Zeitschrift: Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubünden
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Graubünden
Band: 117 (2012)

Artikel: Eigendynamik von Flussauen in Graubünden
Autor: Schenker, André / Bischoff, Andri
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-772460

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. Siehe Rechtliche Hinweise.

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. Voir Informations légales.

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. See Legal notice.

Download PDF: 21.05.2025

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

Jber. Natf. Ges. Graubünden 117 (2012), Seiten 77–91

Eigendynamik von Flussauen in Graubünden

von André Schenker[1] und Andri Bischoff[2]

Adressen:
[1]Tiefbauamt Basel-Landschaft
Rheinstrasse 29
4410 Liestal
andre.schenker@bl.ch

[2]Albulastrasse 58
7000 Chur

Zusammenfassung

Die natürliche Dynamik von Flussauen im Kanton Gaubünden wird bei vier Standorten in der kollinen Stufe im Einzugsgebiet des Rheins über einen Zeitraum von 18 bis 28 Jahren anhand von terrestrischen Fotos als Zeitreihe dokumentiert. Die dynamischen Veränderungen der Gerinnemorphologie und der Gehölzvegetation stehen dabei im Vordergrund. Als Bezugsgrösse der Veränderungen dienen die Hochwasserabflüsse ab einer Wiederkehrhäufigkeit von circa 2 Jahren. Auf relevante anthropogene Einflüsse seit etwa 1960 wird hingewiesen; insbesondere wasserbauliche Massnahmen, Kiesentnahmen und den Einfluss von Speicherseen im Einzugsgebiet. Eine flächenwirksame Umgestaltung des aktiven Gerinnes mit Abräumen älterer Weichholzauenflächen, Seitenerosion und der Verlagerung der Flussarme findet vor allem bei Extremhochwasser statt, wie beispielweise 1987. Kleinere Hochwasserereignisse können zur schrittweisen Umgestaltung der Flussaue führen. Die Eigendynamik der naturnahen Fliessgewässer ist abhängig von gestaltenden Hochwasserereignissen, von ausreichend Raum für die Entstehung von verzweigten Gerinnen und von einem weitgehend ungestörten Geschiebehaushalt. Die dadurch entstehenden vielfältigen und dynamischen Lebensräume sind Voraussetzung für die hohe Biodiversität in Auengebieten. Das revidierte Gewässerschutzgesetz und die am 1. August 2011 in Kraft getretene Gewässerschutzverordnung bieten die notwendigen Voraussetzungen zur Finanzierung und Umsetzung von gezielten Massnahmen, die der Aufwertung und Revitalisierung der Fliessgewässer und ihrer natürlichen Funktionen dienen.

Abstract

The natural dynamics of the spatial variation of river channels and alluvial floodplains in the Canton of the Grisons (southeastern Alps, Switzerland) is shown with terrestrial photographs as time series covering a period of 18 to 28 years for three selected river stretches of the Rhine river drainage basin. The focus lies on general aspects of the dynamics of the river morphology over time and the changes of the spatial distribution of the riparian woody vegetation cover. The influences of flood events on the river morphology dynamics is discussed. Reference is made to human influence as upstream water retention capacities of hydroelectric reservoirs in the catchment area as well as local exploitation of alluvial gravel and hydraulic engineering measures since the 1960ies. River dynamics depend – apart from local and individual components – mainly on three elements, namely a minimum space required in order to develop braided river corridors, flood frequency from 2- to 100-year flood events and a relatively undisturbed sediment budget. The recently revised Federal Law for water conservation and the respective legal ordinance provide the necessary instruments for future river corridor restoration and ecological upgrading measures.

Keywords: river morphology, river dynamics, river corridor, river restoration, time series, floodplain forest, Rhine river, Canton of the Grisons, Switzerland

1. Einleitung

Als Aue werden jene Talzonen bezeichnet, die innerhalb des Einflussbereichs von Hochwassern liegen (Gepp 1985). Eine Aue ist folglich eine Niederung mit einem Fliessgewässer als Lebensader, in der die Wasserstände zwischen Überflutung und Trockenfallen periodisch schwanken, in der die Grundwasserstände den Wasserständen des Oberflächenwassers folgen und in der sich die im Wasser mitgeführten Stoffe ablagern und feinere und gröbere Bestandteile des Untergrundes fortgetragen und umgelagert werden.

In natürlichen oder wenig gestörten, naturnahen Verhältnissen sind Auen sehr dynamische Lebensräume, sofern ausreichend Raum für Gerinneverlagerungen, entsprechend grosse Hochwasserabflüsse und Geschiebe vorhanden ist. Diese Auenlebensräume sind durch floristische und faunistische Leitarten und Zielarten charakterisiert (BAFU 2008). Dynamische Flussauen sind aufgrund ihres Lebensraummosaiks Orte grosser Artenvielfalt (Biodiversität). So kommen von total 2696 Gefässpflanzen-Arten nicht weniger als 1050 Arten oder 40 % im Bereich der gegenwärtigen Auen vor (Müller-Wenk et al. 2003). Von 11 untersuchten Tiergruppen (Wirbeltiere, Insekten u.a.) der Schweiz mit rund 2700 Arten können 84 % in Auen vorkommen; davon sind 10 % oder 286 Tierarten auf die Auen als Lebensraum angewiesen (Rust-Dubie et al. 2006). In diesem Beitrag wird der Umfang von dynamischen Veränderungen in Flussauen über einen Zeitabschnitt von 18 bis 28 Jahren mit terrestrischen Fotos bei

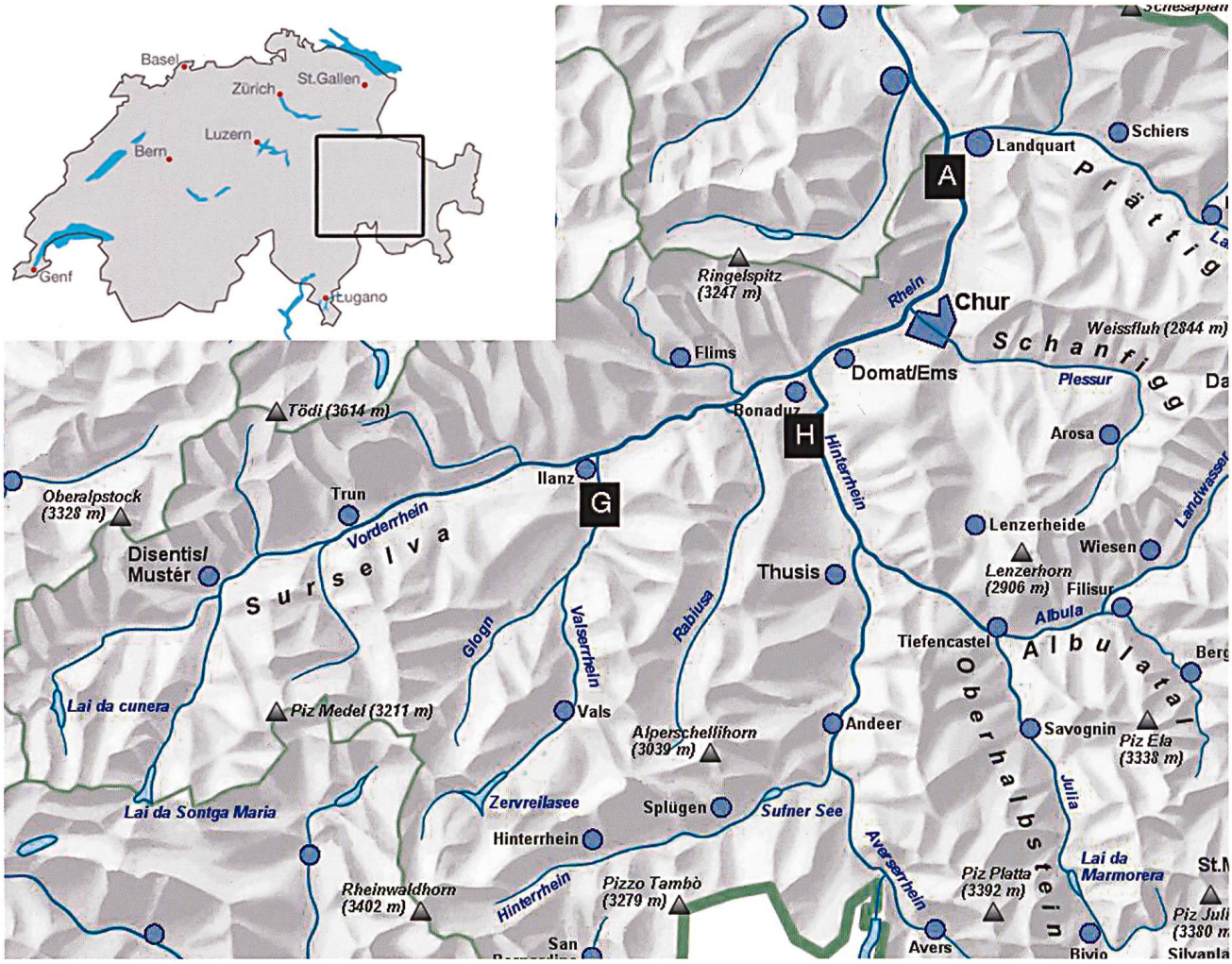

Abb. 1: Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes in der SE-Schweiz mit den drei dokumentierten Flussabschnitten. G = Glenner, H = Hinterrhein, A = Alpenrhein.

drei ausgewählten Flussabschnitten in Graubünden dokumentiert. Im Vordergrund stehen dabei die auffälligen Veränderungen der Gerinnemorphologie im Gefolge von Hochwasserereignissen sowie die damit zusammenhängende Vegetationsentwicklung in den auentypischen Lebensräumen.

2. Das Untersuchungsgebiet

Der vorliegende Beitrag befasst sich mit drei Flussabschnitten im Einzugsgebiet des Rheins mit insgesamt vier Standorten:

- Glenner bei Ilanz
- Hinterrhein bei Rhäzüns
- Alpenrhein bei Zizers

Diese Auen liegen in der kollinen Stufe der schweizerischen Zentralalpen im Kanton Graubünden (SE Schweiz) zwischen 520 und 740 m ü. M. (BUWAL 2005). Alle drei Fliessgewässer sind dem alpinen Abflussregimetyp nivo-glaciaire zuzuordnen (Aschwanden & Weingartner 1985).

Kernstück der Dokumentation der natürlichen Auendynamik bilden farbige Übersichtsfotos der Flussabschnitte, die während 18 bis 28 Jahren im Sommer möglichst jährlich und vom gleichen terrestrischen Standort aus die jeweilige Situation festhalten. Zur Charakterisierung der einzelnen Flussabschnitte dienen hydrologische Eckdaten, insbesondere gestaltende Hochwasserereignisse im betreffenden Zeitabschnitt. Zudem werden menschliche Eingriffe (z. B. Verbauungen, Kiesentnahmen) beschrieben, die innerhalb der vergangenen 50 Jahre – also seit etwa 1960 – am betreffenden Flussabschnitt und flussaufwärts vorgenommen wurden. Auf wichtige Veränderungen im Einzugsgebiet, wie die Inbetriebnahme von grossen hydroelektrischen Kraftwerken mit Retentionsvolumen, wird ebenfalls hingewiesen. Damit soll auf wesentliche Randbedingungen und Einflussfaktoren des aktuellen Abflussregimes hingewiesen werden. Wo Daten vorhanden bzw. zugänglich sind, werden Angaben zum Geschiebehaushalt gemacht.

3. Ergebnisse

3.1 Glenner bei Ilanz

Der Glenner (Glogn) entwässert das nach Süden gerichtete Seitental Lugnez (Val Lumnezia) und mündet bei Ilanz in den Vorderrhein. Die beiden Standorte befinden sich 2 bzw. knapp 4 km von der Mündung entfernt und liegen auf rund 740 m ü. M. («Prada gronda») bzw. 720 m ü. M. («Rosas»). Beide Gebiete sind Bestandteil des provisorisch ausgewiesenen Auenobjektes 384 «Gatgs» von nationaler Bedeutung (BUWAL 2002). Fotobelege liegen

Tab. 1: Übersicht der grossen hydroelektrischen Kraftwerke mit Retentionswirkung im Einzugsgebiet der Fotostandorte am Glenner, Hinterrhein und Alpenrhein (BFE 2011).

Name der Zentrale	Kraftwerk-Typ	Jahr Inbetriebnahme	Mittlere Jahresproduktion [GWh]	Retention beeinflusst Abflüsse im Einzugsgebiet der Fotostandorte		
				Glenner	Hinterrhein	Alpenrhein
Zervreila	Stausee, Speicher	1958	25	X		X
Ferrera 1	Pumpspeicher	1962	308		X	X
Bärenburg	Speicher	1962	491		X	X
Sils (KHR)	Speicher	1961	646		X	X
Rothenbrunnen (KWZ)	Speicher	1958	336		X	X
Sedrun 1	Speicher	1968	261			X
Tavanasa (KVR)	Speicher	1962	563			X
Ilanz 2	Speicher	1992	139			X
Safien Platz	Speicher	1957	162			X

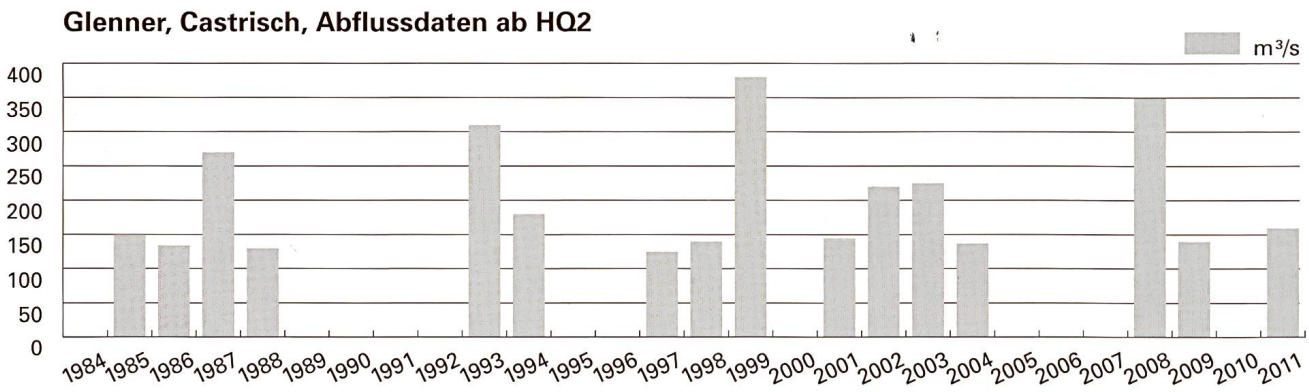

Abb. 2: Glenner mit Hochwasserabflüssen ab etwa HQ2 (BAFU 2011).
Dargestellt sind die jährlichen maximalen Hochwasserereignisse für die Periode 1984 bis 2011, die eine Jährlichkeit grösser als zwei Jahre aufweisen (BAFU 2011). Für die Jahre 1984–1988 wurden Angaben der inzwischen aufgehobenen Messstation Peiden-Bad (Einzugsgebiet = 312 km²) verwendet. Deren Einzugsgebiet ist um 70 km² kleiner als dasjenige der Messstation Castrisch (Einzugsgebiet = 382 km²). Überschlagsmässig können die Hochwasserabflüsse von Peiden-Bad in Annäherung an die Messstation Castrisch deshalb um schätzungsweise 14 % erhöht werden.

Abb. 3–8: Glenner bei «Prada gronda» (Standort 1). (Fotos: A. Schenker).
Blickrichtung nach Norden in Fliessrichtung. Sechs ausgewählte Farbfotos aus dem Zeitfenster 1990–2011.

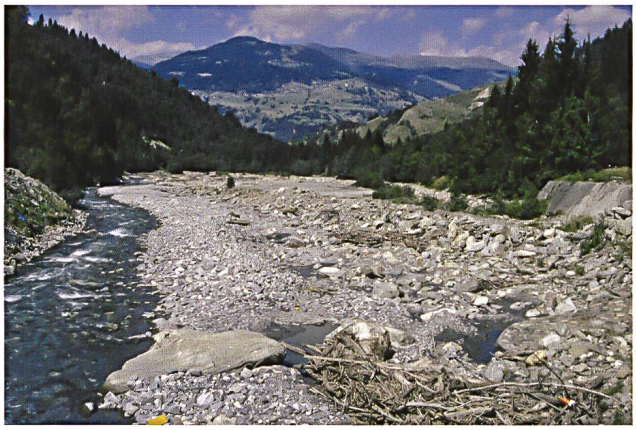

Abb. 3: 1990. Glenner fliesst linksufrig entlang geschütteter Böschung. Vermutlich Reste einer Baupiste im Zusammenhang mit der Erstellung einer Strassengalerie in den späten 1980er-Jahren noch erkennbar. Alluvionen weitgehend gehölzfrei, lokal ältere Gehölzinseln.

Abb. 5: 1997. Ein verzweigtes Gerinne hat sich herausgebildet. Weitgehend vegetationsfreie Kiesflächen. Eine Gehölzinsel.

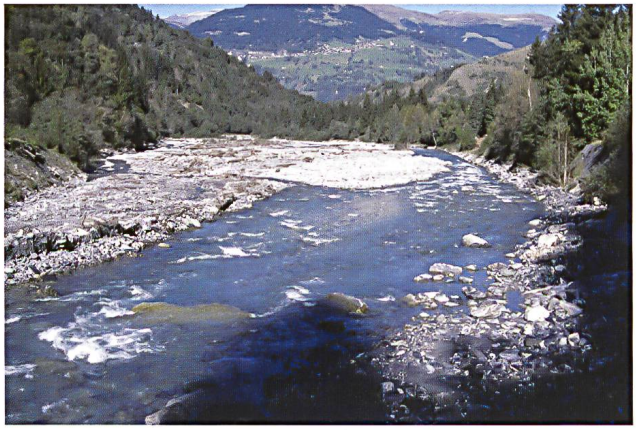

Abb. 4: 1994. Hauptarm verläuft nun rechtsufrig, ein kleiner Seitenarm linksufrig. Alluvionen immer noch weitgehend gehölzfrei, lokal ältere Gehölzinseln.

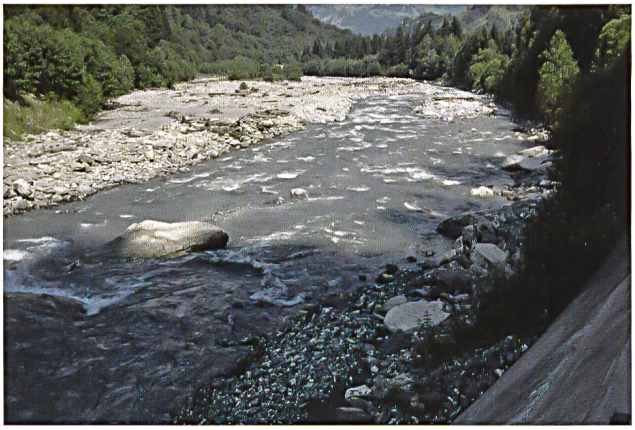

Abb. 6: 2001. Hauptgerinne rechtsufrig mit kaum verzweigtem Lauf und vegetationsfreien Kiesflächen; eine ältere Gehölzinsel.

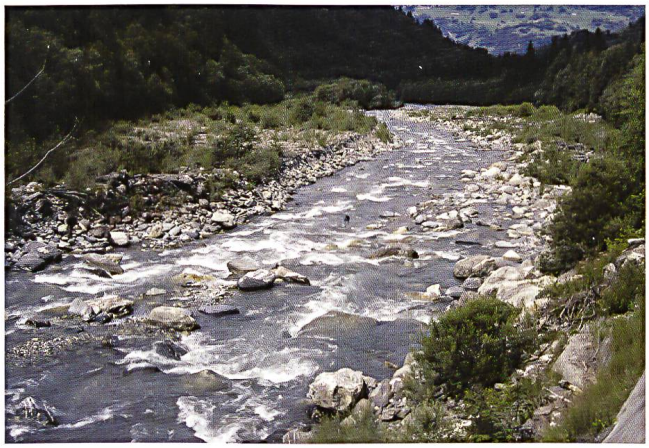

Abb. 7: 2008. Ein zentrales Hauptgerinne, beidseits angrenzende Kiesflächen mit mehrjähriger Pioniervegetation.

Abb. 8: 2011. Der Glenner fliesst wieder in zwei Armen linksufrig und rechtsufrig. Dazwischen Kiesflächen mit einzelnen, mehrjährigen Gehölzinseln.

Abb. 9–17: Glenner bei «Rosas» (Standort 2). (Fotos: A. Schenker).
Blickrichtung nach Süden flussaufwärts. Neun ausgewählte Farbfotos aus dem Zeitfenster 1984–2011.

Abb. 9: 1985. Der Glenner verläuft linksufrig, umfliesst die mit einem älteren Grauerlenauenwald bestandene Fläche in der Bildmitte und die darin integrierte, bestockte Felsinsel.

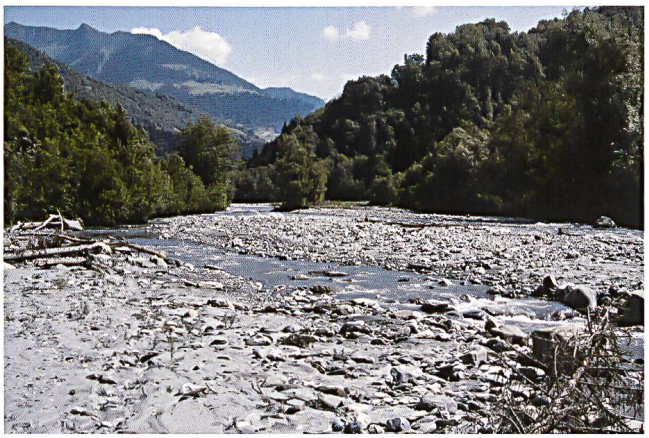

Abb. 11: 1991. Ein verzweigter Lauf hat sich herausgebildet. Hauptarm fliesst rechtsseitig der Felsinsel. Auf den Kiesflächen hat sich nur lokal junge Pioniervegetation entwickelt.

Abb. 10: 1988. Nach dem Hochwasser von 1987 steht der bewachsene Felskopf nun als Insel im aktiven Gerinne und wird beidseitig vom Glenner umflossen. Der Grauerlenwald wurde durch Seitenerosion teilweise abgetragen.

Abb. 12: 1994. Linksufrig wurde eine alte Deponie mit Blocksatz unter Baggereinsatz im Gerinne gegen Seitenerosion gesichert. Die Kiesflächen und Feinsedimentablagerungen sind vegetationsfrei. Der Glenner umfliesst beidseitig die Felsinsel.

Abb. 13: 1998. Glenner fliesst linksseitig der Insel. Auf den angrenzenden Kiesflächen mit Schwemmholzhaufen hat sich eine mehrjährige Pioniervegetation eingestellt.

Abb. 16: 2008. Situation vergleichbar mit 2004. Die Gehölzvegetation hat sich unübersehbar flächig installiert und ist in die Höhe gewachsen.

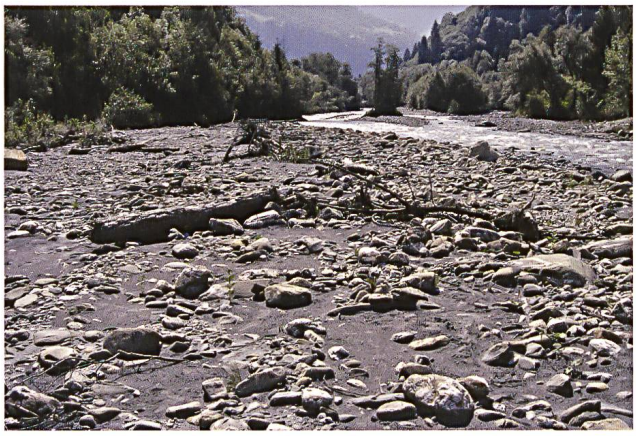

Abb. 14: 2001. Das grosse Hochwasser von 1999 hat zu flächigen Umlagerungen und Ablagerungen geführt. Diese sind mit junger Pioniervegetation bestanden. Der Glenner umfliesst die Felsinsel beidseitig.

Abb. 17: 2011. Der Glenner fliesst rechtsseitig der Felsinsel. Im angrenzenden breiten Bereich des Flussbetts vegetationslose Alluvionen.

Abb. 15: 2004. Auf den Alluvionen hat sich eine flächige, mehrjährige Pioniervegetation eingestellt. Der Glenner fliesst rechtsseitig der Felsinsel.

vor für «Rosas» seit 1984 und für «Prada gronda» seit 1990. Eine ausführliche Untersuchung zur Vegetation und Avifauna dieses Gebietes wurde von Zahner & Lutz (1988) vorgelegt.

Für das Gebiet «Prada gronda» mit verzweigtem Gerinne wird von einem mittleren Geschiebeaufkommen im Glenner von rund 23 000 m³ jährlich ausgegangen (Zarn 2004, 10). Das durchschnittliche Sohlengefälle für diesen Abschnitt liegt zwischen 1.4 und 2 % (Zarn 2004, 7).

3.2 Hinterrhein bei Rhäzüns

Der Hinterrhein entwässert das Rheinwald, das Oberhalbstein und das Landwassertal und vereinigt

Tab. 2: Hydrologische Eckdaten zum Standort Glenner/ Glogn (Foto-Standorte 1 u. 2) (BAFU 2011).

Messstation Glenner – Castrisch (LH 2498)	
Koordinaten	735330/181790
Einzugsgebiet	382 km²
Stationshöhe	696 m ü. M.
Untersuchungsperiode	1989–2010 (22 Jahre)
Jährlichkeit von Hochwasserabflüssen (HQ)	
Jährlichkeit [Jahre]	Abfluss [m³/ s]
2	140
5	227
10	283
30	366
50	402
100	450

Tab. 3: Hydrologische Eckdaten zum Standort Hinterrhein (Foto-Standort 3) (BAFU 2011).

Messstation Hinterrhein – Fürstenau (LH 2387)	
Koordinaten	753570/175730
Einzugsgebiet	1575 km²
Stationshöhe	650 m ü. M.
Untersuchungsperiode	1974–2010 (37 Jahre)
Jährlichkeit von Hochwasserabflüssen (HQ)	
Jährlichkeit [Jahre]	Abfluss [m³/s]
2	356
5	500
10	589
30	713
50	767
100	838

sich bei Reichenau mit dem Vorderrhein. Der dokumentierte Standort bei Rhäzüns liegt nur wenige Kilometer vor dem genannten Zusammenfluss auf etwa 600 m ü. M. Dieses Gebiet ist Bestandteil des nationalen Auenobjekts 27 «Rhäzünser Rheinauen» (BUWAL 2005). Die Zeitreihe der Fotodokumentation beginnt im Jahr 1994. In der schweizerischen Auen-Fauna-Datenbank werden für das nationale Auenobjekt «Rhäzünser Rheinauen» 872 potenziell vorkommende Tierarten aus 11 untersuchten Tiergruppen (Wirbeltiere, Insekten u. a.) genannt; davon sind 80 Tierarten auf die Auenlebensräume angewiesen (AGROSCOPE 2012).

Die Auenvegetation in diesem Abschnitt wurde von Volk & Braun-Blanquet (1939) sowie Heller (1969) dokumentiert. Die Publikation von Heller enthält zudem Schwarz-Weiss-Fotos des Standorts aus den Jahren 1923, 1935 und 1964. Das Brutvorkommen des Flussuferläufers auf den Kiesflächen zwischen Rothenbrunnen und dem Zusammenfluss mit dem Vorderrhein wurde von Müller (1975) untersucht.

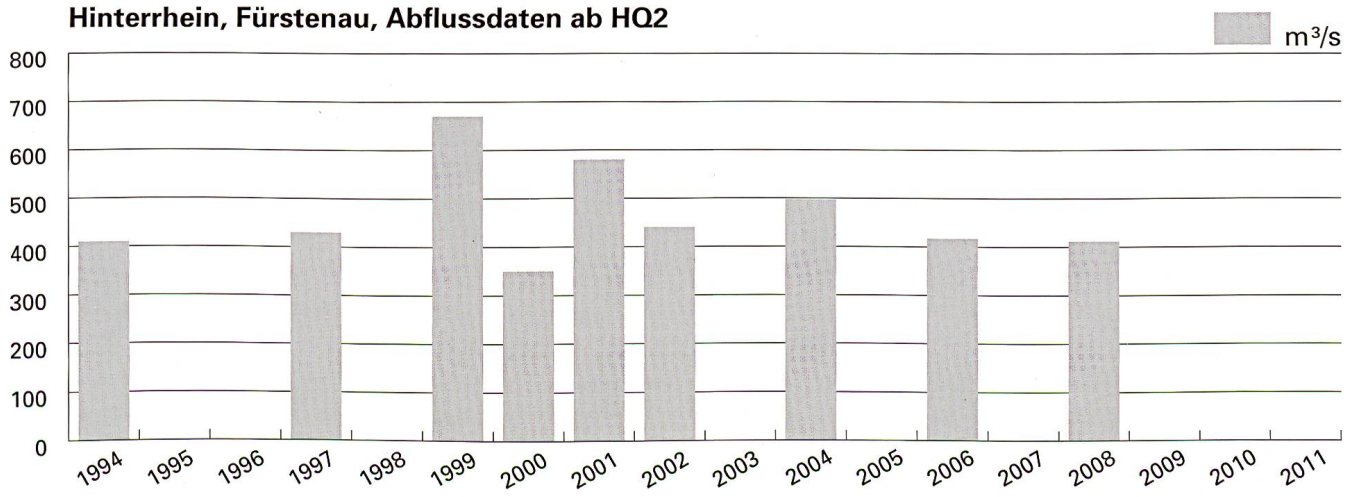

Abb. 18: Hinterrhein mit Hochwasserabflüssen ab etwa HQ2.
Dargestellt sind die jährlichen maximalen Hochwasserereignisse für die Periode 1994–2011, die eine Jährlichkeit grösser als zwei Jahre aufweisen (BAFU 2011).

Abb. 19–25: Hinterrhein bei Rhäzüns (Standort 3). (Fotos: A. Schenker)
Blickrichtung nach Süden flussaufwärts. Sieben ausgewählte Farbfotos aus dem Zeitfenster 1994–2011.

Abb. 19: 1994. Mitten im aktiven Gerinne ein älterer, inselartiger Grauerlenbestand. Angrenzende Waldflächen rechtsufrig vorwiegend mit Grauerlen, ältere Bestände mit Fichten durchsetzt.

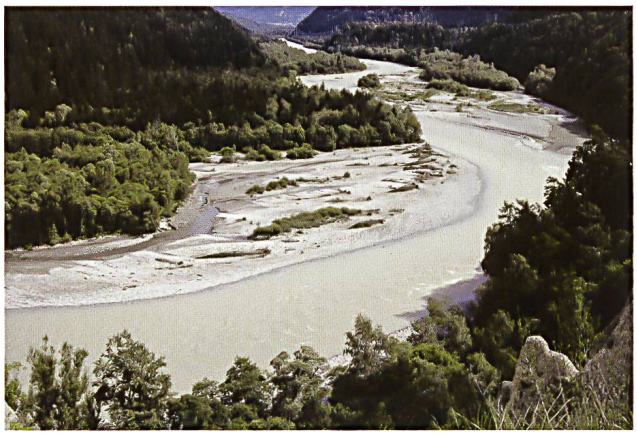

Abb. 20: 1997. Geschwungener Verlauf des Hauptarmes. Rechtsufrig flächiger Auenwald, teilweise mit Fichten durchsetzt. Einzelne Baumstämme als Schwemmholz in Fliessrichtung im Hinterrhein liegend.

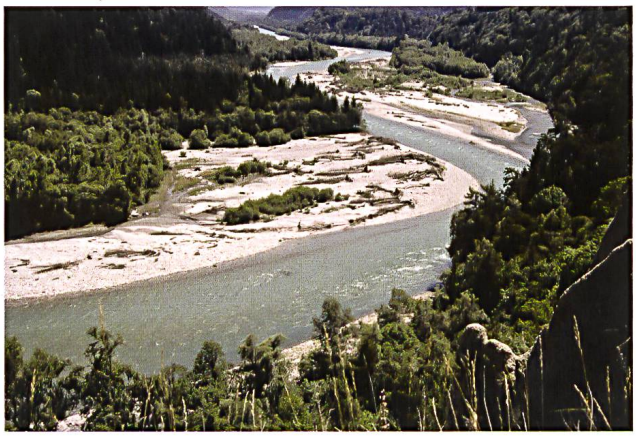

Abb. 21: 2000. Verlauf des Hauptgerinnes wie 1997. Aufkommende Pioniervegetation auf den angrenzenden Kiesflächen. Aufgrund einsetzender Seitenerosion rechtsufrig vermehrt entwurzelte Bäume als Schwemmholz in Fliessrichtung liegend.

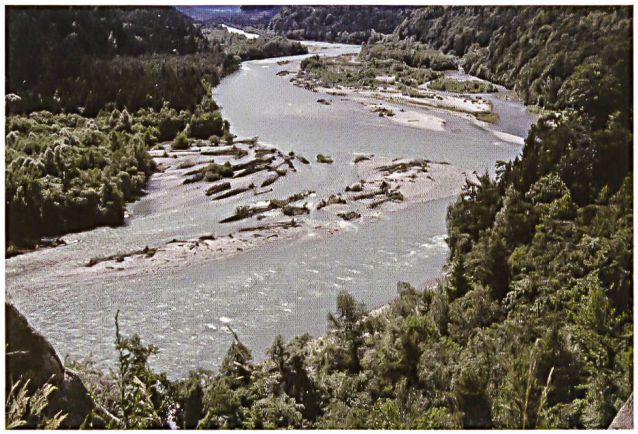

Abb. 22: 2001. Die rechtsufrige Seitenerosion ist weiter fortgeschritten. Zahlreiche im Fluss liegende Baumstämme zeugen davon.

Abb. 23: 2003. Rechtsufrig hat sich durch die andauernde Seitenerosion ein gestreckter Verlauf des Hauptgerinnes herausgebildet. Im aktiven Gerinnebett liegen einzelne Baumstämme.

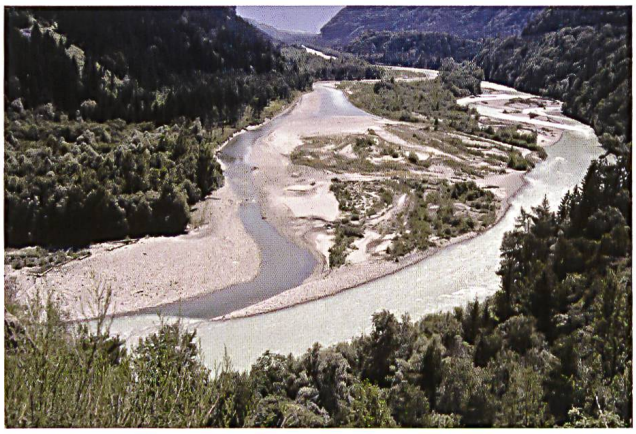

Abb. 24: 2008. Es hat sich ein verzweigtes Gerinne mit je einem links- und rechtsseitigen Hauptarm herausgebildet. Dazwischen liegende Kiesflächen mit einer mehrjährigen Pioniervegetation.

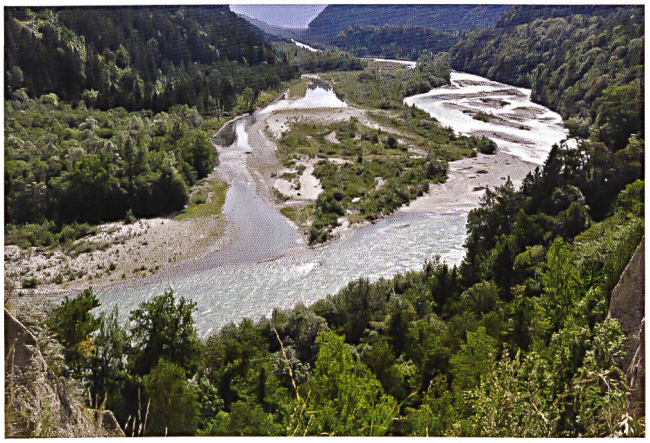

Abb. 25: 2011. Der linksufrige Hauptarm beginnt, ein verzweigtes Gerinne auszubilden, während der rechtsufrige Arm deutlich weniger Wasser führt. Dazwischen flächig aufkommende Gehölzvegetation verschiedener Altersstufen.

3.3 Alpenrhein bei Zizers

Der Alpenrhein unterhalb Chur entwässert das ganze Vorderrhein- und Hinterrheintal sowie das Schanfigg. Der dokumentierte Standort liegt etwa auf der Höhe von Zizers im Churer Rheintal auf rund 520 m ü. M. Dieses Gebiet ist Bestandteil des provisorisch ausgeschiedenen Auenobjektes 377 «Zizers-Mastrils» mit nationaler Bedeutung (BUWAL 2002). Die Zeitreihe der Fotodokumentation beginnt im Jahr 1991. Die Auenvegetation wurde auch in diesem Abschnitt in den 1930er-Jahren durch Volk & Braun-Blanquet (1939) beschrieben.

Tab.4: Hydrologische Eckdaten zum Standort Alpenrhein (Foto-Standort 4) (BAFU 2011).

Messstation Rhein – Domat/Ems (LH 2602)	
Koordinaten	753890/189370
Einzugsgebiet	3229 km²
Stationshöhe	575 m ü. M.
Untersuchungsperiode	1962–2010 (49 Jahre)
Jährlichkeit von Hochwasserabflüssen (HQ)	
Jährlichkeit [Jahre]	Abfluss [m³/s]
2	776
5	1008
10	1155
30	1366
50	1460
100	1582

4. Diskussion

4.1 Entwicklung der Einflussfaktoren Hochwasserabflüsse und Geschiebefracht

Die gegen Ende der 1950er- und in den 1960er-Jahren im Einzugsgebiet des Rheins errichteten

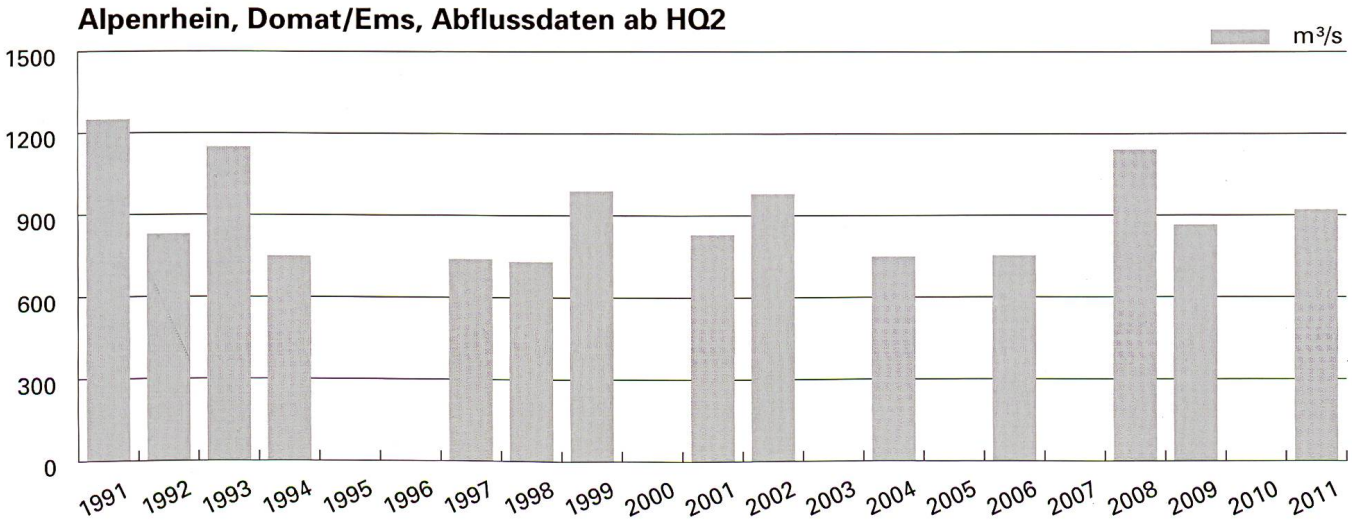

Abb. 26: Alpenrhein mit Hochwasserabflüssen ab etwa HQ2.
Dargestellt sind die jährlichen maximalen Hochwasserereignisse für die Periode 199–2011, die eine Jährlichkeit grösser als zwei Jahre aufweisen (BAFU 2011).

Abb. 27–30: Alpenrhein bei Zizers (Standort 4). (Fotos: A. Schenker).
Blickrichtung nach Süden flussaufwärts. Vier ausgewählte Farbfotos aus dem Zeitfenster 1991–2011.

Abb. 27: 1991. Am Tag nach dem Hochwasser vom 1. Oktober 1991. Feuchte Sand- und Schlickflächen, eine verbleibende Gehölzinsel, einzelne Flächen mit junger Pioniervegetation, die nach dem Extremhochwasser von 1987 aufgekommen ist. Im Hintergrund ist der Rhein sichtbar.

Abb. 29: 2002. Auen als Ort der Erholung und Naturentdeckung. Aufkommende Weichholzaue mit offenen Sandflächen als Strand. Von rechts einmündender Grundwasserbach (Giessen).

Abb. 28: 1997. Die Pioniergehölze haben sich bis zu einer mittleren Grösse entwickelt; daneben noch viel offene Sandflächen.

Abb. 30: 2006. Flächig aufgewachsene Weichholzaue 19 Jahre nach dem Extremhochwasser von 1987. Im Jahre 2011 ist der Ausblick vom Fotostandort komplett zugewachsen.

Wasserkraftwerke mit Retentionsvolumen haben Auswirkungen auf die mittlere Wasserführung und die Hochwasserspitzen.

Beispiel 1: Vorderrhein, Messstation Ilanz (LH 2033), Einzugsgebiet 776 km². Zur Verfügung standen Angaben für die Messperiode 1910–1997 (Zarn 2004, 23). Die Messdaten vor dem Bau der Speicherseen betreffen die Periode 1910–1961; diejenigen nach Errichtung der künstlichen Retentionsvolumen die Periode 1969–1997. Gemäss ZARN reduzierte sich das 2-jährliche Hochwasserereignis HQ2 von 430 m³/s auf 320 m³/s und das 10-jährliche HQ10 von 675 m³/s auf 455 m³/s. Mit anderen Worten: Ein 2-jährliches Hochwasser in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts entspricht heute einem knapp 10-jährlichen Ereignis.

Beispiel 2: Alpenrhein, Messstation Domat/Ems (LH 2602), Einzugsgebiet 3 229 km². Der Mittelwert der Jahresmaxima der Abflüsse des Alpenrheins bei der Messstation Domat/Ems für die Periode 1899–1953 liegt bei 1037 m³/s; für die Periode 1969–2008 bei 840 m³/s. Der Einfluss der Speichervolumen der hydroelektrischen Anlagen, die in den späten 1950er- und frühen 1960er-Jahren im Einzugsgebiet des Alpenrheins gebaut wurden, bewirkt folglich eine Reduktion der Abflüsse von 200 m³/s oder rund 20 % der mittleren Jahresmaxima (alle Angaben gemäss Pitsch & Zarn 2010, 11).

Mengen- und flächenmässig umfangreiche Kiesentnahmen in Auengebieten waren seit den 1950er-Jahren in zahlreichen Abschnitten von Hinterrhein,

Alpenrhein und bei den Mündungen der Geschiebe führenden Zuflüsse gängige Praxis. Die mengenmässig grössten Kiesentnahmen erfolgten in den 1960er- und 1970er-Jahren, teilweise bis in die 1980er-Jahre hinein. Diese Eingriffe in den Geschiebehaushalt der Flüsse führten verschiedentlich zu Tiefenerosion oder verstärkten bestehende Eintiefungstendenzen. Die Kiesentnahmen wurden in den vergangenen zwei Jahrzehnten zunehmend eingestellt oder auf klar eingegrenzte Flächen beschränkt und im Hinblick auf einen möglichst ausgeglichenen Geschiebehaushalt auf jährliche Maximalmengen begrenzt. Verallgemeinernd kann festgehalten werden, dass die heute verbleibenden Kiesentnahmen noch rund ein Zehntel der früheren Grössenordnung betragen (Pitsch & Zarn 2010, 17).

4.2 Raumbedarf der Fliessgewässer

Die Gestaltungskraft von Hochwasserereignissen ist in gewissem Umfang bereits bei kleineren Hochwassern, wie einem 2-jährlichen vorhanden. Gerinne formende Abflüsse und Laufverlegungen sind jedoch bei Hochwasserereignissen mit einer Wiederkehrperiode von 10 oder 20 Jahren zu erwarten. Erst recht ist dies der Fall bei Extremereignissen mit einer Jährlichkeit von 50 oder 100 Jahren und mehr, wie dies im Untersuchungsgebiet in den Jahren 1927, 1956 (ASF 1974) und 1987 (Aschwanden & Schädler 1988) sowie teilweise 1999 der Fall war. Voraussetzung für eine natürliche Eigendynamik des Flusslaufes und damit auch eine natürliche Auendynamik sind neben ausreichend Raum für die Ausbildung eines verzweigten Flusslaufes auch die anfallenden Geschiebemengen aus steilen Seitenbächen, von Umlagerungen im Flussbett und durch Mobilisierung an unverbauten Uferabschnitten. Geschiebedefizite können andernfalls zur Eintiefung des Fliessgewässers mit oftmals unerwünschten Folgen führen; beispielsweise zur Gefährdung von bestehenden Verkehrsinfrastrukturbauten, zur Absenkung der Grundwasserspiegel, zur Unterbrechung der natürlichen Eigendynamik und folglich zum Verschwinden der auentypischen Lebensräume mit ihrer vielfältigen Pflanzen- und Tierwelt.

Nach den Extremhochwassern von 1987 und 1999 wurde aufgrund der gemachten Erfahrungen und der grossen Schadensummen seitens des Bundes die neue Herausforderung erkannt und benannt: Raum den Fliessgewässern (BWG 2000). Mit dem «Leitbild Fliessgewässer Schweiz für eine nachhaltige Gewässerpolitik» (BUWAL/BWG 2003) wurde anschliessend ein ganzheitlicher Ansatz mit drei Entwicklungszielen formuliert: «Ausreichender Gewässerraum, ausreichende Wasserführung, ausreichende Wasserqualität». Der Raumbedarf in Inventargebieten von nationaler Bedeutung (z. B. Auenobjekte), in ausgewiesenen Schutzgebieten und in Bereichen mit einer extensiven Nutzung ist im Sinne des sogenannten Pendelbandes anzustreben. Das Pendelband bezeichnet den erforderlichen Raum für die Ausbildung von Verzweigungen des Flusslaufs und erlaubt eine begrenzte Ufererosion; es dient der Sicherstellung der naturnahen Eingliederung des Fliessgewässers in die Landschaft einschliesslich der dynamischen Eigenentwicklung. Das Pendelband entspricht mit anderen Worten dem Entwicklungspotenzial des aktiven Flussraums unter den heutigen Rahmenbedingungen und somit der maximal möglichen Breite am jeweiligen Standort. Zur Abschätzung der spezifischen Korridorbreite von grösseren Fliessgewässern kann der historische Referenzzustand als Anhaltspunkt beigezogen werden (vgl. Schenker & Zumsteg 2001).

4.3 Beurteilung der raum-zeitlichen Dynamik

Standort 1: Glenner, «Prada gronda»

Die Länge des abgebildeten Flussabschnittes beträgt ca. 650 Meter, die maximale Breite gute 100 Meter. Es handelt sich um eine ausgeprägte Verzweigungsstrecke mit wechselnder Lage der Flussarme und dynamischen Veränderungen von Auflandung und Abtrag von Kiesflächen und der entsprechenden Dynamik der Auenvegetation. Anthropogene Eingriffe im Anschluss an feststoffreiche Murgänge bzw. Hochwasserereignisse in den Jahren 1995 und 1999 wurden innert weniger Jahre durch nachfolgende Hochwasser umgestaltet und «verwischt».

Sollte zukünftig im Bereich des mit Blocksatz gesicherten rechten Ufers durch entstehende Kiesauflandungen mit entsprechender Anhebung der Sohle bei Hochwasserereignissen eine Überflutung drohen und somit eine direkte Gefährdung der Kantonsstrasse wahrscheinlich machen, würde sich eine gezielte Kiesentnahme mit Baggereinsatz aufdrängen. Bleiben die Rahmenbedingungen bestehen (Ausdehnung der Verzweigungsstrecke, Geschiebehaushalt), werden zukünftige Hochwasser

und die damit verbundene natürliche Eigendynamik in kurzer Zeit zur Regeneration dieser dynamischen Auenstandorte mit entsprechender Pioniervegetation führen.

Standort 2: Glenner, «Rosas»

Die Länge des abgebildeten Flussabschnittes beträgt rund 250 Meter, die maximale Breite des aktiven Gerinnes zwischen 40 und 70 Meter. Nimmt man die flachen angrenzenden Auenstandorte dazu, so ergibt sich ein Pendelband von bis zu 100 Metern, das allerdings im Bereich der alten Deponie (heute Materiallagerplatz) durch den linksufrigen Uferschutz auf ca. 50 Meter Breite begrenzt wird. Weiter flussabwärts verläuft der Glenner in einem beidseitig mit Blockwurf und hohen Dämmen begradigten Bett bis zur Mündung in den Vorderrhein.

Das 1987er-Hochwasser hat im Bereich «Rosas» ältere Grauerlenbestände abgeräumt und neue Flussarme geschaffen. Beim Fotostandort blieb in der neuen Flussmitte einzig eine kleine, bewachsene Felsinsel bestehen. Der Flusslauf verlagerte sich im Laufe der Jahre mehrfach. Eine eigentliche Verzweigungsstrecke konnte sich jedoch nicht dauerhaft herausbilden, weil die linksufrige Ufersicherung des alten Deponiestandortes mit Blocksatz die dafür notwendige Gerinnebreite nicht zulässt.

Die Fotoserie zeigt an diesem Standort wiederholt Stadien mit flächiger Ablagerung grober Sedimente im Gefolge von Hochwasserereignissen und anschliessend aufkommender Pioniervegetation sowie einen wechselnden Schwemmholzanteil mit Anhäufung von umfangreichen Totholz-Nestern.

Standort 3: Hinterrhein, Rhäzüns

Die Länge des abgebildeten Flussabschnittes beträgt ca. 1,5 Kilometer, die maximale Breite des heute aktiven Gerinnes 250 bis 300 Meter. Diese Breite erlaubt die Entwicklung einer ausgeprägten Verzweigungsstrecke mit wechselnder Lage der Flussarme. Es handelt sich um ein positives Beispiel, wie sich nach flächigen Kiesentnahmen bis in die Mitte der 1970er-Jahre die natürliche Eigendynamik des Flusses wieder durchgesetzt hat (vgl. Abb. 31). Seit Längerem verwaldete Flächen wurden dadurch wieder in den aktiven Flussraum einbezogen. Die angrenzenden flachen Waldstandorte im Bereich des Pendelbandes werden mit grosser Wahrscheinlichkeit in Zukunft ebenfalls wieder durch Hochwasserereignisse erfasst und umgestaltet werden.

Das Bild mit wechselndem Mosaik von aufkommender Pioniervegetation und unbewachsenen Kies- und Sandflächen wird dann die ganze Fläche zwischen den steil abfallenden Hängen des Feldis und der rund 50 Meter über dem Flusslauf liegen-

Abb. 31: Hinterrhein bei Rhäzüns 1975 mit Blick nach Süden flussaufwärts. (Foto aus Müller 1975).
Man beachte die Kiesentnahmen in der vegetationslosen Aufweitung im Vordergrund; dahinter die «Isla Bella».

den Ebene von Rhäzüns-Reichenau in Anspruch nehmen. Dies entspricht im Übrigen etwa dem Zustand um 1935 (vgl. HELLER 1969, Abb. 108). Die ursprüngliche, vom Menschen kaum beeinflusste Situation gegen Mitte des 19. Jahrhunderts ist auf einer Ansicht von BLEULER (1845) dargestellt (vgl. Abb. 32).

Standort 4: Alpenrhein, Zizers

Die Länge des abgebildeten Flussabschnittes beträgt ca. 600 Meter, die maximale Breite des heute aktiven Gerinnes 100 bis 250 Meter. Die hier vorhandene Breite des Flussbettes erlaubt wegen dem rechtsufrigen Wuhr nur ansatzweise die Ausbildung einer Verzweigungsstrecke. Dieser Fotostandort bietet ein gutes Beispiel dafür, wie nach dem Extremhochwasser von 1987 – mit 1755 m^3/s (Messstation Domat/Ems) ein knapp 100-jährliches Ereignis – die Auenvegetation sich die Fläche «zurückerobert». 1987 räumte das Hochwasser die vorhandene Vegetation flächig ab. Das Foto von 1991 wurde nach einem 15- bis 20-jährlichen Hochwasser aufgenommen. Die nach 1987 aufgekommene Pioniervegetation aus überflutungstoleranten Weidenarten (*Salix* sp.), Grauerlen *(Alnus incana)*, Tamarisken *(Myricaria germanica)* u. a. erreichte zu diesem Zeitpunkt eine Höhe von kaum mehr als 0.5 m. Vom Hochwasser in Fliessrichtung gebogen, mit Treibgut behangen, vom Geschiebetrieb beschädigt und teilweise von Feinsedimenten überdeckt, entwickelten sich diese Jungpflanzen seither zu einem mehr oder weniger geschlossenen Bestand. Heute (2011) hat sich die Vegetation flächig ausgebreitet und bildet einen bis 20 Jahre alten Weichholz-Auenwald. Ein zukünftiges Extremhochwasser wird diese Fläche wahrscheinlich wieder abräumen und umgestalten, um erneut einer Pioniervegetation Platz zu machen.

5. Ausblick

Ende 2009 hat das eidgenössische Parlament als Gegenvorschlag zur Volksinitiative «Lebendiges Wasser» eine wesentliche Änderung des Gewässerschutzgesetzes vom 24. Januar 1991 beschlossen (GSchG). Diese enthält Gesetzesbestimmungen zur Revitalisierung der Gewässer, zur Sicherung und extensiven Bewirtschaftung des Gewässerraumes, zur Verminderung der negativen Auswirkungen von Schwall und Sunk unterhalb von Wasserkraftwerken sowie zur Reaktivierung des Geschiebehaushaltes. Die in der Folge entsprechend revidierte Gewässerschutzverordnung (GSchV) ist seit dem 1. August 2011 in Kraft. Darin werden durch den Bund unter anderem die Bemessung des Gewässerraumes für

Abb. 32: Hinterrhein bei Rhäzüns um 1840. Blickrichtung flussabwärts nach Norden. (Aus BLEULER 1845, Ausschnitt aus Blatt No. 20). Die ungestörte Flussdynamik beansprucht die ganze Talsohle, bildet einen verzweigten Lauf mit zahlreichen, wenig bewachsenen Kiesflächen, was auf hohe Dynamik schliessen lässt.

Fliessgewässer definiert sowie die zugelassene Bewirtschaftung und Nutzung dieses Raumes vorgegeben. Art. 36a des Gewässerschutzgesetzes verpflichtet die Kantone, den Raumbedarf der oberirdischen Gewässer so festzulegen, dass die natürlichen Funktionen der Gewässer, des Hochwasserschutzes und der Gewässernutzung gewährleistet sind.

Flussauen sind ein Paradebeispiel für natürliche dynamische Prozesse, die Pionierstadien und vielfältige Lebensräume auf beschränktem Raum schaffen und andererseits diese bei Hochwasserereignissen wieder komplett umgestalten können. Aufgrund dieser Eigenschaften haben naturnahe Fliessgewässer und ihre Auen die Fähigkeit zur raschen Regeneration der Pionierstandorte. Das Resultat ist ein sich ständig veränderndes raum-zeitliches Mosaik von auentypischen Lebensräumen mit einer oftmals artenreichen Pflanzen- und Tierwelt.

6. Dank

Ein grosser Dank für die zur Verfügung gestellten, unveröffentlichten Berichte der Autoren B. Zarn und P. Pitsch geht an Dr. Josef Hartmann vom Amt für Umwelt des Kantons Graubünden in Chur sowie an Thomas Marty von der EWZ in Sils im Domleschg. Im Weiteren gebührt ein Dank Cedric C. Merkli, Basel, für die fachliche Hilfe und Unterstützung bei der Digitalisierung der Fotos sowie Marguerite Trocmé, Fribourg, für die kr itische Durchsicht der englischen Zusammenfassung.

7. Literatur

AGROSCOPE, 2012. Auen-Fauna-Datenbank. Online unter: http://www.services.art.admin.ch/aua > Faunistisches Potenzial der national bedeutenden Auenobjekte (Abfrage 20.1.2012).

ASF (Amt für Strassen- und Flussbau), 1974. Die grössten bis zum Jahre 1969 beobachteten Abflussmengen von schweizerischen Gewässern. Bern.

Aschwanden, H., Weingartner, R., 1985. Die Abflusssregimes der Schweiz. Geogr. Inst. Univ. Bern, Publikation Gewässerkunde Nr. 65. Online unter: http://www.hydrodaten.admin.ch > Themen > hydrologische Grundlagen und Daten > Informationssysteme und Methoden > Abflussregimetypen (Abfrage 3.11.2011).

Aschwanden, H., Schädler, B., 1988. Hochwasserereignisse im Jahre 1987 in der Schweiz. Mitteilung Nr. 10, Landeshydrologie und -geologie, Bundesamt für Umweltschutz, Bern.

BAFU (Bundesamt für Umwelt), 2008. Auendossier, Fauna und Flora in Auen. Faktenblatt 13, Bern.

BAFU (Bundesamt für Umwelt), 2011. Hydrologische Daten. Bern. Online unter: http://www.hydrodaten.admin.ch > Themen > Hydrologische Grundlagen und Daten > Hydrologische Daten > Stationsdaten (Abfrage 28.9.2011).

BFE (Bundesamt für Energie), 2011. Statistik der Wasserkraftanlagen der Schweiz. Online unter: http://www.bfe.admin.ch > themen > wasserkraft > Zentralenblatt (Abfrage 12.10.2011).

Bleuler, J. L., 1845. Der Rhein von der Quelle bis zur Mündung. 80 kolorierte Ansichten. Nachdruck 1996, Basel.

BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft), 2002. 2. Ergänzung des Bundesinventars der Auengebiete von nationaler Bedeutung. Technischer Bericht. Schriftenreihe Umwelt Nr. 341. Bern.

BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft), 2005. Auendossier, Das Aueninventar. Faktenblatt 11, Bern.

BUWAL/BWG (Hrsg.), 2003. Leitbild Fliessgewässer Schweiz. Für eine nachhaltige Gewässerpolitik. Bern.

BWG (Bundesamt für Wasser und Geologie) (Hrsg.), 2000. Raum für Fliessgewässer. Biel. Faltblatt.

Gepp, J., 1985. Auengewässer als Ökozellen. Grüne Reihe des Bundesministeriums für Gesundheit und Umweltschutz. Bd. 4, Wien.

GSchG (Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz)). SR 814.20. Stand 1. Januar 2011.

GSchV (Gewässerschutzverordnung). SR 814.201. Stand 1. August 2011.

Heller, H., 1969. Lebensbedingungen und Abfolge der Flussauenvegetation in der Schweiz. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchswesen 45, 1–124.

Müller, W., 1975. Brutbestandesaufnahme des Flussuferläufers Tringa hypoleucos am unteren Hinterrhein. Ornithol. Beobachter 72, 44–52.

Müller-Wenk, R., Huber, F., Kuhn, N., Peter, A., 2003. Landnutzung in potenziellen Fliessgewässer-Auen – Artengefährdung und Ökobilanzen. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Schriftenreihe Umwelt Nr. 361, Bern.

Pitsch, P., Zarn, B., 2010. Morphologie und Dynamik Mastrilser Rheinauen. Im Auftrag des Amtes für Natur und Umwelt Graubünden. (unveröffentlicht).

RUST-DUBIÉ, C., SCHNEIDER, K., WALTER, T., 2006. Fauna der Schweizer Auen. Eine Datenbank für Praxis und Wissenschaft. Bern.

SCHENKER, A., ZUMSTEG, M., 2001. Flusskorridore und Auenstrukturen im schweizerischen Mittelland (nördliches Alpenvorland). Schweiz. Z. Forstwesen 152 (9), 394–399.

VOLK, O. H., BRAUN-BLANQUET, J., 1939. Soziologische und ökologische Untersuchungen an der Auenvegetation im Churer Rheintal und Domleschg. Jber. Natf. Ges. Graubünden 76, 31–79.

ZAHNER, M., LUTZ, M., 1988. Untersuchungen zur Vegetation und Avifauna der Auen an Vorderrhein und Glenner. Jber. Natf. Ges. Graubünden 105, 31–77.

ZARN, B., 2004. Kiesentnahmen Schluein/Castrisch. Im Auftrag des Amtes für Natur und Umwelt Graubünden. (unveröffentlicht).

ZARN, B., 2009. Geschiebeumleitstollen Solis. Auswirkungen auf den Geschiebehaushalt. Im Auftrag der Elektrizitätswerke Zürich ewz. (unveröffentlicht).

Erläuterungen zu Abb. 2

Geschiebeeintrag bzw. Murgänge aus dem Rieiner Tobel (Val da Riein):

Das Rieiner Tobel mündet rund 500 m oberhalb des Beginns der Verzweigungsstrecke von Prada gronda in den Glenner:

- 2.7.1995, 27.7.1995 und 12.8.1995: grosses Ereignis in drei Schüben mit total 100 000 m³, wovon rund 70 000 m³ die Mündung in den Glenner erreichten. Baggereinsatz zur Freilegung des Gerinnes.
- August 1994: Rüfenniedergang. Lokale Materialräumung bei der Einmündung in den Glenner.
- 1968–1974: Wildbachverbauungen (Sperrentreppen). Im Rieiner Tobel wurden in den genannten Jahren 11 bis zu 14 m hohe Retentionssperren errichtet. 1999/2000 erfolgten eine grössere Instandstellung und ein teilweiser Neubau der Sperren.
- 31.7.1967 und 10.8.1967: sehr grosses Ereignis in zwei Schüben mit total ca. 400 000 m³. Glenner wurde 6 bis 8 m aufgestaut und die Kantonsstrasse auf 600 m überflutet und überschüttet. Baggereinsatz zur Freilegung von Strasse und Gerinne.
- 23./24.7.1963: grosses Ereignis mit 40 000 bis 50 000 m³

Wasserbauliche Massnahmen im Bereich der Fotostandorte:

Prada gronda:

- 1986: Linksufriger Böschungsfuss wurde auf 600 m Länge mit Blocksatz gesichert. Nach dem Hochwasser von 1987 lokale Instandstellung im Jahr 1988.
- nach 1976/1977 wurde der rechtsufrige Uferschutz mit Blocksatz und drei Buhnen verstärkt.
- nach 1967: Rechtsufrig bestehendes Wuhr «Dulten»/ Sevgein wurde mit Blocksatz erhöht und um 140 m verlängert.

Rosas:

- 1993: Linkes Ufer wurde im Bereich einer alten Deponie auf rund 80 Metern mit Blocksatz gesichert; Baggereinsatz im Gerinne.

Erläuterungen zu Abb. 18

Kiesentnahmen:

- 1962–1987 durch Kieswerk Rothenbrunnen (Flusskilometer 3–6). Durchschnittlich 45 000 m³/Jahr (ZARN 2009:21).
- 1956–1977 durch Kieswerk Rhäzüns (Flusskilometer 0–3). Durchschnittlich 24 000 m³/Jahr (ZARN 2009:21).

Wasserbauliche Massnahmen im Bereich des Fotostandortes:

1982/1983: Bau einer Blockschwelle bedingt durch Rückwärtserosion als Folge des Kiesabbaus. Das Extremhochwasser von 1987 zerstörte rund 80 % der Schwelle. Diese wurde 1988/1989 neu erstellt.

1978/79: Zum Schutz der Autobahn A13 wurde rechtsufrig ein Wuhr aus Blocksatz auf rund 600 m Länge erstellt (nördl. des Isla-Bella-Tunnels).

Linksufrig besteht auf rund 1.9 km Länge im Abschnitt Rhäzünser Isla eine Uferverbauung aus den 1920er-und 1930er-Jahren.

Erläuterungen zu Abb. 26

Die **Kiesentnahmen** im Alpenrhein oberhalb der Mastrilser Rheinauen begannen ab 1949 mit 50 000 m³/Jahr. Diese Menge steigerte sich gegen Ende der 1960er- bzw. Anfang 1970er-Jahre auf 200 000 m³ bzw. 300 000 m³ jährlich. Ab 1974 lagen die Kiesentnahmen wieder unter 50 000 m³/Jahr und haben seither stetig abgenommen (alle Angaben gemäss PITSCH & ZARN 2010).

Wasserbauliche Massnahmen im Bereich des Fotostandortes:

1987: Linksufrig im Bereich von Untervaz wurden nach dem Extremhochwasser von 1987 auf rund 200 Metern lokale Ufersicherungen mit Blocksatz erstellt.

In den 1920er-Jahren wurde rechtsufrig als Ufersicherung ein Wuhr aus Blocksatz zwischen dem Apfelwuhr (heute Rastplatz der Autobahn A13) und der Mündung der Landquart in den Rhein erstellt.

Anmerkung

Andri Bischoff war von 1980–2010 Leiter Wasserbau im Tiefbauamt des Kantons Graubünden.