berlepsch's Alpen, Schweizerische Landesbibliothek, Bern. (12) aus Baumann 1977. (13) Öffentliche Kunstsammlung Basel, Kupferstichkabinett (Inv. Bd. 103.91). (14) aus Kaiser 1990c. (15) Kunstmuseum Winterthur, Inv. Nr. 139. (16) aus von Salis 1870. (17) aus Höpflinger 1986 (oben) und Pfister 1996 (unten). (18) aus Bleuler 1845. (19) Abbildung in La Suisse illustrée, Sept. 1876. (20) Schweizerisches Museum für Volkskunde, Basel. (21) aus dem Schweizerischen Bilderkalender 1839–1845 von Martin Disteli, Gassmann, Solothurn. (22) Staatsarchiv Basel, Plan T148, Foto M. Rickenbacher, Bern. (23) aus Zaugg 1997. (24) Staatsarchiv Bern. (25) aus Leupold 1724 (Tab. IV). (26) Museum Lindwurm, Stein am Rhein, Foto D. Füllemann, Eschenz. (27) Staatsarchiv Bern. (28) aus Jasmund 1911. (29) Deutsches Museum München. (30) aus Leupold 1735 (Tab. III). (31) aus Carmody & Kobus 1968. (32) aus Carmody & Kobus 1968. (33) aus Eytelwein 1818. (34) aus Duile 1826. (35) aus de Bélidor 1740 (II. Buch, Cap. IV, Tab. VII). (36) Graphische Sammlung ETH Zürich. (37) aus de Bélidor 1737–1753 (Planche XXXV). (38) aus Peter 1922. (39) aus Nosek 1881. (40) aus Voch 1767. (41) aus Scheck 1885. (42) aus Nosek 1881. (43) aus Leupold 1724 (Tab. VII und IX). (44) Zeichnung des Verfassers nach Leupold 1724 (Tab. XXIII). (45) Kulturgüterdienst Freiburg, Foto P. Bosshard. (46) Zeichnung des Verfassers nach einer Foto im Archiv Thuner- und Brienzersee Schiffsbetrieb. (47) aus Waibel 1992. (48) aus Vischer 1986b (Bild 31). (49) Zentral- und Hochschulbibliothek Luzern (Illustration aus: Beat Fidel Anton von Zurlauben. Tableaux de la Suisse ou voyage pittoresque, Paris 1780–1788). (50) aus Vischer 1991. (51) Skizze BWG. (52) ZHB Luzern, Eigentum Korporation. (53) aus Hagen 1844. (54) aus Walliseller Chronik 1988. (55) Skizze BWG. (56) aus Speck 1993. Oben aus Chronik von J. Stumpf, 1547, unten Ausschnitt Stadtvedute von J. Brandenberg, graviert von J. A. Friedrich. (57) Skizze BWG. (58) Regionalmuseum Langnau im Emmental. (59) Schlossmuseum Burgdorf. (60) Öffentliche Kunstsammlung Basel, Kupferstichkabinett (Sammlung Falkeisen, Bern, Foto M. Bühler). (61) Skizze BWG. (62) Staatsarchiv Bern. (63) Staatsarchiv Bern. (64) aus Vischer & Fankhauser 1990. (65) Privatbesitz. (66) aus Vischer & Fankhauser 1990. (67) aus Beck 1938. (68) aus Neumann 1979. (69) aus Vischer & Fankhauser 1990. (70) Museum des Landes Glarus, Näfels. (71) Skizze BWG. (72) Linth-Escher-Stiftung, Mollis (zierte das Neujahrsblatt der Hülfsgesellschaft Zürich auf das Jahr 1809). (73) Privatbesitz. (74) Skizze BWG. (75) Anhang zum Aufruf an die Schweizerische Nation zur Rettung der durch Versumpfungen ins Elend gestürzten Bewohner der Gestade des Wallen-Sees und des untern Linth-Thales, 1807. (76) aus Maag 1989. (77) Linth-Escher-Stiftung, Mollis (aus Officielles Notizenblatt, die Linthunternehmung betreffend). (78) Privatbesitz, unbekannter Künstler, undatiert, infrage kommt Kaspar Schindler, der Sohn von Conrad Schindler. (79) Linth-Escher-Stiftung, Mollis (aus Officielles Notizenblatt, die Linthunternehmung betreffend).(80) Graphische Sammlung ETH Zürich. (81) Graphische Sammlung ETH Zürich. (82) Linth-Archiv, Glarus. (83) aus Hottinger 1852. (84) Linth-Escher-Stiftung, Mollis. (85) aus Bleuler 1845. (86) Skizze BWG. (87) Staatsarchiv St. Gallen, 28489 KB. (88) aus Hungerbühler 1854. (89) Staatsarchiv St. Gallen, 34976 KB (Plan 153 KPG). (90) aus Reiff 1990. (91) aus Wey 1909. (92) Staatsarchiv St. Gallen. (93) Staatsarchiv St. Gallen. (94) aus Pestalozzi, K. 1872. (95) Staatsarchiv St. Gallen. (96) aus Lütschg 1926. (97) Skizze BWG. (98) aus von Salis 1883. (99) Archiv der Internationalen Rheinregulierung Rorschach. (100) aus von Salis 1883. (101) Kunstmuseum Sitten, Foto H. Preisig. (102) aus Barraud 1888. (103) Schweizerische Landesbibliothek, Plakatsammlung. (104) aus Peter 1922, Foto OBI. (105) Skizze BWG. (106) aus Berner Heimatbuch 138/1988. (107) Staatsarchiv Bern. (108) Staatsarchiv Bern. (109) Archiv Eduard Schweizer, Gals (Foto 70/22A). (110) aus Desor 1870. (111) aus Desor 1870. (112) aus Peter 1922, (113) aus Meister 1981 (S. 79). (114) aus Peter 1922. (115) aus Elskes 1894. (116) Musée d'art et d'histoire, Neuchâtel (H 1995.21.844.8). (117) Staatsarchiv Uri, Grosser Skizzenband von Karl Franz Lusser, S. 219. (118) Skizze BWG. (119) aus Golder 1984 (S. 8). (120) aus Golder 1984 (S. 23). (121) aus Golder 1984 (S. 21). (122) Staatsarchiv Zürich. (123) Skizze BWG. (124) Zentralbibliothek Zürich (Rheinsfelden I,10 unten). (125) aus Nosek 1881. (126) Skizze BWG. (127) Staatsarchiv Bern (Planausschnitt). (128) aus Koch 1826. (129) aus Zürcher 1876. (130) aus von Salis 1883. (131) Schweizerische Landesbibliothek Bern (Ekta 4650). (132) Staatsarchiv Bern (aus Staatsverwaltungsbericht 1830). (133) Skizze BWG. (134) Staatsarchiv Uri, Situationspläne von Kaspar M. Hegner, Plan Nr. 3 (R-150-15/11), Plan-Archiv Nr. 7. (135) Skizze BWG. (136) aus BVIA 1882. (137) aus OBI 1916. (138) aus OBI 1916. (139) Skizze BWG. (140) Bernisches Historisches Museum, Inv. 3422, Foto St. Rebsamen. (141) aus Walthert 1977. (142) Schlossmuseum Burgdorf. (143) aus Grossi 1986. (144) aus von Salis 1883. (145) aus OBI 1914. (146) Neue Zürcher Zeitung

10.3.1988 (Besprechung der Ausstellung «Das Tessin und seine Photographen», Kunsthaus Zürich). (147) aus Surell 1870 (Fig. 1). (148) aus Culmann 1864 (Taf. 5). (149) aus Comtesse 1920. (150) Staatsarchiv Sitten, Foto Biner, Bramois. (151) Zentralbibliothek Zürich. (152) aus Stirnimann 1882 (Taf. II). (153) Skizze BWG. (154) aus Culmann 1864 (Taf. 13). (155) aus Nosek 1881. (156) aus Culmann 1864 (Taf. 12). (157) aus Culmann 1864 (Taf. 11). (158) aus Legler 1856. (159) aus Legler 1868. (160) aus Nosek 1881. (161) aus Culmann 1864 (Taf. 15). (162) aus Culmann 1864. (163) Rätisches Museum Chur. (164) aus von Salis 1870. (165) aus OBI 1892. (166) aus OBI 1892. (167) aus OBI 1892. (168) aus Schindler, A. 1911. (169) aus von Muralt 1880. (170) aus von Muralt 1880. (171) Skizze BWG. (172) aus Schindler, A. 1888. (173) aus Schindler, A. 1878. (174) aus Schindler, A. 1888. (175) aus Schindler, A. 1888. (176) Skizze BWG. (177) Foto B. Etter, Zürich. (178) aus Geiser 1914. (179) ZHB Luzern, Eigentum Korporation. (180) Staatsarchiv Luzern (Pl. 4247). (181) Staatsarchiv Luzern (Pl. 5256–5259). (182) aus Festschrift der SIA-Sektion Gotthard 1892. (183) Baugeschichtliches Archiv der Stadt Zürich. (184) Baugeschichtliches Archiv der Stadt Zürich (Nr. 17702). (185) Zentralbibliothek Zürich. (186) Baugeschichtliches Archiv der Stadt Zürich (Nr. 1540). (187) Bibliothèque publique et universitaire, Genève. (188) Bibliothèque publique et universitaire, Genève. (189) aus Bétant 1941. (190) aus Grosjean 1971, Kartensammlung, ETH-Bibliothek (KA 030 SCHW 03). (191) Bibliothèque publique et universitaire, Collections iconographiques, Genève. (192) Bibliothèque publique et universitaire, Collections iconographiques, Genève. (193) Archive Service de l'eau, Genève, Foto G. Bolay. (194) Archive Service de l'eau, Genève, Foto G. Bolay. (195) aus Grim 1994. (196) aus Grim 1994. (197) Staatsarchiv St. Gallen (26827 KB). (198) Staatsarchiv St. Gallen. (199) aus Bleuler 1845. (200) Staatsarchiv St. Gallen (11197 KB) aus Leipziger Illustrierte 1868. (201) aus von Salis 1883. (202) aus von Salis 1883.