Entwicklungskonzept Alpenrhein

Mit den in den letzten 150 Jahren ausgeführten Korrektionen konnte die Abflusskapazität im Alpenrhein auf den gewünschten Ausbaustandard erhöht werden. Die Morphologie, die Sohlenlage und der Geschiebehaushalt wurden dadurch erheblich verändert. Dies führte auch zu einer deutlichen Abnahme der Strukturvielfalt und der Lebensräume, was sich nachteilig auf die Ökologie auswirkt. Damit verbunden ist auch ein Rückgang der Attraktivität des Alpenrheins als Naherholungsgebiet. Wegen der Wechselwirkung mit dem Grundwasser ist durch die abschnittsweise tiefe Rheinsohle das ganze Rheintal betroffen. Auch die Wasserkraftnutzung im Einzugsgebiet des Alpenrheins wirkt sich wegen des Schwalls negativ auf die Gewässerökologie aus. Im Entwicklungskonzept Alpenrhein werden Massnahmen zur Reduktion der Defizite vorgeschlagen.

Grâce aux corrections exécutées pendant ces 150 dernières années, les capacités d'écoulement du Rhin des Alpes ont pu être augmentées aux standards souhaités. La morphologie, le fond du cours d'eau et la gestion des mouvements de matériaux ont de ce fait été modifiés considérablement. Ceci a aussi provoqué une diminution sensible de la diversité des structures et des espaces vitaux ce qui est néfaste pour l'écologie. Y est aussi liée une diminution de l'attractivité du Rhin des Alpes comme région de loisirs et de récréation. Les répercussions mutuelles avec la nappe phréatique ont une influence sur tout le vallon du Rhin du fait de la profondeur importante de certains tronçons du Rhin. L'effet des crues liées à la gestion des eaux servant à la production hydraulique est défavorable pour l'écologie des eaux. Le concept de développement du Rhin des Alpes prévoit des mesures permettant de réduire les déficits.

Le correzioni effettuate negli ultimi 150 anni hanno permesso di incrementare, al livello desiderato, la capacità di deflusso del tratto alpino del Reno. La morfologia, la quota di fondo e il bilancio del materiale solido di fondo sono stati notevolmente modificati. Questo ha indotto una significativa diminuzione della varietà strutturale e degli spazi vitali, fattori che hanno un impatto negativo sull'ecologia. Questo è anche correlato alla riduzione dell'attrattività del tratto alpino del Reno come spazio ricreativo. A causa dell'effetto mutante dell'acqua sotterranea, tutta la valle del Reno è toccata dal basso fondale del Reno. Lo sfruttamento dell'energia idroelettrica nel comprensorio di raccolta del tratto alpino del Reno ha ripercussioni negative sull'ecologia idrica a causa del movimento ondulatorio. Nel concetto di sviluppo si propongono dei provvedimenti per ridurre i deficit nella tratto alpino del Reno.

B. Zarn

In der Vergangenheit standen beim Alpenrhein Sicherheitsinteressen im Vordergrund. Die Massnahmen zielten darauf ab, die Hochwasser sicher abzuleiten. Dies war die Voraussetzung, um das Rheintal besiedeln und bewirtschaften zu können. Mit der Entwicklung stieg der Bedarf an Ressourcen. Der Alpenrhein lieferte Kies, elektrische Energie und Trinkwasser. Die Auswirkungen auf den Feststoffhaushalt oder die Ökologie wurden erst nach langen Zeiträumen ersichtlich. Der Verlust von natürlichen Lebensräumen ist für Pflanzen und Tiere, aber auch für den Menschen mit seinem Bedürfnis nach Erholung und Freizeitgestaltung von Bedeutung.

Der Alpenrhein muss heute und in Zukunft verschiedene Aufgaben und Funktionen erfüllen. Weil dieser Gebirgsfluss weder räumlich isoliert noch thematisch sektoriell betrachtet werden kann, haben sich die Kantone Graubünden, St. Gallen sowie das Fürstentum Liechtenstein und das Land Vorarlberg gemeinsam mit Österreich und der Schweiz entschlossen, ein Entwicklungskonzept für den Alpenrhein von Reichenau bis zum Bodensee zu erarbeiten. Das Schwergewicht der Untersuchung wurde auf den Alpenrhein als Gewässer und das Thema Leben und Arbeiten mit engem Bezug zum Alpenrhein gelegt. Die Hauptthemen der Untersuchung waren Hochwasserschutz, Ökologie, Grundwasser sowie Leben und Arbeiten. An der Erarbeitung des Entwicklungskonzepts waren Fachpersonen aus verschiedenen Disziplinen beteiligt. Es basiert auf den Resultaten von zahlreichen Einzelstudien verschiedener Fachrichtungen. Die wichtigen Grundlagen sind im Literaturverzeichnis aufgeführt. Im ersten Teil des Beitrages wird der Alpenrhein beschrieben und im zweiten Teil werden die wichtigsten Vorschläge des Entwicklungskonzeptes zusammengefasst.

Der Alpenrhein heute

Einzugsgebiet

Bei Reichenau vereinigen sich die beiden etwa gleich grossen Flüsse Vorder- und Hinterrhein und bilden den Alpenrhein. Er mündet nach rund 90 km in den Bodensee und entwässert ein Einzugsgebiet von 6123 km^2, welches in der Schweiz (Kantone Graubünden, St. Gallen und Tessin), in Österreich (Land Vorarlberg), im Fürstentum Liechtenstein und in Italien liegt. Der Gletscheranteil beträgt heute weniger als 1.4% und die mittlere Einzugsgebietshöhe liegt bei 1800 m ü.M. Die aus Sicht Morphologie und Feststofftransport wichtigsten Zuflüsse sind – ausser dem Vorder- und dem Hinterrhein – die Plessur, die Landquart und die Ill. Neben diesen Gebirgsflüssen münden verschiedene Wildbäche wie die Maschänser Rüfi, die Tamina oder die Frutz in den Alpenrhein.

Leicht gekürzte Version des Beitrages: Entwicklungskonzept Alpenrhein, Interpraevent 2008 Dornbirn, Österreich, Conference Proceedings, Vol. 1, 247–258.

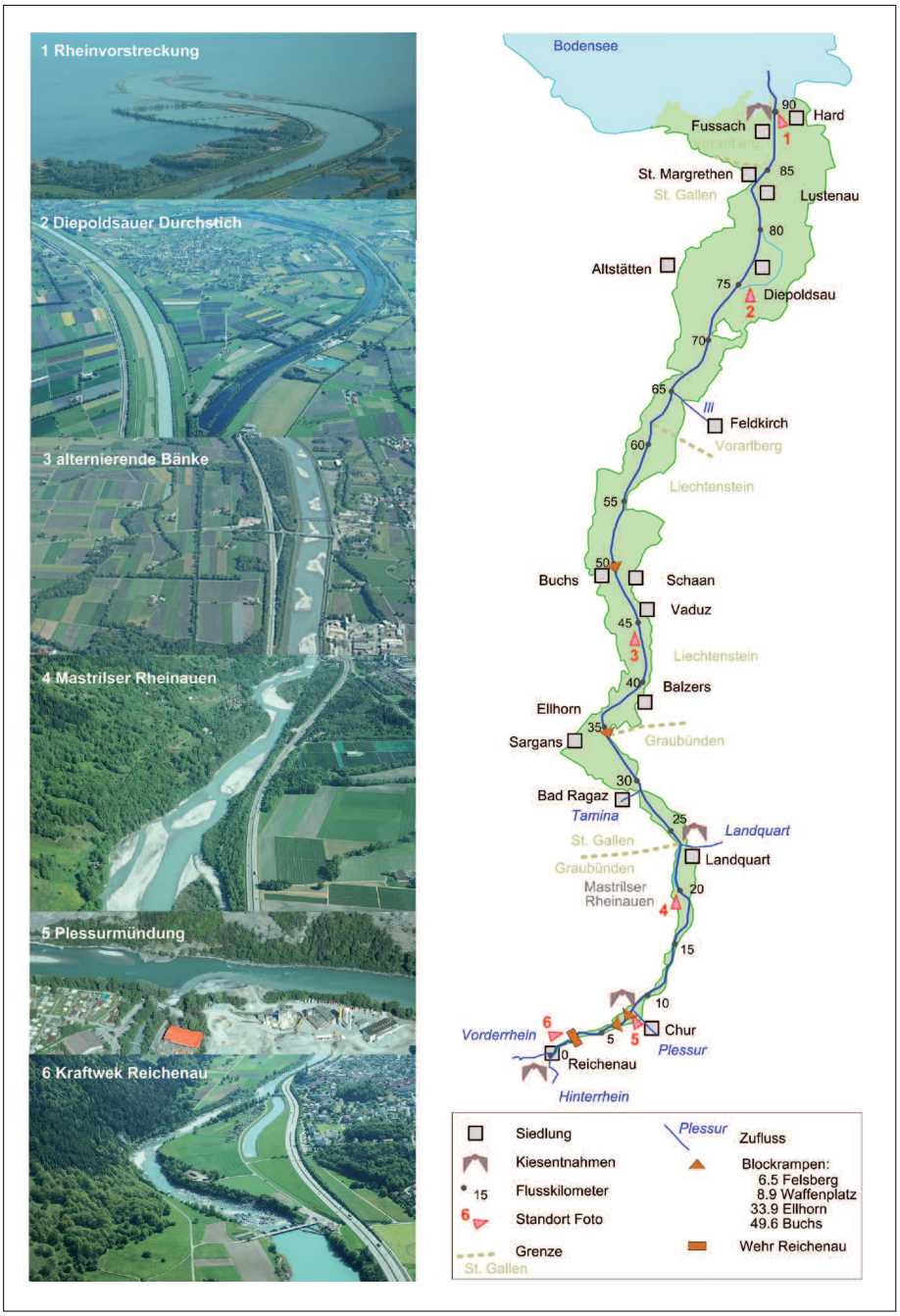


Abb. 1: Übersicht Alpenrhein und seine Morphologie.

Abflussregime

Das Abflussgeschehen des Alpenrheins wird durch Schneeschmelze, Hochwasser und die Wasserkraftnutzung geprägt. Die Schneeschmelze führt zu hohen Sommerabflüssen mit einem ausgeprägten Abflussmaxima im Juni. Die grossen Speicherseen, welche ab 1950 im Einzugsgebiet des Alpenrheins erstellt wurden, verlagern einen Teil der Sommerabflüsse in den Winter. Der natürliche Abfluss wird durch tägliche Abflussschwankungen überlagert, die mit der bedarfsgerechten Energieproduktion zusammenhängen. Bei der Mündung in den Bodensee liegt der mittlere Jahresabfluss bei 230 m³/s. Das 100-jährliche Hochwasser beträgt in diesem Alpenrheinabschnitt 3100 ± 200 m³/s.

Verbauungsgeschichte

Die Morphologie des Alpenrheins ist sehr stark von den umfassenden Korrektionen geprägt, mit welchen ab Mitte des 19. Jahrhunderts begonnen wurde (Bergmeister und Kalt, 1992). Ziel der Verbauungsmassnahmen war ein stabiles Flussbett mit einer ausreichenden Abflusskapazität. Dazu wurde das Flussbett eingeengt und mit hohen Dämmen versehen. Zudem wurde der Alpenrhein mit der Verlegung der Mündung bei Fussach (Fussacher Durchstich, 1895–1900) und der Abtrennung des Mäanders bei Diepoldsau (Diepoldsauer Durchstich, 1908–1923) um fast 10 km verkürzt. Im oberen Teil des Alpenrheins wurden in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts vier Blockrampen zur Begrenzung der Sohleintiefung gebaut. Die Ablagerung von jährlich rund 3 Mio. m³ Schwebstoffen im Bodensee führt zu einem raschen Deltawachstum. Mit der sich noch im Bau befindenden Rheinvorstreckung (Verlängerung des Flusslaufs in den Bodensee) werden die Schwebstoffe in tiefe Seebereiche geleitet. Damit werden die Verlandung respektive die Abtrennung des östlichsten Teils des Bodensees (Abb. 2) und Anlandungen im Alpenrhein und damit eine Abnahme der Abflusskapazität hinaus gezögert.

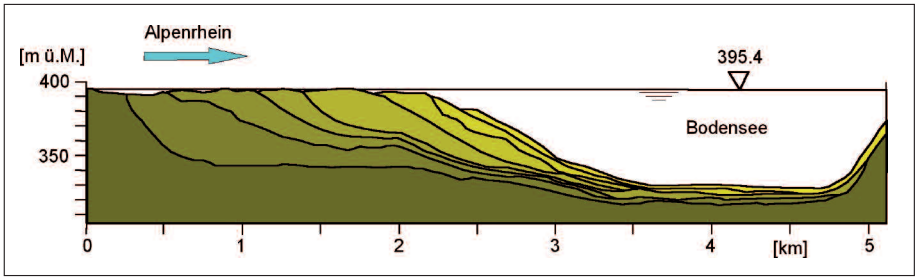


Abb. 2: Längenprofile des Alpenrheindeltas im Bodensee seit 1885 (aus Lambert 1989).

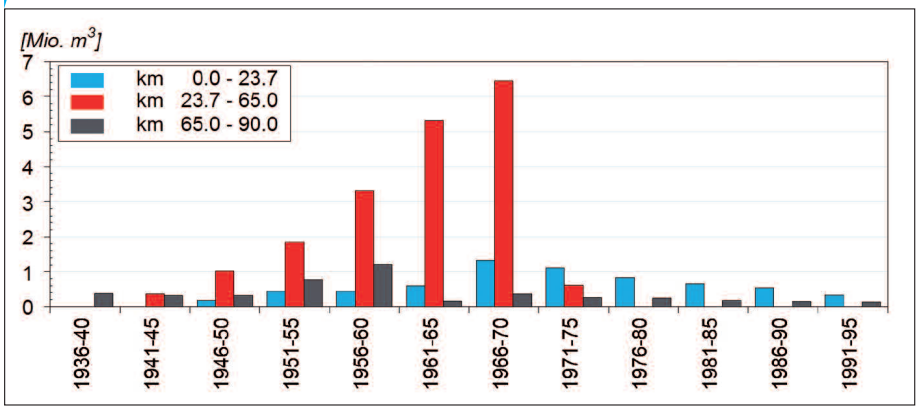


Abb. 3: Geschiebeentnahmen im Alpenrhein in verschiedenen Teilstrecken seit 1936.

Morphologie

Die Geometrie des Alpenrheins ist unterschiedlich. Von Reichenau (km 0) bis fast zur Illmündung (km 65) fliesst er mit Ausnahme der Mastrilser Rheinauen (km 20–23) in einem Trapezprofil mit Bettbreiten zwischen 60 und 100 m. Auf der folgenden Strecke bis zum Bodensee besteht der Abflussquerschnitt aus einem 40 bis 70 m breiten Mittelgerinne mit überströmbaren Mittelwuhren und beidseitigen Vorländern. Der Abstand der Hochwasserschutzdämme schwankt zwischen 280 und 400 m. In Abhängigkeit dieser unterschiedlichen Breiten ist das Flussbett verschieden ausgebildet. Oberhalb der Landquartmündung und unterhalb der Illmündung ist es mehrheitlich eben. Zwischen diesen beiden Mündungen dominieren alternierende Bänke. Einzig in den Mastrilser Rheinauen (km 20–23) hat der Alpenrhein dank einer Bettbreite von 200 bis 300 m noch seinen ursprünglichen Charakter und kann sich in Teilgerinne verzweigen. Das Gefälle nimmt von Reichenau bis zum Bodensee von 0.35% auf 0.1% ab.

Veränderung der Sohlenlage seit 1940 und Entwicklung

Wegen den Korrektionen und Kiesentnahmen tiefte sich das Flussbett im 20. Jahrhundert mehrheitlich ein, aber nicht gleichmässig. Zwischen 1940/41 und 1950 und zwischen 1974 und 1995 waren die Sohlenveränderungen deutlich kleiner als in der Periode von 1950 bis 1974. Die Hauptursache für die massiven Eintiefungen zwischen 1950 und 1974 waren die Kiesentnahmen. Zwar wurde seit 1936 Kies aus dem Alpenrhein gewonnen. Aber wie Abb. 3 zeigt, fallen die Hauptentnahmemengen in die Periode mit den grössten Eintiefungsraten, vor allem in der Strecke zwischen den Mündungen der Landquart und der Ill (km 23.7 bis km 65). Nach dem Einsturz der Brücke Buchs–Schaan im Jahr 1972 wurden in diesem Bereich die Kiesentnahmen stark eingeschränkt.

Zwischen 1936 und 1990 wurden insgesamt 29 Mio. m³ Geschiebe entnommen, was rund fünf Mal mehr ist als die heutigen Geschiebeeinträge aller Zuflüsse in einer vergleichbaren Zeitspanne. Es erstaunt deshalb nicht, dass sich beispielsweise das Flussbett beim Ellhorn (km 33.9) oder bei Buchs (km 50) zwischen 1950 und 1974 um rund 5 m eintiefte.

Grundwasser und Trinkwasser

Wie im Beispiel von Abb. 4 führte die Absenkung des Flussbettes um 5 m zwischen 1953 und 1973 auf längeren Abschnitten des Alpenrheins dazu, dass Rheinwasser nicht mehr in das Grundwasser infiltrierte, sondern Grundwasser in den Alpenrhein fliesst. Mit der Einstellung der Kiesentnahmen nach 1972 führten Anlandungen von rund 1 m bis 1998 in Rheinnähe zu etwas höheren Grundwasserspiegeln. Das Grundwasser ist die wichtigste Ressource für die Trinkwasserversorgung. Aus ihm wird mehr als die Hälfte des Trinkwassers für die 450 000 Bewohner des Rheintales gewonnen. Qualität und Ergiebigkeit sind wegen der Sohleintiefung in den letzten Jahrzehnten geringer geworden. Das Absinken des Grundwasserspiegels hat wertvolle Lebensräume in grundwassergespeisten Binnengewässer (Giessen) und in Feuchtgebieten beeinträchtigt. Gleichzeitig ist die Vernässung von Landwirtschaftsflächen zurückgegangen, was die Bewirtschaftung begünstigt.

Unterschiedliche Abflusskapazität

Die zum Teil massive Eintiefung des Rheins in den letzten Jahrzehnten bewirkte vor allem zwischen Sargans und der Illmündung eine sehr grosse Abflusskapazität. In diesem Abschnitt können Hochwassermengen abgeführt werden, welche weit über dem üblichen Ausbaustandard (HQ100) liegen. Auch im Kanton Graubünden ist die Abflusskapazität in der Regel höher als das HQ100. In der internationalen Rheinstrecke zwischen der Illmündung und dem Bodensee ist die Abflusskapazität für das HQ100 gerade noch gewährleistet.

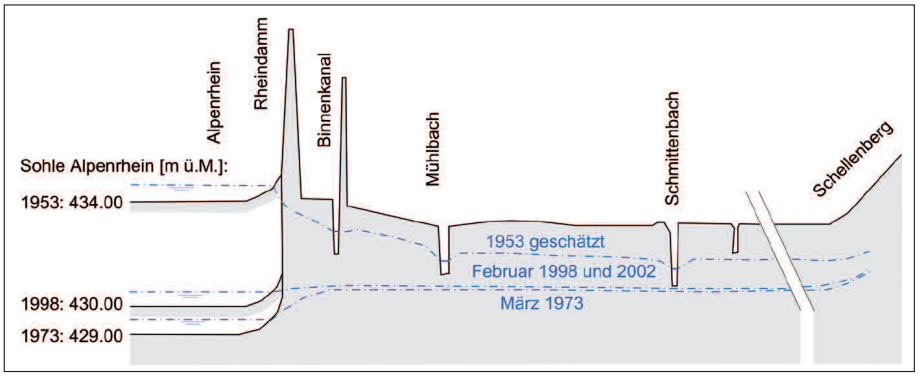


Abb. 4: Einfluss der Rheinsohle auf den Grundwasserspiegel am Beispiel von Ruggell im Fürstentum Liechtenstein (Rheinkilometer 58.4, schematische und überhöhte Darstellung).

Hochwasserschutz und Entwicklung Rheintal

Der gute Hochwasserschutz war eine wichtige Voraussetzung für die rasante Entwicklung des Rheintals. Vor der systematischen Rheinkorrektion konzentrierten sich die Siedlungen mit wenigen Ausnahmen auf die zahlreichen Wildbachkegel, weil der Alpenrhein regelmässig die Talebene überschwemmte. Dank der umfangreichen Schutzmassnahmen am Alpenrhein blieb das Rheintal seit 1927, als bei Schaan im Fürstentum Liechtenstein der Hochwasserschutzdamm zum letzten Mal brach, vor Überschwemmungen des Alpenrheins mehrheitlich verschont. Dies führte dazu, dass sich die Siedlungen zunehmend in der Talebene entwickelt haben. Die Bevölkerung stieg zwischen 1960 und 2000 von 280 000 auf 451 000 Einwohner. Die Anzahl der Arbeitsplätze nahm zwischen 1970 und 2000 von 150 000 auf 238 000 zu. Mit dieser Entwicklung erhöhte sich auch das Schadenpotenzial vor allem im mittleren und unteren Rheintal. Bei einem Dammbruch muss heute im unteren Rheintal mit Schadenssummen von bis zu mehreren Milliarden Euro gerechnet werden.

Ökologie

Heute ist der Alpenrhein fast durchgehend reguliert und durch Hochwasserschutzdämme von seinen Nebengewässern und Auwäldern abgetrennt. Die Zuflüsse sind im Mittel- und Unterlauf zu Binnenkanälen zusammengefasst. Die wenigen verbliebenen Mündungen sind wegen der Sohleintiefung des Alpenrheins mehrheitlich für Fische unpassierbar. Die Zuflüsse sind durch menschliche Eingriffe wesentlich beeinträchtigt. Tägliche Wasserspiegelschwankungen im Meterbereich durch die Wasserkraftnutzung beeinträchtigen zusätzlich die Funktionsfähigkeit der verbliebenen aquatischen Lebensräume und den Erholungswert des Flusses. Der Verlust der Gewässervielfalt führte zum Aussterben vieler Tier- und Pflanzenarten und zu Bestandesreduzierungen bei den verbliebenen Arten.

Entwicklung Geschiebehaushalt

Prognoserechnungen über den Geschiebehaushalt zeigen, dass bei gleichen Voraussetzungen wie zwischen 1974 und 1995 oberhalb von Buchs mehrheitlich Eintiefungen und unterhalb davon Anlandungen zu erwarten sind (Abb. 5). Allerdings nehmen die Sohlenveränderungen gegenüber den früheren Perioden etwas ab, weil durch die Veränderung des Gefälles infolge von Ablagerungen und Erosionen das Transportvermögen ausgeglichener wird. Weil insgesamt geringere Erosionen prognostiziert werden, kann weniger Geschiebe mobilisiert und transportiert werden als in der Eichperiode von 1974 bis 1996. Zum Beispiel wurden unterhalb der Landquartmündung zwischen 1974 und 1996 lokal Erosionen von insgesamt über 1.5 m beobachtet. Für eine gleich lange Periode in der Zukunft werden «nur» noch Erosionen von rund 1.2 m prognostiziert. Treten in den nächsten Jahren eher grössere Abflüsse als zwischen 1974 und 1996 auf, ist mit einer Beschleunigung der Prozesse zu rechnen, im Fall von kleineren Abflüssen mit einer Verzögerung. Aus Abb. 5 oben geht hervor, dass der Alpenrhein Geschiebefrachten in der Grössenordnung von 10 000 bis 60 000 m³/Jahr transportiert.

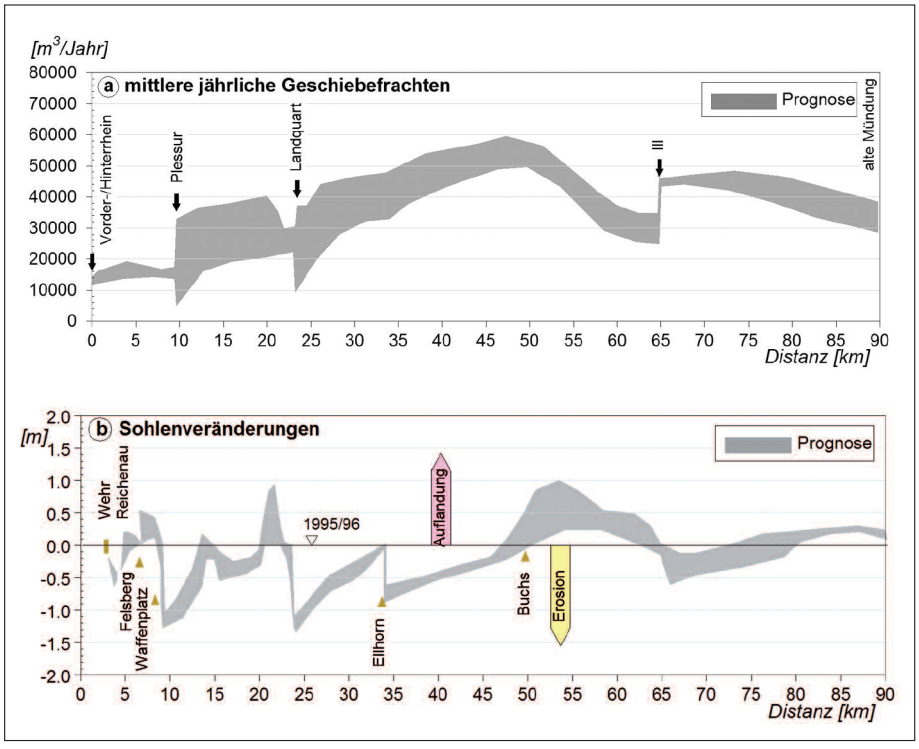


Abb. 5: Prognose der mittleren jährlichen Geschiebefrachten (a) und Sohlenveränderungen (b) in den nächsten 25 Jahren für Bedingungen wie in der Periode von 1974 bis 1996.

Entwicklungskonzept

Handlungsbedarf

Damit auch in Zukunft das Rheintal mit seinem hohen Schadenpotenzial vor Hochwasser angemessen geschützt wird und der Alpenrhein seine vielfältigen Funktionen als Lebensader erfüllen kann, braucht dieser Gebirgsfluss mehr Raum für:

- die langfristige Erhöhung der Abflusskapazität zwischen Diepoldsau und Bodensee wegen dem hohen Schadenpotenzial
- die Reduktion des Geschiebetransportvermögens vor allem in den langen Eintiefungsstrecken oberhalb von Buchs
- die Schadensminderung bei extrem seltenen Hochwasserereignissen, welche grösser als die Ausbauwassermenge sind
- die Erhöhung der morphologischen und ökologischen Vielfalt

- die Lösung der Schwallproblematik, welche durch die bedarfsorientierte Energieproduktion der Wasserkraftanlagen im Einzugsgebiet verursacht wird.
- die Wiederherstellung der Passierbarkeit für Fische im Alpenrhein selbst und in die Zuflüsse
- die Erhaltung des Potenzials für die Grundwasser- und Wasserkraftnutzung

Flussaufweitungen

Eine wichtige Massnahme im Entwicklungskonzept sind Flussaufweitungen. Oberhalb von Buchs wirken sie gegen die fortschreitende Eintiefung und im Abschnitt oberhalb des Bodensees, wo das Schadenpotenzial besonders hoch ist, kann die Abflusskapazität erhöht werden. Die Flussaufweitungen beeinflussen das Grundwasser positiv, erhöhen die morphologische und ökologische Vielfalt und schaffen wertvolle Erholungsräume für Bewohner und Gäste des Rheintals.

Gewässerraum

Die für die Umsetzung der im Entwicklungskonzept vorgeschlagenen Massnahmen beanspruchen Raum, welche mit Hilfe der Raumplanung freigehalten werden müssen. Dazu wird ein Gewässerraum vorgeschlagen, welcher den Bereich zwischen den Dämmen und rheinnahe Gebiete umfasst. Mit dem Gewässerraum soll der erforderliche Handlungsspielraum für Massnahmen zu Gunsten Hochwasserschutz, Grundwasser, Gewässerökologie, Wasserkraftnutzung und Naherholung erhalten werden. Dieser Handlungsspielraum ist wichtig, weil die Umsetzung des Entwicklungskonzeptes viel Zeit beanspruchen wird und sich die Bedürfnisse oder die Ausgangslage (z.B. Zunahme der Hochwasser wegen der Klimaerwärmung, Deltawachstum) ändern können.

Notentlastung

Verschiedene vergangene Hochwasserereignisse wie diejenigen vom August 2005 haben gezeigt, dass bei extremen Ereignissen die Hochwasserspitzen die bisher beobachteten Abflusswerte und die darauf basierenden Ausbaukapazitäten deutlich übertreffen können. Bei einem solchen Überlastfall am Alpenrhein muss heute mit zufälligen Dammbrüchen gerechnet werden. Grosse Wassermengen können Gebiete mit hohem und niedrigem Schadenpotenzial überfluten. Das Entwicklungskonzept Alpenrhein schlägt die Erarbeitung eines Überlastfallkonzepts mit vorgegebenen Notentlastungsstellen vor. Dort wird im Überlastfall nur das nicht beherrschbare Wasser in Gebiete mit niedrigem Schadenpotenzial geleitet. Zusätzliche Leitmassnahmen begrenzen das Überflutungsgebiet.



Abb. 6: Die Mastrilser Rheinauen sind eine wichtige Referenzstrecke für die Planung von Flussaufweitungen am Alpenrhein.

Literatur:

ARGE Trübung Alpenrhein (2002): Trübung und Schwall im Alpenrhein, Kurzfassung; im Auftrage der Projektgruppe Gewässer- und Fischökologie der Internationalen Regierungskommission Alpenrhein.

Bergmeister, U.; Kalt, L. (1992) «Der Alpen rhein und seine Regulierung». (Hrsg.) Internationale Rheinregulierung, BuchsDruck und Verlag, Buchs.

Büro für Hydrogeologie Dr. P. Angehrn AG, TK Consult AG, Rudhardt+Gasser (2000) «Grundwasserhaushalt Alpenrhein. Grundwassermodellierung für den Abschnitt Landquart – Bodensee». Im Auftrag der Internationalen Regierungskommission Alpenrhein.

Eberstaller, J.; Haidvogl, G.; Jungwirth, M. (1997) «Gewässer-&fischökologisches Konzept Alpenrhein – Grundlagen zur Revitalisierung mit Schwerpunkt Fischökologie». Herausgeber: Internationale Regierungskommission Alpenrhein, Projektgruppe Gewässer- und Fischökologie, ISBN 3-9500562-1.

Heierli AG, Tergeso AG, Hunziker, Zarn & Partner AG (2000) «Hydrologie Alpenrhein, Hauptstudie»; im Auftrag der internationalen Regierungskommission Alpenrhein.

Hochschule für Technik Rapperswil, TK Consult AG, Hunziker, Zarn & Partner AG (2004) «Revitalisierung und Wasserkraftnutzung am Alpenrhein». Im Auftrage der Internationalen Regierungskommission Alpenrhein (unveröffentlicht)

Hunziker, Zarn & Partner AG (2001) «Morphologie und Geschiebehaushalt Alpenrhein, Zusammenfassender Bericht über die Untersuchungen zwischen 1985 und 2000». Im Auftrag der Projektgruppe Flussbau der Internationalen Regierungskommission Alpenrhein.

IG Flussbau Alpenrhein (2003) «Schadenrisiken und Schutzmassnahmen im Alpenrheintal». Im Auftrag der Projektgruppe Flussbau der Internationalen Regierungskommission Alpenrhein.

Internationale Regierungskommission Alpenrhein (IRKA) und Internationale Rheinregulierung (IRR) (2005) «Entwicklungskonzept Alpenrhein», Kurzbericht

Lambert, A. (1989): «Das Rheindelta im See; Vermessung». Photogrammetrie, Kulturtechnik, Nr. 1.

Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband und Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich (2004) «Schwallreduktion und Hochwasserspitzenminderung im Alpenrhein, Mögliche Massnahmen und deren Auswirkungen». Im Auftrage der Internationalen Regierungskommission Alpenrhein.

Strittmatter Partner AG, St. Gallen (2002) «Räumliche Entwicklung des Alpenrheintals – Analysen und Thesen». Im Auftrag der Raumplanungsfachstellen des Fürstentums Liechtenstein, des Kantons St. Gallen, des Kantons Graubünden und des Landes Vorarlberg.

Zarn, B.; Oplatka, M.; Pellandin, St.; Mikos, M; Hunziker, R.; Jäggi, M. (1995) «Geschiebehaushalt Alpenrhein; Neue Erkenntnisse und Prognosen über die Sohlenveränderungen und den Geschiebetransport». Mitteilung Nr. 139 der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich, Zürich, 187 Seiten.

Benno Zarn
Hunziker, Zarn & Partner AG
Via Flucs 10
CH-7013 Domat/Ems
bzarn@hzp.ch