

Revitalisierung von Alpenflüssen – Beispiele aus Ost- und Süd-Österreich

Von Anton Drescher¹

Mit 28 Abbildungen

Angenommen am 3. November 2015

Summary: The restoration of Alpine rivers – examples from eastern and southern Austria.

– Despite of various conservation attempts the ecological status of alpine rivers in Central Europe and especially in Austria is insufficient. Great sections of the larger and also of smaller rivers have undergone severe and often irreversible changes after regulation projects, construction of dams and power plants. Free-flowing sections are preserved e.g. along the Danube between Vienna and Bratislava, the Inn and Lech river in Tyrol, along upper Drava in Carinthia and the upper Mura and between Spielfeld and Bad Radkersburg/Gorna Radgona respectively. The construction of power plants is still ongoing whereas in some free flowing sections restoration measures are conducted. The goals of the restoration measures implemented in three free-flowing sections of Danube, Drava and Mura are explained and the hitherto achieved results discussed.

Zusammenfassung: Die ökologische Situation der Gebirgsflüsse in Mitteleuropa und speziell in Österreich ist trotz intensiver Schutzbestrebungen wenig zufriedenstellend. Abgesehen von kleinen Resten sind erhebliche Abschnitte der größeren und vieler kleiner Flüsse seit dem 19. Jahrhundert durch Regulierungsmaßnahmen und später durch die Errichtung von Laufkraftwerken und Schwall irreversibel beeinträchtigt. Freie Fließstrecken an größeren Flüssen sind nur mehr an der Donau zwischen Wien und Bratislava, am Inn und am Lech in Tirol, der oberen Drau in Kärnten und an der oberen Mur sowie zwischen Spielfeld und Bad Radkersburg/Gorna Radgona erhalten. Neben dem munter fortschreitenden Kraftwerksbau werden an verbliebenen freien Fließstrecken Revitalisierungsmaßnahmen versucht. An Beispielen aus dem östlichen und südlichen Österreich werden die flussbaulichen Maßnahmen und die ökologischen Ziele erläutert und die bisherigen Ergebnisse diskutiert.

Keywords: River widening, morphodynamics, invasive species, Danube, Drava, Mura

Schlüsselwörter: Flussbettaufweitung, Morphodynamik, invasive Arten, Donau, Drau, Mur

1. Einleitung

Die Mur war 2015 unter den Finalisten für den Thies International RiverPrize, der jährlich von der International RiverFoundation vergeben wird. Die Begründung für die Auswahl: „... *Due to these efforts in the last 30 years, the River Mur is now considered to be one of Austria's most ecologically valuable rivers, with long stretches part of the Natura 2000-European nature protection network. Outstanding developments include the natural reproduction of the highly endangered Danube salmon in the Upper Mur and the species-richness in Austria's second largest alluvial forest along the border to Slovenia. Today the biggest threat to the river's ecology is hydropower development.* ...“ Diese Preisverleihung soll hier als Anlass dienen, einige der Revitalisierungsmaßnahmen an der Donau zwischen Wien und Bratislava, an der Oberen Drau und am Murabschnitt zwischen Spielfeld

1 Anton Drescher, Institut für Pflanzenwissenschaften der Universität Graz, Holteigasse 6; email: anton.drescher@uni-graz.at

und Bad Radkersburg, der seit dem Ende des 1. Weltkrieges die Grenze zwischen der Steiermark und Slowenien bildet, etwas näher zu betrachten.

Nach einem Jahrhundert, das von Flussregulierungen geprägt war und Jahrzehnten, in denen weite Strecken der größeren österreichischen Flüsse zu Ketten von Stauseen umgebaut wurden, ist der Versuch, in den 1980er Jahren in die letzte freie Fließstrecke der Donau östlich von Wien ein Flusskraftwerk zu setzen, gescheitert. In der von den politisch Verantwortlichen verordneten „Nachdenkpause“ konnten die schon Ende der 1970er Jahre begonnenen Planungen (Errichtung der Naturschutzgebiete Lobau, Marchauen, Kleiner Breitensee und des Landschaftsschutzgebietes Lobau in den Jahren 1978 und 1979) und Vorarbeiten der Planungsgemeinschaft Ost (Anfang der 1980er Jahre) zu einem guten Ende gebracht werden. Sie mündeten in der Gründung des länderübergreifenden Nationalparks Donau-Auen (WÖSENDORFER 1987, Nationalpark Donauauen, Infothek). Einer einseitigen technisch-flussbaulichen Betrachtungsweise folgte eine Phase, in der verstärkt auch andere, etwa landschaftsbezogene und ökologische Funktionen eines Flusslaufes, seines Einzugsgebietes und der begleitenden Aue ins Blickfeld gerückt wurden. Die Wasserrahmen-Richtlinie (WRRL, 2000) zwingt die EU-Mitgliedstaaten zudem, ihre Fließgewässer in einem guten Zustand zu erhalten, bzw. diesen zu verbessern.

2. Die heutige Situation

Die Regulierungsmaßnahmen des 19. und 20. Jahrhunderts hatten das Ziel, am Fluss gelegene Siedlungen und Ackerland vor Überschwemmungen zu bewahren. Eine Absenkung des Grundwasserspiegels wurde nicht nur in Kauf genommen, sondern war eines der Ziele der Maßnahmen. Folgen des Verlustes der hydromorphologischen Dynamik sind eine Entkoppelung von Fluss und Aue, der nahezu gänzliche Verlust von Pionierstandorten, eine Zunahme der Waldflächen (zunächst Weichholz-Auwälder) in der Überschwemmungsebene (DRESCHER et. al. 2014, DRESCHER et al. 2016) und schließlich deren Entwicklung über Hartholz-Auwälder zu höchstens während Hochwässern vom Grundwasser beeinflussten Niederungswäldern.

Die großflächig verloren gegangenen Retentionsräume sowie das durch Staustufen unterbrochene Fließkontinuum stellen die größten Defizite für die in ein enges Bett gezwängten Flüsse dar. Die infolge fehlender Geschiebenachlieferung fortschreitende Tiefenerosion ist ein Problem für die begleitenden Auwälder, die aufgrund der gesunkenen Spiegellagen zunehmend den Charakter von Feuchtwäldern einbüßen. Als Folge der Sohleintiefung droht an manchen Stellen sogar der Durchschlag der quartären Sedimentdecke (Emme zwischen Eggiwil und der Mündung in die Aare vgl. BRODBECK et al. 2005, FROSSARD et al. 1998; an der Grenzmuir vgl. HABERSACK & KLÖSCH 2008). Neben der Donau sind auch andere größere Alpenflüsse wie Inn, Drau, Gail, Salzach, Enns und Mur von diesen Problemen betroffen.

In der Schweiz hatte, u. a. angesichts des steigenden Kostenaufwandes für den Schwellenbau gegen die fortschreitende Eintiefung, schon in den späten 1980er Jahren eine intensive Diskussion darüber begonnen, wie man die Situation verbessern könnte (MOSIMANN 1992, BRODBECK et al. 2005). Mit einiger Verspätung hat man auch in Österreich begonnen, sich Gedanken über Konzepte zur Verbesserung der ökologischen Funktion von Fließgewässern zu machen. Sinkende Grundwasserspiegellagen in den großen Becken und die verstärkte Sohleintiefung sind nur einige der Gründe für diesen Sinneswandel.

Die Erhebung und Quantifizierung der Charakteristik einzelner Flussabschnitte mit Hilfe verschiedener Parameter wie den ökomorphologischen Eigenschaften, der

potentiell natürlichen Vegetation, der Uferstruktur und der hydrologischen Merkmale von mehr als 5000 Kilometern österreichischer Flüsse erlauben eine Bilanzierung und kartographische Darstellung flusstypspezifisch erhaltener Laufabschnitte (MUHAR et al. 1996, MUHAR et al. 1998). Die Untersuchung zeigte erschreckende Ergebnisse: z. B. konnte von den mehr als 280 km bearbeiteten Flussstrecken vom Furkationstyp bzw. mit gewundenem Lauf kein einziger Abschnitt positiv bewertet werden. Positiv bedeutet in diesem Zusammenhang: A) der Flussabschnitt weist in Bezug auf die Morphodynamik und die Umlandausprägung dem Flusstyp entsprechende Ausprägung auf, zeigt keine Beeinflussung des Abflussregimes durch Stau, Schwall oder Restwasser auf; bzw. B) der Flussabschnitt weist zwar eine veränderte Morphodynamik und Umlandausprägung auf, zeigt jedoch keine Veränderung der Gesamtcharakteristik durch systematische flussbauliche und energiewirtschaftliche Eingriffe (MUHAR et al. 1998). Auch im übrigen Ostalpenraum liegen die Verhältnisse ähnlich (MÜLLER 1995, LACHAT et al. 2010).

Die letzten noch weitgehend intakt gebliebenen Alpenflüsse in den Ostalpen mit gut erhaltener Morphodynamik und einem natürlichen Abflussregime sind der Tagliamento im Friaul von der Quelle bis etwa Spilimbergo (LIPPERT et al. 1995, TOCKNER et al. 2005), die Abschnitte des Lech flussauf von Forchach (MÜLLER & BÜRGER 1990) sowie die Isel oberhalb Lienz in Osttirol (REITER 2007). Entlang einiger weiterer kleinerer Flüsse (z.B. Bregenzer Ache, Ötztaler Ache, Obere Gail, Steyr, Salza, Erlauf, Schwarze Sulm) existieren noch kleinflächigere Reste mit intakter Morphodynamik ohne direkte Eingriffe in das Abflussregime. Ausgewiesene Abschnitte davon können als Referenzstrecken für Restaurierungsmaßnahmen dienen (MUHAR & al. 1998).

Die Diskussion über die Bedeutung ökologisch funktionsfähiger Fließgewässer als Teil des Gesamtökosystems war um die Jahrtausendwende weitgehend abgeschlossen. Die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) enthält in der Novelle 2003 in den §§ 30a, c, 104 daher ein ausdrückliches Verschlechterungsverbot und im § 30a den Passus der Erreichung eines guten ökologischen und chemischen Zustandes bis zum 22.12.2015. Es besteht daher an vielen Flussabschnitten – nicht nur in Österreich – dringender Handlungsbedarf, zumal immer wieder neue (und alte) Pläne für Kraftwerksbauten (z. B. an der Grenzmur, der Sulm) auftauchen.

3. Restaurierung von Fließgewässerabschnitten

Die ursprünglich erwünschten Wirkungen von Regulierungen waren (1) schnellerer Abfluss, (2) die beschleunigte Sohlintiefung durch Laufverkürzung und Verbauungen in den Zubringern, (3) die Gewinnung neuer Ackerflächen und neuen Siedlungsraumes bei gleichzeitiger Verringerung der Retentionsräume durch weitreichende Dammbauten. In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts zeigte sich, dass den oben genannten Vorteilen der Flusskorrekturen schwerer wiegende Nachteile gegenüberstehen: Größere und häufigere Hochwasserspitzen bei den Unterliegern (vgl. die Häufigkeit von extremen Wasserständen der Donau in Wien vor und nach der Regulierung 1875: JUNGWIRTH et al. 2014 und die Hochwasser des Rheins 1993/94: MEUSER & WORRESCHK 1994, WORRESCHK 1995²).

2 „Der Oberrhein hat durch den Ausbau mit Staustufen eine Beschleunigung im Wellenanstieg erfahren, was oftmals zu ungünstigen Überlagerungen mit Nebenflusswellen führt. Aufgrund vorhandener Untersuchungen und ersten Überslagsrechnungen hat der Staustufenbau am Oberrhein eine Wasserspiegelanhebung im Raum Koblenz von 10 cm verursacht. Durch den Oberrheinausbau wurde aber auch der Wellenscheitel im Mittel- und Niederrhein kürzer, da die Abflussscheitel in Maxau infolge des Oberrheinausbaues ca. 30 Stunden früher eintreten“ (WORRESCHK 1995: 21).

3.1 Der Flusstyp als Ausgangspunkt für die Restaurierung

Die Typisierung von Fließgewässern versucht mit Hilfe von geologischen, geomorphologischen und hydrologischen Merkmalen sowie der Vegetation die charakteristischen Merkmale von Flussabschnitten allgemeingültig zu formulieren (MOOG & WIMMER 1990, WIMMER et al. 2000). Da weitgehend unbeeinflusste Flusslandschaften in Mitteleuropa kaum mehr zu finden sind, können manche der zu berücksichtigenden Merkmale an mittleren und großen Flüssen auf Grund der stark anthropogen veränderten Verhältnisse heute nicht mehr untersucht werden. Es muss in diesem Fall auf historisches Kartenmaterial (DEMEK & al. 2008, DRESCHER & al. 2015; EGGER et al. 2007, HOHENSINNER et al. 2004, HOHENSINNER et al. 2008, HOHENSINNER et al. 2013a, 2013b), Berichte über Hochwasserereignisse und/oder auf vergleichbare Fließstrecken in anderen Teilen der Alpen oder anderer Gebirge Mitteleuropas (Alpen: EDWARDS et al. 1999, KOLLMANN et al. 1999, MÜLLER 1995, MÜLLER & BÜRGER 1990, TOCKNER & al. 2005; Französisches Zentralmassiv: DISTER et al. 1989; Karpaten – DRESCHER & PROTS unveröff.) zurückgegriffen werden.

Die Merkmale und Eigenschaften eines Flusstyps können grob in drei Gruppen gegliedert werden:

- Merkmale des Einzugsgebietes
- Morphologische Merkmale und Kornstruktur des Sediments
- Hydrologische Merkmale

Die für die Laufentwicklung³ wichtigsten Merkmale des Einzugsgebietes sind dessen Relief sowie die Niederschläge, deren Periodizität und Verteilung übers Jahr. Sie sind – abhängig von der Länge des Transportweges – verantwortlich für die Kornstruktur der Sedimente des aktiven Flussbettes und der periodisch überschwemmten flussbegleitenden Aue.

Die morphologischen Merkmale des Flussbettes sind das Ergebnis der Landformungsprozesse der geologisch jüngeren und jüngsten Vergangenheit und des Abflussgeschehens (z.B. Tiefen- und Seitenerosion, Sedimentation, Bildung neuer Flussarme und -schlingen). In Österreich wurden nach lokalen Bauwerken seit der Zeit Josephs II. nach katastrophalen Hochwässern in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts weitreichende Regulierungsprojekte u. a. an den großen Flüssen Donau (Comité der Commission für die Donauregulierung bei Wien 1868) und Mur (HOCHENBURGER 1894) geplant und durchgeführt. Dabei wurde mit Hilfe von Durchstichen der Flusslauf verkürzt und auf ein Bett festgelegt, welches durch Querbauten und Uferbefestigungen sowohl im Verlauf als auch in der Breite fixiert wurde. Die nachfolgende Tiefenerosion war eine ausdrücklich erwünschte Folge, um den Grundwasserspiegel abzusenken. Die ursprüngliche Flussmorphologie ist auf Luftbildern und im Gelände u. a. an relikitären Gerinnen, die im Verlandungsprozess unterschiedlich weit fortgeschritten sind, zu erkennen. Auch bei heute gestrecktem Lauf sind die ursprünglichen morphologischen Merkmale aus Karten, die vor dem Beginn der wesentlichen Verbauungsmaßnahmen entstanden sind, leicht zu entnehmen (vgl. Josephinische Landesaufnahme 1764–1787, Franziszeische Landesaufnahme 1869–1887; Murstromkarte 1825 (Abb. 9), HOCHENBURGER 1894 (Abb. 8).

Diese Merkmale lassen die generelle Unterscheidung von drei morphologischen

3 Laufentwicklung ist ein Maß für die seitliche Ausbreitung des Fließgewässers über die Talbreite (Windungsgrad oder engl. sinuosity)

Laufotypen zu (MANGELSDORF & SCHEURMANN 1980, MUHAR & al. 1996, UHLMANN & HORN 2001), die für bestimmte Talformen und Laufabschnitte charakteristisch sind.

- Gestreckter Typ
- Verzweigter/geflochtener Typ (Furkationstyp)
- Mäandertyp

Je nach Gefälle und Abflussverhältnissen werden durch Erosion, Transport bzw. Akkumulation Übergangsformen gebildet. Der gewundene Flusstyp steht dabei zwischen dem Furkationstyp und dem Mäandertyp. Beim pendelnden Typ nutzt der Fluss etwa in Sohlenkerbtälern oder Trogtälern die gesamte Talbreite aus; die Richtungsänderungen sind meist durch Schwemmkegel der Seitentäler verursacht. Im Gegensatz zum echten Mäandertyp ist hier das Gefälle zu hoch, der Geschiebetrieb im Vergleich zum Furkationstyp relativ gering.

Die hydrologischen Merkmale der Flussabschnitte selbst sind einerseits von den Niederschlägen, andererseits von der Versickerung bzw. dem Speichervermögen der Böden und der Vegetation der Einzugsgebiete bestimmt. Der Abflusstyp (das Abflussregime oder hydrologischer Flusstyp) ist der Ausdruck der mittleren jahreszeitlich durch Niederschläge in unterschiedlicher Form gesteuerten Abflussschwankungen (MADER et al. 1996):

- Glaziales Regime mit maximalem Abfluss im Sommer (durch Gletscher geprägt), Abflussminimum im Winter
- Nivales Regime mit maximalen Abflüssen zur Zeit der Schneeschmelze im Frühjahr oder Frühsommer
- Pluviales Regime mit höchsten Niederschlägen und maximalem Abfluss im Winter

Diese morphologischen und hydrologischen Merkmale der Laufabschnitte vor den Regulierungsmaßnahmen bilden die Grundlage für die Erarbeitung von Restaurierungsvorschlägen. Dem jeweiligen Flusstyp entsprechende Fließgewässerabschnitte werden als Referenzgewässer bezeichnet. Sie bilden die Basis für jede Verbesserung der ökologischen Funktion von Fließgewässern und für die Leitbilderstellung im Rahmen von Gewässerbetreuungskonzepten (EBERSTALLER et al. 1999, BRANDSTÄTTER & al. 1999, SCHMUTZ & al. 2007 u.a.).

Ohne die Kenntnis der Steuerungsfaktoren in einer dynamischen Aue sind weder die Wirkungen auf den Flusslauf selbst, die Umlagerungsprozesse noch die vielfache Vernetzung des Flusses mit seinen Nebengewässern und dem Grundwasser zu verstehen. Auf Grund der gravierenden Veränderungen, die die großräumigen Regulierungen in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts u. a. an den großen Flüssen Donau, Mur und Inn nach sich gezogen haben, kann man von der heutigen Flussmorphologie nicht mehr auf die ursprünglichen dynamischen Prozesse zurückschließen. Es muss daher auf alte Karten und heute noch natürlich erhaltene Fließstrecken zurückgegriffen werden, um die ursprüngliche Struktur und die steuernden Prozesse zu erfassen. Während großstäbige Karten für mehrere Zeitscheiben/historische Zeiträume vor dem Beginn großräumiger Regulierungsmaßnahmen für die gesamte Österreichisch-Ungarische Monarchie zur Verfügung stehen (Josephinischer Kataster 1785–1789; Franziszeischer Kataster 1817–1861, von der Donau auch ältere Karten), sind natürliche Wildflusslandschaften, wo die steuernden Prozesse heute noch beobachtet werden können, in Mitteleuropa eine Rarität. Sowohl der Tagliamento (MÜLLER 2005, MÜLLER & BÜRGER 1990) als auch der Obere Lech (EGGER & AIGNER 2003, EGGER & al. 2003a-c, EGGER & al. 2007a,

2007b) sind eingehend untersucht. Aufbauend auf diese Arbeiten war es möglich, sich an die Rekonstruktion von Beckenlandschaften der Donau zu wagen (HOHENSINNER et al. 2004, EGGER & al. 2007, HOHENSINNER et al. 2008, DRESCHER et al. 2016) als auch Vorschläge für Restaurierungsmaßnahmen zu erarbeiten.

Alte Karten, die den Gewässerverlauf für einen bestimmten Zeitabschnitt darstellen, lassen wohl die Morphologie, aber weder die Periodizität von Hochwässern noch andere hydrologische Parameter erkennen. Dazu benötigt es den Vergleich von mehreren historischen Karten innerhalb eines Jahrhunderts. Damit lassen sich die Veränderungen des Gewässernetzes im aktiven Flussbett nachzeichnen und relativ genaue Angaben über das Auftreten verschieden starker Überschwemmungsereignisse machen. Zusammen mit historischen Berichten sind Angaben über die Periodizität und auch die Intensität von gestaltenden Ereignissen darstellbar. Daraus kann dann auch auf die Störungstoleranz einzelner Vegetationstypen/Pflanzengesellschaften geschlossen werden.

Diese Methode der Rekonstruktion der historischen Vegetation für einen bestimmten Zeitraum mit Hilfe einer Serie von historischen Karten unter Zuhilfenahme eines Sukzessionsmodells, wo von der Periodizität von Hochwässern auf das Alter einzelner Vegetationstypen bzw. Sukzessionsstadien im Flussbett (active channel) zurückgeschlossen wird, ist am Beispiel der Auenlandschaft zwischen Wallsee und Ardagger – einem Teil der Beckenlandschaft des Machlandes in Oberösterreich – entwickelt worden (EGGER & al. 2007, HOHENSINNER et al. 2004, HOHENSINNER et al. 2008).

3.2 Methodik der Planung von Restaurierungsmaßnahmen

Jede Planung hat sich vorerst am Charakter und den Merkmalen des ursprünglichen Flusstyps zu orientieren. Darauf baut die Erstellung eines Leitbildes für den zu restaurierenden Flussabschnitt auf. Dieses richtet sich nach den gewässerökologischen und wasserwirtschaftlichen Zielen für benachbarte, noch intakte Abschnitte des gleichen Flusstyps oder wenn diese fehlen nach historischen Karten und Daten.

In einem zweiten Schritt wird dieser Referenzzustand (siehe WRRL) dem realen Zustand des Gewässerabschnittes gegenübergestellt und die Defizite können formuliert werden.

Als Schlussfolgerung werden die Ziele für die einzelnen Fachgebiete (Auenvegetation, Amphibien, Fische, Benthos, Vögel) festgelegt. Für die Argumentation wird meist mit Zielarten gearbeitet, die für den jeweiligen Flusstyp charakteristisch sind (MÜLLER 2007, RECK et al. 1996, RECK 2004). In vielen Fällen existieren Nachweise über das Vorkommen dieser Arten vor der Korrektur (z. B. Berichte über Fischerei mit Angaben über Fischarten und gefangene Mengen, Fundortsangaben in Lokalfloren, Herbarbelege z. B. der Deutschen Tamariske/*Myricaria germanica* in der Fischerau in Graz, an der Mur bei Spielfeld oder in der Brigittenau in Wien – alle aus dem 19. Jahrhundert vor den großen Regulierungsprojekten), die den ehemaligen Charakter sowohl der Mur zwischen Graz und Radkersburg als auch der Donau in und östlich von Wien dokumentieren.

Die Förderung bzw. Wiedereinbürgerung solcher Zielarten für entsprechende Flussabschnitte erscheint wünschenswert (Zielartenkonzept: SCHULTE 2001, MÜLLER 2007, RECK 2004, RECK et al. 1996).

In vielen Laufabschnitten ist der flussabschnittstypische Charakter nicht mehr zu erkennen. MUHAR et al. (1996, 1998) mussten von den mehr als 5000 km bearbeiteten österreichischen Fließgewässern mehr als 75 % auf Grund zu starker Beeinträchtigung von der Beurteilung ausschließen. Vom gesamten österreichischen Murlauf (351 km) sind nur mehr 27 % (= 94 km) der Kategorie B zuzuordnen. In dieser Kategorie werden Fließgewässerabschnitte zusammengefasst, deren Morphologie, Dynamik sowie

Umlandausprägung gegenüber dem ursprünglichen Flusstyp Veränderungen aufweisen, aber nicht durch flussbauliche oder energiewirtschaftliche Eingriffe in ihrem Gesamtcharakter verändert sind. Details zu Bewertungskategorien und Einstufung siehe MUHAR et al. 1996. Die Verhältnisse an der Drau waren zur Zeit der Bearbeitung noch dramatisch schlechter.

Verbesserungsmaßnahmen im Sinne der WRRL sind schwerpunktmäßig auf den nicht bewerteten Strecken durchzuführen, sofern nicht irreversible Eingriffe dies unmöglich erscheinen lassen.

4. Bisherige Revitalisierungsversuche

4.1 Geschichte der Fluss-Revitalisierung in Mitteleuropa

Um das Problem der Eintiefung von Flüssen und die zunehmend fehlende Konnektivität zwischen Fluss und begleitender Aue in der Folge von Regulierungsmaßnahmen (Comité der Commission für die Donauregulierung bei Wien 1868; HOCHENBURGER 1894) sowie das damit verbundene Absinken des Grundwasserspiegels zu stoppen, sind unterschiedliche Ansätze möglich. Eine der Möglichkeiten ist der Einbau von Sohl-schwellen, wie sie zum Beispiel an der Ybbs sowie der Traisen flussab von Wilhelmsburg im Rahmen der Regulierung ab 1905 zum Einsatz kamen. Der Nachteil dieser Bauwerke ist, dass sie das Fließwasserkontinuum in viele kaum Gefälle aufweisende uniforme Bereiche unterteilt, die nur kleinflächige dynamische Abschnitte im Unterwasserbereich der Schwellen aufweisen. Diese Ausformung ist sowohl für die Fischfauna als auch für das Makrozoobenthos sehr nachteilig, weil die Schwellen für den Aufstieg verschiedener Fischarten zu den Laichplätzen nicht oder nur schwer überwunden werden können (BRANDSTÄTTER & al. 1999).

Der von den Kraftwerksbetreibern vertretene Bau von Staustufen hat gleich mehrere Nachteile: (1) die Eintiefung im Unterwasser, die nur durch eine weitere Stauhaltung, deren Wurzel bis zur nächsten Stufe flussauf reicht, kompensiert werden kann. Dadurch entsteht eine Kette von Stauseen, in denen abgesehen von den stark gedämpften Grundwasserspiegelschwankungen und fehlenden Überschwemmungen z. B. rheophile Fischarten keine adäquaten Lebensbedingungen mehr vorfinden und (2) Stauseen wirken als Geschiebefallen, die einen Weitertransport von Geschiebe unterbinden und so zu verstärkter Eintiefung in flussab gelegenen Laufabschnitten führen. In der Folge wurden verschiedene Maßnahmen wie Sohlstabilisierung, laufende Geschiebezugabe oder andere Restaurierungsmaßnahmen diskutiert, um das Defizit, das durch die fehlende Geschiebenachlieferung entstanden war, auszugleichen.

In der Schweiz, wo Eingriffe in Flusslandschaften schon früh begonnen wurden (im Mittelalter z. B. an der Reuss und der Lütischine), sind auch die Probleme der um 1900 großflächig abgeschlossenen Regulierungsmaßnahmen früher erkannt und Lösungsmöglichkeiten gesucht worden. Erste Flussbettaufweitungen wurden am Beginn der 1980er Jahre geplant. An der Emme wurde die erste Aufweitung 1992 fertiggestellt, der weitere sowohl an der Emme als auch an anderen Flüssen (Thur, Alpenrhein, Moesa/ Tessin u. a.) folgen sollten (ROHDE 2005). Gleichzeitig mit dem Bau wurde auch eine umfangreiche Dokumentation der morphologischen Prozesse begonnen, die eine Auswertung und eine Erfolgskontrolle ermöglichen (HUNZINGER 2004). Im „Rhône-Thur Projekt“ (<http://www.rivermanagement.ch/>) sind mehr als 30 Projekte aus der gesamten Schweiz aufgeführt und mit einem Steckbrief versehen, der die Ziele definiert und die Erfolgskontrolle dokumentiert.

Auch in Österreich begann man – abgesehen von Aufschotterungsbecken, die in der Funktion Aufweitungen ähneln – mit dem Beginn der 1990er Jahre die u. a. im Rahmen von Gewässerbetreuungskonzepten erkannten und formulierten Defizite zu beheben (z.B.: BRANDSTÄTTER & al 1999). Es entstanden in mehreren Bundesländern Pläne für Renaturierungsmaßnahmen, die meist im Rahmen von EU-LIFE-Natur-Projekten umgesetzt wurden. Als Beispiele seien hier die folgenden Projekte genannt: Wildflusslandschaft Tiroler Lech und Zubringer (2001–2006): Flussaufweitungen, Rückbau von Längs- und Querbauwerken (EGGER et al. 2007a); Auenverbund Obere Drau (1999–2003): Aufweitung der Drau bei Kleblach-Lind (EGGER et al. 2006); Altarmanbindung und Gewässervernetzung der Regelsbrunner Auen (Regelsbrunn-Maria Ellend: Strom-km 1895,51905) (1998/99) (SCHIEMER & RECKENDORFER 2000, 2004); Uferückbau Thurnhaufen gegenüber Hainburg (2006) (TÖGEL 2015); Flussaufweitungen an der Grenzmur (2002–2008) (BAUMANN & HORNICH 2008).

4.2 Ziele von Flussrestaurierungen an Gebirgsflüssen

Bei den Zielen von Renaturierungsmaßnahmen an alpinen und perialpinen Flussabschnitten lassen sich prinzipiell Verbesserungen der Flussmorphologie und der Habitate unterscheiden. Zu den morphologischen Verbesserungen zählen die Anbindung von Nebengewässern, die Sohlstabilisierung und die Initiierung der Bildung von Kiesbänken. Damit verbunden sind eine Verzweigung des Gerinnes und eine periodische Erosion der Ufer. Auch eine Verbesserung des Geschiebehaushaltes wird angestrebt. Die Vergrößerung des Abflussquerschnittes in aufgeweiteten Strecken führt auch zu einer Senkung der Spiegellagen bei Hochwasserereignissen (HABERSACK & HENGL 2009). In den meisten Fällen muss dabei die Uferbefestigung (Blockwurf) entfernt oder zumindest landeinwärts zurückversetzt werden.

Diese Verbesserungen der Flussmorphologie ziehen eine Verbesserung der ökologischen Verhältnisse in der Aue nach sich. Mit der Entstehung von Kiesbänken, Inseln, Uferanrissen durch die zurückgekehrte Morphodynamik entstehen neue aquatische Lebensräume, die eine Verbesserung für die Reproduktion flussabschnittstypischer Leitarten der Fischfauna: *Leuciscus cephalus* (Aitel, Döbel), *Barbus barbus* (Barbe), *Gobio gobio* (Gründling), *Chondrostoma nasus* (Nase), *Alburnoides bipunctatus* (Schneider) und *Leuciscus souffia souffia* (Strömer) bringen (UNFER & HINTERHOFER 2008). Außerdem entstehen neue Habitate für spezialisierte Arten aus verschiedenen Tiergruppen: *Lutra lutra* (Fischotter), *Actitis hypoleucos* (Flussuferläufer), eine größere Zahl von Laufkäfer-Arten, *Chorthippus pullus* (Kiesbank-Grashüpfer) und für die an diese dynamischen Standorte angepasste Pioniervegetation mit einer Reihe von zum Teil extrem seltenen Zielarten wie *Salix elaeagnos* (Filz-Weide), *Calamagrostis pseudophragmites* (Ufer-Reitgras), *Myricaria germanica* (Deutsche Tamariske), *Typha minima* (Zwerg-Rohrkolben) u. a.

Welche Einschränkungen stehen diesen Zielen entgegen? In dicht besiedelten Städten ist der verbaute Raum entlang des kanalisierten Flussbettes der wichtigste Faktor – auch im dünner besiedelten ländlichen Raum sind neben dem Verlust vielfach Infrastruktureinrichtungen wie Gas- und Stromleitungen, Kanalanlagen, Wasserschutzgebiete für die Trinkwassergewinnung, Industrieanlagen ja sogar Mülldeponien sowie der Hochwasserschutz für anliegende Siedlungen hinderlich für Rückbaumaßnahmen, die das theoretisch vorhandene Entwicklungspotential beschränken (vgl. die Maßnahmenkonzepte für die Traisen zwischen dem Altmannsdorfer Wehr und der Eisenbahnbrücke in Traismauer, BAUMANN & HORNICH 2008, EBERSTALLER et al. 1999).

4.3 Beispiele von Revitalisierungen in Österreich

Der Großteil der bisher in Österreich geplanten Restaurierungen sind an Abschnitten mit ehemals verzweigtem Lauf durchgeführt worden (Abb. 1). Offenbar sind dort die Probleme am längsten bekannt und am drängendsten. Es wird aber immer noch mit Laufkraftwerken versucht, bisher begangene Fehler auszugleichen. Die VERBUND-Hydro-Power GmbH wirbt nach der Inbetriebnahme des KW Gössendorf auf ihrer webseite (<http://www.verbund.com/pp/de/laufkraftwerk/goessendorf>) z. B.: mit folgendem Eintrag: „Mit der Wiederherstellung eines damals [bei der Murregulierung Ende des 19. Jahrhunderts] verlorengegangenen Altarms entstand auch ein neues Naherholungsareal mit einem vielfältigen Freizeitangebot. Zudem konnte der Hochwasserschutz für die Anrainergemeinden bedeutend verbessert werden. Für insgesamt 100 Öko-Maßnahmen wurden etwa 15 Mio. Euro investiert.“. Fragen, die sich in diesem Zusammenhang aufdrängen sind u. a.: (1) Sind ehemalige Nebenarme bzw. Altarme – also dynamische Auebereiche in ihrer Vegetations-Ausstattung (Zielarten) überhaupt vergleichbar mit einem künstlich angelegten Auteich, der in seiner Lage fixiert ist? (2) Was helfen rheophilen Fischen, die für ihre Fortpflanzung fließendes Wasser brauchen, Migrationshilfen („Fischaustiegshilfen“), die sie von einem Stausee in den nächsten bringen? (3) Wo bleiben die Überschwemmungen und das sauerstoffreiche strömende Grundwasser in der Aue, wenn die Dämme mit Spundwänden abgedichtet sind?



Abb. 1: Die drei im Text vorgestellten Beispiele für Flussrevitalisierungen in Ost- und Südösterreich sind mit roten Rechtecken markiert (© google maps).

Fig. 1: The three examples for river restoration in Austria presented in the text are marked with red rectangles (© google maps).

Die kürzlich fertiggestellten KW Kalsdorf und Gössendorf sollen erhöhten Hochwasserschutz bieten, was die ökologischen Bedingungen für die angrenzenden Auwälder jedenfalls nicht verbessern dürfte.

In Schutzgebieten von hoher Priorität wie dem „Nationalpark Donau-Auen“ oder den NATURA 2000-Gebieten „Lechtal“, „Obere Drau“ „Grenzmur und Grabenlandbäche“ sind Verschlechterungen der ökologischen Verhältnisse nicht mehr erlaubt (WRRL, FFH-Richtlinie). Die Probleme der Sohleintiefung und des Geschiebehaushaltes sowie der Vernetzung des Flusses mit den Augewässern sind hier „mit dem Fluss“ und nicht gegen ihn zu lösen. Dies soll an einigen Beispielen gezeigt werden.

4.3.1 Anbindung von ehemaligen Nebengerinnen und Uferrückbauten an der Donau östlich von Wien

Die **Gewässervernetzung Regelsbrunn-Maria Ellend** (SCHIEMER & RECKENDORFER 2000) ist das erste der sechs bisher verwirklichten Projekte im Gebiet des Nationalparks Donau-Auen (TÖGEL 2015). Das nach der Donauregulierung nur mehr unterstromig angebundene Mitterwasser war durch Traversen (Querbauwerke) in mehrere Teilgewässer gegliedert, der Treppelweg erlaubte meist nur mehr an wenigen Tagen im Jahr das Einströmen vom Oberwasser ins System. Im Zuge der Restaurierung wurde

der Treppelweg an vier Stellen abgesenkt, sodass Wasser ins Altarmsystem einströmen kann. Die orographisch rechtsufrigen Donauauen flussab von Haslau sind, im Vergleich zu den am gegenüberliegenden Ufer liegenden reiferen, von Harthölzern geprägten Beständen, vorwiegend aus Weichhölzern (Weiden, Pappeln) aufgebaut und stellen relativ junge Entwicklungsstadien der Auwaldsukzession dar. Dies ist – auch wenn die reale Vegetation von Hybridpappelplantagen aus der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts geprägt ist – an den Sedimenten und Böden leicht erkennbar: mehrere Meter mächtiger Grobkies wird von sandigen Deckschichten aus dem Zeitraum seit der Regulierung aber vor allem nach Errichtung der Kraftwerke überlagert (Abb. 2).



Abb. 2: Feinsediment-Auflage über Kies am linken Donauufer gegenüber Hainburg (Foto A. Drescher 2006-10-24)

Fig 2: Fine grained sediment cover on gravel at the left river bank of Danube opposite if the city of Hainburg (phot. A. Drescher 2006-10-24)

Dieser erste größere Modellversuch an der Donau östlich von Wien wurde in einem etwa 10 km langen Abschnitt, der „Regelsbrunner Au“ am orographisch rechten Ufer geplant und 1998/99 mit der Umsetzung begonnen (SCHIERER & RECKENDORFER 2000, Abb. 3). Die Anbindung des Altarmsystems erfolgte durch eine unterschiedlich große Absenkung des Treppelweges an mehreren Stellen. An einer Stelle (Abb. 3, Punkt 3) kann schon bei MW, an anderen (Abb. 3, Punkte 4 und 5) bei MW + 0,5 m Pegelstand Wasser aus der Donau in das Altarmsystem einströmen. Außerdem wurden an den Punkten 6 bis 8 die Traversen abgesenkt bzw. Kastendurchlässe gebaut, um den Durchfluss zu erhöhen.

Ähnliche Maßnahmen wurden 2004 am linken Donauufer wenige Kilometer außerhalb der Wiener Stadtgrenze im Rahmen der Gewässervernetzung Schönau durchgeführt. An zwei Stellen wurde die Ufersicherung abgesenkt und die Traversen teilweise geöffnet und mit Brücken versehen (Abb. 4).

Die Folge dieser Maßnahmen war eine Dynamisierung dieses Abschnittes mit hoher Umlagerung von Kies und Totholz während Hochwasserperioden (Abb. 5). In Kauf genommen werden muss allerdings, dass auf den großen vegetationsarmen Kiesflächen der Druck neophytischer Pflanzenarten (u.a. *Buddleja davidii*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Acer negundo*, *Fallopia japonica*) sehr hoch ist. Sowohl die geänderten Sedimentations- und Erosionsvorgänge als auch die Veränderungen in verschiedenen Habitaten wurden für einzelne Pflanzen- und Tiergruppen dokumentiert (siehe Kapitel 7, SCHIERER & RECKENDORFER 2004).

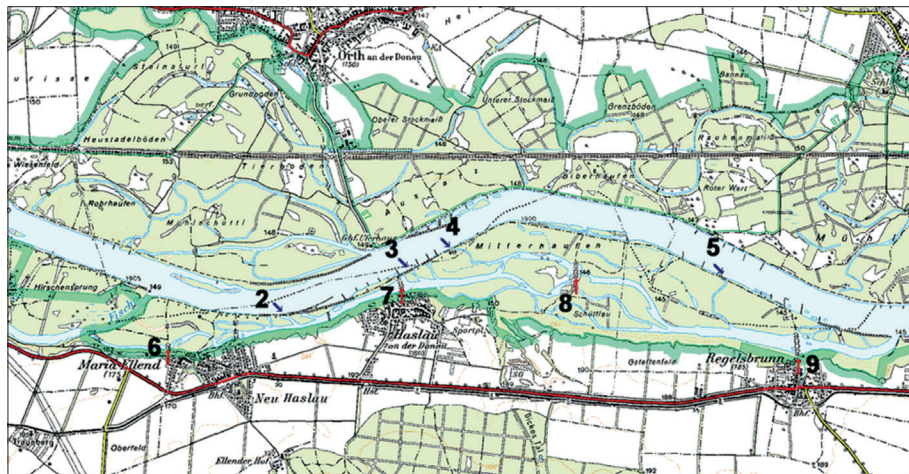


Abb. 3: Oberstromige Anbindung des Altarmsystems zwischen Maria Ellend/Haslau und Regelsbrunn. An den in der Karte mit Pfeilen versehenen Stellen 2 bis 5 wurde der Treppelweg abgesenkt, um ein längeres Überströmen zu ermöglichen (bei Punkt 2: auf MW + 1m; bei Punkt 3: auf MW; bei den Punkten 4 und 5: auf MW+0,5 m). An den Punkten 6 bis 8 wurde der Durchfluss durch Absenkung der Traversen bzw. den Einbau von Kastendurchlässen erhöht (© BEV 2016, Vervielfältigt mit Genehmigung des BEV – Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen in Wien, N2016/13200).

Eine Karte der Josephinischen Landesaufnahme (1773–1781) des oben dargestellten Gebietes kann unter dem link <http://mapire.eu/de/map/collection/firstsurvey/?zoom=13&lat=48.11701&lon=16.73767> – die der Franziszeischen Landesaufnahme (1809–1818) unter http://mapire.eu/de/map/mkf_aus/?zoom=13&lat=48.11528&lon=16.74151 eingesehen werden. Reconnection of former river side arms between Maria Ellend/Haslau und Regelsbrunn. The arrows indicate points with lowered river bank. At point 3 to the niveau of MW; at point 2 to MW + 1 m; at the points 4 and 5 to MW + 0.5 m. At the points 6 to 8 the dams in the side arm are lowered in order to enlarge the discharge (© BEV 2016, Reproduction licensed by BEV – Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen in Wien, N2016/13200).

Fig. 3:

Historical maps of the survey “Josephinische Landesaufnahme” <http://mapire.eu/de/map/collection/firstsurvey/?zoom=13&lat=48.11701&lon=16.73767> from 1773–1781 – the „Franziseische Landesaufnahme“ (1809–1818) is to be looked up under the link http://mapire.eu/de/map/mkf_aus/?zoom=13&lat=48.11528&lon=16.74151



Abb. 4: Gewässernetzung Schönau, im Bildzentrum die abgesenkte Ufersicherung (roter Pfeil), im Hintergrund der Marchfeldschuttdamm (© google earth)

Fig. 4: Connection of former side arms of the Danube, in the center the lowered riverbank reinforcement (red arrow), in the background the dam (“Marchfeldschuttdamm”) for flood prevention (© google earth)



Abb. 5: Hohe Umlagerungsraten von Kies und Totholz im durchströmten Altarmsystem östlich von Haslau. Im Bild links Anfangsgesellschaften der Auensukzession (Foto A. Drescher 2007-06-24)

Fig. 5: High mobility rates in gravel and dead wood in the reconnected river arms east of Haslau. In the left center pioneer stages of succession (phot.: A. Drescher 2007-06-24)

4.3.2. Uferrückbau gegenüber Hainburg

Im Rahmen eines LIFE-Projektes wurde im Winter 2005/2006 am orographisch linken Ufer (gegenüber der Stadt Hainburg) die Ufersicherung aus Blöcken auf einer Länge von etwas mehr als 2 Kilometern zumindest teilweise entfernt (insgesamt ca. 50.000 m³, Abb. 6 links). An stärker exponierten Uferstrecken wurde für Böschungsteile bis 0,5 m über dem Regel-Niederwasser eine Steinschichtung belassen, um die Lage der Schifffahrtsrinne stabil zu halten. Ziele waren naturnahe Uferstrukturen durch Seitenerosion und damit Verbesserungen für rheophile Fischarten und Kiesbrüter unter den Vögeln. Die natürlichen Uferstrukturen ohne dichten Bewuchs helfen überdies noch die Überflutungshöhen zu reduzieren (KLIMO et al. 2008). Eine erste Kontrolle der Auswirkungen der Maßnahme im Dezember 2006 ergab eine mittlere Seitenerosion von 10 Metern (KLIMO et al. 2008) und ist in Form einer zurückgesetzten Uferkante deutlich erkennbar. Die dabei entstehenden Pionierstandorte sichern gefährdeten Pflanzenarten das Überleben (Abb. 6 rechts).



Abb. 6a (links): Entfernung des Blockwurfs; © Nationalpark Donau-Auen GmbH). 6b (rechts): Naturnahes Ufer am Thurnhaufen wenige Monate nach der Entfernung der Ufersicherung (Foto: A. Drescher 14. Oktober 2006)

Fig. 6a (left): Removal of the riprap (© Nationalpark Donau-Auen GmbH). 6b (right): Near natural riverbank opposite of the city of Hainburg a few months after removal of the riverbank reinforcement (phot: A. Drescher 14. Oktober 2006)

4.3.3. Flussaufweitung an der Oberen Drau

Im Rahmen des LIFE-Projektes „Auenverbund Obere Drau“ wurden an der Drau, einem Fluss mit nivo-glazialen Abflussregime, der in der Wasserführung etwa mit der Grenzmur vergleichbar ist (MQ bei Sachsenburg: 77,1 m³/sec), drei große Flussaufweitungen umgesetzt. Bei Kleblach-Lind wurde ein ehemaliger, bereits stark verlandeter Drautalarm (Abb. 7 links) ausgebaggert und am unteren Ende wieder an den Fluss angebunden. Das obere Ende wurde auf das Niveau der einjährigen Hochwässer abgesenkt (Abb. 7 rechts). Sowohl vor als auch nach der Bauphase wurden die Veränderungen durch Begleituntersuchungen dokumentiert was eine Analyse ermöglicht (KUCHER et al. 2003; PETUTSCHNIG 2003; EGGER et al. 2006).



Abb. 7a (links): Drau bei Kleblach vor der Aufweitung 1999. 7b (rechts): nach der Aufweitung 2005. (Fotos: Amt der Kärntner Landesregierung, Abteilung 18 – Wasserwirtschaft Unterabteilung Spittal; aus EGGER et al. 2006).

Fig. 7a (left): Drau near Kleblach before the restoration in 1999. 7b (right): and after the restoration in 2005 (phot. Amt der Kärntner Landesregierung, Abteilung 18 – Wasserwirtschaft Unterabteilung Spittal; from EGGER et al. 2006).

Durch diese lokale Maßnahme sind dynamische Pionierstandorte entstanden mit Vegetationstypen, die an der Oberen Drau schon Seltenheitswert hatten. Es greifen wieder natürliche Erosions- und Akkumulationsvorgänge. Für in Kärnten extrem seltene oder bereits ausgestorbenen Arten wie *Myricaria germanica* oder *Typha minima* konnte damit neuer Lebensraum geschaffen werden. Die Veränderungen sind u.a. in PETUTSCHNIG 2003; MICHOR 2004, EGGER et al. 2006 dokumentiert.

4.3.4 Flussaufweitungen an der Grenzmur

Seit den Regulierungsarbeiten an der Grenzmur zwischen 1875 und 1891 nach den Plänen von Hochenburger (HOCHENBURGER 1894, Abb. 8) hat sich die Flusssohle durch Tiefenerosion unterhalb Mureck um bis zu 120 cm abgesenkt (BAUMANN et al. 2001). Die Kette von mehr als 20 Laufkraftwerken zwischen Bodendorf/Lutzmannsdorf und Spielfeld verursacht ein eklatantes Geschiebedefizit. Neben der Laufverkürzung und der damit einhergehenden Erhöhung der Fließgeschwindigkeit ist dies ein zentraler Grund für die Eintiefung in jüngerer Zeit, die an der Grenzmur seit 1970 im Mittel auf etwa 50 cm geschätzt wird (BAUMANN et al. 2001). Ein weiterer Hinweis auf die Eintiefung ist die Herabsetzung des Pegelnullpunktes des 1972 errichteten Lattenpegels in Mureck um 200 cm am 1. Jänner 1990. Der über drei Jahrzehnte erfolgte Austrag von Geschiebe

ohne entsprechende Nachlieferung aus dem Oberlauf ergibt ein Geschiebedefizit von 0,9 Mio m³ (BAUMANN 2001). Das Problem und dessen Auswirkungen auf die Pflanzen- und Tierwelt in der flussbegleitenden Aue wurden schon vor vielen Jahren erkannt. So sind Arten, die dynamische Pionierstandorte anzeigen und in der Steiermark nicht selten waren wie die Deutsche Tamariske (*Myricaria germanica*), Lavendel-Weide (*Salix eleagnos*) oder das Ufer-Reitgras (*Calamagrostis pseudophragmites*) (HAYEK 1923, HAYEK 1911–1914) an der Grenzmur schon wenige Jahrzehnte nach Vollendung der Regulierungsarbeiten verschwunden (HAYEK 1923, MAURER 1886, 2006).

Am 27. Februar 1996 wurde in Bad Radkersburg in einer außerordentlichen Sitzung der Ständigen österreichisch-slowenischen Kommission für die Mur übereingekommen, eine Untersuchung für die gesamte Murgrenzstrecke von Fkm 95–129,5 zu beauftragen. Als Ergebnis der Arbeiten liegt die Studie „Wasserwirtschaftliches Grundsatzkonzept für die Grenzmur“ vor (BAUMANN et al. 2001).

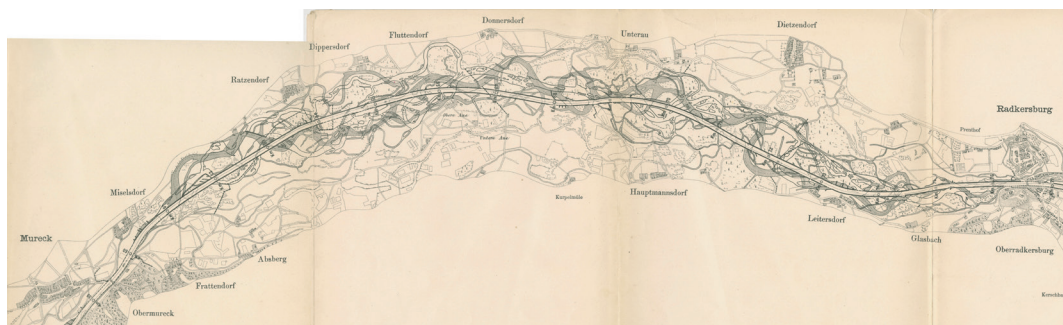


Abb. 8: Ausschnitt Mureck-Radkersburg aus der Murregulierungskarte (aus HOCHENBURGER 1894)
Fig. 8: Sector Mureck-Radkersburg of the Murregulierungskarte (aus HOCHENBURGER 1894)

Die Mur entspringt in ca. 1950 m s.m. am Flachkar (Hafner-Gruppe, Zentralalpen) und mündet nach etwas mehr als 450 km Lauflänge in etwa 130 m s. m. bei Legrad (Slowenien) in die Drau. Der steirische Anteil zwischen Predlitz und Bad Radkersburg beträgt 290 km, der entsprechende Teil des Gesamteinzugsgebietes von 13.824 km² umfasst ca. 9800 km². Der anthropogen gestreckte Abschnitt zwischen Spielfeld und Bad Radkersburg mit einem gemäßigt nivalen Abflussregime (STEIDL 1991, MADER et al. 1996) weist ein Gefälle von 1,4 ‰ auf. Der mittlere jährliche Durchfluss MQ für die Periode 1981–1985 beträgt am Schreibpegel Mureck 146 m³/sec.

Während von HAYEK 1923 im Kapitel über die „Pflanzenengesellschaften Steiermarks“ nur allgemein die Zusammenhänge der Auenvegetation der Steiermark in der Umgrenzung vor 1918 überblicksmäßig darstellt, ohne einzelne Flussgebiete oder Laufabschnitte gesondert zu behandeln, unterscheiden die Arbeiten aus der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts (SCHARFETTER 1918, 1938, KOEGELER 1934) in den Auen des Grazer Beckens auf Grund der Bodenverhältnisse und der Lage zum Hauptarm des Flusses (1) die Schotter-Aue auf bloßem Schotter mit Strauchvegetation aus verschiedenen Strauchweiden (*Salix eleagnos*, *S. daphnoides*), *Myricaria germanica* und *Hippophaë rhamnoides*, (2) die Sand-Aue oder Pappel-Aue, wo der Schotter mehr oder weniger mächtig von Sand bedeckt ist und wo zu den Weichhölzern (*Populus alba*, *P. nigra*, *P. tremula*) schon die aus der Kultur verwilderten Arten *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima* sowie *Alnus incana*, *Fraxinus excelsior*, *Prunus padus*, seltener auch Sommerlinde hinzutreten. (3) die Silt-Aue oder Hartholz-Aue, über tiefgründigen Sand- und Schluffsedimenten beherrschen die Holzarten *Populus nigra*, *Ulmus laevis*, *Quercus robur*, *Acer campestre*,



Abb. 9: Ausschnitt aus der Murstromkarte 1825, die das Muster eines verzweigten Flusses zeigt
(© Steiermärkisches Landesarchiv Graz, R32 GZ : 20-1/2005-2138)

Fig. 9: Sector of the Murstromkarte 1825, that shows the morphology of a braided river (© Steiermärkisches Landesarchiv Graz, R32 GZ : 20-1/2005-2138)

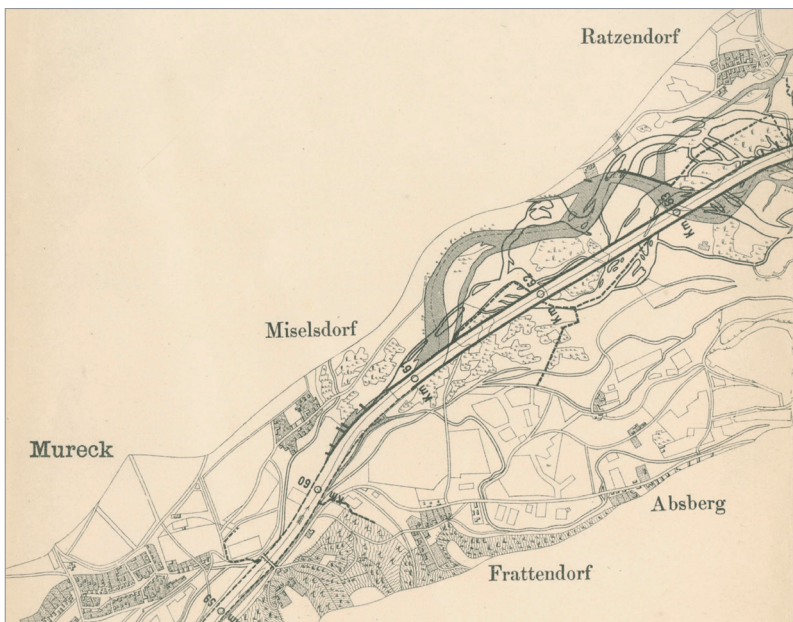


Abb. 10: Ausschnitt Mureck-Ratzendorf [heute Ratzenau] aus der Murregulierungskarte (aus HOCHENBURGER 1894)

Fig. 10: Sector Mureck Ratzendorf [today Ratzenau] of the Murregulierungskarte (from HOCHENBURGER 1894)



Abb. 11: Aufweitung der Mur südlich von Oberschwarza (© google earth 2015-10-24)

Fig. 11: The river widening south of Oberschwarza (© google earth 2015-10-24)

Fraxinus excelsior und an grundwassernahen Standorten *Salix fragilis* und *Alnus glutinosa*. E. Wendelberger, die die gesamte Auenlandschaft der Mur zwischen Graz und Radkersburg im Auftrag der Landesforstbehörde mit der pflanzensoziologischen Methode vegetationskundlich untersucht hat, entwickelte eine feinere Gliederung, die auch die Boden- und Grundwasserverhältnisse berücksichtigt (WENDELBERGER 1960).

Die Sukzessions- und Retardierungsentwicklungen konnte sie allerdings aufgrund der in den Jahrzehnten seit der Regulierung Ende des 19. Jahrhunderts verloren gegangenen Morphodynamik nicht mehr untersuchen. Wir können daher nur auf analoge Entwicklungsreihen an vergleichbaren Flüssen (z.B. der Donau), wo Rekonstruktionen der historischen Vegetation durchgeführt wurden, zurückgreifen. Dafür wurden neben alten Karten auch historische Herbaraten (EGGER et al. 2007, HOHENSINNER et al. 2013a, 2013b, JUNGWIRTH et al. 2014, DRESCHER et al. 2016) verwendet.

Der Genzmurabschnitt ist heute durch die Dominanz von Hoher Hartholz-Au und den Typen der Linden-Au charakterisiert, krautige Pioniergesellschaften und frühe Folgegesellschaften wie Weiden- und Grauerlen-Au fehlen komplett. Während WENDELBERGER 1960 noch von durchwegs hohen Grundwasserständen berichtet, können Bestände der Hohen Schwarzerlen-Au heute nur mehr kleinflächige Bereiche der Randsenke besiedeln. In hochliegenden Auetyphen können tiefwurzelnde Holzarten wie *Quercus robur* oder *Carpinus betulus* das jahreszeitlich beschränkt hochstehende Grundwasser für die Wasserversorgung nutzen. Die übrigen Waldflächen sind auf die Wasserkapazität der großteils feinkörnigen Sedimente angewiesen, die nach der Errichtung der Kraftwerke im Oberlauf sedimentiert wurden (vgl. Abb. 16).

Der Anteil der verbliebenen Auwaldfläche entlang der österreichischen Mur entspricht mit 16 % etwa dem Durchschnitt der 53 größten österreichischen Fließgewässer (mit mehr als 500 km² Einzugsgebiet) ist aber nur etwas weniger als halb so groß wie der der Donau (HAIDVOGL et al. 2009).

Die Wasserbauexperten des Landes haben schon früh auf die Problematik des sich rasch einschneidenden Flusses hingewiesen (BAUMANN et al. 2001). 2004 sind an der Grenzmur an vier Stellen Maßnahmen gesetzt worden, deren Ziel ist, die fortschrei-



Abb. 12: Die Aufweitung südwestlich von Weitersfeld (© google earth 2014-05-02)

Fig. 12: The river widening southwest of Weitersfeld (© google earth 2014-05-02)

tende Sohleintiefung zu bremsen. Von W nach E sind dies: (1) Aufweitung S Oberschwarza (E von Spielfeld) zwischen Fluss-km 128,52 und 128,89, Abb. 11), (2) die Aufweitung SW von Weitersfeld zwischen Fluss-km 123,27 und 123,895 (Abb. 12), (3) die Aufweitung südöstlich von Gosdorf (Abb. 15) und (4) die Umgestaltung der Feilbachmündung flussauf der Radbrücke über die Mur bei Donnersdorf (Abb. 22). Davon haben die beiden ersteren lediglich kosmetischen Charakter. Die beiden letzteren haben gewisse Veränderungen in Gang gebracht, die hier kurz beleuchtet werden. Berichte über das Monitoring der Lebensräume liegen lediglich von der umfassendsten der vier Maßnahmen bei Gosdorf vor (HABERSACK & KLÖSCH 2012, WILFLING et al. 2013).

Die Maßnahmen bei Oberschwarza und Weitersfeld sind hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt werden, da die Wirkung u.a. wegen der Kürze der Aufweitungsstrecke äußerst beschränkt bleiben wird. Die einmalige Beigabe von Sand und Geschiebe von etwa 15.000 m³ in Oberschwarza bzw. 20.000 m³ in Weitersfeld blieb auf den Zeitraum der Baumaßnahmen beschränkt. Das landseitige Ufer der



Abb. 13: Weidenspreitlagen am Murofer bei Weitersfeld (Foto: A. Drescher 2006-04-02)

Fig. 13: The bank of the low flow bed near Weitersfeld was fixed by a layer of willow twigs (phot. A. Drescher 2006-04-02)

„Inseln“ bleibt unbefestigt und den Kräften des Wassers überlassen, die Sicherung der Böschung des orographisch linken Murufers wurde mittels Weidenspreitlagen durchgeführt (Abb. 13).

Die Aufweitung südöstlich Gosdorf

Vor den Baumaßnahmen im November 2006 war die Vegetation – abgesehen von schmalen Streifen entlang des Mündungslaufes des Saßbaches von Linden-Auen geprägt (DRESCHER unveröff., WENDELBERGER 1960). Die 2006 gesetzten Maßnahmen umfassen (1) Entfernung der Ufersicherung (Blockwurf) auf ca. 1 km Lauflänge, lediglich im Bereich der neuen Saßbachmündung wurde eine verstärkte Böschungs-/Ufersicherung angebracht, (2) die Saßbachmündung wurde verlegt, der Saßbach in das neu angelegte Nebengerinne umgeleitet, (3) verdeckte Leitwerke wurden errichtet (Abb. 15). Als örtliche Einschränkungen für die Revitalisierungsmaßnahmen werden die Gefahr eines Sohldurchschlages oberhalb der Aufweitung (quartäre Sedimente <0,5 m mächtig) sowie das direkt flußab angrenzende Brunnenschutzgebiet genannt.

Die Anlage eines Seitengerinnes sollte (1) durch initiierte Seitenerosion das durch die Regulierung auf durchschnittlich ein Neuntel eingeeengte Flussbett aufweiten und (2) damit bei Hochwasserereignissen Grobkies mobilisieren, (3) die Fließgeschwindigkeit reduzieren und damit die Schleppekraft vermindern, (4) die Bildung von dynamischen Schotterbänken/-inseln ermöglichen, (4) die Länge der Uferlinie erhöhen und (5) die Gewässermorphologie in Richtung verzweigter Fluss verändern und wieder an die Verhältnisse vor der Regulierung annähern (Abb. 14, BAUMANN et al. 2001). Damit sollte die Stabilisierung der Sohle erhöht und eine bessere Vernetzung des Flusses mit der Aue erreicht werden.

Erste floristische Untersuchungen im Jahr 2007 auf einer 100 m² großen Probe- fläche am Kiesufer wenige Meter unterhalb der Abzweigung des neuen Seitengerinnes im westlichen Einlaufbereich weisen Sämlinge von Schwarz-Pappel, Purpur- und Silber-Weiden als häufigste Pioniergehölze aus (AUER 2009). Neophyten aus den angrenzenden Ruderalbrachen wie *Erigeron canadense*, *Solidago gigantea*, *Robinia pseuacacia*, *Oenothera biennis* s.l., erreichen auf der Probe fläche auch noch höhere Abundanzwerte. Im Zuge von Ereignissen bis zu einem Abfluss von 979 m³/sec am 26. Juni 2009 am Pegel Mureck, was einem etwa 5-jährlichen Hochwasser entspricht, ist die Pioniervegetation der direkt am Fuße des Steilufers gelegenen Probe fläche der Erosion zum Opfer gefallen. In den Jahren seit der Beendigung der Aufweituungsmaßnahmen sind an der Grenzmur neben dem Hochwasser im Juni 2009 nur das Ereignis vom September 2014 aufgezeichnet mit einem Pegelstand in Mureck von 605 cm. Dieses verursachte Unterschneidungen und Anbrüche des Ufers im Hauptgerinne (Abb. 16) sowie stellenweise eine Abflachung der steilen Uferböschung (Abb. 17). Dies genügt für eine in unregelmäßigen Abständen wiederkehrende und unterschiedlich gravierende Unterbrechung der Sukzessionsvorgänge.

Schon bei Wasserführungen < HQ₅ fließt das Wasser im westlichen, nur 5–7 Meter breiten Teil des Seitengerinnes bei genügender Wasserführung des Saßbaches gegen die Murströmung, bei Niedrigwasser fällt dieser Teil trocken, da die Versandung dieses Teils des Seitengerinnes aufgrund der geringen Durchflussgeschwindigkeiten bereits fortgeschritten ist (Abb. 18). Die ursprünglich gleichförmig steil gestalteten, unbewachsenen Kiesböschungen haben sich nach anfänglich dichtem Neophytenbewuchs zu einem von Weiden dominierten Gebüsch entwickelt.

Eine größere Dynamisierung hat der flussab der ehemaligen Saßbachmündung gelegene, breitere Teil des neuen Seitenarmes erfahren. Hier konnten in den Jahren seit der Baumaßnahme auch kleinräumige Sukzessionsvorgänge ausgehend von vegetationslosen Schotterbänken über lückige Pioniervegetation zu Rohrglanzrasen (Abb. 19b) und



Abb. 14: Ausschnitt zwischen Gosdorf und Diebersdorf [Dietersdorf] aus der Murstromkarte 1825 (© Steiermärkisches Landesarchiv Graz, R32 GZ : 20-1/2005-2138)

Fig. 14: Sector between Gosdorf und Diebersdorf [Dietersdorf] from the Murstromkarte 1825 (© Steiermärkisches Landesarchiv Graz, R32 GZ : 20-1/2005-2138)



Abb. 15: Ausschnitt des Grenzmurabschnittes zwischen Gosdorf im Westen und Dietersdorf im Osten. Links und rechts der ehemaligen Saßbachmündung der neu angelegte Seitenarm (© google earth 2012-08-02)

Fig. 15: Sector of the river Mur/Mura between Gosdorf in the west and Dietersdorf in the east. The new side arm is situated left and right of the former confluence of Saßbach and river Mur (© google earth 2012-08-02)

kleinen Weidengebüsch aus den Arten (in abnehmender Abundanz) *S. alba*, *Salix purpurea*, *S. eleagnos*, *S. albafragilis* und selten *S. fragilis*. Auch *Populus nigra*, *P. ×canadensis* und *P. alba* konnten beobachtet werden.



Abb. 16: Seitenerosion am nicht verbauten Steilufer der Mur südöstlich von Gosdorf unmittelbar unterhalb der Abzweigung des neuen Seitenarmes (Foto: A. Drescher 2014-10-14)

Fig. 16: Lateral erosion along the natural river bank of the river Mur/Mura southeast of Gosdorf downstreams of the artificial side arm (phot. A. Drescher 2014-10-14)



Abb. 17: Abgeflachtes, nicht verbautes Steilufer der Mur südöstlich von Gosdorf mit Seitenerosion (Foto: A. Drescher 2014-10-14)

Fig. 17: Flattened natural bank of the river Mur/Mura southeast of Gosdorf with lateral erosion (phot. A. Drescher 2014-10-14)



Abb. 18a (links): Westlicher Teil des Nebengerinnes der Mur südöstlich von Gosdorf bei Mittelwasser mit stehendem Wasser. 18b (rechts): Versandeter Einlaufbereich des Nebenarmes bei Niedrigwasser (Foto: A. Drescher 2014-10-14)

Fig. 18a (left): Western part of the side arm of the river Mur/Mura southeast of Gosdorf at middle water with standing water. 18b (right): westernmost part of the side arm with huge accumulation of sand at low water (phot. A. Drescher 2014-10-14)



Abb. 19a (links): Östlicher Teil des Nebengerinnes der Mur südöstlich von Gosdorf mit unbewachsenen Schotterflächen. 19b (rechts): Derselbe Abschnitt ein Jahr später mit lückiger Pioniervegetation (Fotos: A. Drescher 2009-08-13; 2010-10-10)

Fig. 19a (left): Eastern part of the side arm of the river Mur/Mura southeast of Gosdorf with bare gravel bar. 19b (right): the same site with sparse pioneer vegetation (phot. A. Drescher 2009-08-13; 2010-10-10)

Die Aufweitung südöstlich Donnersdorf

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts zeigt das Kartenbild ähnlich wie in Gosdorf die Morphologie eines verzweigten Flusslaufes mit Inseln verschiedenen Alters und unterschiedlicher Größe. Die Entwicklungsstadien reichen je nach Alter von unbewachsenem Kies und Sand bis zum Grauerlenwald. Hartholzbestände haben einen verschwindend kleinen Raum eingenommen. Der größte Teil der weniger häufig überschwemmten Flächen wurde als Hutweide genutzt und war nur von einzelnen Pappeln und Weiden oder kleineren Baumgruppen bestanden. Ein geschlossenes Band von Auwäldern entlang des Flusses hat es damals nicht gegeben. Sehr oft wurde die Entwicklung vom Weidengebüsch zum Grauerlenwald ein- oder mehrmals unterbrochen und die Flächen in der Sukzession auf ein früheres Stadium zurückgeworfen (Abb. 20).



Abb. 20: Ausschnitt zwischen Donnersdorf und Diebersdorf [Dietersdorf] aus der Murstromkarte 1825 (© Steiermärkisches Landesarchiv Graz, R32 GZ : 20-1/2005-2138)

Fig. 20: Sector between Gosdorf und Diebersdorf [Dietersdorf] from the Murstromkarte 1825 (© Steiermärkisches Landesarchiv Graz, R32 GZ : 20-1/2005-2138)

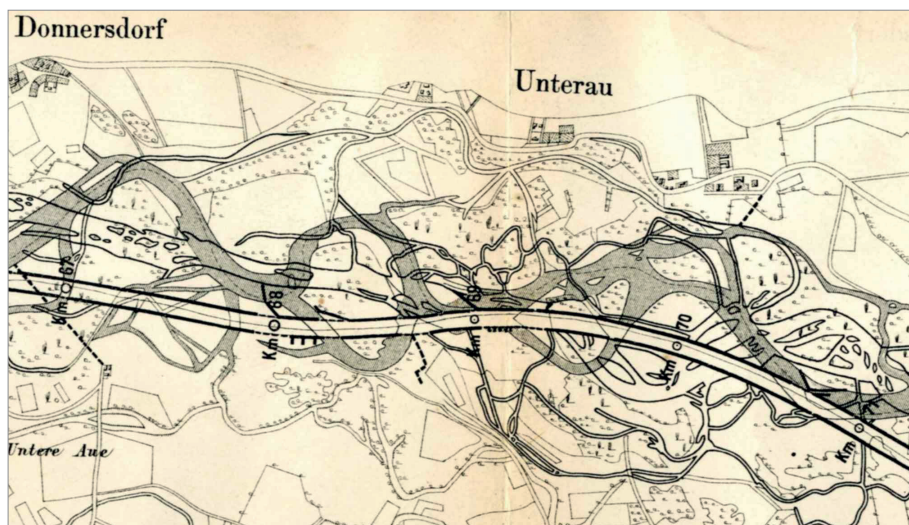


Abb. 21: Ausschnitt zwischen Donnersdorf und Diebersdorf [Dietersdorf] aus der Murregulierungskarte (aus Hochenburger 1894)

Fig. 21: Sector between Gosdorf und Diebersdorf [Dietersdorf] from the Murregulierungskarte (aus Hochenburger 1894)

Vor den Baumaßnahmen im Jahr 2006 war die Vegetation von Eschen-Ulmen-(Eichen-)Auwald dominiert. Flussnahe an Uferstandorten sind noch heute einzelne Schwarzpappeln und Flatterulmen zu finden, flussferne kommen in ehemaligen Gerinnen auch noch kleinräumig stark verlandete Weichholzbestände vor, in denen heute vor allem Edel-Eschen aber auch Schwarz-Erlen zu finden sind.

Im Rahmen der Errichtung der Geh- und Radwegbrücke Donnersdorf wurde auch hier ein kleines Projekt umgesetzt, wobei das Steilufer westlich der Feilbachmündung abgetragen wurde und auf einer Länge von 230 m die alten Ufersicherungen entfernt und verdeckte Leitwerke und Ufersicherungen im Hinterland angebracht wurden.



Abb. 22: Aufweitung südöstlich von Donnersdorf oberhalb der neuen Radfahrerbrücke (© google earth 2014-08-29)

Fig. 22: River widening southeast of Donnersdorf, upstream of the new bridge for cyclists (© google earth 2014-08-29)

Die so entstandene dreieckige Fläche zeigte im Juni 2007 eine von Grobkies bedeckte Geländeoberfläche, die von etwa 30 cm sanft auf 80 cm über Mittelwasser ansteigt und mit einer mäßigen Böschung das Niveau der Hartholzaue erreicht (Abb. 23a). Auf der nur spärlich mit Gefäßpflanzen besiedelten Fläche waren im Jahr nach der Maßnahme je nach Feinsedimentanteil in den obersten Sedimentschichten Arten verschiedener Herkunft und mit unterschiedlichen Ansprüchen vertreten. Neben Sämlingen von Pioniergehölzen wie *Salix purpurea*, *Salix alba*, *Salix ×rubens*, *Salix fragilis*,



Abb. 23a (links): Blick auf die Aufweitung Donnersdorf von Osten (Foto: A. Drescher 2007-06-29). 23b (rechts): Blick von Nordwesten gegen die neue Radbrücke. Flussab der noch heute bestehenden Insel das von der Mur noch nicht abtransportierte Kiesmaterial der Aufweituungsmaßnahme (Foto: A. Drescher 2007-06-29)

Fig. 23a (left): View of the local widening southeast of Donnersdorf from the east (phot. A. Drescher 2007-06-29). 23b (right): View from northwest to the new bridge for cyclists. Downstream of the still existing island the gravelly material deposited in course of the widening in the river bed (phot. A. Drescher 2007-06-29)



Abb. 24: Blick auf die Aufweitung südöstlich von Donnersdorf von der Radbrücke aus (Foto: A. Drescher 2008-03-01)

Fig. 24: View of the local widening southeast of Donnersdorf from the new bridge for cyclists (phot. A. Drescher 2008-03-01)



Abb. 25: Blick auf die Aufweitung südöstlich von Donnersdorf von der Radbrücke aus (Foto: A. Drescher 2014-10-14)

Fig. 25: View of the local widening southeast of Donnersdorf from the new bridge for cyclists (phot. A. Drescher 2014-10-14)



Abb. 26a (links): Detail des Weichholz-Auwaldes am unteren Ende der Aufweitung südöstlich Donnersdorf (Foto: A. Drescher 2009-10-26). 26b (rechts): Sedimentfolge: An der Basis Grobkies der ursprünglichen (abgeschobenen) Oberfläche, darüber etwa 15 cm Sandauflage, abgelagert während der Hochwasserereignisse im Juni und September 2009 (Foto: A. Drescher 2009-10-26)

Fig. 26a (left): Detail from the softwood stand at the downstream end of the local widening southeast of Donnersdorf (phot. A. Drescher 2009-10-26). 26b (right): Sandy sediments deposited during the floods in June and September 2009 in the upper part. The basis is formed by the original gravelly sediment of the river Mur/Mura (phot. A. Drescher 2009-10-26)

krautigen Erstbesiedlern wie *Agrostis stolonifera*, *Phalaris arundinacea* auch bereits Arten der ersten Waldstadien wie *Populus nigra* und *P. alba*, daneben Arten aus den umgebenden Auwäldern wie *Rubus caesius*, *Aegopodium podagraria*, *Scrophularia nodosa*, *Mentha longifolia*, *Lythrum salicaria* u.a. Sogar Arten der Teichböden, die über die Hügellandbäche eingeschwemmt wurden (*Cyperus fuscus*, *Carex bohémica*, *Juncus articulatus*) waren vereinzelt zu finden.

Das Ende 2006 abgeschobene Grobmaterial wurde der Mur überlassen und vorerst knapp oberhalb der neuen Radbrücke als Insel aufgeworfen (Abb. 23b). Erst das Hochwasserereignis Ende Juni 2009 mit einem maximalen Durchfluss von 979 m³/sec (HQ₄₋₅) hat dieses Material wieder mobilisiert. Die danach verbliebene Insel (Abb. 24) ist selbst durch das 10jährige Hochwasser vom September 2104 mit Durchflussspitzen von 1231 m³/sec nur unwesentlich modifiziert worden (Abb. 25). Bis zum Oktober 2009 konnte sich auf der abgeschobenen Fläche bereits ein dichter Weiden-Pappelbestand entwickeln, der bei Überschwemmungen die Fließgeschwindigkeit herabsetzt und die bei kleineren Hochwässern transportierte Sandfraktion zur Sedimentation bringt (Abb. 26a und 26b).

Bis 2015 hat sich an der Gesamtsituation wenig geändert. Der Weichholz-Auwald ist durch die tiefe Durchwurzelung gefestigt und könnte nur durch ein großes Hochwasser (ab etwa HQ₃₀) erodiert werden.

4.3.5 Der Zustand der Grenzmuraufweitungen 9 Jahre nach Abschluss der Maßnahmen

Wiederholte eigene Beobachtungen seit Sommer 2007 wie auch die Untersuchungen der 22 ha Aufweitungsfäche südöstlich von Gosdorf durch WILFLING et al. 2013 ergaben, dass die seit der Beendigung der Baumaßnahmen entstandenen Auen-Pionierstandorte nur etwas mehr als 1 Prozent der Fläche umfassen.

Eine sichtbare Dynamisierung ist sowohl im neuen Mündungslauf des Saßbaches (östlicher Teil des neu geschaffenen Seitengerinnes) als auch im westlichen Teil des Murufers im oberen (westlichen) Teil des Aufweitungsgebietes eingetreten. In diesen beiden Bereichen sind durch Seitenerosion (am Murufer) und – z. T. mehrfache – Materialumlagerung (Saßbachmündungslauf) Sukzessionsprozesse initiiert worden, die im vergangenen Dezennium bis zu Weidenbuschwaldstadien geführt haben. Das etwa 10-jährliche Hochwasser Mitte September 2014 bestätigt diese Dynamisierung der Standorte durch frische Sandablagerungen (Abb. 27).

Der obere (westliche) Teil des neuen Seitenarms zeigt im Gegensatz dazu eine deutliche Verlandungstendenz. Die über mehrere Monate des Jahres gegenläufige Fließrichtung und die damit zunehmende Versandung verlangen nach weiteren Eingriffen.

Die vom neuen Seitenarm im Norden und von der Mur im Süden begrenzte Insel, zeigt großflächige Veränderungen, die insgesamt mit Änderungen der Bewirtschaftung im Zusammenhang stehen und daher keine Dynamisierung der Aue darstellen.

Die Aufweitung bei Donnersdorf ist – abgesehen von ihrer viel zu kleinen Dimensionierung – von den Strömungsverhältnissen der Mur ausgehend ungünstig platziert. Das Steilufer der am Ende der Aufweitung gelegenen Bachmündung wirkt bremsend, sodass seit der Abschiebung der Uferpartie im Zuge einiger kleinerer Hochwasserereignisse zwischen 10 und 20 cm Feinsediment (Sand aus den Stauräumen) abgelagert wurden. Der Weichholzauswald, der sich inzwischen auf dem ufernahen Geländestreifen entwickelt hat, wirkt zusätzlich bremsend auf die Strömung. Dass sich die im Zuge der Baumaßnahmen aus abgeschobenem Murkies entstandene Insel auch im Zuge des 10-jährlichen Hochwassers Mitte September 2014 nicht verlagert hat, bestätigt diese Annahme (vgl. dazu die Abbildungen 24 und 25). Die Inselstandorte sind einer hohen Hydrodynamik im kaum aufgeweiteten Flussbett ausgesetzt. Die Vegetationsentwicklung ist daher noch an keiner Stelle der Insel bis zu einem Gebüschstadium fortgeschritten (Abb. 24 und 25).



Abb. 27: Frisch aufgeworfener Grobkies (rechts) und zum Teil mit Sand überlagert *Phalaris*-Rasen bestätigen die Dynamik im neuen Mündungslauf des Saßbaches (Aufweitung südöstlich von Gosdorf) (Foto: A. Drescher 2014-10-14)

Fig. 27: Recently sedimented gravel bar (right) and a stand of *Phalaridetum* partly covered by sand verify the new morphological dynamics in the lower part of the new side arm (local widening southeast of Gosdorf) (phot. A. Drescher 2014-10-14)

5. Folgen von Restaurierungen auf die Auenvegetation

In der Regel bringen auch kleinflächig durchgeführte Maßnahmen eine Verbesserung der Verhältnisse – vor allem eine Dynamisierung der Standorte. Als Beispiel sei hier auf eine der frühen Uferrückbauten in der Schweiz an der Emme bei Oberburgschachen (Kanton Bern) verwiesen (Abb. 28). Die Entfernung des harten Uferverbaues führte durch Materialmobilisierung infolge Seitenerosion und in deren Folge ins Flussbett gestürzter Bäume zur Bildung von Schotterbänken an beiden Ufern, die zum Teil mit Strauchweiden bewachsen sind. Dies zwingt den Fluss zum Pendeln und verbessert damit die einförmige Morphologie und verringert das Gefälle.

Die Rückwanderung von Arten dynamischer Auen ist nur möglich, wenn noch naturnahe Standorte mit einer entsprechenden Artenausstattung in der Nähe der flugfähigen Samen erreichbarer Nähe vorhanden sind. Die Ausbreitung von Holzarten durch (Hoch-)Wasser spielt entlang von Gebirgsflüssen eine untergeordnete Rolle. Während die Einwurzelung von Zweigstücken vor allem von *Salix*-Arten in sandigen und schluffigen Sedimenten gut funktioniert, sind die schlecht wasserhaltenden kiesigen Geschiebe von Schotterbänken und -inseln, die oberflächlich nach dem Rückgang des Wasser schnell austrocknen, für diese Art der Ausbreitung ungeeignet. Dies gilt natürlich auch für alle Samen und Früchte. Beim großen Überangebot von kleinen, flugfähigen Samen, ist deren Chance auf geeignete, nur kleinflächige Sandlinsen zu treffen, sehr viel größer.

In vielen Fällen – wie an der Donau E von Wien oder an der Grenzmur – sind naturnahe dynamische Standorte mit naturnaher Pioniervegetation weit entfernt, weshalb für seltene und nur mehr sehr zerstreut vorkommende Arten wie die Deutsche Tamariske (*Myricaria germanica*) oder den Zwerg-Rohrkolben (*Typha minima*), Verpflanzungsversuche die einzige Möglichkeit der Wiederansiedlung darstellen. Da die ökologische Nische dieser Arten sehr speziell ist, die Konkurrenzkraft der Arten sehr gering, sind solche Versuche sowohl mit Tamariske als auch mit dem Zwerg-Rohrkolben in den Donauauen östlich von Wien bisher gescheitert. Erfolgreich waren sie hingegen im Fall der Tamariske an der Oberen Drau (LENER et al. 2013).



Abb. 28: Aufweitung an der Emme bei Oberburgschachen (Schweiz, Kanton Bern) (Foto: A. Drescher 2004-09-06)

Fig. 28: River widening near Oberburgschachen, river Emme (Switzerland, Kanton Bern) (phot. A. Drescher 2004-09-06)

Maßnahmen größeren Ausmaßes wie etwa die Anbindung ehemaliger Altarme östlich von Wien zwischen Maria Ellend und Regelsbrunn initiieren weitreichendere Sukzessionsvorgänge (siehe Abb. 5). Die günstigen Voraussetzungen in diesem Fall (ein oder nur wenige Besitzer, naturnahe Standortverhältnisse, hoher Schutzgebietsstatus) haben sowohl die Planung als auch die Durchführung erleichtert. In vielen Fällen stehen erwünschten Rückbaumaßnahmen aber Infrastrukturbauten (Abwasseranlagen, Gasleitungen etc.) gegenüber, die weitreichende Einschränkungen erfordern. Als Beispiel sei der Traisenabschnitt südlich von St. Pölten genannt (EBERSTALLER et al. 1999). Oft müssten nachgerückte Nutzungen wie Landwirtschaft, Industrieanlagen oder Siedlungen wieder aus dem ehemaligen Flussbett verdrängt werden.

6. Das Problem der Neophyten in Aufweitungen

Die Rolle von invasiven Neophyten in der Folge von Revitalisierungsmaßnahmen ist bisher neben den Wirkungen auf die Hydromorphologie und Dynamisierung der Aue in den Hintergrund getreten (LAPIN et al. 2015). Wasserläufe sind wie Verkehrswege wichtige Vektoren für die Ausbreitung von Arten, speziell von Neobiota. Anthropogene Eingriffe, aber auch natürliche Katastrophen wie Hochwässer bieten auf den frischen Rohböden ein offenes Einfallstor für die Besiedlung. Entlang von Fließgewässern, wo die hochdynamischen Standorte von naturnahen Gebüsch- und Waldgesellschaften abgeschildert sind, ist der Diasporendruck von Neophyten relativ gering. Wenn Aufweitungsstrecken jedoch von intensiv genutzten Auen (Land- und Forstwirtschaft, Tourismus) umgeben sind, ist die Ausbreitung von invasiven Arten nur durch intensive, durch mehrere Jahre fortgesetzte Bekämpfung zu unterbinden. Während der Baumaßnahmen werden die Diasporen durch Maschinen auf den Manipulationsflächen und entlang der Zufahrtsstraßen und Forststraßen ausgebreitet. Eine lokale Bekämpfung macht wenig Sinn, so lange die Neophyten in der Umgebung häufig sind und dort nicht ebenso bekämpft werden. Eine großflächige Bekämpfung wird zwar diskutiert, sie durchzusetzen scheint derzeit allerdings unmöglich.

Im vernetzten Regelsbrunner Alarmsystem östlich von Wien kann das verfolgt werden. Auf den frischen Kiesflächen nach dem ersten größeren Hochwasser haben sich neben den obligaten Pioniergehölzen auch unerwünschte Arten wie der Sommerflieder (*Buddleja davidii*) angesiedelt, der in wärmeren Teilen der Alpen wie z. B. entlang des Tessinflusses schon weite Strecken erobert hat. Ob er sich auch an der Donau auf den hochdynamischen Standorten ausbreiten kann, bleibt zu beobachten. An der Grenzmur stellen zurzeit zwei ausdauernde Stauden aufgrund ihrer schon bisher weiten Verbreitung ein ernstes Problem dar. Es sind dies der Japanische Staudenknöterich (*Fallopia japonica* = *Reynoutria japonica*) und der aus Nord-Amerika stammende Schlitzblatt-Sonnenhut *Rudbeckia laciniata*, der sich auf den höheren Niveaus der Aufweitung Donnersdorf ab 2008 ausgebreitet hat. Nach einer Entfernung durch den damaligen Gebietsbetreuer Pfeiler im Sommer 2009 scheint sie dort aber unter Kontrolle. Auch invasive Holzarten wie der nordamerikanische Eschen-Ahorn (*Acer negundo*) und *Robinia pseudacacia* sind häufig. Nach den Rodungen des Altholzbestandes auf der stehengebliebenen Insel in Gosdorf in den vergangenen Jahren nimmt die Robinie dort große Flächen ein. Der Götterbaum (*Ailanthus altissima*) wurde zwar vereinzelt gefunden, hat sich aber bis dato in und um die Aufweitung in Gosdorf noch nicht etablieren können (siehe auch WILFLING et al. 2013).

7. Monitoring und Bewertung von Aufweitungen

Mehr als ein Jahrzehnt nach der Fertigstellung einer größeren Zahl an Projekten ist in der Schweiz der Mangel an genauer Dokumentation der Auswirkungen fühlbar geworden. Um diesem Zustand abzuweichen, ist 2005 das „Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fließgewässerrevitalisierungen“ erschienen (WOOLSEY & al. 2005). Auch RECKENDORFER et al. 2013 stellen fest, dass die „Dokumentation der maßnahmenbedingten Veränderungen eine wesentliche Aufgabe bei der Konzeption von Restaurierungsmaßnahmen“ ist.

Das Ziel eine bessere Konnektivität zwischen Fluss und Aue herzustellen, ist von den drei vorgestellten Projekten an der Drau und v. a. an der Donau östlich von Wien gut gelungen (HABERSACK et al. 2001; SCHÖBER et al. 2008; RECKENDORFER & STEEL 2013). Die bisher getätigten Verbesserungen konnten die Sohleintiefung östlich von Wien stark reduzieren. Die fehlende Geschiebenachlieferung zwingt aber zu weiteren Maßnahmen. Nach Modellversuchen an der TU Wien (KROUZECKY et al. 2009) wird ab der Niederwasserperiode 2012/13 die sogenannte granulometrische Sohlverbesserung in einem 3 km langen Abschnitt bei Bad Deutsch-Altenburg getestet. Das in Kolken und an von der Strömung stark beanspruchten Stellen zugegebene Kiesmaterial mit einem Korndurchmesser zwischen 40 und 70 mm bildet vorerst eine 25 cm mächtige Deckschicht. Dieses Material wird weniger häufig und weit bewegt und soll sich mit dem im Durchschnitt feinkörnigeren Donaugeschiebe vermischen. Damit soll sich der Geschiebebedarf in Form der Zugabe auf 10 bis 15 % der bisherigen jährlichen Menge von ca. 350.000 m³ reduzieren. Im Rahmen eines Monitorings werden Optimierungen bezüglich der Korngrößendimensionen, der räumlichen Verteilung und anderer Parameter auch im Hinblick auf die Nutzung der Methode für andere Flüsse untersucht (HABERSACK et al. 2012).

Die Auswirkungen der längeren Altarmanbindung zwischen Maria Ellend und Regelsbrunn auf Pflanzengesellschaften und Tiergilden wurden von verschiedenen Spezialisten untersucht (u.a. KUM 2004, SCHAGERL et al. 2004, RAAB 2004, BAUMGARTNER 2004, ZWEIMÜLLER 2004). Die kürzere Verweildauer des Wassers im Altarmsystem hat zur Folge, dass sich sowohl die Nährstoffverhältnisse (Nitrat und Orthophosphat), die Zusammensetzung der Alpengesellschaft, als auch die Schwebstoffwerte in Richtung der für die Donau charakteristischen verändern (also erhöhen), während die Gehalte an organischen Schwebstoffen zurückgingen. Auch die Zusammensetzung der Fischfauna hat sich in Richtung Donau verändert und zwar in den dynamischsten Bereichen um den Mitterhaufen am stärksten. Die Biodiversität insgesamt ist deutlich von der Länge der Anbindung an die Donau abhängig (RECKENDORFER et al. 2013). Auch beim Uferrückbau im Bereich des Thurnhaufens gegenüber Hainburg konnte schon in den ersten Jahren nach der Entfernung des Blockwurfes Seitenerosion von bis zu 20 Metern festgestellt werden (Abb. 6 rechts; HABERSACK et al. 2009, HABERSACK & KLÖSCH 2012).

Beim Beispiel Mur scheint für die Erreichung der gewünschten Ziele (Stabilisierung der Flusssohle, Sohlbreitenerhöhung durch Seitenerosion, Verringerung der Fließgeschwindigkeit und Transportkraft, Vernetzung des Fließgewässers mit der Aue) ein Nachjustieren einzelner Maßnahmen notwendig. Die Dotation des westlichen Teils des neu geschaffenen Seitenarmes durch Murwasser funktioniert erst ab einem Durchfluss, der einem > 5-jährlichen Hochwasser entspricht. Das bedeutet, dass dieser Teil nur wenige Tage pro Jahr angebunden ist und daher zunehmend versandet. Aus der bisherigen Entwicklung ist erkennbar, dass sowohl die Erosion am linken Murofer als auch die Durchströmung im westlichen Teil des neuen Seitenarms durch geeignete Maßnahmen wie sie im Prognosemodell Z04 in SENFTER et al. 2013 vorgeschlagen werden, erhöht

werden muss. Auch der bereits erfolgten teilweisen Versandung der neuen Saßbachmündung sollte durch ein Tieferlegen der Sohle des Saßbaches im Mündungsbereich entgegengewirkt werden. Im Aufweitungsbereich (Erhöhung der Sohlbreite um bis zu 10 m) ist die Flusssohle um bis zu 75 cm gehoben worden. Aufgrund der Verbreiterung des Bettquerschnittes ist die Geschiebetransportkapazität hier deutlich geringer als im regulierten Teil (HABERSACK & KLÖSCH 2012). Das angestrebte Ziel einer Aufweitung auf die dreifache ursprüngliche Bettbreite scheint unter den jetzigen hydrologischen Bedingungen in weiter Ferne. Die im Zuge der Baumaßnahmen der Mur zur Verfügung gestellte Kubatur von 150.000 m³ Kies ist schon wenige Jahre nach Abschluss der Maßnahmen aus dem Aufweitungsabschnitt transportiert worden. Tracermessungen ergaben eine mittlere Verweildauer des Geschiebes im Grenzmurabschnitt von 13 Jahren bei einer jährlichen Transportweite von bis zu 4 Kilometern (HABERSACK & KLÖSCH 2012). Eine Serie von Satellitenfotos (google earth: 2000 > 2006 > 2008 > 2010 > 2014) zeigt, dass die Schotterbänke, die von der Verklappung des Aushubmaterials im Zuge des Baues des neuen Seitengerinnes stammen, bereits verschwunden sind. Das Ziel einer dauerhaften Stabilisierung der Flusssohle kann unter den gegenwärtigen Bedingungen nicht erreicht werden, weil der geschätzte Austrag von ca. 30.000 m³ durch das geringe Ausmaß an Seitenerosion nicht mobilisiert werden kann und wegen der fast durchgehenden Kraftwerkskette kein Geschiebeeintrag erfolgt. Die bisher getroffenen Maßnahmen reichen maximal für wenige Jahrzehnte (HABERSACK & KLÖSCH 2012).

Die Folgen der größten Aufweitung an der Mur südöstlich von Gosdorf für die Biotoptypen sind bis 2012 dokumentiert (WILFLING et al. 2013). Für Vögel, Laufkäfer und Libellen existieren entweder Vergleichsaufnahmen mit regulierten Abschnitten der Mur oder mit früheren Untersuchungen in einem größeren Rahmen (BRUNNER et al. 2013). Bemerkenswert ist der nur sehr geringe Unterschied in den Gesamtartenzahlen der gewässergebundenen Vogelarten zwischen den Aufweitungen (es wurden Gosdorf und Donnersdorf untersucht), die Individuenzahlen sind allerdings in den Aufweitungen etwas mehr als doppelt so hoch. Limikolen treten fast ausschliesslich in den Aufweitungen auf. Entwicklungstrends sind mit insgesamt nur drei Monitoring-Durchgängen nicht seriös zu fassen.

Für die Beurteilung der Laufkäferfauna sind nur Vergleiche mit anderen verbauten Uferbereichen möglich, da eine Erstuntersuchung vor dem Bau nicht stattgefunden hat. Gegenüber mit Blockwurf verbauten Ufern ist eine deutliche Zunahme der Artenzahl festzustellen. Dabei sind vor allem Bewohner der vegetationslosen oder kaum bewachsenen Schotter-, Sand- und Schlammufer sowie von Steilwänden zu nennen, die aufgrund fehlender Lebensräume in regulierten Murabschnitten nicht oder kaum zu finden sind (BRUNNER et al. 2013).

Die drei an Fließgewässer gebundenen Libellenzoosen sind gut ausgebildet, die Arten kleiner Stillgewässer, der Röhrichte und des regelmäßig überschwemmten Grünlandes fehlen erwartungsgemäß (BRUNNER et al. 2013). Im Gegensatz zur Altarmabinbindung der Regelsbrunner Auen östlich von Wien, wo diese Arten nach der Dynamisierung nicht verschwunden sind, sind die renaturierten Flächen an der Grenzmur für die Ausbildung entsprechender Standorte zu klein dimensioniert.

Die Verbesserungen des Lebensraumes an den Aufweitungen an der Grenzmur wird von den Fachspezialisten jedenfalls als von überregionaler bis nationaler Bedeutung eingestuft und dies nicht nur für die untersuchten Tiergruppen, sondern auch unter Berücksichtigung weiterer Insektengruppen (Schmetterlinge), Spinnen und Reptilien (BRUNNER et al. 2013).

8. Zusammenfassung

Die Politik ist in einzelnen unserer Nachbarländer schon früher auf den zuerst langsam fahrenden Zug der Renaturierung der Fließgewässer aufgesprungen. Auch ohne den Druck der Europäischen Union mit der Wasser-Rahmen-Richtlinie haben in der Schweiz weitsichtige Politiker erkannt: „«Die Renaturierung der Fließgewässer ist nicht Luxus, sondern Pflicht! Die Klimaänderungen und Überschwemmungen oder lange Niederwasserperioden rufen uns in Erinnerung wie wichtig es ist, die Dynamik und den Raum unserer Fließgewässer zu erhalten. Genf hat die Renaturierung der Fließgewässer gesetzlich verankert und die Finanzierung eines Aktionsprogramms beschlossen. ...“ (Robert Cramer, Regierungsrat des Kantons Genf in BUWAL/BWG 2003) In den beiden letzten Jahrzehnten sind nicht nur in der Schweiz weitreichende Erfahrungen aus den Bereichen Wasserbau, Biologie, Ökologie gesammelt worden. Wenn die Zusammenarbeit mit den Disziplinen Landwirtschaft, Raumplanung funktioniert, können gute Lösungen gefunden werden, die für alle beteiligten Parteien Vorteile bringen. Leider fehlt für Österreich eine aktuelle Übersicht aller bisher durchgeführten Projekte (vgl. HABERSACK et al. 2000, HABERSACK 2003). Obwohl einige größere gut dokumentiert sind und zumindest für die Vegetation und einzelne Tiergruppen umfangreiche Nachuntersuchungen vorliegen, sind ein längerfristiges Monitoring – und damit eine Beurteilung des langfristigen Erfolges der durchgeführten Maßnahmen – leider nicht gesichert.

Dank

Für Unterlagen über die Grenzmuraufweitungen wird Frau Dr. Krapf (Fachstelle für Naturschutz, RA 13a der Steiermärkischen Landesregierung), für Literatur zur Grenzmur Herrn Dr. N. Baumann (RA 19b, Schutzwasserwirtschaft und Bodenwasserhaushalt der Steiermärkischen Landesregierung), für verschiedene Unterlagen betreffend die Maßnahmen im Nationalpark Donau-Auen den Herren Dr. Chr. Baumgartner und DI Chr. Fraissl gedankt. Nicht zuletzt möchte ich dem Steiermärkischen Landesarchiv für die Nutzung der Reproduktionen der Murstromkarte von 1825 danken. Die Zusammensetzung der Einzelkarten besorgte dankenswerter Weise Dr. W. Obermayer.

Literatur

- Anonymus: Die EU-Wasserrahmenrichtlinie und ihre Bedeutung für den Naturschutz. http://nabu-akademie.de/berichte/02_wrrl.htm [Zugriff: 2010-11-12].
- Anonymus 1992: Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (FFH-Richtlinie) incl. Änderungen M1 (27. Oktober 1997), M2 (29. September 2003), M3 (20. November 2006). <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1992L0043:20070101:DE:PDF> [Zugriff: 2015-11-20]
- Anonymus 2000: Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/naturschutz/Amtsblatt_WRRL.pdf [Zugriff: 2015-11-20]
- AUER S. 2009: Die Aufweitungstrecke der Grenzmur bei Gosdorf Erstaufnahme 2007. – Bakkalaureatsarbeit am Institut für Pflanzenwissenschaften der Univ. Graz, 47 pp.

- BAUMANN N., FARTEK Š., HORNICH R., NOVAK J. & RATHSCHÜLER O. 2001: Wasserwirtschaftliches Grundsatzkonzept Grenzmur. Phase I. Kurzfassung. Zugriff 2015-09-15 unter: http://www.wasserwirtschaft.steiermark.at/cms/dokumente/10005702_4660198/35008c92/Grundsatzkonzept.pdf
- BAUMANN N. & HORNICH R. 2008: Die Muraufweitung in Gosdorf. – Wasserland Steiermark 2/2008: 1822.
- BAUMGARTNER C. 2004: Der Einfluss der Öffnungsmaßnahmen auf die Amphibiengemeinschaft der Regelsbrunner Au. – In: SCHIEMER F. & RECKENDORFER W., Das Donau-Restaurierungsprojekt. Ökologische Auswirkungen. – Abhandlungen der zool.-botanischen Gesellschaft in Österreich 34: 123–136,
- BRANDSTÄTTER K., EBERSTALLER J., HAIDVOGL G. & DonauConsult ZOTTL & ERBER (Red.) 1999: Gewässerbetreuungskonzept Traisen. Wilhelmsburg bis Donau. Kurzfassung zum Projekt – Österreichischer Agrarverlag, Wien.
- BRODBECK W., MOSIMANN R., ROTH H. & HUNZIKER R. (Red.) 2005: Befreite Emme. lebendiger Fluss. Naturnaher Wasserbau bringt den Geschiebehaushalt der Emme wieder in Ordnung. – Tiefbauamt des Kantons Bern, Oberingenieurkreis IV (TBA-OIK IV), Burgdorf, 21 pp.
- BRUNNER H., HOLZINGER W.E., PAILL W. & HUEMER S. 2013: Zoologische Post-Monitoring in Aufweitungen der steirischen Grenzmur. Vögel, Laufkäfer, Libellen. – Endbericht im Auftrag des Amtes der steiermärkischen Landesregierung, FA 13C, Naturschutz und FA 19B, Schutzwasserwirtschaft und Bodenwasserhaushalt.
- BUWAL/BWG (Hrsg.) 2003: Leitbild Fließgewässer Schweiz. Für eine nachhaltige Gewässerpolitik. Bern, 12 pp.
- Comité der Commission für die Donauregulierung bei Wien 1868: Bericht und Anträge des von der Commission für die Donauregulierung bei Wien ernannten Comités. Vorgetragen in der Plenarversammlung am 27. Juli 1868 und von derselben einstimmig angenommen. – Hof- und Staatsdruckerei Wien. (http://books.google.de/books?id=RKpERZutv94C&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false. [Zugriff: November 2010])
- DEMEK J., DRESCHER A., HOHENSINER S. & SCHWAIHOFER B. 2008: The geology and geomorphology of floodplains. In: KLIMO E., HAGER H., MATIĆ S., ANIĆ I. & KULHAVÝ J. (eds.) Floodplain forests of the temperate zone of Europe. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy, 11–38.
- DISTER E., OBRDLIK P. SCHNEIDER ECKB., SCHNEIDER ERIKA, WENGER E. 1989: Zu Ökologie und Gefährdung der Loire-Auen. Natur und Landschaft 64(3): 95–99.
- DRESCHER A, EGGER G., HOHENSINER S. & HAIDVOGL G. 2014: Reconstruction of the floodplain of the Viennes Danube stretch. – Extended abstract, 10th International Symposium on Ecohydraulics, Trondheim, Norway, June 23–27, 2014.
- DRESCHER A, EGGER G., HOHENSINER S. & HAIDVOGL G. 2016. Reconstructing the riparian vegetation prior to regulation: the Viennese Danube floodplain in 1825. – *Limnologia* (submitted).
- EBERSTALLER J., HAIDVOGL G. & JUNGWIRTH M. 1999: Gewässerbetreuungskonzept Traisen. Wilhelmsburg bis Donau. – Österreichischer Agrarverlag, Wien.
- EDWARDS P. J., KOLLMANN J., TOCKNER K. & WARD J. V. 1999: The role of island dynamics in the maintainance of biodiversity in an Alpine river system. – Bulletin of the Geobotanical Institute ETH 65: 73–86.
- EGGER G. & AIGNER S. 2003: Monitoringprogramm Life-Natur-Projekt „Wildflusslandschaft Tiroler Lech“. Vegetationsmonitoring Lech-Maßnahmenabschnitte & Lech-Zubringer, Kleinmaßnahmen Lech-Lüss-System. – Projektbericht. Klagenfurt, Institut für Ökologie und Umweltplanung, 100 pp.
- EGGER G., AIGNER S. & ANGERMANN K. 2007a: Monitoringprogramm Life-Natur-Projekt „Wildflusslandschaft Tiroler Lech“. Vegetationsmonitoring Lech-Maßnahmenabschnitte & Lech-Zubringer. – Endbericht. Klagenfurt, Institut für Ökologie und Umweltplanung.
- EGGER G., AIGNER S. & ANGERMANN K. 2007b: Vegetationsdynamik einer alpinen Wildflusslandschaft und Auswirkungen von Renaturierungsmaßnahmen auf das Störungsregime, dargestellt am Beispiel des Tiroler Lechs. – Jahrbuch des Vereines zum Schutze der Bergwelt 72: 5–54.
- EGGER G., AIGNER S., KRASSNITZER S. & ANGERMANN K. 2003a: Monitoringprogramm Life-

- Natur-Projekt „Wildflusslandschaft Tiroler Lech“. Vegetationsmonitoring Lech-Maßnahmenabschnitte & Lech-Zubringer. – Projektbericht. Klagenfurt, Institut für Ökologie und Umweltplanung, 109 pp.
- EGGER G., AIGNER S., KRASSNITZER S. & ANGERMANN K. 2003b: Monitoringprogramm Life-Natur-Projekt „Wildflusslandschaft Tiroler Lech“. Vegetationsmonitoring von Kleinmaßnahmen. – Projektbericht. Klagenfurt, Institut für Ökologie und Umweltplanung, 73 pp.
- EGGER G., AIGNER S., KRASSNITZER S. & ANGERMANN K. 2003c: Monitoringprogramm Life-Natur-Projekt „Wildflusslandschaft Tiroler Lech“. Vegetationsmonitoring Lech-Lüss-System. – Projektbericht. Klagenfurt, Institut für Ökologie und Umweltplanung, 39 pp.
- EGGER G., AIGNER S. & KUCHER T. 2006: Ein Fluss kehrt zurück – Vegetationsentwicklung im Bereich der Restaurationsstrecke „Kleblach Ost“ an der Oberen Drau in Kärnten. – In: Amt der Kärntner Landesregierung, Abt. 20, Unterabtlg. Naturschutz: Kärntner Naturschutzberichte 11: 28–49.
- EGGER G., DRESCHER A., HOHENSINER S. & JUNGWIRTH M. 2007: Riparian vegetation model of the Danube River (Machland, Austria): changes of processes and vegetation patterns. – Extended abstract for the proceedings of the 6th International Symposium on Ecohydraulics, 18–23 February 2007, Christchurch, New Zealand.
- FROSSARD P.-A., LACHAT B., PALTRINIERI L. MÖCKLI R. & ROCHAT N. 1998: Mehr Raum für unsere Fließgewässer. Ein Gewinn für Mensch und Natur. – Pro Natura 19/1998, 48 pp.
- HABERSACK H. 2003: Erfahrungen mit Gerinneaufweitungen in Österreich. – In: BUWAL, BWG, WSL und EAWAG Workshop im Rahmen des Forschungsprojekts „Rhône-Thur“ Gerinneaufweitungen – Eine geeignete Massnahme zur Entwicklung naturnaher Flusssysteme? 20. März 2003. Kurzfassung der Vorträge, 25–26.
- HABERSACK H. & HENGL M. 2009: Maßnahmen zur Verhinderung der Sohleintiefung und gleichzeitigen Verbesserung des ökologischen Zustandes. Vergleich mit Vorschlägen für die Salzach an der oberösterreichisch-bayrischen Grenzstrecke. – Gutachten.
- HABERSACK H., HORNICH R., KLÖSCH M. 2008: Flussaufweitung an der Grenzmur ein Beitrag zur Sohlstabilisierung. – Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie 2008: 739–750.
- HABERSACK H. & KLÖSCH M. 2008: Tracermessungen an der Grenzmur. Beobachtungen des Geschiebetransportes. – Wasserland Steiermark 1(2008): 20–23.
- HABERSACK H. & KLÖSCH M. 2012: Monitoring und Modellierung von eigendynamischen Aufweitungen an der Drau, Mur und Donau. – Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft 64: 411–422.
- HABERSACK H., KOCH M., NACHTNEBEL H.P. 2000: Flußaufweitung in Österreich – Entwicklung, Stand, Ausblick. – Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft 2000(7/8): 143–153.
- HABERSACK H. & PIÉGAY H. 2008: River restoration in the Alps and their surroundings: past experience and future challenges. – Developments in Earth Surface Processes 11: 703–735.
- HABERSACK H., SCHABUSS M., LIEDERMANN M., TRITTHART M., BLASCHKE A.P. & SCHIEMER F. 2009: Integratives Monitoring und Modellierung an der Donau östlich von Wien. – Österreichische Ingenieur- und Architektenzeitschrift 154:179–193.
- HAIDVOGL G., PREIS S., HOHENSINER S., MUHAR S. & POPPE M. 2009: Flusslandschaften im Wandel. – In: EGGER G., MICHOR K., MUHAR S. & BEDNAR B. 2009: Flüsse in Österreich. Lebensadern für Mensch, Natur und Wirtschaft, 32–43.
- HAYEK A. von 1923. Pflanzengeographie von Steiermark. – Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark 59.
- HOCHENBURGER F. von 1894: Darstellung der in der Periode 1874–1891 durchgeführten Arbeiten der Mur-Regulierung in Steiermark. – Wien, in Commission k.k. Hof- und Staatsdruckerei.
- HOHENSINER S., DRESCHER A., ECKMÜLLNER, O., EGGER, G., GIERLINGER, S., HAGER, H., HAIDVOGL, G. & JUNGWIRTH, M. 2013a: Genug Holz für Stadt und Fluss? Wiens Holzressourcen in dynamischen Doanauauen. Projektbericht, Institut für Hydrobiologie & Gewässermanagement, Universität für Bodenkultur Wien, 63 S. mit 12 Kartenbeilagen.
- HOHENSINER S., HABERSACK H., JUNGWIRTH M. & ZAUNER G. 2004: Reconstruction of the characteristics on a natural alluvial river-floodplain system and hydromorphological changes following human modifications: the Danube River (1812–1991). – River Research and Applications 20: 25–41.

- HOHENSINNER S., HERRNEGGER M., BLASCHKE A.P., HABEREDER C., HAIDVOGL G., HEIN T., MATHIAS JUNGWIRTH M. & WEISS M. 2008: Type-specific reference conditions of fluvial landscapes: A search in the past by 3D-reconstruction. – *Catena* 75: 200215.
- HOHENSINNER S., LAGER B., SONNLECHNER C., HAIDVOGL G., GIERLINGER S., SCHMID M., KRAUSMANN F. & WINIWARDER V. 2013b: Changes in water and land: the reconstructed Viennese riverscape from 1500 to the present. – *Water History* 5: 145–172.
- HUNZINGER L. 2004: Flussaufweitungen: Möglichkeiten und Grenzen. *Wasser Energie Luft* 96(910): 243–249.
- International RiverFoundation 2015: http://www.riverfoundation.org.au/riverprize_international.php [Zugriff September 2015].
- JUNGWIRTH M., HAIDVOGL G., HOHENSINNER S., WAIDBACHER H. & ZAUNER G. (Hrsg.) 2014: Österreichs Donau. Landschaft – Fisch – Geschichte. – Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement, BOKU Wien.
- KLIMO E., HAGER H., MACHAR I., BUČEK A., SCHMALFUSS R., KLASZ G. & SCHUME H. 2008: Revitalisation and protection of floodplain forests. – In: KLIMO E., HAGER H., MATIĆ S., ANIĆ I. & KULHAVÝ J., Floodplain forests of the temperate zone of Europe, 301–323.
- KOEGELER K. 1934: Die Alluvionen der Steiermark. In: KOEGELER K. & KINCEL F. Die Mur- und Drautal-Landschaft. – Naturgeschichtliche Lehrwanderungen in der Heimat II. Leykam-Verlag, Graz.
- KOLLMANN J., VIELI M., EDWARDS P.E., TOCKNER K., WARD J.V. 1999: Interactions between vegetation development and island formation in the Alpine river Tagliamento. – *Applied Vegetation Science* 2: 25–36.
- KROUZECKY N., Hengl M. & Huber B. 2009: Schnittmodellversuche betreffend die grundsätzliche Umsetzbarkeit der granulometrischen Sohlverbesserung. – *Österreichische Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift* 154: 154–163.
- KUM G. 2004: Der Einfluss der Öffnungsmaßnahmen auf die Makrophytengemeinschaft im Regelsbrunner Altarmsystem. – In: SCHIEMER F. & RECKENDORFER W., Das Donau-Restaurierungsprojekt. Ökologische Auswirkungen. – Abhandlungen der zool.-botanischen Gesellschaft in Österreich 34: 67–76.
- LACHAT T., BLASER F., BÖSCH R., BONNARD L., GIMMI U., GRÜNIG A., ROULIER C., SIRENA G., STÖCKLIN J. & VOLKART G. 2010: Verlust wertvoller Lebensräume. In: LACHAT T., PAULI D., GONSETH Y., KLAUS G., SCHEIDEGGER C., VITTOZ P. & WALTER T. (Red.) Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900. Ist die Talsohle erreicht? – Bristol Stiftung Zürich; Haupt Verlag Bern, Stuttgart, Wien, 22–63.
- LAPIN K., BERNHARDT K.-G., LICHTENWÖHRER P. & ROITHMAYR S. 2015: Welchen Einfluss haben invasive Pflanzenarten auf die Phytodiversität von renaturierten Flusslandschaften? – *Gesunde Pflanzen* 67: 75–83.
- LENER F.P., EGGER G. & KARRER G. 2013: Sprossaufbau und Entwicklung der Deutschen Tamariske (*Myricaria germanica*) an der Oberen Drau (Kärnten, Österreich). – *Carinthia II* 203/123: 515–552.
- LIPPERT W., MÜLLER N., ROSSEL S., SCHAUER T. & VETTER G. 1995: Der Tagliamento – Flußmorphologie und Auenvegetation der größten Wildflußlandschaft in den Alpen. – *Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt* 60: 1170.
- MADER H., STEIDL T. & WIMMER R. 1996: Abflussregime österreichischer Fließgewässer. – *UBA Monographien* 82, 192 pp.
- MANGELSDORF J. & SCHEURMANN K. 1980: Flußmorphologie. Ein Leitfaden für Naturwissenschaftler und Ingenieure. – Oldenbourg Verlag, München, Wien.
- MAURER W. 1996, 2006: Flora der Steiermark Bände I und II/2. – IHW-Verlag, Eching.
- MEUSER A. & WORRESCHK B. 1994: Das Hochwasser im Dezember 1993/Januar 1994. Hochwasserablauf und -meldedienst. – Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz, Mainz.
- MICHOR K. 2004: Sicherheit und Lebensraum – das LIFE-Projekt. – In: PETUTSCHNIG & HONSIG-ERLENBURG W., Das Obere Drautal. Tiere, Pflanzen und Lebensräume einer inner-alpinen Flusslandschaft. *Carinthia II Sonderheft* 61: 53–56.
- MOOG O. & WIMMER R. 1990: Grundlagen zur typologischen Charakteristik österreichischer Fließgewässer. – *Wasser und Abwasser* 34: 55–211.

- MOSIMANN R. 1992: Die Emme wieder ins Gleichgewicht bringen. – *Natur und Mensch* 1992(4): 189–194.
- MÜLLER N. 1995: River dynamics and floodplain vegetation and their alterations due to human impact. – *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 101: 477–512.
- MÜLLER N. 2007: Zur Wiederansiedlung des Zwergrohrkolbens (*Typha minima* Hoppe) in den Alpen – eine Zielart alpiner Flusslandschaften. – *Natur in Tirol* 13: 180–193.
- MÜLLER N. 2005: Die herausragende Stellung des Tagliamento (Friaul, Italien) im Europäischen Schutzgebietssystem. – *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, Ser. A* 70: 19–35.
- MÜLLER N. & BÜRGER A. 1990: Flußmorphologie und Auenvegetation des Lech im Bereich der Forchacher Wildflußlandschaft. – *Jahrbuch des Vereines zum Schutze der Bergwelt* 55: 43–74.
- MUHAR S., KAINZ M., KAUFMANN M. & SCHWARZ M. 1996: Ausweisung flußtypisch erhaltener Fließgewässerabschnitte in Österreich. Fließgewässer – Österreichische Bundesgewässer lt. § 8 WBFG. – BM f. Land- und Forstwirtschaft – Wasserwirtschaftskataster.
- MUHAR S., KAINZ M. & SCHWARZ M. 1998: Ausweisung flußtypisch erhaltener Fließgewässerabschnitte in Österreich. Fließgewässer mit einem Einzugsgebiet > 500 km² ohne Bundesflüsse. – BM f. Land- und Forstwirtschaft – Wasserwirtschaftskataster, 177 pp.
- Parlament und Rat der Europäischen Union 2000: Richtlinie 2000/60/EG vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (RL 2000/60/EG). – *Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften* L 327, 72 pp.
- PETUTSCHNIG W. 2003: Das LIFE-Projekt „Auenverbund Obere Drau“ – *Kärntner Naturschutzberichte* 8: 15–24.
- PETUTSCHNIG W. 2004: Eine Revitalisierungsmaßnahme an der Drau am Beispiel „Kleblach“. – In: PETUTSCHNIG & HONSIG-ERLENBURG W., *Das Obere Drautal. Tiere, Pflanzen und Lebensräume einer inneralpinen Flusslandschaft. Carinthia II Sonderheft* 61: 57–58.
- RAAB R. 2004: Die Libellen (Insecta: Odonata) des dynamischen Altarmsystems der Donau bei Regelsbrunn (Niederösterreich). – In: SCHIEMER F. & RECKENDORFER W., *Das Donau-Restaurierungsprojekt. Ökologische Auswirkungen.* – *Abhandlungen der zool.-botanischen Gesellschaft in Österreich* 34: 99–122.
- RECK H. 2004: Das Zielartenkonzept: Ein integrativer Ansatz zur Erhaltung der biologischen Vielfalt? – In: WIGGERING H. & F. MÜLLER (Hrsg.): *Umweltziele und Indikatoren Wissenschaftliche Anforderungen an ihre Festlegung und Fallbeispiele*, 311–343. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- RECK H., WALTER R., OSINSKI E., HEINL T. & KAULE G. 1996: Räumlich differenzierte Schutzprioritäten für den Arten- und Biotopschutz in Baden-Württemberg (Zielartenkonzept). – *Institut für Landschaftsplanung und Ökologie, Universität Stuttgart*.
- RECKENDORFER W., BAUMGARTNER C., HEIN T., KUM G., RAAB R., SCHAGERL M., STEEL A. & ZWEIFMÜLLER I. 2013: Ökologische Auswirkungen der Gewässervernetzung Regelsbrunn: Zusammenfassung. – In: SCHIEMER F. & RECKENDORFER W., *Das Donau-Restaurierungsprojekt. Ökologische Auswirkungen.* – *Abhandlungen der zool.-botanischen Gesellschaft in Österreich* 34: 173–185.
- RETTET W. 2007: Der „Gletscherfluss“ Isel/Osttirol. – *Jahrbuch des Vereines zum Schutze der Bergwelt* 72: 55–72.
- ROHDE S. 2005: Flussaufweitungen lohnen sich! Ergebnisse einer Erfolgskontrolle aus ökologischer Sicht. *Wasser Energie Luft* 97(3-4): 111.
- SCHAGERL M., RIEDLER P. & WITTMANN A. 2004: Der Einfluss der Öffnungsmaßnahmen auf die Phytoplanktongemeinschaft im Reglesbrunner Altarmsystem. – In: SCHIEMER F. & RECKENDORFER W., *Das Donau-Restaurierungsprojekt. Ökologische Auswirkungen.* – *Abhandlungen der zool.-botanischen Gesellschaft in Österreich* 34: 47–66.
- SCHARFETTER R. 1918: Die Murauen bei Graz. Ein Beitrag zur Kenntnis der Vegetation in Überschwemmungsgebieten. – *Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark* 54: 179–223.
- SCHARFETTER R. 1938: *Das Pflanzenleben der Ostalpen.* – Deuticke Verlag, Wien.
- SCHIEMER F. & RECKENDORFER W. 2000: *Das Donau-Restaurierungsprojekt. Gewässervernetzung Regelsbrunn.* – *Abhandlungen der zoologisch-botanischen Gesellschaft in Österreich* 31.

- SCHIEMER F & RECKENDORFER W. 2004: Das Donau-Restaurierungsprojekt. Ökologische Auswirkungen. – Abhandlungen der zoologisch-botanischen Gesellschaft in Österreich 34.
- SCHMUTZ S., MELCHER A., MUHAR S., ZITEK A., POPPE M., TRAUTWEIN C. & JUNGWIRTH M. 2007: MIRR-Model-based instrument for River Restoration. Entwicklung eines strategischen Instruments zur integrativen Bewertung ökologischer Restaurationsmaßnahmen an Fließgewässern. – Studie im Auftrag von Lebensministerium und Land Niederösterreich.
- SCHOBER S., FORMANN E., MANDLER H. & HABERSACK H. Eigendynamische flussmorphologische Prozesse in Zusammenhang mit Flussaufweitungen als Praxisbeispiel für den modernen Wasserbau. – Interpraevent 2008, Conference Proceedings vol.1: 209–219.
- SCHULTE A. 2001: Das Zielartenkonzept. Ergebnisse eines Seminars“ Zielarten für den Naturschutz an Fließgewässern“ www.nabu-akademie.de/berichte.
- SENFETER S., LUMASEGGER M., REISINGER M., GATTERMAYR M. & GEWOLF S. 2013: DRAMURCI Grenzüberschreitende Wasserwirtschaftliche Initiative für die Flüsse Drau und Mur. Semiterrestrische / terrestrische Habitatmodellierung von Vegetationsstrukturen und Tierlebensräumen. Endbericht. – Nußdorf-Debant.
- STEIDL T. 1991: Typologie und Abflußverhalten österreichischer Fließgewässer Hydrologisch-hydrigraphische Einteilung und regionale Gliederung. – Wien.
- TOCKNER K., SURIAN N., TONIUTTI N. 2005: Geomorphologie, Ökologie und nachhaltiges Management einer Wildflusslandschaft am Beispiel des Fiume Tagliamento (Friaul, Italien) – ein Modellökosystem für den Alpenraum und ein Testfall für die EU-Wasserrahmenrichtlinie. – Jahrbuch des Vereines zum Schutze der Bergwelt 70: 3–17.
- TÖGEL R. 2015: Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg – Projektmotivation, Maßnahmen, Prozessbeteiligung. – In: Fachtagung Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg. Universität für Bodenkultur, Wien 16. Oktober 2015, Tagungsband.
- UHLMANN D. & HORN W. 2001: Hydrobiologie der Binnengewässer. – UTB 2206, Ulmer, Stuttgart.
- UNFER G. & HINTERHOFER M. 2008: Fischbestandserhebung in der Grazer Mur. Zur Aufwertung der Murafer im innerstädtischen Bereich. – Wasserland Steiermark 1(2008): 23–27.
- WENDELBERGER E. 1960: Die Auwaldtypen an der steirischen Mur. – Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark 90: 150–183.
- WILFLING A., MÖSLINGER M. & KOMPOSCH H. 2013. Aufweitung der Mur bei Gosdorf – Ergebnisse des Monitorings 2008–2012. DRAMURCI – Grenzüberschreitende wasserwirtschaftliche Initiative für die Flüsse Drau und Mur. – Im Auftrag des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung, Graz. Endbericht, Gleisdorf.
- WIMMER R., CHOVANEC A., GRUBER D., FINK M.H., MOOG O. 2000: Umsetzung der EU-Wasser-Rahmenrichtlinie – Fließgewässertypisierung in Österreich auf der Grundlage abiotischer Kenngrößen. Österreichs Fischerei 53: 1321.
- WOOLSEY S., WEBER C., GONSER T., HOEHN E., HOSTMANN M., JUNKER B., ROULIER C., SCHWEIZER S., TIEGS S., TOCKNER K. & PETER A. 2005: Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fließgewässerrevitalisierungen. – Publikation des Rhône-Thur Projektes. – EAWAG, WSL, LCH-EPFL, VAW-ETHZ. 112 pp.
- WORRESCHK 1995: Das Hochwasser im Januar 1995. Hochwasserablauf und Hochwassermelddienst. – Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz, Mainz.
- WÖSENDORFER H. 1987: Hainburg – Konflikt und Planung. – Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung, Wien.
- ZITEK A., MUHAR S., SCHMUTZ S., FLEISCHANDERL D., UNFER G., FRANGEZ C., HINTERHOFER M., WIESNER C., GUTMANN S. & HAUER C. 2003: Evaluierung flussbaulich-ökologischer Maßnahmen an Lech und Vils im Rahmen des Life-Natur Projektes „Wildflusslandschaft Tiroler Lech“. Zwischenbericht Ist-Zustandsaufnahmen Lech und Lech-Zubringer. Fachbereich Fischökologie. – I. A. des Amtes der Tiroler Landesregierung, Abt. Wasserwirtschaft und des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- ZWEIMÜLLER I. 2004: In: Der Einfluss der Öffnungsmaßnahmen auf die Fischfauna im Regelsbrunner Alarmsystem. – In: SCHIEMER F. & RECKENDORFER W., Das Donau-Restaurierungsprojekt. Ökologische Auswirkungen. – Abhandlungen der zool.-botanischen Gesellschaft in Österreich 34: 137–156.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark](#)

Jahr/Year: 2016

Band/Volume: [145](#)

Autor(en)/Author(s): Drescher Anton

Artikel/Article: [Revitalisierung von Alpenflüssen - Beispiele aus Ost- und Süd-Österreich 75-110](#)