Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 83 (1991)
Heft: 1-2

Artikel: Geschichte des Schutzwasserbaus in der Schweiz
Autor: Schnitter, Niklaus
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940976

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

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

Geschichte des Schutzwasserbaus in der Schweiz

Niklaus Schnitter

In Antike und Mittelalter waren angesichts der geringen bis mässigen Bevölkerungsdichte in der Schweiz noch kaum Bauten zum Schutz vor Hochwassern nötig. Die Verdreifachung der Bevölkerung im 18. und 19. Jahrhundert sowie die erhöhten Abflüsse und Erosionen infolge Übernutzung der Wälder erforderten dann immer zahlreichere und grössere Flusskorrektionen und Wildbachverbauungen. Gleichzeitig wurden mehrere Seen mit Regulierwerken versehen. Im 20. Jahrhundert wurden auch Hochwasserrückhaltebecken erstellt. Schliesslich werden noch die Uferschutzbauten gestreift, welche in Zusammenhang mit den Quaianlagen in verschiedenen Städten entstanden.

Résumé: Histoire des ouvrages hydrauliques de protection en Suisse

Peu d'ouvrages de protection contre les crues étaient nécessaires en Suisse dans l'Antiquité et le Moyen-Age à cause de la densité de population faible ou moderée. Son triplement pendant les 18e et 19e siècles ainsi que l'accroissement des débits et des érosions dû aux déboisements demandèrent des corrections de rivières et des stabilisations de torrents toujours plus nombreuses et plus importantes. En même temps plusieurs lacs furent équipés d'ouvrages de régularisation. Au 20e siècle furent construit également des bassins d'écrêtement des crues. Finalement sont mentionés les aménagements de quais dans les villes.

Summary: History of protective hydraulic works in Switzerland

Few flood protection works were needed in Switzerland in Antiquity and the Middle Ages due to the low to moderate density of population. Its tripeling between the beginning of the 18th and the end of the 19th century, as well as the increase of run-off and erosion due to deforestation, required ever more and larger river training works and check dams in creeks. Simultaneously several lakes were provided with regulating devices. In the 20th century flood storage basins were also constructed. Finally, the protective works are mentioned, which were built for river or lake side developments in cities.

Einleitung

Wasser ist nicht nur Lebensspender und Energiequelle, sondern es kann, vor allem wenn es gehäuft anfällt (Überschwemmungen, Sümpfe usw.) zu einer Gefahr für Leib und Gut werden (Bild 1). Diese war nicht sehr gross, solange die Bevölkerungsdichte klein blieb. Deshalb sind von den Römern in der Schweiz nur kleinere Uferbefestigungen und ein Entwässerungsstollen bei Hagneck gefunden worden [1]. Auch aus mittelalterlicher Zeit gibt es nur ganz wenige Hinweise auf Schutzwasserbauten, wie z.B. am Renggbach, 5 km westlich von Luzern [2], oder der Durchstich 1415 einer Reussschleife bei Ottenbach, 15 km südwestlich von Zürich [3].

Die wachsende Bevölkerung (von 0,4 Mio um 1000, über 0,8 Mio um 1300 auf 1,2 Mio um 1700) beschaffte sich neues Land durch Waldrodungen und überliess vor allem die grösseren Talböden vorerst den sich durch diese hin und her schlängelnden Flüssen. Durch die Rodungen und eine allgemeine Übernutzung der Wälder wurden aber nicht nur die Böden ihres Halts beraubt, sondern auch der Abfluss der Niederschläge erhöht und beschleunigt. Die Folge war eine markante Zunahme der Bodenerosion und der in die Flüsse gelangenden Geschiebemengen, die abzutransportieren diese oft nicht mehr in der Lage waren und deshalb liegen liessen. Dies wiederum führte zu Versumpfungen und Malaria. Zuweilen wirkten dabei Unverstand oder Selbstsucht mit, wie z.B. beim 1433/34 von den Interlakner Mönchen erstellten Wehr Unterseen, das den Brienzersee um 2,1 m aufstaute und damit zur Versumpfung des Haslitales an dessen oberm Ende beitrug [4]. Ähnlich ungünstig wirkte ein Wehr des Klosters Hermetschwil im vorerwähnten Reusstalabschnitt, das erst 1829 teilweise und 1860 ganz entfernt wurde [5].

Dramatische Ausmasse erreichte die «Wassernot» im 19. Jahrhundert, in welchem die Bevölkerung der Schweiz sich von 1,7 auf 3,3 Mio praktisch verdoppelte und nun auch auf die Talböden als Lebensraum und Ernährungsbasis angewiesen war. Nachdem einzelne Gemeinden und Kantone schon zuvor tätig geworden waren, legten die Bundesgesetze über die Forst- und Wasserbaupolizei von 1876 bzw. 1877 die Grundlagen für eidgenössisch subventionierte Abhilfe grossen Stils. Gemäss einer Zusammenstellung von 1975 wurden in rund 100 Jahren 6300 Mio Franken (heutige Kaufkraft) in Schutzwasserbauten investiert, wozu der Bund 40% beitrug [6].

1. Flusskorrektionen

Unter den vorerwähnten frühen kantonalen Initiativen zur Verhütung von Hochwasserschäden sticht ihres Umfanges und ihrer Originalität wegen die Umleitung 1711–1714 der Kander in den Thunersee hervor, 30 km südöstlich von Bern (Bild 2) [7]. Dabei ging es um den Schutz der Ebene westlich von Thun vor den Launen der sie durchfliessenden Kander, deren Geschiebe oft auch die Aare rückstaute und deren Hochwasser sich bis Bern und sogar in den Kanton Aargau (die Aare floss damals noch am Bielersee vorbei) unliebsam bemerkbar machten. Die neue Idee – sieht man von der Ableitung der Brenta bei Venedig im 15. Jahrhundert [8] und die unbedeutende Umleitung 1665 des Hüribaches in den Ägerisee, 7 km südöstlich von Zug [9], ab –, die unerwünschte Kander kurzerhand in den nahen Thunersee abzuleiten, scheint in den betroffenen Gemeinden aufgekommen zu sein. In ein Projekt umgesetzt wurde sie vom Artillerieleutnant und Vermesser *Samuel Bodmer* (1652–1724), welcher anfänglich auch die Bauleitung innehatte.

Am 1. April 1711 nahm Bodmer mit rund 400 Arbeitern den offenen Durchstich durch den Strättlighügel in Angriff, der einen Aushub von 310000 m³ erfordert hätte (Bild 3). An

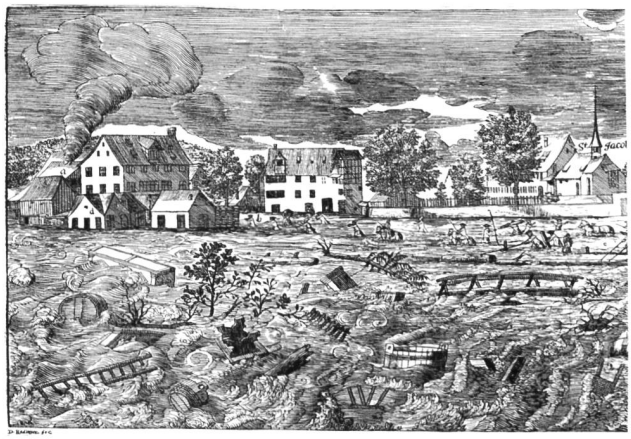

Bild 1. Stich von *D. Reding* eines Hochwassers der Sihl in Zürich 1732 (Graphische Sammlung ETH, Zürich).

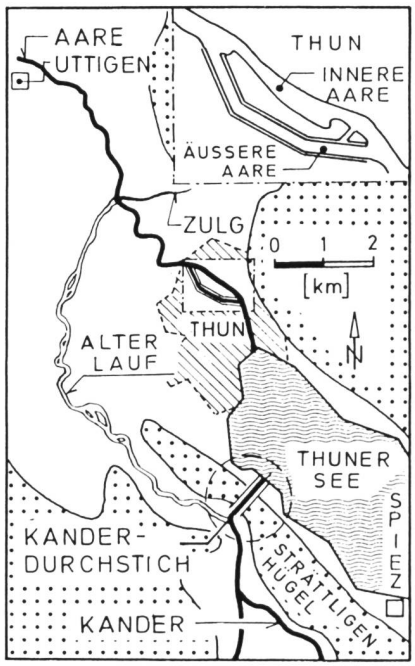

Bild 2, links. Plan der Kanderumleitung 1711–1714 mit, rechts oben, Detail der beiden Aarearme in Thun (aus [7]).

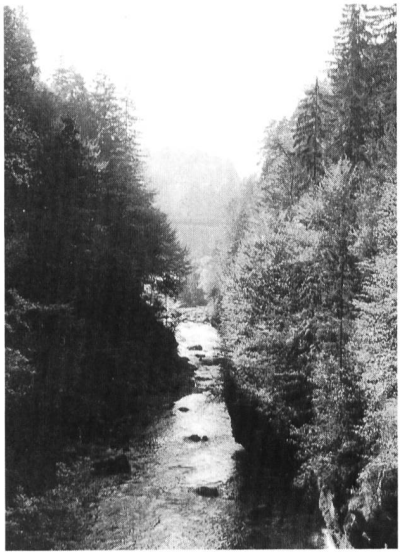

Bild 4, rechts. Die an Stelle der Kanderumleitung entstandene Schlucht heute (Foto des Autors).

Arbeitsgeräten standen nur Pickel, Schaufel und Schubkarren (eine Erfindung des 13. Jahrhunderts) zur Verfügung. 1713 setzte dann der Berner Baumeister und Mitglied des Kanderdirektoriums *Samuel Jenner* (1653–1720) durch, dass unter seiner Leitung auf einen Stollenbau umgestellt wurde. Dieser war 250 m lang, 12 m breit sowie 4,5 m hoch und wurde 1714 fertiggestellt. Gleich nach seiner Inbetriebnahme begann die Kander die Sohle des Stollens auszuwaschen, und nur drei Monate später brachte sie ihn zum Einsturz und schuf die Schlucht, welche nun rund 40 m unter die seinerzeitige Stollensohle hinabreicht (Bild 4). Auf die unliebsamen Folgen der Kanderumleitung für die Stadt Thun wird nachstehend noch eingegangen.

Erfolgreich und planmässig verlief ein Jahrhundert später an der Linth eine weitere Flussumleitung in einen See, ein Vorgehen, welches eine Art schweizerische Spezialität wurde. Wie Tabelle 1 zeigt, wurde bei ungefähr gleicher Zuflussvermehrung dem Walensee noch mehr zugemutet als dem grösseren Thunersee. Allerdings erhielt der Walensee gleichzeitig einen neuen leistungsfähigen Ausfluss, denn bei der Linthkorrektion 1807–1816 ging es hauptsächlich um die Sanierung der arg versumpften Ebene zwischen Walen- und Zürichsee, rund 40 km südöstlich von Zürich (Bild 5) [10]. Sie war auch der erste in eidgenössischem Rahmen geförderte und verwirklichte Schutzwasserbau. Das oberste Organ des damaligen schweizerischen Staatenbundes, die Tagsatzung, beschäftigte sich ab 1783 mit dem Projekt und beschloss 1805, nach Abklingen der durch die französische Besetzung der Schweiz verursachten Unruhe, seine Verwirklichung.

Das Hauptverdienst für das Gelingen des Werkes kam aber unzweifelhaft seinem unermüdlichen Promotor und späteren Leiter zu, dem Zürcher Naturforscher, Geschäftsmann und Politiker *Hans Conrad Escher* (1767–1823) (Bild 6). Er organisierte auch die Finanzierung durch die Ausgabe von Aktien im Werte von über 1 Mio Franken (heutige Kaufkraft zirka 15 Mio Franken), die bis 1845 mit dem von den Grundeigentümern bezahlten Mehrwert für ihr entsumpftes Land abgegolten wurden. Als technischer Experte und Lehrer stand ihm 1807/08 während einiger Monate der badische Oberingenieur *Johann Gottfried Tulla* (1770–1828) zur Verfügung, der später durch sein Projekt für die Korrektion des Oberrheins von Basel bis Mannheim berühmt wurde (282 km, ausgeführt 1817–1866) (Bild 7).

Darnach war Escher praktisch auf sich selbst gestellt, doch dank seiner naturwissenschaftlichen Kenntnisse entwikkelte er sich rasch zum gewiegten Wasserbauer. So veranlasste er auf der 15 km langen Strecke Walensee–Zürichsee die Linth sich ihr neues Bett weitgehend selbst zu graben, indem er ihren Lauf durch mehrere provisorische Sporen von übereinandergelegten Walzen aus Ästen (sog. «Faschinen») von beiden Ufern her einengte. Das ausgespülte Material lagerte sich teilweise zwischen den Sporen ab und bildete das künftige Ufer, während die allmählich unterspülten Faschinenwerke sich nach vorne senkten und ins Ufer integrierten. Die Korrektionsarbeiten kamen 1816 zum Abschluss, doch die Urbarmachung des von der Hochwasserplage befreiten Gebietes dauerte noch viele Jahrzehnte.

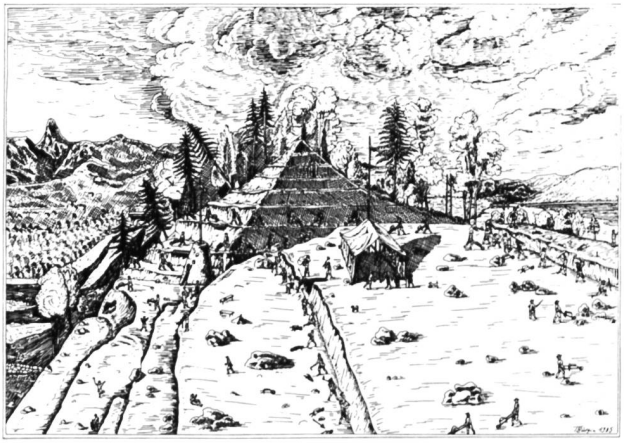

Bild 3. Skizze von *T. Bürgin* nach einem zeitgenössischen Gemälde der Arbeiten am Kanderdurchstich 1711/12 (aus [7]).

Tabelle 1. Flussumleitungen in Schweizer Seen.

Bauzeit	Fluss	See	Länge Umleit. (km)	Zusätzlicher Zufluss		
				Mio m³/Jahr	In % des bisherigen Zuflusses	In % des Seeinhalts
1665	Hüri	Ägerisee	1	5	6	1
1711–14	Kander	Thunersee	0,6	1400	62	22
1807–11	Linth	Walensee	4	1100	156	44
1874–88	Aare	Bielersee	9	5700	285	460
1880	Melchaa	Sarnersee	1	80	33	33

Zufluss in % des Seeinhalts gibt Mass für zusätzliche Belastung durch Geschiebe.

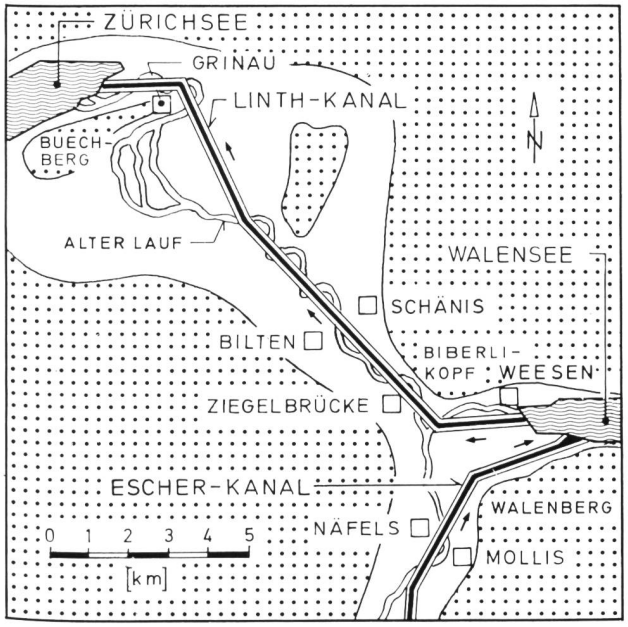

Bild 5. Plan der Linthkorrektion 1807–1816 (aus [10]).

Kurz nach Eschers Tod beschloss die Tagsatzung 1823 ihm und seinen Nachkommen den ehrenden Beinamen «von der Linth» zu verleihen und die Linthumleitung in den Walensee als «Escherkanal» zu bezeichnen.

Die grösste Flussumleitung in einen Schweizer See erfolgte im Rahmen der 1. Juragewässerkorrektion 1868–1891 (Bild 8 und Tabelle 1) [10]. Die Idee stammte vom vorgenannten Tulla, wurde aber erst 1842 konkretisiert im Projekt von *Riccardo La Nicca* (1794–1883) (Bild 9), Kantonsingenieur von Graubünden und Projektverfasser für die 1832 in Angriff genommene, erfolgreiche Korrektion des Hinterrheins auf 7 km Länge im Domleschg, 14 km südwestlich von Chur. 1827–1863 amtete er auch als erster Linthingenieur zur Überwachung der vorerwähnten Urbarmachung. Die Bundesverfassung von 1848 brachte wohl die gesetzliche Grundlage für eine Verwirklichung mit Bundessubventionen, doch zogen sich die Diskussionen um das kühne Projekt La Niccas und die Verhandlungen zwischen den fünf beteiligten Kantonen in die Länge. Erst nach einer er neuten grossen Überschwemmung im Frühjahr 1865 wurde das kühne Werk 1868 in Angriff genommen.

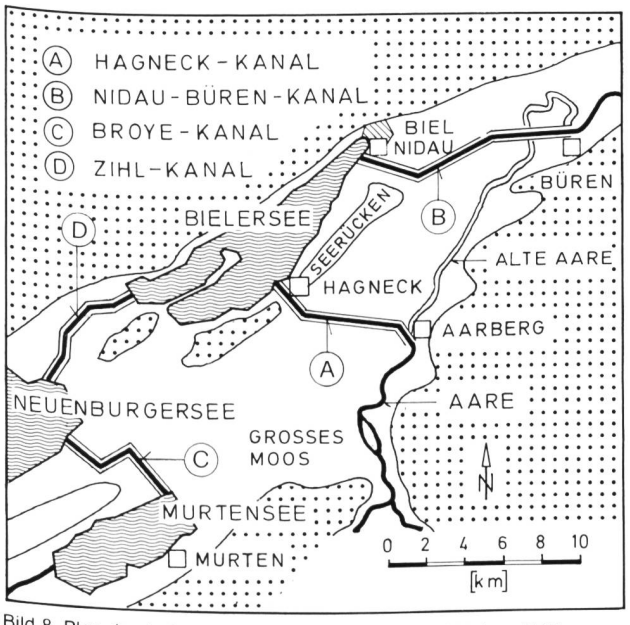

Bild 8. Plan der 1. Juragewässerkorrektion 1868–1891 (aus [10]).

Bild 6. *Hans Conrad Escher*, ab 1823 *«von der Linth»* (1767–1823).

Bild 9. *Riccardo la Nicca* (1794–1883).

Begonnen wurde unter Leitung des Oberingenieurs *Gustav Bridel* (1827–1885) aus Biel mit dem Kanal vom Bielersee nach Büren a. A., um diesen zur Aufnahme der Aareumleitung zu befähigen (Bild 8 und Tabelle 2). Für letztere wurde 1874–1878 nur ein Leitkanal von 5 bis 10 m Breite ausgehoben, da man es der Aare überlassen wollte, sich die benötigte Kanalgrösse selbst zu schaffen (Tabelle 1). Das dauerte bis 1887, und im Jahr darauf mussten grössere Verbauungen ausgeführt werden, um den Erosionsprozess zu stoppen. Inzwischen waren auch die je 8 km langen Verbindungen zwischen Murten- und Neuenburgersee bzw. zwischen diesem und dem Bielersee ausgeweitet worden (Bild 8). Insgesamt wurden 6,8 Mio m^3 Material ausgehoben, wovon etwa ein Drittel mittels der erwähnten Erosion durch die Aare [11]. Für den Rest kamen bereits dampfbetriebene Bagger zum Einsatz, die Schiffe mit aufklappbaren Böden beluden, welche das Aushubmaterial zum Bielersee transportierten und in ihm versenkten.

Die letzten Korrektionsarbeiten wurden 1891 abgenommen, doch die Verwandlung der 350 km^2 an gewonnenem Land in den grössten Gemüsegarten der Schweiz dauerte auch hier noch einige Jahrzehnte. Im Laufe dieser Zeit setzte sich der entwässerte Boden im Mittel um 1 m, so dass die Reserve über den um 2,5 m abgesenkten Seen bei Hochwasser wieder zu knapp zu werden drohte [11]. Deshalb mussten 1962–1973 in einer 2. Juragewässerkorrektion die Verbindungen zwischen den Seen namhaft erweitert werden, ebenso wie der Kanal vom Bielersee nach Büren a. A. und die Aare auf 3 km Länge zwischen Solothurn und der Emmemündung. In diese 2. Juragewässerkorrektion integriert wurde gegen entsprechende Kostenbeteiligung das 1966–1970 erstellte Aarekraftwerk Flumenthal (16 MW) unterhalb der Emmemündung.

Noch vor Beginn der 1. Juragewässerkorrektion und vor Inkrafttreten des Wasserpolizeigesetzes 1877 begann die Korrektion durch Eindämmung und Laufbegradigung der wichtigsten Schweizer Flüsse (Tabelle 2). Die heikelste Frage war dabei die richtige Wahl des neuen Flussprofils [12]. War es zu breit, liess der Fluss, namentlich bei kleineren Hochwassern, einen Teil des Geschiebes liegen. Bei zu schmalem Profil, d.h. hohen Fliessgeschwindigkeiten, neigte er zur Erosion seines Bettes. Das Dilemma wurde, wie schon beim vorgenannten Escherkanal, oft mit einem Doppelprofil gelöst: ein für mittlere Hochwasser bemessenes Gerinne mit anschliessenden, nur bei grossen Hochwassern überfluteten Vorländern bis zu den beidseitigen Dämmen. Da einigermassen zuverlässige Bemessungsverfahren erst gegen Mitte des 20. Jahrhunderts aufgrund von

umfangreichen Laboratoriumsversuchen, wie z. B. an der Eidg. Techn. Hochschule in Zürich unter Leitung von Prof. Dr. h. c. *Eugen Meyer-Peter* (1883–1969), entwickelt wurden, waren die früheren Flussbauer weitgehend auf ihre Erfahrung und Intuition angewiesen.

Dementsprechend gab es neben den schon genannten erfolgreichen Korrektionen von Linth, Hinterrhein und Juragewässern sowie denjenigen an Reuss und Tessin (Tabelle 2) auch einige Misserfolge [12]. So erwies sich das bis 135 m breite, einfache Profil der 1860 in Angriff genommenen Korrektion des Alpenrheins von Landquart, 13 km nördlich von Chur, bis Oberriet, 19 km südöstlich von St. Gallen, als zu gross (Bild 10). Deshalb blieben im Mittel 76000 m³ Geschiebe pro Jahr liegen und die Flusssohle hob sich um 2 cm/Jahr, was verschiedene Dammerhöhungen notwendig machte und zur ungemütlichen Situation führte, dass der Hochwasserspiegel bis schliesslich 9 m über dem Talboden lag. Mit Beginn der Nachkriegskonjunktur 1950–1970 konnte das Problem durch Baggerung gelöst werden, da der per Bahn und Schiff nach Zürich gebrachte Kiessand dort höchst willkommen war [13]. Die mittlere Entnahme betrug 500000 m³/Jahr und musste 1973 eingestellt werden, weil die Flusssohle wieder zu tief abgesunken war.

Auch bei der Fortsetzung 1894–1923 der Alpenrheinkorrektion von Oberriet bis zum Bodensee wurde die Breite des nun doppelten Profils (Mittelrinne 110 m, total inkl. Vorländer 260 m) zu gross und das Sohlengefälle zu gering gewählt, so dass sich im Mittel 120000 m³ Geschiebe pro Jahr ablagerten (Bild 11) [12]. 1940–1966 wurde die Mittelrinne um 20 bis 40 m verengt und die sie begrenzenden, überflutbaren Zwischendämme erhöht. Ein teilweise ebenfalls zu breites Profil kam bei der 1863 begonnenen Korrektion von 86% des Rhonelaufs zwischen Brig und dem Genfersee zur Anwendung (Bild 12) [14]. Dabei wurde die Mittelrinne durch 20 bis 30 m lange Sporen aus Trockenmauerwerk begrenzt, welche senkrecht zur Fliessrichtung aus den beiden 70 bis 120 m voneinander entfernten Längsdämmen herausragten. 1928–1961 wurden deren Spitzen auf 43 km Länge, vor allem zwischen Siders und Martigny, durch überflutbare Zwischendämme verbunden, um den Abfluss in der Mittelrinne zu erhöhen und die Geschiebeablagerungen in dieser erfolgreich zu bekämpfen.

Tabelle 2. Grössere schweizerische Flusskorrektionen (Länge über 10 km).

Bauzeit	Fluss	Korrektionsstrecke		
		Von	Bis	Länge (km)
1807–16	Linth	Walensee	Zürichsee	15
1855–65	Gürbe	Wattenwyl	Aare	16
1856–90	Noxon/Orbe	Orny/Orbe	Neuenburgersee	9 + 11
1860–90	Alpenrhein	Landquart	Oberriet	40
1863–84	Rotten/Rhone	Brig	Genfersee	103
1866–75	Aare	Meiringen	Brienzersee	13
1868–91	Zihl	Bielersee	Büren a. Aare	12
1871–1920	Emme	Räbloch	Aare	61
1874–93	Thur	Bischofszell	Hochrhein	62
1878–95	Glatt	Greifensee	Hochrhein	41
1881–1910	Töss	Fischenthal	Dättlikon	42
1888–1912	Tessin	Bellinzona	Langensee	14
1895–1923	Alpenrhein	Oberriet	Bodensee	25
1911–	Muota	Balm	Vierwaldstättersee	9 + 6
1917–87	Sarine	Montbovon	Lac de Gruyère	16
1949–55	Areuse	Travers	Couvet	14

2. Wildbachverbauungen

Als Korrelat zu vielen der beschriebenen Flusskorrektionen musste die Geschiebebildung und -bewegung in den meist sehr steilen Seitenbächen unterbunden oder mindestens reduziert werden. Oft bedrohten solche Geschiebebewegungen, vor allem wenn sie konzentriert in Form von sog. «Murgängen» oder «Rüfen» auftraten, auch die nahe der Mündungen der Bäche in die Haupttäler liegenden Ortschaften. Diese schützten sich, wie diejenigen an den Flüssen, anfänglich mit lokalen Längsdämmen auf den Schwemmkegeln im Unterlauf der Bäche, wie sie z. B. an der Drance in Martigny, 27 km südwestlich von Sitten, schon für 1310 bezeugt sind [15]. In Vionnaz, 36 km nordwestlich von Sitten, entstand 1742 eine mächtige Schutzmauer zur Ab-

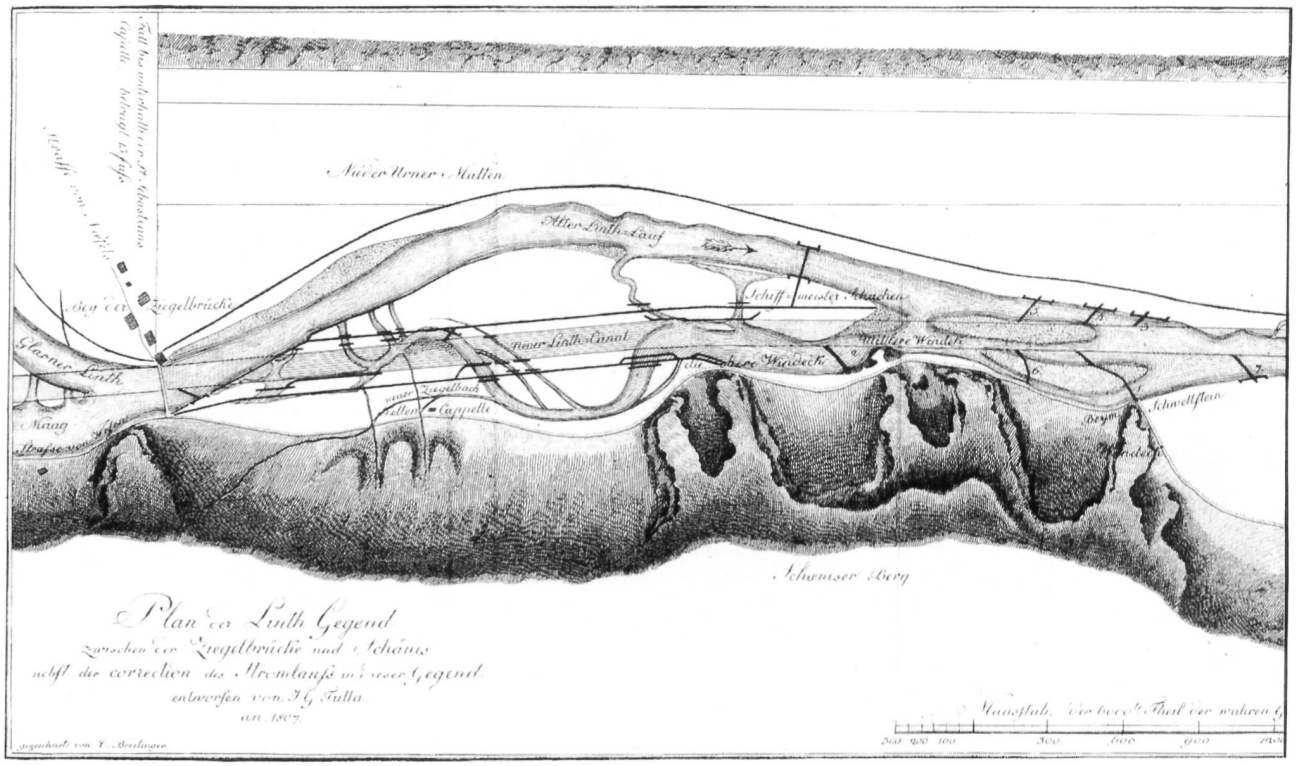

Bild 7. Entwurf 1807 von *J. G. Tulla* für die Linthkorrektion nordwestlich von Ziegelbrücke (am linken Bildrand; Norden befindet sich rechts unten).

Bild 10. Der korrigierte Alpenrhein zwischen Saarebene, 45 km südlich von St. Gallen (im Vordergrund), bis Oberriet (Foto *Fetzer*, Ragaz).

lenkung der Greffe [15]. Auf die Dauer waren solche Abwehrmassnahmen aber wirkungslos, da sie nicht die Ursachen der Geschiebebildung bekämpften [16]. In Hinblick auf mögliche Dammbrüche konnten sie sogar gefährlich werden, weil die Geschiebeablagerungen in den kanalisierten Bächen oft über die Schwemmkegel hinaus wuchsen. Zur Ursachenbekämpfung kamen in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts hölzerne oder gemauerte Schwellen bzw. Sperren quer zu den Bächen auf, welche sowohl die Fliessgeschwindigkeit und damit die Erosion im oberliegenden Bachlauf verminderten als auch, entsprechend ihrem Stauraum, Geschiebe zurückhielten (Bild 13). Versuche mit dieser Technik wurden seit dem 16. Jahrhundert im Tirol gemacht. 1826 veröffentlichte der Tiroler *Josef Duile* (1776–1863) das erste systematische Lehrbuch der Wildbachverbauung [17]. Er wurde auch als Berater zugezogen bei der ersten grossen Wildbachverbauung 1842 der Schweiz in der Rüfiruns bei Mollis, 6 km nördlich von Glarus [18]. Das 18 m hohe und 30 m lange Hauptbauwerk Mühlesatz war im Grundriss leicht gekrümmt und bestand aus Trockenmauerwerk (Bild 14). Um so erstaunlicher ist, dass sich erst nach 40 Jahren bedenkliche Deformationen zeigten, die 1893 den Vorbau einer neuen Sperre aus vermörteltem Mauerwerk erforderten. Ober- und unterhalb der Hauptsperre waren noch zehn kleinere gebaut worden, so dass bereits das später für die meisten Wildbachverbauungen charakteristische, wenn auch nicht gerade die Landschaft verschönernde Bild der Sperrentreppe entstand.

Während die unter Anleitung Duiles gebaute erste Mühlesatzsperre mit einer Fussbreite von 70% der Höhe ähnliche Ausmasse aufwies wie eine Gewichtsstaumauer, so wurde der Vorbau von 1893 ungleich viel schlanker gestaltet, wie schon 1870 die ersten Sperren an der Nolla, 19 km südlich von Chur [19]. Deren grösste hat bei 12 m Höhe und 72 m Kronenlänge eine konstante Dicke von 3,2 m oder nur 27% der Höhe (Bild 15). Sie steht aber immer noch, und die Fachleute streiten sich bis heute über die Kräfte, die in die Berechnung von Wildbachsperren einzusetzen sind [16]. Die Nollasperre wurde auch bereits mit einer kleineren Gegensperre versehen, deren Stau den Aufprall des über die Hauptsperre überfallenden Wassers dämpft und damit deren Fuss vor Auswaschung ihres Fundamentes schützt (Bild 15).

Noch schlanker ausgebildet wurden die Sperren am Lammbach bei Brienz, 50 km südöstlich von Bern (Bild 14) [18]. Deren grösste erreichte 1899 bereits eine Höhe von 29 m, während die damals höchste Staumauer der Schweiz von 24 m Höhe noch im Bau stand (Gübsen bei St. Gallen) [20]. Die gemauerten Lammbachsperren werden gegenwärtig mit Beton saniert, was sie leider nicht attraktiver macht [21]. Eine der ersten Wildbachsperren aus Beton war bereits 1910 am Ruhstellibach ebenfalls bei Mollis entstanden, wobei Krone und Luftseite des 18 m hohen Bauwerks aber mit Natursteinen verkleidet wurden [18]. Nach dem Zweiten Weltkrieg musste diese Technik aus Kostengründen und mangels der nötigen Facharbeiter aufgegeben werden. Zudem entstanden nun einige deutlich grössere Sperren, die den Rückhalt beachtlicher Geschiebemengen in der Grössenordnung von mehreren 100000 m³ erlaubten. Die bislang grösste wurde 1967–1970 im Illgraben gebaut, 21 km nordöstlich von Sitten [15]. Die 50 m hohe Sperre wurde wie eine Gewichtsstaumauer bemessen. Als zylindrische Bogenstaumauern ausgebildet und somit deutlich stärker gekrümmt als die traditionellen Wildbachsperren wurden die zwei Bauwerke am St.-Barthélemy-Bach, 29 km südwestlich von Sitten [15]. 1973–1975 und 1982–1984 erstellt, sind sie 40 bzw. 45 m hoch. 30 m Höhe erreicht die 1988 am Palanggenbach bei Altdorf gebaute Bogensperre Tobel [22].

Solche grosse Bauten sind aber die Ausnahmen geblieben unter den Abertausenden von in den vergangenen 150 Jahren erstellten Wildbachsperren. Dabei musste in vielen Bächen mehrfach oder fast ständig gebaut werden, weil ältere

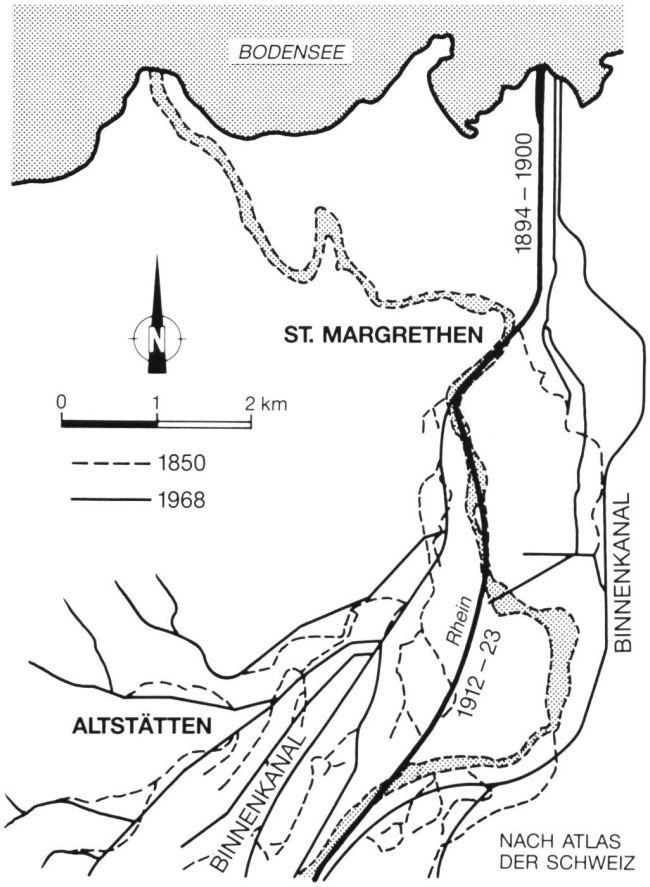

Bild 11. Endstrecke des Alpenrheins vor und nach den Korrektionen, mit einem Teil der Zuflüsse, die mittels der «Binnenkanäle» gefasst und abgeleitet werden.

Werke bereits von Geschiebe eingedeckt oder durch Hochwasser zerstört worden waren. Ein schrittweises Vorgehen empfahl sich oft aber auch zur optimalen Einpassung der Werke oder wurde durch die Verfügbarkeit der nötigen Mittel erzwungen (Bild 16). Neben Sperren und Schwellen wurden gelegentlich nur teilweise in den Bachlauf ragende Sporen verwendet, Längsdämme oder durchgehende Verkleidungen sowie durch Dämme gebildete Geschiebesammelbecken im Mündungsgebiet der Bäche [16]. Als wirkungsvolle Begleitmassnahmen erwiesen sich zudem des öftern die Entwässerung der geschiebeliefernden Hänge oder die Ableitung von Gewässern aus ihnen sowie ihre Wiederaufforstung.

Nachdem Anfang der 1970er Jahre die durch Bevölkerungs- und Wohlstandswachstum, vor allem in den eben zu

Bild 12. Gemälde von *Raphaël Ritz* (1829–1894) der Arbeiten 1888 für die Rhonekorrektion bei Raron, 35 km nordöstlich von Sitten.

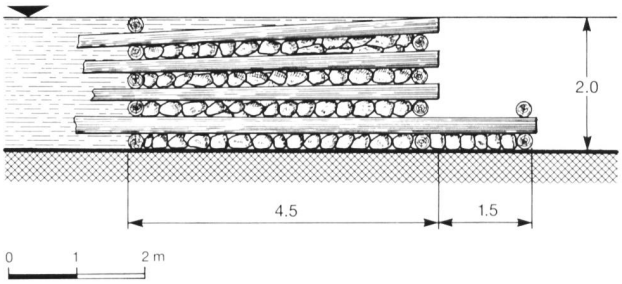

Bild 13. Querschnitt einer hölzernen Wildbachsperre von 1873 am Saxonnezbach, 17 km südwestlich von Sitten (nach [15]).

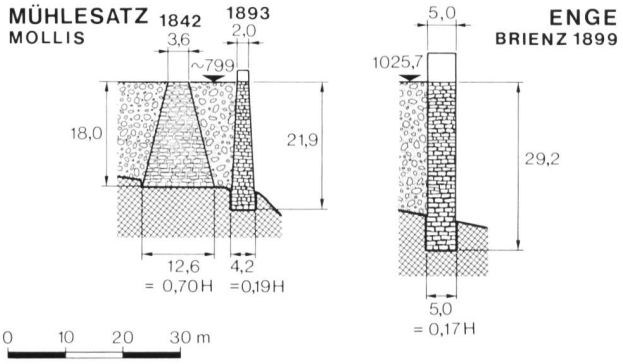

Bild 14. Querschnitte zweier grosser Wildbachsperren aus dem 19. Jahrhundert.

Ende gegangenen zwei Jahrzehnten der Nachkriegskonjunktur, verursachte Belastung bis gar Raubbau an der Umwelt ins allgemeine Bewusstsein zu dringen begannen, wurde beim Hochwasserschutz mehr Gewicht auf naturnahe Verbauung gelegt [23]. Arbeits- und unterhaltsintensive, aber in der Anschaffung billigere Weiden, Baumstämme und Felsblöcke traten wieder vermehrt an die Stelle von Beton. Teilweise wurde gar die Korrektur alter Fluss- und Bachkorrektionen im Sinne ihrer «Renaturierung» in Angriff genommen, wobei allerdings der grössere Raumbedarf einer «natürlicheren» Verbauung ein oft gewichtiges Hindernis darstellt (Bild 17). Unseren unter dem Druck besagter «Bevölkerungsexplosion» stehenden Vorfahren ging es ja um die Gewinnung von möglichst viel zusätzlichem Acker- und Bauland, weshalb sie auch die heute so verpönte Gerade als kürzeste Verbindung zweier Punkte zum Prinzip ihrer Korrektionen gemacht hatten.

3. Seeregulierungen

Eine ganz andere Aufgabe als die Flusskorrektionen und Wildbachverbauungen stellte der Schutz der an Seen gelegenen Städte und Ortschaften vor deren Anstieg in niederschlagsreichen Zeiten dar. Dies erfolgte meist durch Vergrösserung des Abflussvermögens, was aber eine Reguliervorrichtung erforderte, um den Seespiegel in normalen und trockenen Perioden halten zu können (Tabelle 3). Die erste Schweizer Stadt, welche eine solche Anlage dringend benötigte, war Thun, weil durch die vorbeschriebene Kanderumleitung sich der Zufluss zum Thunersee ab 1714 um im Mittel 62 % erhöhte (Tabelle 1). Thun besass zwar im Stadtgraben schon eine Hochwasserumleitung, doch war deren durch eine feste Einlaufschwelle geregeltes Ableitvermögen viel zu gering (Äussere Aare in Bild 2).

1726–1730 wurde der Stadtgraben endlich erweitert und die Schwelle durch eine Wehranlage mit beweglichen Schützen ersetzt, deren Bau der Zimmermeister *Michel Maurer* von Trimstein, 17 km nördlich von Thun, besorgte (Bild 18) [24]. Von den zehn 3 m hohen, hölzernen Schützentafeln waren die zwei in den für die Durchfahrt von Booten und

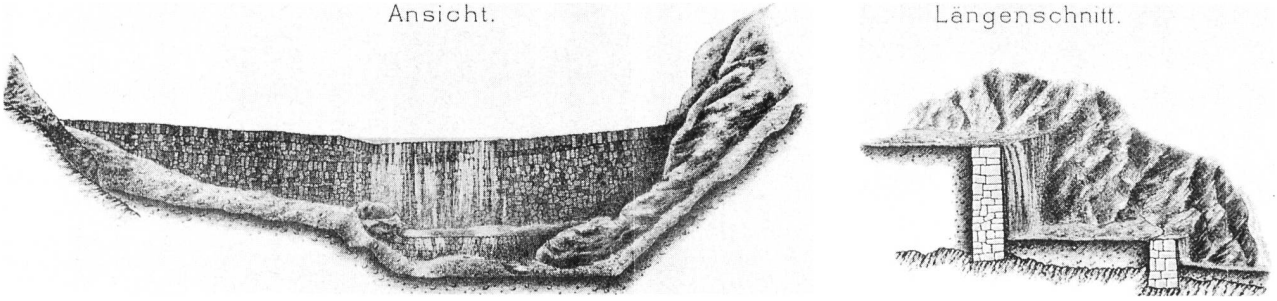

Bild 15. Ansicht und Längs(heute: Quer)schnitt der 1870 erstellten Sperre Nolla I (aus [19]).

Flossen bestimmten Wehröffnungen 5,7 m lang, die übrigen 4,7 m. Gehoben wurden die Tafeln mit hölzernen Spindeln. Erst 1788 wurden die Abflussverhältnisse im eigentlichen (Inneren) Aarelauf saniert und unterhalb der Sinnebrücke eine analoge untere Staatsschleuse erstellt mit sechs grossen Schützen quer zum Fluss und zwölf kleinen parallel zu ihm. 1782–1792 erfolgte eine erste Korrektion der Aare von Thun bis Uttigen (6 km), der 1871–1873 eine zweite folgte [10]. Die obere Staatsschleuse in Thun wurde 1818 und 1978 erneuert, wobei die 250 Jahre alten Eichenpfähle der Gründung weiterverwendet werden konnten.

Am Vierwaldstättersee gab der Bau des Bahnhofes Luzern unmittelbar am Seeufer Anstoss zur Verstetigung der Wasserstände [25]. 1859–1861 wurde an Stelle einer 275 Jahre alten Schwelle zum Betrieb von Wasserrädern ein bewegliches Wehr errichtet, welches aus senkrecht nebeneinander angeordneten Brettern bestand, die einzeln von Hand gezogen werden konnten bzw. mussten. Diese sog. «Nadeln» ruhten gegen den demontierbaren Bedienungssteg, dessen Stützböcke umgeklappt werden konnten, um bei Hochwasser das Flussprofil vollständig freigeben zu können. Ab 1889 wurde die Fallhöhe am 2,8 m hohen Wehr auch zur Wasserkraftgewinnung genutzt.

In letztgenanntem Zusammenhang wurden der Zürich- und der Genfersee reguliert. 1876–1878 wurde in Zürich für das Limmatkraft- und -pumpwerk Letten eine ähnliche Wehranlage wie in Luzern erstellt, die 1951 durch drei sich selbsttätig zusammenklappende Dachwehre ersetzt wurde [26]. Für das 1883–1886 gebaute Wehr am Pont de la Machine in Genf für das Rhonekraft- und -pumpwerk La Coulouvrenière wurde ein in der Schweiz einmaliger Abschluss mittels 39 hölzernen Rolladen von je etwa 1 m Breite verwendet (Bild 19) [27]. 1994 wird die Anlage durch das neue Reguliermehr mit Kraftwerk Seujet ersetzt werden. Paradoxerweise ist der nach dem Genfersee zweitgrösste See, an dem die Schweiz beteiligt ist, der Bodensee, bis heute unreguliert geblieben, und seine Anwohner leiden weiterhin periodisch unter Überschwemmungen oder tiefen Wasserständen.

4. Hochwasserrückhaltebecken

Staubecken, welche die meiste Zeit leer stehen sowie wenn möglich landwirtschaftlich genutzt werden und die sich erst bei Hochwasser füllen, um dessen Spitze an das Ableitvermögen des unterliegenden Gewässers anzupassen, sind in der Schweiz verhältnismässig neu. Zwar vermögen auch die zahlreichen Kraftwerkspeicher Hochwasser aufzufangen, doch im wesentlichen nur während ihrer frühjährlichen Füllphase bis etwa Anfang August. Gegen die gefürchteten Herbsthochwasser können sie leider wenig ausrichten, da sie dann aus energiewirtschaftlichen Gründen (Wintervorsorge) meist voll sind und allfällige Hochwasser, je nach der Speicheroberfläche und dem vorübergehend zulässigen Überstau, mehr oder weniger entschärft weitergeben müssen.

Die erste Hochwasserrückhaltesperre der Schweiz entstand 1929/30 im Gefolge einer Überschwemmungskatastrophe im Bergell auf der Albigna-Alp, 57 km südlich von Chur (Bild 20) [28]. Die 18 m hohe und 130 m lange Gewichtsmauer konnte bis 2,5 Mio m³ stauen. Sie wurde 1957 in die 115 m hohe Staumauer des heutigen 70-Mio-m³-Kraftwerkspeichers integriert, der nun die entsprechende Schutzfunktion zu gewährleisten hat. Auch die nächste und bisher grösste Hochwasserrückhaltesperre der Schweiz

Bild 16. Verbauung des Gadenmattbaches bei Lungern, 15 km südwestlich von Sarnen, bei Bauende 1890 (links) und heute (Fotos Tiefbauamt, Sarnen/OW).

Bild 17. Die Korrektion des Hirzenbaches in Zürich-Schwamendingen vor (links) und nach ihrer Renaturierung 1988 (Fotos Stadtentwässerung, Zürich).

Bild 18. Die 1726–1730 erbaute obere Staats-(oder Scherzlig-)Schleuse an der Äusseren Aare in Thun (Foto des Autors).

Bild 19. Rolladen-Regulierschützen am Pont de la Machine in Genf; im Hintergrund das Gebäude, in welchem die von *J.-M. Cordier* eingerichteten Wasserräder und Pumpen die Stadt 1843–1886 mit Wasser versorgten (Foto *J. Wahl,* Genève).

Tabelle 3. Regulierung von Schweizer Seen.

Bauzeit	See	Regulierort	Mittlere Spiegelschwankung (m/Jahr)	Regulierraum in % des jährl. Seeausflusses
1726–30	Thunersee	Thun	1,1	2
1857–58	Ägerisee	Unterägeri	0,8	8
1859–61	Vierwaldstättersee	Luzern	1,1	4
1865	Zugersee	Cham	0,6	10
1876–78	Zürichsee	Zürich	1,0	3
1883–86	Genfersee	Genf	1,1	8
1885–87	Bieler-, Murten- und Neuenburgersee	Port	1,6	6
1940–42	Langensee	Miorina (Ital.)	1,0	2
1960–63	Luganersee	Ponte Tresa	0,7	4

N.B.: Regulierraum = Spiegelschwankung × Seeoberfläche

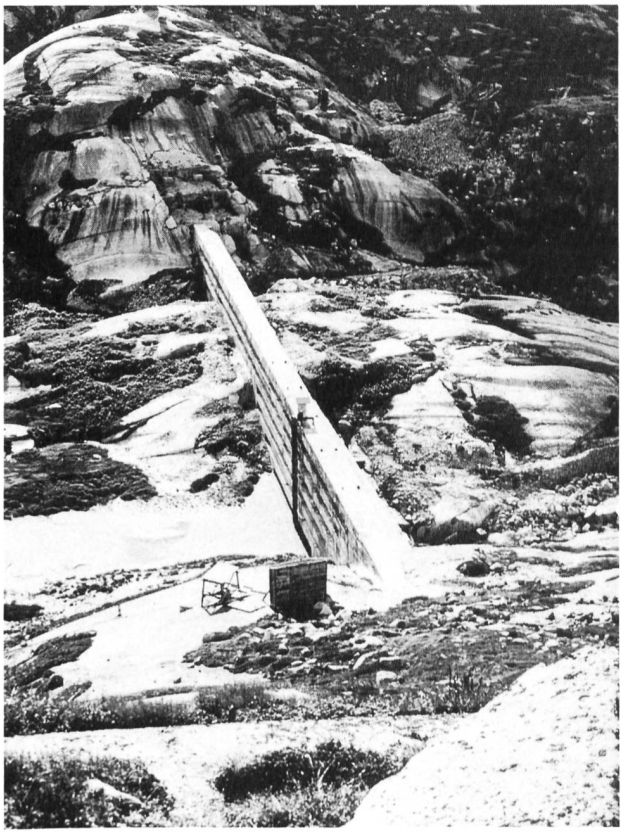

Bild 20. Hochwasserrückhaltesperre von 1930 auf der Albigna-Alp im Bergell (Foto *E. Brügger,* Zürich).

Bild 21. Hochwasserrückhaltedamm Greuel zum Schutz des aargauischen Muri (Foto *B. Roggwiller,* Neuenhof/AG).

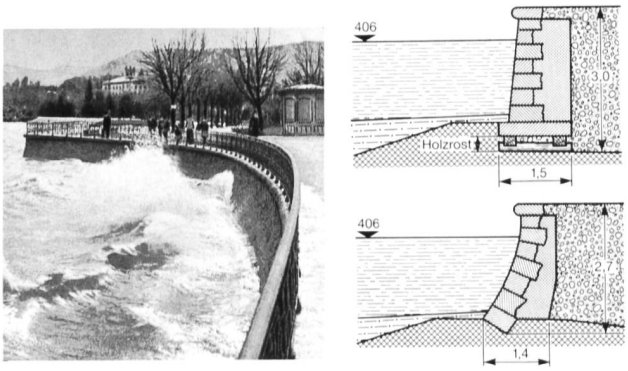

Bild 22. General-Guisan-Quai in Zürich bei hohem Wellengang (links) und zwei typische Querprofile für die Quaibauten 1882–1887 (Foto und Pläne Baugeschichtliches Archiv, Zürich).

wurde zum Schutze des Bergells erbaut bei Orden, 51 km südlich von Chur [29]. Bei dem 1971 fertiggestellten Bauwerk handelt es sich um eine voll ausgebildete Bogenstaumauer von 40 m Höhe, deren Staubecken von 1,7 Mio m³ Inhalt meist leer steht und bisher nur 1987 ganz vollief. Der Vergleich dieses Hochwasserereignisses mit dem 60 Jahre zuvor eingetretenen, welches den Bau der Albignasperre veranlasst hatte, wies den Nutzen der Rückhaltebecken klar nach [30].

Als erste grössere Hochwasserrückhaltesperre im Mittelland wurde 1984 der 17 m hohe Erddamm Greuel gebaut zum Schutz von Muri, 26 km südöstlich von Aarau (Bild 21) [31]. Das unauffällig in die Landschaft eingebettete Bauwerk hat, trotz dem beschränkten Stauvermögen von 100000 m³, seine Erstellungskosten schon in den ersten Betriebsjahren in Form von vermiedenen Hochwasserschäden «eingespielt». Einschliesslich der kleineren Anlagen standen 1990 in der Schweiz rund 30 Hochwasserrückhaltebecken in Betrieb und 70 weitere waren geplant [32].

5. Uferschutz

Der Schutz der Ufer gegen Wellenschlag und Auswaschungen bildete integrierenden Bestandteil der vorerwähnten Flusskorrektionen und teilweise auch der Wildbachverbauungen. Auf die damit nicht in Zusammenhang stehenden Uferschutzbauten sei nachstehend noch kurz eingegangen. Meist handelte es sich um sog. Quaimauern, wie sie z.B. in Zürich am linken Limmatufer schon in der ersten Hälfte des 13. Jahrhunderts entstanden. 1829–1835 versah Genf als damals grösste Schweizer Stadt beide Rhoneufer zwischen den heutigen Montblanc- und Coulouvrenière-Brücken, d.h. auf rund 900 m Länge, mit Quaimauern, einem zweiten Rhoneübergang (Berguesbrücke) und der ihrem berühmten Sohn *Jean-Jacques Rousseau* (1712–1778) geweihten, ehemaligen Festungsinsel [33]. Geleitet wurden die Arbeiten von einem kaum weniger illustren Bürger, dem damaligen Kantonsingenieur und späteren General *Guillaume-Henri Dufour* (1787–1875). Später wurden die Quais flussabwärts verlängert und vor allem beiden Ufern des Genfersees entlang.

Die analoge Transformation «von der Stadt am Fluss zur Stadt am See» erfolgte in Zürich 1882–1887 mittels umfangreicher Quaibauten [34]. Ausgehend von der Münsterbrücke, wurden an beiden Fluss- und Seeufern insgesamt etwa 3,2 km Quaimauern erstellt und dahinter 1,2 Mio m³ Material mittels schwimmender, dampfbetriebener Bagger aufgeschüttet (Bild 22). Zudem wurde über den neuen Seeausfluss die 120 m lange Quaibrücke gebaut (1984 erneuert). Von den Gesamtkosten von rund 100 Mio Franken (heutige Kaufkraft) konnte über die Hälfte gedeckt werden durch Mehrwertbeiträge bisheriger Grundbesitzer und durch Verkauf eines Teils der neugewonnenen Landfläche von 216000 m². Geführt wurden die Arbeiten von Dr.h.c. *Arnold Bürkli* (1833–1894), der sich zuvor als langjähriger Stadtingenieur um die Einführung einer modernen Wasserver- und -entsorgung in Zürich verdient gemacht hatte [35]. Zahlreiche andere Schweizer Städte an Seen und Flüssen folgten den beschriebenen grossen Beispielen im Schutz ihrer Ufer.

Literatur

[1] *N. Schnitter:* Römischer Wasserbau in der Schweiz. «wasser, energie, luft – eau, énergie, air» *80* (1988) S. 151–156, «Helvetia archaeologica» 1988, Nr. 73, S. 2–18 und «Schweizer Baublatt» 1989, Nr. 29, S. 57–65.

[2] *H. Ulmi* und *S. Bertschmann* in «1877–1977 Hochwasserschutz in der Schweiz». Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern 1977, S. 53.

[3] *R. Käppeli:* Eine Talschaft in Bedrängnis, «Planen und Bauen in der Nordwestschweiz» 1969, Nr. 2, S. 17–20.

[4] *H. Mätzener:* Haslital, Haslitaler, Haslitaler Berge. Brügger, Meiringen 1988.

[5] *C. Hauri:* Entwässerung der Reussebene zwischen Mühlau und Rottenschwil. «Wasser- und Energiewirtschaft» *50* (1958), S. 264–266.

[6] In gleicher Publikation wie [2], S. 177.

[7] *D. Vischer* und *U. Fankhauser:* 250 Jahre Kanderumleitung. «wasser, energie, luft – eau, énergie, air» *82* (1990), S. 17–25.

[8] *R.S. Westfall:* Floods along the Bisenzio, «Technology and Culture» 1989, p. 879–907.

[9] *H. Hassler* in gleicher Publikation wie [2], S. 90.

[10] *D. Vischer:* Schweizerische Flusskorrektionen im 18. und 19. Jahrhundert. «Mitt. Versuchsanstalt für Wasserbau... an ETHZ» Nr. 84, 1986.

[11] *G. Sterchele:* Flussbau bei der ersten und zweiten Juragewässerkorrektion. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern 1975.

[12] *C. Lichtenhahn:* Grundsätzliche Betrachtungen über Flusskorrektionen mit besonderen Hinweisen auf die Anwendung von Längsdämmen in der Schweiz. «Schweiz. Zeitsch. Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie» 1960, S. 379–397.

[13] *C. Lichtenhahn:* Flussbauliche Probleme am Rhein zwischen Reichenau und dem Bodensee im Wandel der Zeit. «Wasser- und Energiewirtschaft» *64* (1972), S. 341–353.

[14] *de Torrenté* et *A. de Kalbermatten:* La correction du Rhône en amont du Lac Léman. Office fédéral des imprimés et du matériel, Berne 1964.

[15] *G. de Kalbermatten:* L'évolution dans la conception de barrages en torrents en Valais. «Ing. et arch. suisses» 1985, p. 95–108.

[16] *C. Lichtenhahn:* Massnahmen zur Verhütung von Wildbachschäden in der Schweiz. «Schweiz. Zeitschr. Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie» 1961, Nr. 4.

[17] *O. Lanser:* Die Anfänge des österreichischen Talsperrenbaus: «Die Talsperren Österreichs» (Österreichischer Wasserwirtschaftsverband, Wien) 1962, Heft 12, S. 7–13.

[18] Eidg. Oberbauinspektorat: Wildbachverbauungen und Flusskorrektionen in der Schweiz, Rösch & Schatzmann, Bern 1914.

[19] Eidg. Oberbauinspektorat: Die Wildbachverbauungen in der Schweiz. K. Stämpfli, Bern 1892.

[20] *N. Schnitter:* Der Ausbau der schweizerischen Wasserkräfte im 20. Jahrhundert. «wasser, energie, luft – eau, énergie, air» *82* (1990), S. 98–108 und 211–218.

[21] *L.T. Winnik:* Erneuerte Lammbachsperren. «wasser, energie, luft – eau, énergie, air» *75* (1983), S. 147–148.

[22] *E. Ammann:* Der Geschiebesammler Tobel am Palanggenbach, «wasser, energie, luft – eau, énergie, air» *81* (1989), S. 69–72.

[23] Bundesamt für Wasserwirtschaft: Hochwasserschutz an Fliessgewässern. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern 1982.

[24] *K. Neumann:* Projekt wie die Innundation zu Thun und dortigen Seeöhrteren zu verhinderen. «wasser, energie, luft – eau, énergie, air» *71* (1979), S. 177–183.

[25] *F. Chavaz:* Die Regulierung der Seen im Einzugsgebiet der Reuss. «Wasser- und Energiewirtschaft» *50* (1958), S. 209–225.

[26] *H. Bertschi:* Die Zürichseeregulierung. «Wasser- und Energiewirtschaft» *44* (1952), S. 191–206.

[27] *A. Lambert:* Die ersten Schritte auf dem Weg zur Genfersee-Regulierung. «wasser, energie, luft – eau, énergie, air» *78* (1986), S. 25–28.

[28] *W. Zingg:* Die Bergeller Kraftwerke der Stadt Zürich. «Wasser- und Energiewirtschaft» *47* (1955), S. 1–14.

[29] *Ingenieurbüro Maggia:* Staumauer zum Hochwasserschutz eines Alpentales. Schweizerische Talsperrentechnik, Schweiz. Wasserwirtschaftsverband, Baden 1970, S. 67–74 (Text auch französisch und englisch).

[30] *R. Bischof* und *J. Vichr:* Die Hochwasserkatastrophe fand im Bergell nicht statt. «wasser, energie, luft – eau, énergie, air» *79* (1987), S. 307–308.

[31] *B. Roggwiller:* Das Hochwasserrückhaltebecken Greuel bei Muri/AG bewährt sich. «wasser, energie, luft – eau, énergie, air» *80* (1988), S. 273–274.

[32] *D. Müller:* Die Hochwasserrückhaltebecken der Schweiz. «Mitt. Versuchsanst. Wasserbau ETHZ» 1990, Nr. 102 (Zusammenfassung: «wasser, energie, luft – eau, énergie, air» *82* [1990], p. 184–188).

[33] *A. Brulhart:* Guillaume-Henri Dufour, génie civil et urbanisme à Genève au 19e siècle. Payot, Lausanne 1987.

[34] *R.G. Schönauer:* Von der Stadt am Fluss zur Stadt am See, 100 Jahre Zürcher Quaianlagen. Stadtarchiv, Zürich 1987.

[35] *N. Schnitter:* Schweizer Siedlungswasserbau in Mittelalter und Neuzeit: «Gas, Wasser, Abwasser» 1989, S. 543–555.

Adresse des Autors: *Niklaus Schnitter,* dipl. Bauing. ETHZ, Fleinerweg 4, CH-8044 Zürich.