Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 110 (1992)
Heft: 37

Artikel: Naturnahe Neugestaltung des Alpenrheins - eine Utopie?
Autor: Schlegel, Franco
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-77954

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: 07.08.2025

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

Naturnahe Neugestaltung des Alpenrheins – eine Utopie?

Die Internationale Rheinregulierung feiert im Jahre 1992 das hundertjährige Bestehen des Staatsvertrags «zwischen der Schweiz und Österreich-Ungarn über die Regulierung des Rheines von der Illmündung stromabwärts bis zur Ausmündung desselben in den Bodensee». Nebst der Würdigung der grossen Leistungen unserer Ingenieurvorfahren verlangen aber neue flussbauliche Erkenntnisse, neue technische Möglichkeiten, neue Bedürfnisse der Öffentlichkeit, ferner neue Entwicklungen von Besiedlung, Wirtschaft und Umwelt stets neue Flussbauplanungen.

Die Rheinkorrektion als grosses Rettungswerk

Im letzten Jahrhundert hatten die Schweiz, Liechtenstein und Österreich eine sehr schwere Aufgabe zu bewälti-

VON FRANCO SCHLEGEL, WANGS

gen: die Rheinnot. Wohl selten ist eine Kulturlandschaft mit so grossen Opfern von den vernichtenden Kräften der Natur befreit worden. Aus tiefer Bedrängnis heraus taten die Völker ihr Rettungswerk am Rhein, dämmten den Gebirgsfluss ein, gaben den gefährlichen Wegen des mächtigen Stromes einen neuen Lauf (Durchstiche von Diepoldsau und Fussach), wandelten das Tal in eine blühende Ebene um und hoben am Werk ihren Mut und ihren Glauben an sich selber wieder. Die Gefahr von Überschwemmungen, die das flache Talgelände zwischen Landquart und dem Bodensee innert Stunden in einen See verwandelten, wurde weitgehend gebannt, versumpftes Gebiet wurde trockengelegt und für die Landwirtschaft zurückgewonnen, die Malaria wurde ausgerottet, Auenwälder zugunsten der Besiedlung und des stark wachsenden Verkehrs gerodet oder in stattliche Nutzwälder umgewandelt [1–3].

Wenn das Rheinkorrektionswerk im grossen und ganzen auch gelungen ist und die angestrebten Ziele (Hochwasserschutz, Innenkolonisation) vollumfänglich erreicht wurden, so zeigt es sich als Folge neuer Rahmenbedingungen doch, *dass nunmehr die Zeit zu seiner Weiterentwicklung gekommen ist.* Denn das Werk ist noch nicht ganz fertig in seiner Technik und in seiner Eingliederung in die Landschaft. Die in unserer Zeit durch mehrere Wasserkraftnutzungsprojekte hervorgerufenen Konflikte sind als Auslöser einer neuen, zukunftsgerichteten Gesamtsicht von Fluss und Talschaft zu betrachten. Mit einer bisher vielleicht etwas wenig bedachten Perspektive will diese Arbeit mithelfen, einen im Gemeinwohl gründenden Konsens über die künftige Nutzung und Gestaltung der Rheinflusslandschaft zu finden.

Nach der Phase der Herrschaft des wilden Rheins über sein Tal und der darauffolgenden Beherrschung von Fluss und Tal durch den Menschen soll durch eine naturnahe Gewässergestaltung eine «Partnerschaft» zwischen Mensch und Fluss zur Diskussion gestellt werden.

Von der Korrektion zur Renaturierung von Fliessgewässern. Neue Anforderungen aufgrund gewandelter Wertvorstellungen

Seit der Bändigung des Rheins im 19. und frühen 20. Jahrhundert hat sich vieles geändert, denn auch im Flussbau gibt es keine Massnahmen, die ewig befriedigen. Inzwischen hat man erkannt, dass eine Gewässerregulierung in Form des Gerinneausbaus, wie sie im Rheintal angewandt wurde, sowohl zu einer Verarmung der Landschaftsstruktur als auch zu einer sehr starken Abnahme der Artenvielfalt führte. Da natürliche Flüsse in unsern intensiv genutzten Talschaften zur Mangelware geworden sind, ist der heutige Ruf nach naturnahen Fliessgewässern verständlich. In ganz Mitteleuropa sind deshalb die Wasserbauer daran, sich Gedanken über Renaturierungen zu machen. Während man in der Schweiz bei der Renaturierung der grossen korrigierten Flüsse wohl erst am Anfang steht, gibt es insbesondere *in Bayern etliche erfolgreiche Beispiele.* Renaturierungen sind jedoch weder problemlos noch billig. So beansprucht ein naturnaher Fluss mehr Raum als ein korrigiertes Fliessgewässer. Mit der Renaturierung verbunden sind auch meistens Fragen des Abflussregimes: Vermag das neue Gerinne das Hochwasser zu fassen? Ist der Durchgang des Geschiebes und des Geschwemmsels sichergestellt? [4]

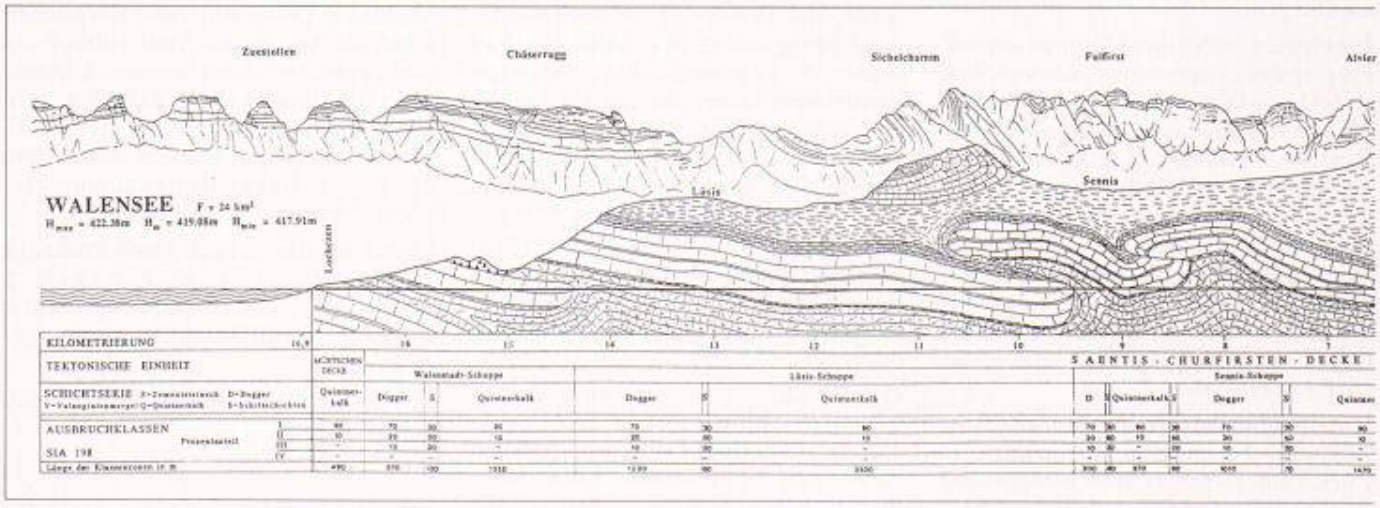


Bild 1. Geologisches Längenprofil des Alviertunnels

Ein attraktiveres Rheintal

Die künftige Nutzung und Gestaltung des Rheines soll dazu beitragen, die Attraktivität des Rheintals als Wohn-, Wirtschafts und Erholungsraum zu erhöhen. Eine intakte Umwelt mit einem grossen Erholungs- und Freizeitwert ist zur Bewältigung des strukturellen Wandels und um in unserem stressbetonten Alltag leistungsfähig zu bleiben von ausserordentlicher Bedeutung. Gerade die Führungskräfte von Wirtschaft und Politik beanspruchen in hohem Masse unversehrten Erholungsraum, um im internationalen Wettstreit konkurrenzfähig zu bleiben. Landschaftlich und biologisch intakte Flusslandschaften vermitteln nachweislich ein besonders tiefes Naturerlebnis und bieten eine grosse Vielfalt von Erholungsmöglichkeiten.

Der Rhein als Lebensader

Welche Hauptaufgabe soll der Rhein künftig in der Kulturlandschaft des dicht besiedelten, internationalen Alpenrheintals erfüllen? Die Antwort auf diese entwicklungspolitische Kernfrage ist m.E. eindeutig: Wer die gestaltungsarme Tallandschaft und den kanalisierten Rhein betrachtet, stösst unweigerlich auf die Grundidee, *dass nur durch eine naturnahe Neugestaltung des Rheins die von der Natur vorgegebene räumliche Ordnung und der unverwechselbare Charakter des Rheintals wieder hergestellt werden können!* Denn der Rhein ist die zentrale Gestalt, das Originale, die verlorene Identität seines Tals.

Vom Einzweck- zum Mehrzweckprojekt

Da unsere grossen Fliessgewässer mehrere Funktionen von öffentlichem Interesse gleichzeitig zu erfüllen haben, ist ein erneuter Eingriff ins Flussregime des Rheins im Rahmen eines integrierten, wasserbaulichen Mehrzweckprojekts anzugehen. Die primären Zielsetzungen eines neuen Gesamtwerks beinhalten m.E. die folgenden Punkte:

- Neukonzeption des Hochwasserschutzes
- Naturnahe Gewässergestaltung
- Sanierung der gestörten Grundwasserverhältnisse
- Neuschaffung von Erholungsraum
- Wasserkraftnutzung

Mit der Idee eines neuen Rhein-Linth-Werks soll exemplarisch demonstriert werden, wie es möglich ist, durch ein gestalterisch-ökologisch konzipiertes Ingenieurwerk vermeintliche Gegensätze wie Natur und Technik, Energiewirtschaft und Umweltschutz, in schöpferischer Weise zu vereinen.

Kardinalproblem Hochwasser

Die verheerenden Überschwemmungen im Jahre 1987 (Überflutungen im Urner Reusstal und im Vorderrheintal, Rheindammbruch bei Fussach) haben deutlich gezeigt, dass unsere alten Schutzbauten ausserordentlichen Niederschlägen nicht gewachsen waren und auch im Rheintal latent Gefahren für weitere ähnliche Fälle bestehen. Wenn sich auch das Sicherheitskonzept der Rheinkorrektion bisher bewährt hat, so muss doch darauf hingewiesen werden, dass mit der dichteren Besiedlung des Rheintals *die bisherige Regulierung den erhöhten und erweiterten Anforderungen der Gegenwart nicht mehr entspricht* und durch ein neues Projekt ergänzt werden sollte.

Es sind die folgenden Schwachstellen der Rheinkorrektion, die einen verbesserten Schutz vor dem «grössten Wildbach Europas» erfordern:

☐ Die Hochwasserdämme sind teilweise sehr alt, insgesamt recht durchlässig, und *ihre Stabilität ist kritisch.* So kam es im lediglich 50jährigen Julihochwasser von 1987 gemäss Angaben der Schweizer Rheinbauleitung neben dem Fussacher Dammbruch zu starken Durchsickerungen am Damm bei St. Margrethen, so dass die Sicherheit nicht mehr gewährleistet war [5]. Dementsprechend kostspielig ist auch der Unterhalt (ca. 4 Mio. Fr. pro Jahr).

☐ Der Rheinunterlauf wurde für ein 100jähriges Hochwasser dimensioniert. Ein 500jähriges *Hochwasser wie jenes im Reusstal von 1987 würde im unteren Rheintal neben möglichen Personenschäden Sachschäden in Milliardenhöhe zur Folge haben.*

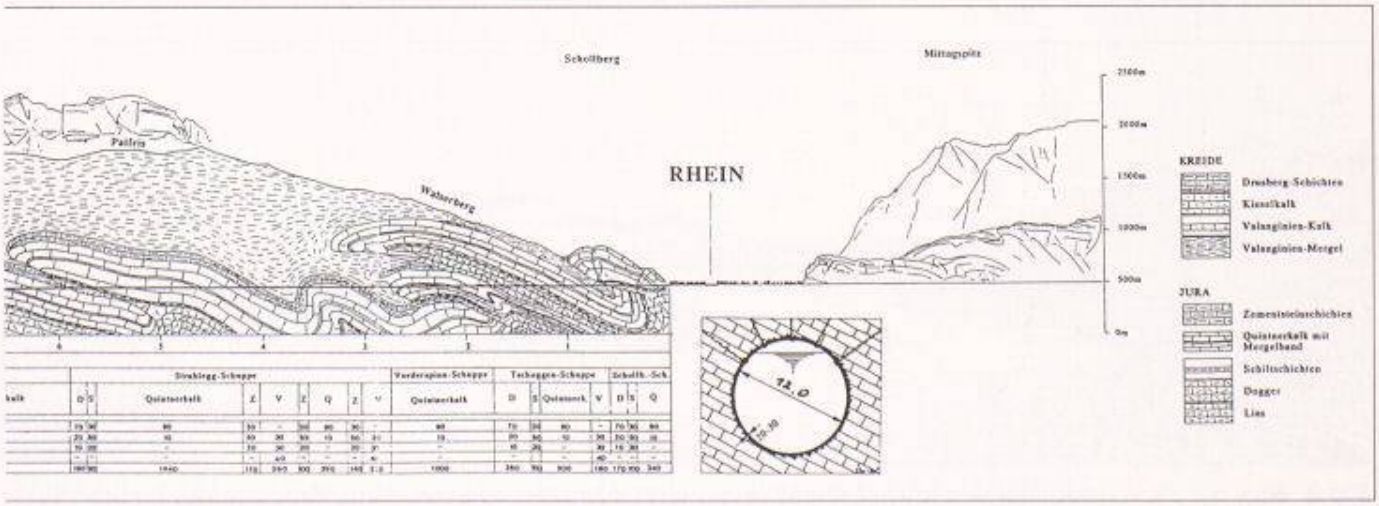
☐ Durch den Gerinneausbau Reichenau-Bodensee und den Entzug der ehemals grossen Überflutungsgebiete wurde das ursprünglich gedämpfte Hochwasserabflussverhalten stark verschärft und das Hochwasserschutzproblem lediglich flussabwärts verschoben.

☐ Die Schutzansprüche der inzwischen dichtbesiedelten und international bedeutsamen Talschaft sind gegenüber dem 19. Jahrhundert stark angestiegen.

Das vorrangige Ziel muss es deshalb sein, die grosse Hochwasserspitze des Rheins (1000jähriges Hochwasser von 3000 m³/Sek. bei Sargans) zu brechen. Bereits in den 50er Jahren (Hochwasser von 1954) wurde die Notwendigkeit einer Ergänzung des Hochwasserschutzes im Alpenrheintal erkannt, die Idee eines Hochwasser-Rückhaltebeckens am Vorderrhein bei Rhäzüns jedoch aus verschiedenen Gründen nicht weiter verfolgt.

Natur gab Idee vor: Ableitung der Hochwasserspitze zum Walensee

Was aus Naturgründen war – noch beim 1480er Hochwasser wird gemäss dem Luzerner Chronisten Renward Cysat ein Überströmen des Rheines über die Talwasserscheide von Sargans beurkundet –, dürfte die Lösung des Pro-



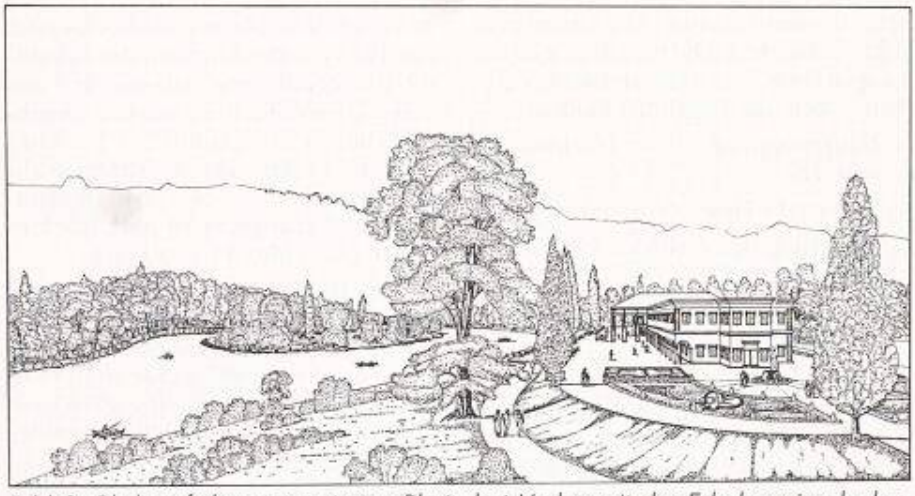


Bild 2. Blick auf den renaturierten Rhein bei Vaduz mit der Erholungsinsel, dem Landespark und dem am Flussufer gelegenen Kulturzentrum

blems darstellen: die Ableitung der Hochwasserspitze des Rheines zum Walensee. *Die Verwendung der natürlichen Alpenrandseen zur Hochwasserretention ist ja ein längst bewährtes, typisch schweizerisches Hochwasserschutzkonzept.* Es sei hier auf die Ableitung der Kander in den Thunersee (1714), die Ableitung der Aare in den Bielersee (1878), die Umleitung der Grossen Melchaa in den Sarnersee (1880) und auf die Überleitung der Linth in den Walensee unter der Leitung von H. C. Escher von der Linth im Jahre 1811 verwiesen [6].

Bei dieser neuen Hochwasserschutzkonzeption stellt sich natürlich die Frage, ob es nicht zu Schäden im Walensee-Linth-Zürichsee-Gebiet komme und ob der Walensee sowohl die Hochwasser der Linth wie die des Rheins gleichzeitig aufzunehmen vermag? Diese Bedingung kann erfüllt werden, indem die Schluckfähigkeit der Hochwasserentlastung des Rheins gerade so gross gewählt wird, dass es am Walensee zu keiner Überschreitung der sog. Schadensgrenze kommt. Eine erste positive Stellungnahme des in dieser Sache zuständigen Bundesamts für Wasserwirtschaft liegt zudem vor. Im 1000-jährigen Hochwasserfall werden dem Walensee rd. 50 Mio. m³ Rheinwasser mitsamt 50 000 m³ Geschiebe zugeführt, was dessen Wasserspiegel um ca. 2 m ansteigen lässt.

Der Alviertunnel (Bild 1)

Das flussbautechnische Herzstück des neuen Rhein-Linth-Werks bildet der unter der Alvierkette verlaufende Hochwasser-Entlastungsstollen. Das Einlaufbauwerk befindet sich am Südostfuss des Schollbergs bei Trübbach, das Auslaufbauwerk mit Tosbecken zur Energievernichtung westlich der «Lochezen» bei Walenstadt. Es handelt sich bei diesem Alviertunnel um ein ein- oder zweiröhriges, 16.8 km langes, wahrscheinlich kreisförmiges Freispiegelgerinne mit einer Schluckfähigkeit von 1000 m³/Sek. (Daten für einen einröhrigen Tunnel: Aussendurchmesser 12 m, Ausbruchfläche 113 m²). Die Frage des Systementscheids (ein- oder zweiröhriger Tunnel) sowie die Festlegung des Tunnelprofils und des Bauvorgangs erheischt umfangreiche technische, flussbauliche und wirtschaftliche Abklärungen. Der Wassertunnel mit maximal 1400 m Überlagerungshöhe überwindet eine Höhendifferenz von 50 m und weist zur Gewährleistung eines kontinuierlichen Geschiebetransports ein Einheitsgefälle von 3 Promille auf. Die Kosten des Tunnels können bei einer Bauzeit von 7 bis 8 Jahren auf rd. 500 Mio. Fr. geschätzt werden (260.– pro m³).

Geologie und Bautechnik sind als ausgesprochen günstig zu beurteilen. Die Alvierkette gehört zu den helvetischen Kalkalpen, ist vor allem durch Faltenbau gestaltet und zeigt eines der eindrücklichsten Beispiele von disharmonischem Gebirgsbau. Der Tunnel verläuft zur Hauptsache durch die Kalkformationen der Malm-Dogger-Decke. Bei diesen Gesteinen handelt es sich um sehr gute bis gute, standfeste, relativ ruhig und schräg gelagerte Stollengebirge mit relativ hohen Druckfestigkeiten. Die Malm-Dogger-Decke ist generell für den mechanischen Vortrieb geeignet. Der grosse Anteil der verkarstungsfähigen Kalke macht die unterirdische Entwässerung zu einem wichtigen Faktor der Hydrologie des Alvier-Gebiets. Grössere Wasserzutritte könnten die Vortriebsarbeiten eventuell behindern.

Grosse landschaftliche Entwicklungschancen

Die Chancen zur Entwicklung der Flusslandschaft seien an drei Beispielen dargestellt: Am Erholungszentrum von Vaduz, an der Eschener Rheinaue und am Flachsee von Kriessern:

Die Leitidee zum Landschaftsraum von Vaduz besteht darin, den Flussraum durch die Schaffung einer ca. 8 ha grossen Erholungsinsel zu bereichern und ihn mit einem grossen liechtensteinischen Landespark von 33 ha zu umschliessen, um dadurch einen landschaftlichen Gegenpol zu Schloss und Städtchen Vaduz zu schaffen. Den gesellschaftlichen Mittelpunkt des Landesparks stellt ein öffentliches Kultur-

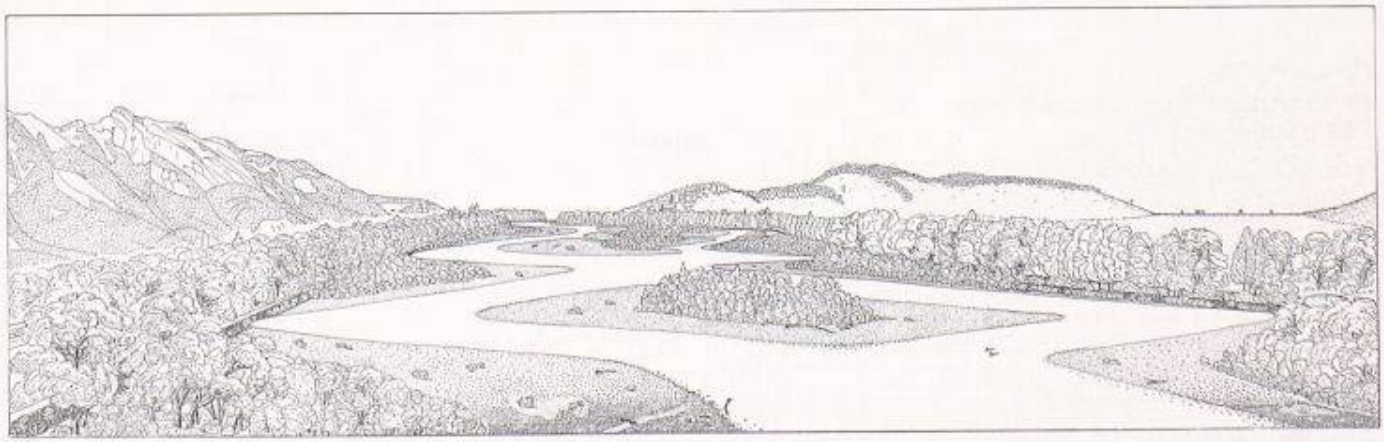


Bild 3. Blick auf die vorgeschlagene Eschener Rheinaue zwischen Buchs/Schaan und Haag/Bendern: Idealbild der Rheintaler Urlandschaft mit dem frei fliessenden Alpenrhein

zentrum am Flussufer gegenüber der Rheininsel dar (Bild 2).

Im Flussabschnitt zwischen Buchs/Schaan und Haag/Bendern stellt der Naturschutz die Vorrangnutzung dar. Es wird die Rekonstruktion einer urtümlichen Auenlandschaft ähnlich der Mastrilser Rheinaue vorgeschlagen. Durch Verschiebung der Hochwasserschutzdämme an die Autobahn bzw. an den alten liechtensteinischen Binnendamm kann unter absoluter Schonung des Kulturlands ein ca. 3.5 km langes und 115 ha grosses Auengebiet geschaffen werden (Bild 3).

Am Rhein bei Kriessern wird auf der weiten Vorlandfläche ein ausgedehnter Flachsee ähnlich jenem an der Reuss bei Unterlunkhofen geschaffen. Dieser bildet ein *wertvolles Refugium für Wasservögel, Wasserpflanzen und Jungfische* (Bild 4).

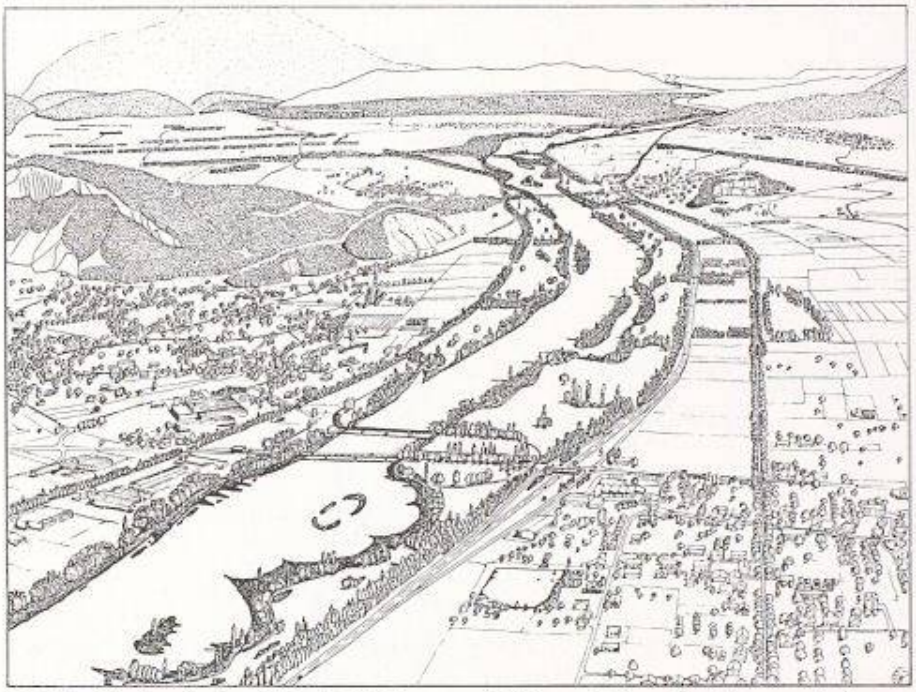


Bild 4. Blick auf den Rhein bei Kriessern/Mäder mit dem Flachsee und der gegliederten Flusslandschaft

Rekonstruktion des alten Rhein-Unterlaufs

Gemäss einem wichtigen Gesetz der naturnahen Flussbaukunst müssen wir davon ausgehen, dass die typische flussmorphologische Vierteilung mit den streng geordneten Teilen des Oberlaufs, des Mittellaufs, des mäandrierenden Unterlaufs und des Deltas die naturgerechte und somit die anzustrebende Flussgestalt darstellt. Hieraus ergibt sich die einfache Leitidee, dass im Rahmen eines Mehrzweckprojekts auch der untere Rheinlauf mit der Diepoldsauer Rheinschlaufe und dem Alten Rhein von St. Margrethen bis zum Rheinspitz wieder hergestellt werden sollte. Die Rekonstruktion des alten Rheinlaufs wird ermöglicht durch die Hochwasserableitung zum Walensee und die Nutzung des Fussacher Durchstichs für die Hochwasserentlastung im Mündungsgebiet. Auch diese Projektidee beruht in der Nachahmung der Natur, indem sich ein Fluss beim Eintritt in einen See ebenfalls verzweigt und ein dreieckförmiges Delta bildet.

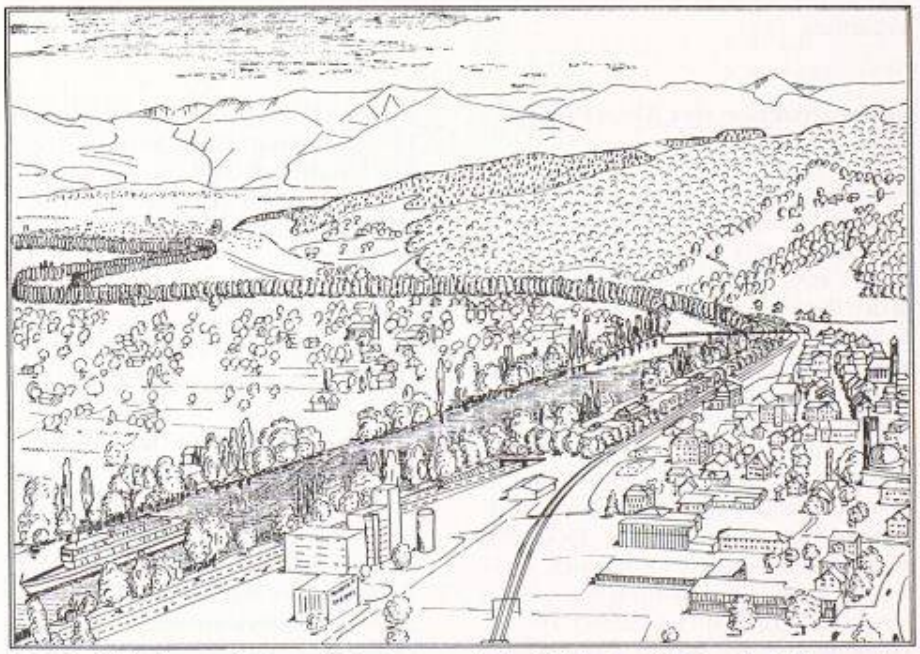


Bild 5. Blick flussaufwärts auf Gaissau und das Städtchen Rheineck mit ihrem alten Wahrzeichen, dem «Vater Rhein», welcher am Fusse der Ausläufer der Appenzeller Berge gemächlich seine weiten Schlaufen zieht

Rekonstruktion der Diepoldsauer Rheinschlaufe

Wie wir heute wissen, hatten die ehemaligen Rheinbauleiter J. Wey, Ph. Krapf, K. Böhi und viele andere führende Ingenieure, die um die Jahrhundertwende vom Bau des Diepoldsauer Durchstichs auf dem unsicheren Torfboden des Isenriets dringend abrieten, zumindest teilweise recht, denn dieser lässt sich mit der Rheinableitung zum Walensee und infolge des Wandels der öffentlichen Interessen weder aus Hochwasserschutzgründen noch mit geschiebetechnischen Argumenten hinreichend begründen. Als Vorteile der Rückverlegung des Rheins ins alte Flussbett der Diepoldsauer Rheinschlaufe sind zu nennen:

- Erhebliche Verbesserung des Hochwasserschutzes durch Verlegung des Flusslaufs vom unsicheren Torfgebiet des Isenriets in die ehemalige und stabile Flussschotterzone
- Rückgewinnung namhaften besten Kulturlands auf der Durchstichstrecke (191 ha)
- Wiederermöglichung einer Flusswasserinfiltration in den produktiven und intensiv genutzten Grundwasserleiter längs der Diepoldsauer Mäanderstrecke
- Rekonstruktion der ursprünglichen Landschaft, grössere Biotopvielfalt und Besiedlungsdichte, höhere Fischereierträge und grösseres Selbstreinigungsvermögen
- Rhein = Landesgrenze: Diepoldsau kommt wieder linksrheinisch zu liegen

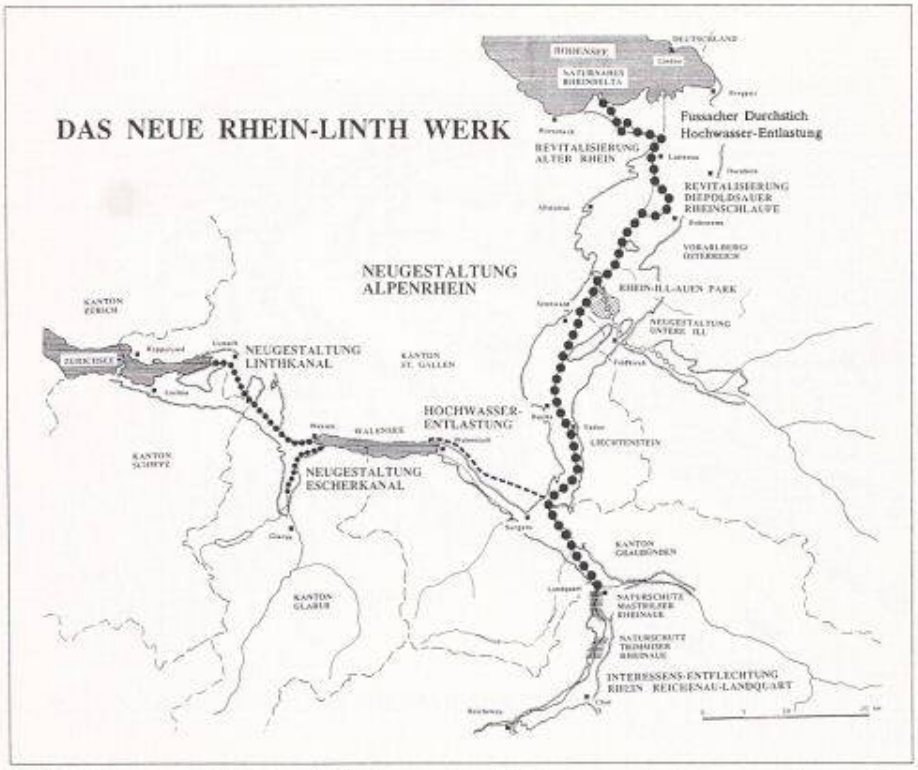


Bild 6. Das neue Rhein-Linth-Werk mit dem Hochwasser-Entlastungsstollen in den Walensee

Rekonstruktion des Alten Rheins (Bild 5)

Auch die wegen der unvorhergesehen starken Verlandung bedingte Mündungsgestaltung mit einer rund 5 km langen künstlichen Rheinvorstreckung in den Bodensee bei Fussach erachte ich nicht mehr in allen Belangen dem Gesamtinteresse der Öffentlichkeit angepasst, und ich schlage deshalb eine Rückverlegung des Rheins ins alte Bett ab Brugger Horn zum Rheinspitz vor. Die Aufteilung der Hochwasserspitze geschieht wie folgt: 800-1000 m³/Sek. werden im Alten Rhein, 1600-1800 m³/Sek. im Fussacher Durchstich abgeleitet. Indem das Mittelgerinne des Fussacher Durchstichs künftig als Abzweigungsgerinne für die Hochwasser-Entlastung im Mündungsgebiet eingesetzt wird, gelingt es, Neues und Altes nahtlos miteinander zu verbinden. Die funktionalen und synergetischen Vorteile der zur Diskussion gestellten Projektidee lauten kurz zusammengefasst:

- Erhebliche qualitative und quantitative Verbesserung des Hochwasserschutzes im Mündungsbereich (neu: schadlose Ableitung der 1000jährigen Hochwasserspitze)
- Langfristige Erhaltung der attraktiven Lage der Seeufergemeinden Fussach, Hard, Bregenz und Lindau durch Verlegung der Rheinmündung und damit der Verlandungszone zum Rheinspitz
- Rekonstruktion der ursprünglichen Landschaft mit dem Rhein als Seele der Landschaft und grossen städtebaulichen Entwicklungschancen für Rheineck, Gaissau, Höchst und St. Margrethen
- Flächengewinn durch Entfernung der Hochwasserdämme und Umnutzung der hochwasserfreien Vorländer des Fussacher Durchstichs (183 ha)
- Wiederanschluss von Rheineck an den Rhein und an die Bodenseeschiffahrt
- Erhaltung und Gestaltung der schützenswerten Bodenseelandschaft. Aufbau eines wertvollen und mitteleuropäisch einzigartigen naturnahen Flussdeltas am Rheinspitz
- Optimaler Sauerstoffeintrag des Rheins in grundnahe und tiefe Seezonen (Durchlüftungseffekt). Langfristige Erhaltung einer guten Wasserqualität in der seichten Fussacher- und Bregenzerbucht
- Wiederherstellung der autochthonen Äschenregion und erhebliche Verbesserung der fischereilichen Verhältnisse im Rheinunterlauf
- Wiederherstellung der natürlichen Landesgrenze Schweiz–Österreich

Das neue Rhein-Linth-Werk (Bild 6)

Die Grundidee einer naturnahen Flusslandschaft an Rhein und Linth, wo ebenfalls Bestrebungen zur naturnahen Gestaltung der Flusslandschaft im Gange sind, erweist sich somit als Auslöser eines weitgefächerten Gemeinschaftswerks, das im Raum schon lange vorgezeichnet ist. Ausgehend vom traditionsreichen flussbaulichen Prinzip der Hochwasser-Ableitung in einen See und der neuen Aufgabe der Landschafts-Rekonstruktion bezweckt das neue Rhein-Linth-Werk die Erneuerung und Verbindung des Rheinkorrektions- und des Linthwerks. Es beruht auf den folgenden vier tragenden Leitideen:

☐ Naturnahe Gestaltung des korrigierten Rheines (60 km) unter Integration von Wasserkraftanlagen zwecks Regeneration der Rheinflusslandschaft und Neuregulierung der gestörten Grundwasserverhältnisse

☐ Ableitung der Hochwasserspitze des Rheines zum Walensee

☐ Rekonstruktion des alten Rhein-Unterlaufs mit der Nutzung des Fussacher Durchstichs zur Hochwasserentlastung im Mündungsgebiet

☐ Renaturierung des Linth-Escher- und des Linthkanals

Literatur

[1] *Krapf Philipp*, Die Geschichte des Rheins zwischen dem Bodensee und Ragaz, Schriften des Vereins für Geschichte des Bodensees, Heft XXX, Huber & Co., Frauenfeld, 1901

[2] *Meyer-Peter Eugen, Lichtenhahn Carlo*, Altes und Neueres über den Flussbau unter besonderer Berücksichtigung des sanktgallischen Rheintales. EDI/Eidg. Amt für Strassen- und Flussbau, Bern, 1963

[3] *Lichtenhahn Carlo*, Flussbauliche Probleme am Rhein zwischen Reichenau und Bodensee im Wandel der Zeit, Sonderdruck aus Wasser- und Energiewirtschaft, Nr 10/11, Baden, 1972

[4] *Vischer Daniel*, Von der Korrektion zur Renaturierung von Fliessgewässern, in: NZZ, 3/4. März 1990, Nr. 52, S. 23

[5] *Kalt Leo*, Sicherungsarbeiten am Hochwasserdamm des Rheins bei St. Margrethen, in: Umweltschutz im Kanton St. Gallen, Amt für Umweltschutz, Heft 1, 1991, S. 31 ff.

[6] *Vischer Daniel*, Schweizerische Flusskorrektionen im 18. und 19. Jahrhundert. Mitt. der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, Nr. 84, Zürich, 1986

[7] *Götz Andreas*, Die Mündung des Rheins in den Bodensee im Wandel der Zeit, Vortrag an der ETH Zürich, Bern, 1986 (unveröffentlichtes Manuskipt)

Die gemeinschaftlich zu tragenden Kosten des neuen Rhein-Linth-Werks belaufen sich auf rd. 2.1 bis 2.3 Milliarden Franken.

Schlussbemerkungen und Dank

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen eines Forschungsprojekts am Institut für Orts-, Regional- und Landesplanung der ETH Zürich. Die zentrale Aufgabe der Wissenschaft besteht darin, Hypothesen zu entwerfen und diese hart auf ihre Zweckmässigkeit und ihren Wahrheitsgehalt zu überprüfen. Der Politik obliegt die schwierige Aufgabe, das Gesamtinteresse der Öffentlichkeit zu wahren und jene Lösung durchzusetzen, welche dem ganzen Rheintal zugute kommt. Der Verfasser möchte darauf hinweisen, dass er sich mit seinen auf den ersten Blick vielleicht etwas unkonventionellen Hypothesen natürlich irren kann. Es ist anzunehmen, dass auch unsere Nachkommen für unser heutiges fehlerhaftes Denken und Handeln oft nur ein Kopfschütteln übrig haben werden, wie Götz [7] treffend schreibt. Die Bedeutung der ganzen Arbeit ist nicht grösser als diejenige eines schmalen Pfads in einem riesigen Wald unerforschter Entwicklungsmöglichkeiten, von dem aus nur schwer übersehen werden kann, ob man auf ihm den besten Möglichkeiten begegnet ist. Die Bestimmung der Arbeit ist es, verbessert zu werden. Sie soll Anregung sein für erneute eindringliche Forschung.

Es ist dem Verfasser ein Bedürfnis, allen zu danken, welche die Arbeit in mehrfacher Hinsicht tatkräftig gefördert haben. Es sind dies: Prof. Dr. *J. Maurer* (Referent) und Prof. Dr. *D. Vischer* (Koreferent), beide ETHZ, Prof. *C. Lichtenhahn*, Bern, *H. Ringli*, *Chr. Göldi* und Dr. *M. Jäggi*, Zürich, Dr. *M. Broggi*, Vaduz, *A. Götz*, *E. Kessler* und *H. Weiss*, Bern, *L. Kalt*, St. Gallen.

Adresse des Verfassers: *F. Schlegel*, dipl. Bauing. ETH/SIA, Raumplaner ETH/NDS, Dorfstrasse 43, 7323 Wangs.

k-Werte von Mauerwerk

Prüfmethoden an der EMPA

VON RALPH SAGELSDORFF, GRÜT

Bedeutung des k-Wertes

Der k-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) ist ein Vergleichswert zur Beurteilung des Transmissionswärmeverlustes von Bauelementen der Gebäudehülle (Definition siehe Kästchen).

Der Transmissionswärmeverlust in einer bestimmten Zeitperiode, z.B. einem Monat der Heizperiode, berechnet sich zu:

$$Q_t = k \cdot A\,(\bar{\vartheta}_i - \bar{\vartheta}_a) \cdot \frac{h}{1000} \qquad \text{(kWh)}$$

mit A Bauteilfläche (m^2)
$\bar{\vartheta}_i$ mittlere Raumlufttemperatur (°C)
$\bar{\vartheta}_a$ mittlere Aussenlufttemperatur (°C)
h Anzahl Stunden

Je kleiner der k-Wert, desto niedriger ist auch der zur Deckung des Transmissionswärmeverlustes notwendige Heizenergiebedarf. Zulässige k-Werte sind in der Empfehlung SIA 380/1 gegeben, aber auch in kantonalen oder kommunalen Energie- resp. Baugesetzen zwingend vorgeschrieben.

Für den normalen Wohnungsbau können folgende k-Werte als vernünftige obere Grenzwerte angesehen werden:

Wandkonstruktionen	0.4 W/m^2 K
Dachkonstruktionen	0.3 W/m^2 K

Für «Niedrigenergie-Häuser», Gebäude ohne Heizenergiebedarf oder für Gebäude in extremen Aussenklimas sind sehr niedrige k-Werte der Gebäudehülle eine der unabdingbaren Voraussetzungen. Hier werden k-Werte von ≤ 0.2 W/m^2 K angestrebt.

Es ist zu beachten, dass die in der Fläche des Bauteiles enthaltenen Wärmebrücken wie z.B. Bügel, Mörtelfugen im k-Wert des Bauteils einzubeziehen sind. Der bei Anschlussdetails erhöhte Wärmefluss ist jedoch in einer Energiebilanz separat zu erfassen.

Für eine zutreffende Energiebilanz eines Bauteils sind neben der Temperaturdifferenz zwischen Raumluft und Aussenluft aber noch die Strahlungsvorgänge an der äusseren Oberfläche zu berücksichtigen. Die kurzwellige Sonnenstrahlung erwärmt die Oberfläche und reduziert damit den Transmissionswärmeverlust, während die langwellige Wärmeabstrahlung an einen klaren, kalten Himmel diesen erhöht.

Die «echte» Monatsbilanz ergibt sich zu:

$$Q = k \cdot A \cdot [(\bar{\vartheta}_i - \bar{\vartheta}_a) \cdot \frac{h}{1000} - \frac{a_s \cdot G}{\alpha_a} + \frac{\varepsilon_o \cdot \Delta IR}{\alpha_a}] \text{ (kWh)}$$

Der k-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) gibt an, welcher Wärmestrom (in W) durch 1 m^2 des Bauteils fliesst, wenn die Temperaturdifferenz der angrenzenden Lufträume 1 K beträgt. Einheit: W/m^2 K.

Er berechnet sich als Kehrwert des Wärmedurchgangswiderstandes R: $k = \frac{1}{R}$.

Bei Bauteilen aus ebenen, homogenen Baustoffschichten gilt:

$$R = \frac{1}{\alpha_i} + \Sigma\frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_a} \text{ (m}^2\text{ K/W)}$$

mit: α_i = Wärmeübergangskoeffizient an der inneren Oberfläche, Normwert $\alpha_i = 8$ W/m^2 K
α_a = Wärmeübergangskoeffizient an der äusseren Oberfläche, Normwert $\alpha_a = 20$ W/m^2 K
d, λ = Dicke, resp. Wärmeleitfähigkeit der einzelnen Baustoffschichten d in m, λ in W/m K

mit a_s Absorptionsgrad für Sonnenstrahlung (-)
G Globalstrahlung auf Bauteilebene (kWh/m^2)
ϵ_o Emissionsgrad für Wärmestrahlung, IR (–)
ΔIR IR-Zusatzverlust an den Himmel (kWh/m^2)
α_a Wärmeübergangskoeffizient aussen (W/m^2 K)

Die Reduktion des Transmissionsverlustes infolge der Strahlungsvorgänge kann gerade in den Übergangsmonaten beträchtlich sein, siehe Bild 1.

Bei einem Nachweis des Heizenergiebedarfs gemäss Empfehlung SIA 380/1