25 Jahre Entwicklung des Reussdeltas

Autor(en): **Jäggi, Martin / Schaffner, Hans-Peter / Leuthold, Barbara**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **108 (2016)**

Heft 2

PDF erstellt am: **04.06.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-939519

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

25 Jahre Entwicklung des Reussdeltas

Martin Jäggi, Hans-Peter Schaffner, Barbara Leuthold

Zusammenfassung

Vor ziemlich genau 25 Jahren wurde im Juli 1991 mit der Öffnung des rechten Arms die Umsetzung des Reussdelta-Projekts abgeschlossen. Die Idee der Umgestaltung einer kanalisierten Flussmündung in ein Delta war in den Achtzigerjahren noch sehr unkonventionell. Die Entwicklung über 25 Jahre wurde zu einer Erfolgsgeschichte. Die Dynamik des Deltas forderte immer wieder Kontrollen und Anpassungen.

1. Geschichtliches

Im Jahre 1854 wurde die Reuss im Urner Talboden begradigt und eingeengt, um Land zu gewinnen und dieses vor Hochwasser zu schützen. Es entstand eine neue Mündung östlich des ursprünglichen Deltas *(Bild 1)*. Geschiebe lagerte sich nun vor dieser Mündung im See ab. Die Reussdämme wurden sukzessive auf den Ablagerungen verlängert. Mit der Zeit stiess so die Mündung etwa 300 m in den See vor. Die Dämme mussten erhöht werden, da durch den Vorstoss die Sohle im Kanal angehoben wurde. Um 1900 herum wurde mit Baggerungen vor der Mündung begonnen, um den Vorstoss zu begrenzen. Trotzdem bildete sich vor der Mündung immer wieder eine Insel *(Bild 2a)*. Durch die Kanalisierung und den Vorstoss der Mündung wurden die Sedimente der Reuss in die Tiefen des Sees verlagert. Das alte Delta mit teilweise feinem Substrat wurde nun der Erosion durch den Wellenschlag ausgesetzt, ohne dass Materialnachschub aus der Reuss diese hätte kompensieren können. Im Lauf der Zeit wurden die Baggerungen in den Bereich des alten Deltas ausgedehnt, was die Erosion der Ufer intensivierte. In der Folge verschob sich die Uferlinie deshalb bis 300 m landeinwärts *(Bild 1)*. Ablagerungen vor der Mündung wurden auch laufend abgebaggert. 1980 war so die Mündung weit in den See vorgestossen *(Bild 2b)*.

Um 1980 herum stand deshalb die Kiesgewinnung aus dem Urnersee massiv in der öffentlichen Kritik. Das betroffene Unternehmen, Arnold & Co., Flüelen, gab deshalb einen Landschaftsentwicklungsplan in Auftrag (*Lang*, 1983). Dieser basiert auf dem Konzept eines neuen Deltas, das durch Rücknahme der Mündung auf die Höhe der Uferlinie und gezielte seitliche Öffnung der Reussdämme oberhalb der Mündung entstehen sollte. Das Konzept wurde durch Modellversuche geprüft und

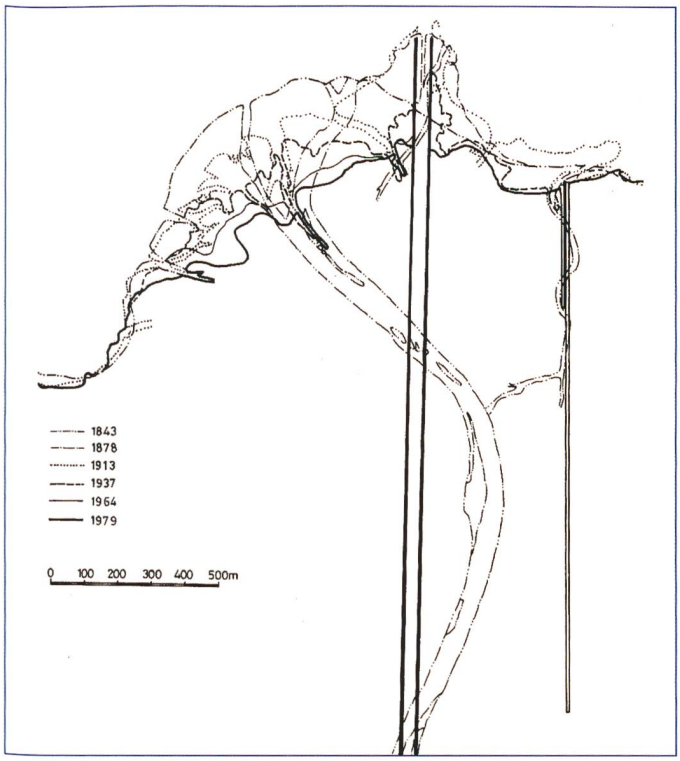


Bild 1. Begradigung der Reuss durch die Korrektion von 1854 mit Durchstich zu einer neuen Mündung. Vorstoss der neuen Mündung einerseits und Uferrückgang im Bereich des alten Deltas als Folge von Mangel an Schwebstoffen und Baggerungen.

Bild 2. Mündungsinsel vor der neuen Reussmündung (Bild 2a; Aufnahme Swissair Photo) und Zustand vor Inangriffnahme des Reussdeltaprojekts (Bild 2b, O. Lang, Uster).

Bild 3. Öffnung des «linken Arms» 1989 (a), Öffnung des «rechten Arms» (b), erste Entwicklung bis 1992 (c) (Aufnahmen VAW, M. Jäggi, O. Lang, Uster).

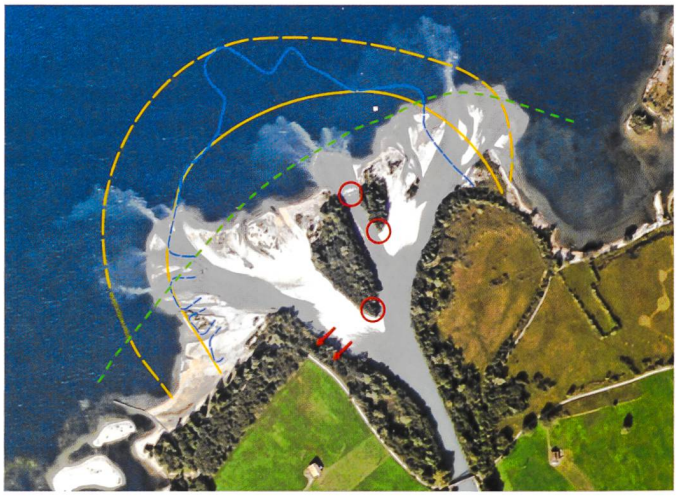


Bild 4. Entwicklung des Reussdeltas 2008. Uferangriff 2012 (rote Pfeile). Rückbau der harten Massnahmen (rote Kreise). Ursprüngliche Begrenzung der Schutzzone (grüne Linie). Delta im Langzeitversuch an der VAW (blaue Linie). Vermutete Interventionslinie (gelb gestrichelt), Hauptdelta (gelbe Linie) bei Erreichen der Interventionslinie durch ein Subdelta (Aufnahme Flotron AG, Meiringen).

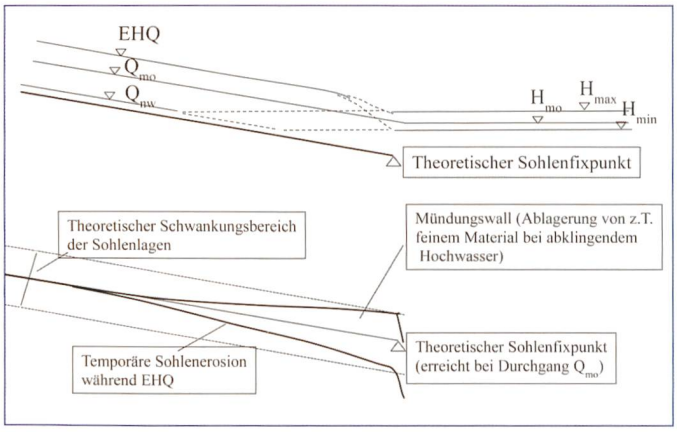


Bild 5. Mündungsdynamik in einer prismatischen Kanalmündung.

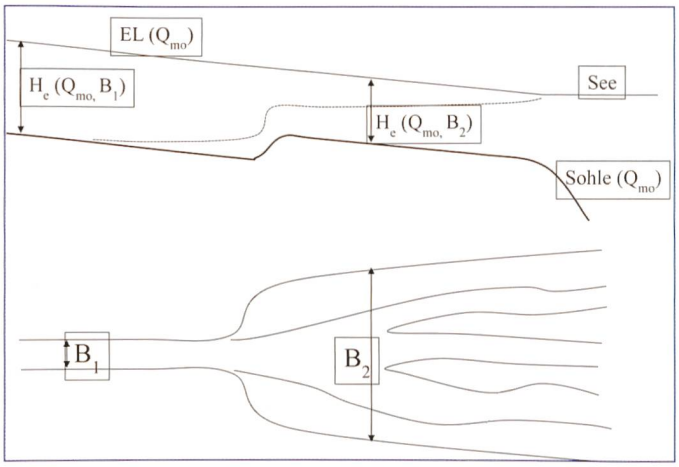


Bild 6. Versatz in der Aufweitung, Mündungswall im Delta.

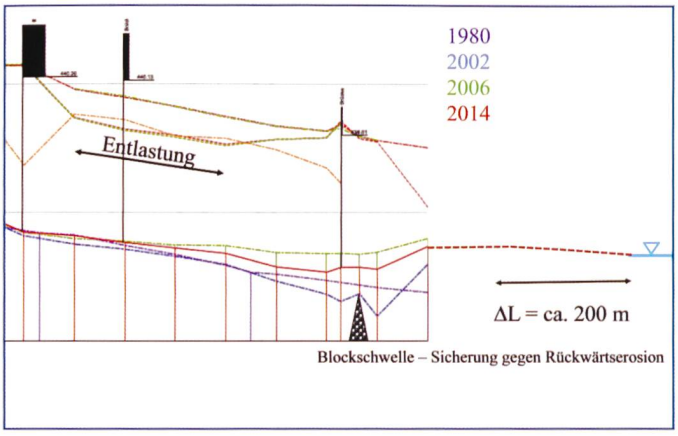


Bild 7. Vermessene Sohlenlagen im Reusskanal. Schwankungen in Funktion des Vorstosses, aber auch der Bildung des Mündungswalls. Leichte Rückwirkung in den untersten Abschnitt der Entlastung. Blockschwelle zur Sicherung gegen Rückwärtserosion.

weiterentwickelt (*VAW*, 1983, *Jäggi* und *Peter* 1983, *Jäggi* 1986). Die IG Basler & Hofmann/Bysäth erarbeitete daraufhin für das Delta ein Wasserbauprojekt.

1989 wurde der linke Arm *(Bild 3a)* und 1991 der rechte Arm *(Bild 3b)* geöffnet, nachdem vorher verschiedene Sicherungsmassnahmen ausgeführt worden waren. Schon 1992 hatte sich ein ansehnliches Delta gebildet *(Bild 3c)*. Mit der Zeit stiessen beide Arme bis 200 m in den See vor *(Bild 4)*, während sich in der Mitte vor der alten Mündung nur wenig Geschiebe ablagerte. Dies war auch so gewollt, da einerseits die 1980 geltende Verordnung nur einen Schutz bis 130 m ab der Uferlinie vorsah und andrerseits Abflüsse über 400 m^3/s in den Modellversuchen ein kanalartiges Gerinne in der Mitte zurückliessen. Diese Entwicklung wurde durch ein Querwerk vor der alten Mündung sowie zwei Kolksicherungen am unteren Ende der Öffnungen in den Dämmen gefördert *(Bild 4)*.

Im Gegensatz zu den seltenen Hochwassern, welche im Modellversuch in der Mitte durchbrachen, schütteten die häufigeren Hochwasser eine grosse Bank vor die alte Mündung. Die beiden Mündungsarme wichen so stärker auf die Seite aus. Vor einigen Jahren wurde deshalb das Ufer bis zum Weg am westlichen Rand des Deltas erodiert, wodurch lokale Ufersicherungen notwendig wurden.

Der Kanton Uri hat die Schutzverordnung rasch der Entwicklung des Deltas angepasst. Die Schutzzone wandert mit dem Deltavorstoss seewärts, und die neuen Ablagerungen der Reuss

dürfen nicht mehr abgebaggert werden. Um das Delta wieder mehr in die Mitte zu lenken, wurden nun kürzlich die in *Bild 4* eingetragenen harten Elemente zurückgebaut. Wie in der Luftaufnahme (Basis von *Bild 9* rechts) zu sehen ist, hat sich in der Mitte bereits eine stärkere Rinne gebildet.

2. Langzeitentwicklung

An der VAW wurde seinerzeit ein Langzeitversuch durchgeführt, um abschätzen zu können, wie weit das Delta vorstossen könne, ohne dass die Hochwassersicherheit im Reusskanal durch rückwirkende Auflandung reduziert würde. Die blaue Linie in *Bild 4* zeigt die Grösse des Deltas bei Versuchsende, wo gerade ein Grenzzustand erreicht wurde.

Es kann zwischen einem Hauptdelta mit regelmässiger Auffüllung und einem Subdelta im Bereich des momentanen Vorstosses unterschieden werden. Aufgrund des Modellversuchs kann für das Erreichen eines Grenzzustands zwischen einer Interventionslinie (*Bild 4*, gelb gestrichelt) und der Ausdehnung eines entsprechenden Hauptdeltas (ausgezogene gelbe Linie) unterschieden werden. Um ein solches Hauptdelta aufzufüllen, braucht es ein Volumen von 1.44 Mio m^3. Eine vollständige Füllung bis an die Interventionsgrenze entspricht einem Volumen von 4.67 Mio m^3. Ein einzelnes Subdelta, das die Interventionslinie erreicht, wird je nach Lage zum Hauptdelta ein zusätzliches Volumen von 1 bis 1.3 Mio m^3 aufweisen.

Aus diversen Seegrundaufnahmen konnte eine mittlere jährliche Fracht von Geschiebe und gröberen Schwebstoffen von 56 000 m^3 ermittelt werden, welche die Reuss in den See einbringt und welche zum unmittelbaren Deltawachstum beiträgt. Es würde somit etwa 40 bis 50 Jahre dauern, bis das Hauptdelta aufgefüllt ist und ein einzelnes Subdelta die Interventionslinie erreicht.

3. Mündungsdynamik und Rückwirkung auf den Reusskanal

Der Vorstoss einer Flussmündung in den See führt zwangsläufig zu einer rückwirkenden Auflandung in den oberliegenden Flussabschnitt. Die Kenntnis der Vorgänge an der Mündung und eine regelmässige Kontrolle sind deshalb wichtig, um die Hochwassersicherheit in diesem Abschnitt beurteilen zu können.

Bild 5 zeigt die Mündungsdynamik in einer Kanalmündung, d. h. eines prismatischen Kanals, der bis an den See führt. Bis zum Umbau in ein Delta galten diese Verhältnisse auch im Reusskanal. Die Projektsohle im kanalisierten Fluss wird oft auf einen theoretischen Sohlenfixpunkt im Mündungsquerschnitt bezogen. Nun gibt es aber nur einen Abfluss, für den dieser Fixpunkt repräsentativ ist. In *Bild 5* ist er durch Q_{mo} (= morphogener Abfluss) dargestellt. Für diesen stellt sich praktisch ein Normalabfluss im Kanal bis zum See ein. Im Modellversuch an der VAW ergaben sich solche Verhältnisse etwa bei einem zwei- bis fünfjährlichen Abfluss.

Bei kleineren Abflüssen ergibt sich ein Einstau in den Kanal, bei grösseren Abflüssen eine Senkungskurve gegen den See hin. Der Abfluss ist also praktisch immer ungleichförmig. Würden die kleinen Abflüsse lange andauern, würde dies zu einer Parallelhebung führen, langandauernde hohe Abflüsse zu einer Parallelsenkung. Dies ist in *Bild 5* mit dem theoretischen Schwankungsbereich der Sohlenlagen illustriert. Höhere Abflüsse als der morphogene Abfluss sind aber von begrenzter zeitlicher Dauer und deshalb ist auch die Ausdehnung einer temporären Sohlenerosion während eines solchen Ereignisses in der Länge begrenzt. Auch die Ablagerung von Geschiebe und Schwebstoffen bei kleinen Abflüssen wirkt sich nur auf den letzten Abschnitt des Flusses aus. Da aber beim Abklingen eines morphogenen oder extremen Hochwassers immer kleinere Abflüsse noch Geschiebe zur Mündung führen, ist die bei Niederwasser sichtbare oder vermessene Sohle immer höher als die theoretische Sohle, welche vom Sohlenfixpunkt ausgeht. In überhöhter Darstellung gleicht das Län-

Bild 8. Badeinseln (Aufnahme ilu).

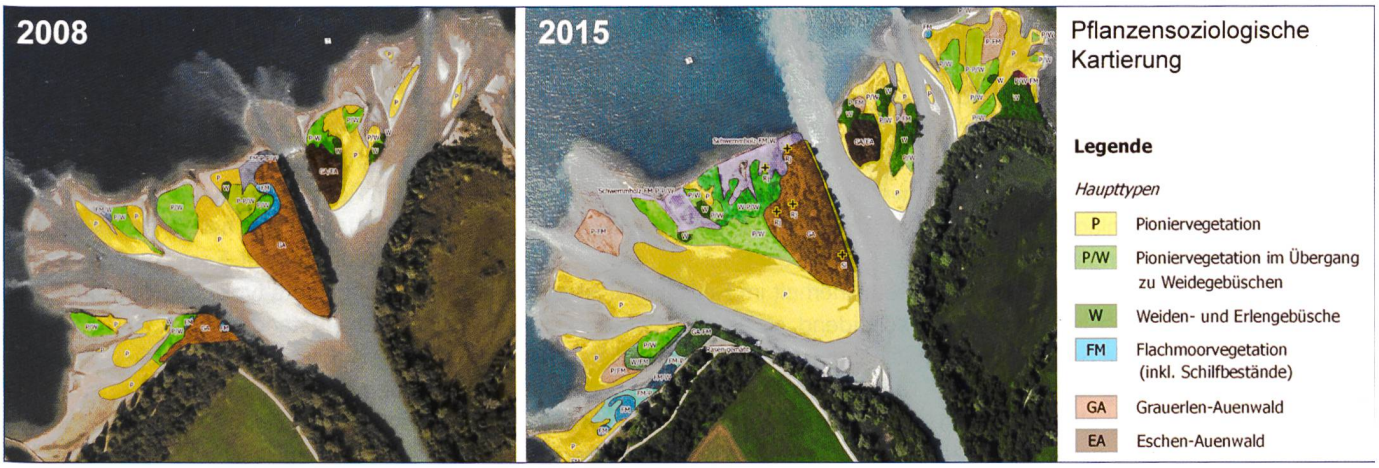


Bild 9. Vegetationsentwicklung 2008 (links) und 2015 (rechts). (Luftbild Flotron AG, Meiringen).

Bild 10. Pioniervegetation im Reussdelta (Aufnahme ilu).

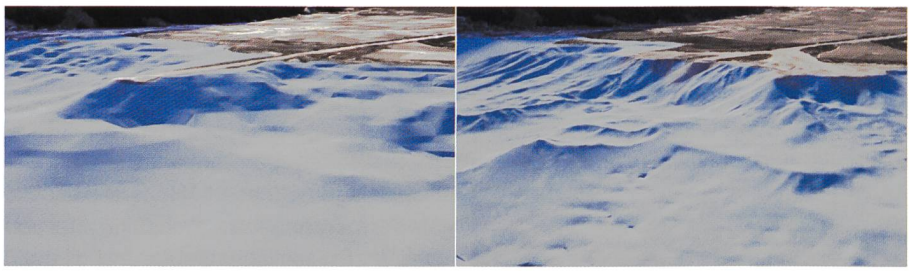


Bild 11. Visualisierung links: Zustand mit Kanalmündung 1983, vgl. Bild 2b; Visualisierung rechts: Zustand nach Revitalisierung 2015, vgl. Bild 9 rechts.

genprofil einer Skisprungschanze. Die Ablagerung im Mündungsabschnitt wird als Mündungswall bezeichnet. Er besteht meist aus feinerem Material als die Sohle des Flusses oberhalb der Mündung.

Beim Übergang vom kanalisierten Abschnitt in das Delta ergibt sich ein vertikaler Versatz. Wie *Bild 6* für den morphogenen Abfluss Q_{mo} zeigt, ist die spezifische Energie $H = h_W + v_m^2/2g$ (h_w = Abflusstiefe, v_m = mittlere Geschwindigkeit) im engen Querschnitt grösser, was durch den Versatz der Sohlenlage kompensiert wird. Der Versatz wirkt sich auch auf den Mündungswall aus, was in *Bild 6* durch die gestrichelte Linie angedeutet ist. *Bild 7* zeigt die in den letzten Jahren vermessenen Sohlenlagen im Reusskanal. 1980 war noch die alte Kanalmündung vorhanden (s. a. *Bild 2b*). Die Sohlenlagen 2006 und 2014 zeigen den Mündungswall und den Versatz. 2002 war das Delta noch wenig vorgestossen. Der Versatz ist zwar sichtbar, aber trotzdem lag die Sohle tiefer als 1980. Die Laufverkürzung führte zu einer Erosionstendenz, welche aber durch die Blockschwelle unterhalb der Brücke des Wegs der Schweiz begrenzt wurde. Mit dem heutigen Vorstoss vor allem des «Linkens» reicht der Mündungswall 2014 bis in den Bereich der Hochwasserentlastung bei den Autobahnbrücken. Auf einem grösseren Abschnitt der Entlastung liegt aber die Sohle 2014 immer noch auf dem Niveau von 1980. Es hat also noch keine rückwirkende Auflandung in den Reusskanal gegeben. Der Vorstoss des «Linken» beträgt gegenüber der Uferlinie von 1980 etwa 200 m. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass bei einem Hochwasseranstieg der Mündungswall am unteren Ende der Entlastung nur langsam abgebaut wird und die Hochwasserentlastung im untersten Bereich etwas früher anspringt als eigentlich geplant. Diese Umstände waren auch ein Grund für den Rückbau des Querwerks und der Kolkschutzmassnahmen am unteren Ende der beiden Öffnungen.

Für die Beurteilung der Hochwassersicherheit im Reusskanal ist aber entscheidend, ob es im Kanal zu einer Parallelhebung oberhalb der Entlastung kommt oder nicht. Die Schwankungen infolge Bildung oder Abbau des Mündungswalls müssen bei der Beurteilung berücksichtigt werden. Sollte es in einer fernen Zukunft zu einer Parallelhebung kommen, werden Baggerungen im Delta wieder aktuell. Diese Parallelhebung muss durch Vermessung der Reusssohle im Bereich der Hochwasserentlastung und oberhalb davon nachgewiesen werden. Die gelben Linien in *Bild 4* haben diesbezüglich indikativen Charakter.

Mit dem Rückbau der harten Verbauungen im Delta wird mittelfristig die Reuss wieder stärker durch die Mitte fliessen und das Delta wird in der Mitte vorstossen. Gemäss obiger Abschätzung wird es auch Jahrzehnte dauern, bis Interventionen notwendig werden.

4. Inselprojekt

Mit Ausbruchsmaterial aus dem Gotthard-Basistunnel wurden westlich des Reussdeltas Badeinseln *(Bild 8)* und Naturschutzinseln aufgeschüttet sowie grossräumig eine Flachwasserzone wiederhergestellt (siehe Kanton Uri, 2010). Die Badeinseln wurden aber immer wieder durch Treibholz und Schwebstoffe aus der Reuss beeinträchtigt. Mit dem Bau einer Lahnung vor den Badeinseln konnte dieser Einfluss abgeschwächt werden, doch ist das Resultat nur teilweise befriedigend. Im Rahmen eines weiteren Seeschüttungsprojekts soll nun die Flachwasserzone direkt an die Mündung des Linken herangezogen werden. Dadurch sollen die Badeinseln geschont und die Schwebstoffe der Reuss in jene Flachwasserzonen gelenkt werden, welche weiter draussen im See liegen.

5. Begleitung und Überwachung

Für Begleitung und Überwachung ist die vom Kanton Uri eingesetzte Reussdelta-Kommission zuständig (www.reussdelta.ch, mit weiteren Literaturhinweisen). 1992 wurde das Reussdelta bereits in das Inventar der Auengebiete von nationaler Bedeutung aufgenommen. Biologen beobachten gezielt Fauna und Flora. Die frischen Kiesbänke nahe der Uferlinie im Bereich der aktuellen Mündungen bieten gute Brutmöglichkeiten für Zeigerarten wie den Flussregenpfeifer und den Flussuferläufer.

2009 und 2015 wurde die Vegetation im Reussdelta kartiert (*Bild 9*). Im neu entstandenen Delta hat sich eine vielfältige Vegetation gebildet. Es sind verschiedene, für Auengebiete typische Pflanzengesellschaften entstanden.

Auf grobem Kies, der regelmässig überschwemmt wird, bildet sich eine artenreiche, lückige Pioniervegetation *(Bild 10)*. An nassen bis überfluteten, vor Erosion etwas geschützten Stellen gedeiht

Feuchtgebietsvegetation mit Sumpfpflanzen. Weiden- und Erlengebüsche wachsen auf Flächen, die so hoch über dem Wasser liegen, dass sie nur gelegentlich überschwemmt werden. Hinter den alten Dämmen stocken Grauerlen-Auenwälder.

Bei den Vegetationsaufnahmen im Sommer 2015 konnten 335 Pflanzenarten gefunden werden – eine sehr hohe Zahl. Darunter finden sich Ubiquisten, also häufige Pflanzen, die in vielen verschiedenen Lebensräumen und Regionen vorkommen, Wald- und Feuchtgebietsarten, angeschwemmte Alpenpflanzen wie das Alpen-Leinkraut, verwilderte Gartenpflanzen und Neophyten. 10 der gefundenen Arten sind gemäss der Roten Liste gefährdet oder gesamtschweizerisch geschützt, so zum Beispiel die kleine unscheinbare Gelbe Zyperbinse oder die rosa blühende Sprossende Felsennelke.

Ein Vergleich der Kartierung von 2015 mit 2009 zeigt deutlich, dass im Deltaraum eine grosse Dynamik herrscht. Auf der linken Seite sind grosse Pionierflächen neu entstanden, ebenso im rechtesten Seitenarm der Reuss. Die früheren Pionierflächen haben sich dagegen entweder zu Weidengebüschen weiterentwickelt oder das Wasser hat sie weggeschwemmt. Nur wenige Pionierflächen von 2009 waren auch 2015 noch Pionierflächen. Weidengebüsche gab es 2009 erst wenige, bis 2015 hat sich ihre Fläche vervielfacht. Ebenfalls stark zugenommen haben Flächen mit Feuchtgebietsvegetation. Sie haben sich vor allem auf neu aufgelandeten Flächen entwickelt, insbesondere am Ufer des linken Reussarms.

Die Dynamik zeigt sich auch in der Artenliste. So verschwanden in den sechs Jahren rund 55 Pflanzenarten, rund 100 tauchten neu auf. Am grössten waren die Schwankungen in der Pioniergesellschaft; hier standen 48 verschollene Arten 66 Neufunden gegenüber.

Aus botanischer Sicht ist die Entwicklung des Mündungsbereichs ein Highlight. Einziger Wermutstropfen sind die zahlreichen Problempflanzen, vor allem die flächige Ausbreitung des Drüsigen Springkrauts, einzelne Standorte mit Japanknöterich und das neu aufgetauchte, giftige Südafrikanische Greiskraut.

6. Fazit

Die Umgestaltung des Reussdeltas *(Bild 11)* wurde zu einer Erfolgsgeschichte. Es ist gelungen, gleichzeitig die technischen Anforderungen des Hochwasserschutzes zu erfüllen, die ökologischen Bedingungen wesentlich zu verbessern, die wirtschaftlichen Interessen in Bezug auf Kiesgewinnung ausreichend zu berücksichtigen und schliesslich den Erholungssuchenden ein interessantes Gebiet anzubieten. Wie die Entwicklung über fünfundzwanzig Jahre zeigt, ändern über eine solche Periode die Randbedingungen, und auch die Natur ist für Überraschungen gut. Entsprechend musste die Entwicklung überwacht werden und es musste mit gezielten Massnahmen reagiert werden.

Literatur

Jäggi M., Peter W., 1983, Naturnahe Gestaltung einer Flussmündung; Hydraulische Modelluntersuchungen für das Projekt eines Reussdeltas am Urnersee. Mitteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich, Nr. 68.

Jäggi M., 1986, Non-Conventional Solution for River Mouth Design. Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 112, No. 1, January 1986.

Lang, O., 1983, Landschaftsentwicklungsplan Reussdelta, (unveröffentlichter Bericht).

VAW/ETH, 1983, Reussdelta, Bericht über die hydraulischen Modellversuche betreffend die Neugestaltung der Reussmündung in den Urnersee, 822 (unveröffentlicht).

Rutz F., Jäggi M., 2008, Symposium «Deltabildung alpiner Flüsse», Entwicklung Reussdelta.

Kanton Uri, Justizdirektion, Kommission für das Reussdelta, 2010, Reussdelta der Natur auf der Spur.

Anschrift der Verfasser

Dr. *Martin Jäggi*

Flussbau und Flussmorphologie, Alte Zürichstrasse 3, CH-8124 Maur

jaeggi@rivers.ch

Hans-Peter Schaffner

ilu AG, Zentralstrasse 2a, CH-8610 Uster

hans-peter.schaffner@ilu.ch

Dr. *Barbara Leuthold*

Sonnenbergstr. 23, CH-8308 Illnau

bleuthold@dataway.ch

Hydraulische Lösungen - alles aus einer Hand

Planen - entwickeln - produzieren

Als innovatives Schweizer Traditionsunternehmen sind wir spezialisiert auf hydraulische Steuerungs- und Antriebstechnik. Ob grosse, komplexe Herausforderungen oder Einzelkomponenten: Jeder Auftrag ist für uns der Wichtigste.

Bei Fragen, Anliegen oder Projekten freut es uns, für Sie da zu sein.

Oelhydraulik Hagenbuch AG, Rischring 1, CH-6030 Ebikon, Tel. +41 (0)41 444 12 00, Fax +41 (0)41 444 12 01

ohe@hagenbuch.ch, www.hagenbuch.ch, www.hydraulikshop.ch

OHE
Oelhydraulik Hagenbuch AG

Natürlich Binkert Buag.

Online-Drucksachen-Management
SHOP

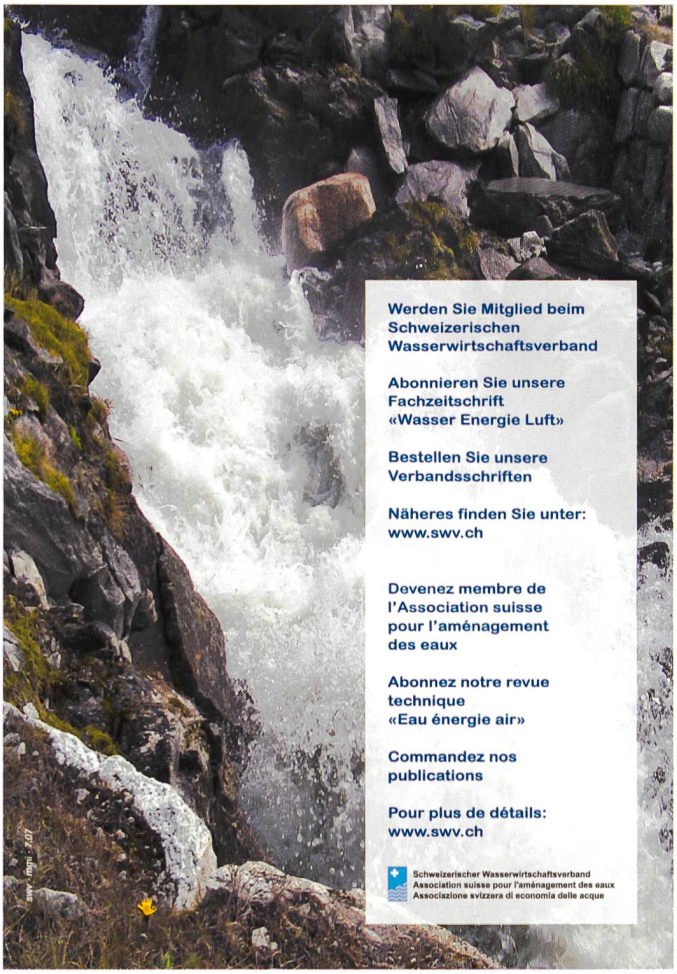
Laufenburg

Intelligent vernetzt – unterstützen Sie mit uns weltweit Klimaschutzprojekte von ClimatePartner.

Wir bekennen uns zu einem aktiven, ganzheitlichen Klimaschutz und haben Lösungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette in die Tat umgesetzt. Wenn auch Sie bei der Erstellung Ihrer Publikationen Wert auf verantwortungsvoll handelnde Lieferanten und Partner legen, sollten wir uns kennenlernen. Anruf genügt. **Natürlich Binkert Buag.**

Binkert Buag AG
Baslerstrasse 15
5080 Laufenburg

Tel. 062 869 74 74
Fax 062 869 74 80

info@binkertbuag.ch
www.binkertbuag.ch

binkert buag