

Erfahrungen mit Restaurierungsprogrammen am Beispiel der Donau

Fritz SCHIEMER, Walter RECKENDORFER & Thomas HEIN

Das Projekt Altarmöffnung Haslau-Regelsbrunn war ein wichtiger Schritt in der internationalen Entwicklung von Restaurierungsprogrammen großer Fließgewässer. Der Wert ergibt sich durch die Größe und reiche ökologische Gliederung des Gebietes, durch die langfristige interdisziplinäre Planung, die gute Abstimmung zwischen Flussbau, Naturschutz und Ökologie und aus dem umfassenden Monitoring-Programm, das einen reichen Erfahrungsgewinn erbrachte. Das Programm war Auslöser für eine Abfolge von weiteren Restaurierungsschritten im Nationalparkgebiet.

Ein wichtiger Schritt dieses ersten großangelegten Restaurierungsprogrammes war die Entwicklung prognostischer Modelle, die eine verbesserte Abschätzung der ökologischen Auswirkungen von Maßnahmen ermöglichen. Von großem Wert in dieser Hinsicht erwies sich die Entwicklung eines öko-hydrologischen Modells. Ein wesentlicher Parameter als Ergebnis des Modells ist das „Wasseralter“. Dieser Parameter, der als „water age“ in die internationale Literatur einging, ist essentiell, um limnologische Prozessabläufe zu verstehen und erweist sich als gut geeignet für die Beschreibung der Sukzession von Phytoplankton und Zooplankton bzw. um Phasen zu unterscheiden, in denen die Kontrolle von Prozessabläufen von abiotischen Gegebenheiten auf biotische Interaktionen übergeht. Einen zweiten wesentlichen öko-hydrologischen Parameter stellt die Anschlussdauer von Altarmen an den Fluss dar. Das zeitliche Ausmaß der oberstromigen Anbindung bezogen auf ein Jahr erweist sich als besonders wichtig, um den Wert von Augewässern als Lebensraum für langlebige Organismen zu indizieren. Prognosen als Ergebnis dieser Modelle zeigen, dass eine wesentlich stärkere Konnektivität angestrebt werden muss. Die Ansenkungen zur Donau sollten tiefer und breiter angelegt werden um die gefährdete Gilde der rheophilen Organismen zu fördern.

SCHIEMER F., RECKENDORFER, W. & HEIN T., 2004: Experiences with restoration programs: examples from the Danube

The Danube restoration project in the backwatersystem Haslau-Regelsbrunn was an important step in the development of international restoration projects for large rivers. Its value stems mainly from the large size and rich ecological structuring of the affected area, the long-term interdisciplinary planning phase, good integration of different aspects ranging river engineering, environmental protection and ecology and a comprehensive monitoring programme, which provided fundamentally new insights. The programme was instrumental for initiating further restoration measures within the Danube national park.

An important step in this project was the development of prognostic models for a better evaluation of the projects ecological consequences. Especially the eco-hydrological model proved to be of great value. The hydrological key parameters turned out to be water age and connectivity. Water age determined the succession of phytoplankton and zooplankton and when the control of limnological processes shifted from abiotic to biotic factors. Connectivity – measured as time per year with surface water connection between Danube and backwater – was the best predictor for the ecological value a waterbody has for long living organisms, especially rheophilic ones. A further increase in connectivity by deeper and wider openings is recommended.

Keywords: restoration, reconnection, Danube floodplain, hydrological connectivity, water age, backwatersystem.

Restaurierung von großen Fließgewässern: Erfordernis und Ziele

„Restoration ecology“, die Restaurierung der ökologischen Funktionsfähigkeit von stark belasteten und anthropogen veränderten Lebensräumen, ist zu einer zentralen Aufgabe der Ökologie geworden. Ein wichtiges Entwicklungsfeld ist die Restaurierung großer

Flusslandschaften (SCHIERER, 1995, STANFORD et al. 1996, TOCKNER & SCHIERER 1997, TOCKNER et al. 1999, SCHIERER et al. 1999).

Vielfältige Eingriffe und Nutzungen der Einzugsgebiete und direkte wasserbauliche Maßnahmen wie Regulierungen und Stauhaltungen, haben in der Vergangenheit zu starken Beeinträchtigungen geführt. Landschaftsökologische Funktionen, wie Wasserrückhalt, Stoffkreisläufe, Produktions- und Abbauprozesse und die Ansprüche charakteristischer Lebensgemeinschaften wurden zuwenig berücksichtigt.

Ein modernes, ökologisch orientiertes Management ist bemüht den landschaftsökologischen Funktionen von Fließgewässern gerecht zu werden und mit den verschiedenen Ansprüchen wie Hochwasserschutz, Trinkwassergewinnung, Schifffahrt, Rekreation usw. in Einklang zu bringen. Der sich entwickelnde ökologisch orientierte Wasserbau erfordert das gemeinsame Bemühen von Hydrologie, Wasserbau, Ökologie und Naturschutz und basiert auf einer zunehmenden Kenntnis der Funktionalität von Flussaulandschaften.

Der Nationalpark Donau-Auen: Szenarien und Restaurierungskonzepte

Die ökologischen Gegebenheiten im Bereich der Donau bei Wien sind gekennzeichnet durch das stochastische Abflussregime, das große saisonale Veränderung im Wasserstand ergibt. Die dynamische Hydrologie und der hohe Schottertransport des Flusses schufen die großen alluvialen Ablagerungen unterhalb von Wien mit einem weitverzweigten Flusslauf und breiten Überflutungsgebieten (Abb. 1).



Abb. 1: Das ursprüngliche Furkationssystem der Donau bei Wien und das durch die Regulierung festgelegte Flussbett. – The original riverbed of the Danube in Vienna in comparison to the existing regulated river channel.

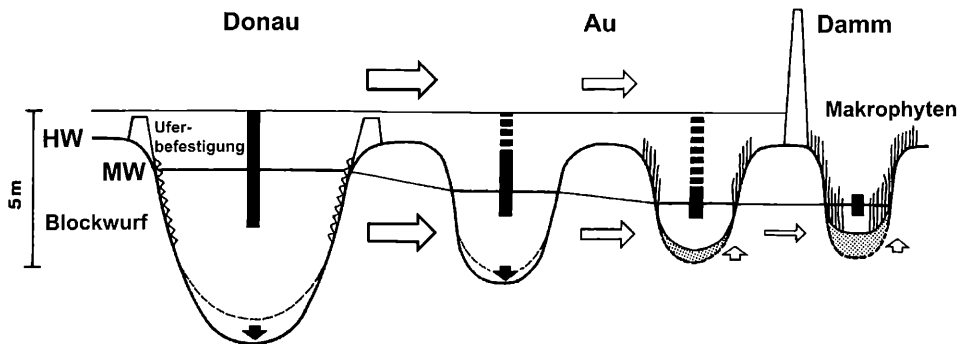


Abb. 2: Die Auswirkung der Donauregulierung: schematischer Querschnitt von der Donau zu den Hochwasserschutzdämmen. Die horizontalen Linien kennzeichnen den Hochwasser- und Mittelwasserstand der Donau und die korrespondierenden Wasserspiegel in den Altarmen und im Grundwasser. Die vertikalen schwarzen Balken geben den Bereich der Wasserstandsschwankungen an. Die horizontalen Pfeile repräsentieren das Ausmaß der lateralen hydrologischen Vernetzung über Oberflächenwässer und Grundwasserkörper. Vertikale schwarze Pfeile: Eintiefung durch Erosion. Vertikale weiße Pfeile (und punktierte Schichten): Sedimentation. –Consequences of the Danube Regulation: schematic cross-section from the main channel of the Danube and the respective water level in the backwater as well as the aquifer. The vertical black lines give the range of water level fluctuations. Horizontal arrows indicate lateral hydrological connectivity between surface water and aquifer. Vertical black arrows: channel deepening due to erosion. Vertical white arrows (and dotted layers): siltation.

Die gegenwärtige Situation an der Donau ist – wie an allen großen europäischen Flusssystemen – durch Regulierungen und Stauhaltungen geprägt. Bereits im Zeitraum von 1770 bis 1889 kam es durch lokale Uferbefestigungen und Leitwerke zu einer merklichen Verringerung der Gesamtwasserfläche im Wiener Raum. Wirklich einschneidende ökologische Veränderungen brachte allerdings erst die „Große Donauregulierung“, die 1875 in Angriff genommen wurde. Das Donauregulierungsprojekt war eine bedeutende Ingenieursleistung für die damalige Zeit, konnte aber zeitgemäß ökologische Fragen nicht berücksichtigen.

Die Regulierung führte zu einer starken Reduktion der ökologischen Integrität (SCHIERMER 2000) im Hinblick auf die strukturellen Gegebenheiten innerhalb des Flusslaufes, sowie der seitlichen Anbindung, dem Struktureichtum und Wasserhaushalt der Auen.

Abb. 2 skizziert die wesentlichen technischen Maßnahmen der großen Donauregulierung, sowie die unmittelbaren und langfristigen Veränderungen, die durch sie bedingt wurden. Die technischen Maßnahmen waren 1) die Schaffung eines stark befestigten Abflusskanals mit eingegengtem Profil, erhöhten Uferdämmen und einer starken Uferpanzerung, 2) die Errichtung von Hochwasserschutzdämmen, die das Inundationsgebiet in seiner Breite begrenzten und einen großen Teil der historischen Überflutungsgebiete völlig von erosiven Hochwässern abtrennten und 3) die Errichtung von Querdämmen (Traversen), in den weitgehend abgeschnittenen Seitenarmen des Flusses, um einen höheren Wasserstand im Aubereich sicherzustellen.

Dies hatte wesentliche Folgewirkungen. Vergleicht man die geographischen Aufnahmen aus der Zeit vor der Donauregulierung mit der derzeitigen Situation, so zeigt sich der enorme Verlust an Gewässerflächen, an Schotterbänken und flachen Uferzonen. Die

langfristigen Veränderungen, die die Regulierung auslöste, sind in Abb. 3 schematisch dargestellt. Die erhöhte Schleppkraft resultiert in einer Eintiefungstendenz des Flusses und beschleunigt dadurch die Desintegration von Fluss und Au.

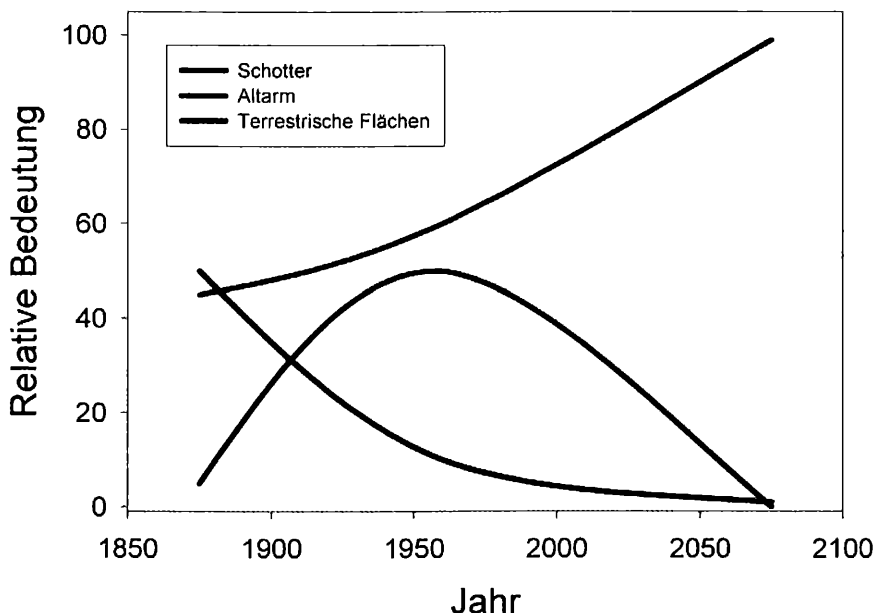


Abb. 3: Historische Veränderung der Habitatzusammensetzung in den Flussauen nach der Donauregulierung. Die Grafik basiert auf den Entwicklungen in der Regelsbrunner Au. – Historic changes in habitat composition in the backwater systems after the Danube regulation scheme based on information from the Regelsbrunn backwater system.

Die Abdämmung durchziehender Hochwässer hat zur Folge, dass angelandetes Feinmaterial nicht mehr abtransportiert wird und bewirkt eine erhöhte Verlandungstendenz in den Altarmen und Anlandungsprozesse im Auegebiet. Diese 2 gegenläufigen Prozesse führen zu einer zunehmenden Entkoppelung von Fluss- und Aulandschaft, die z. B. im Bereich des unteren Rheins schon sehr weit fortgeschritten ist und eine hydrologische Vernetzung weitgehend unterbindet.

Man muss sich vergegenwärtigen, dass diese Entwicklungstrends an der Donau noch nicht abgeschlossen sind, sondern kontinuierlich weiterlaufen. Die Veränderungen führten nicht nur zu einer Beeinträchtigung der natürlichen Selbstreinigungsprozesse, der Dynamik von Nährstoffkreisläufen und der Wasserretention, sondern auch der Habitat- und Biodiversität der charakteristischen Lebensgemeinschaften. Viele vormalis häufige Arten des Fluss-Auenkomplexes stehen auf der Roten Liste gefährdeter Taxa (Abb. 4, SCHIEMER 1999). Aus den angeführten Gründen sind kompensatorische Maßnahmen erforderlich.

Trotz der tiefgreifenden Veränderungen während der letzten 120 Jahre, zählen die Flussauen der freien Fließstrecke östlich von Wien zu den letzten großflächigen Resten dieses Landschaftstypus in Europa (DISTER 1994, SCHIEMER & WAIDBACHER 1992, 1994). Bereits jetzt erfüllt das Gebiet die strengen IUCN-Kriterien eines Nationalparks, da die natur-

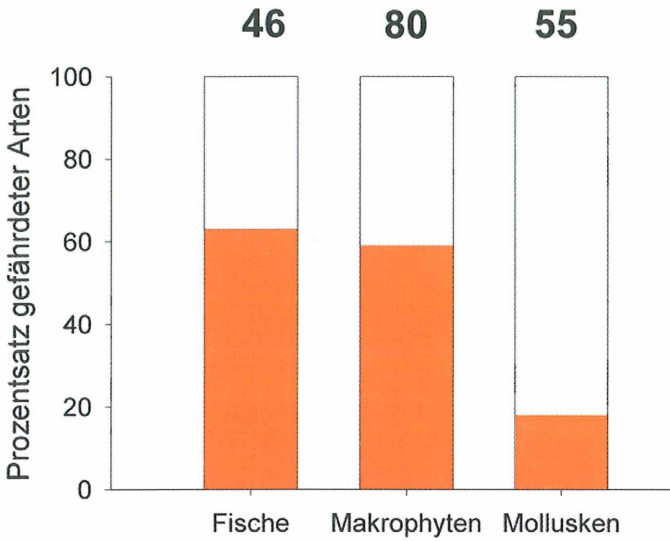


Abb. 4: Artenzahlen (Zahlenwerte über den Säulen) und prozentueller Anteil (grau) von gefährdeten Arten (Rote Liste) für 3 Indikatorgruppen (Fische, aquatische Makrophyten und aquatische Mollusken) im Nationalparkgebiet Donau. – Species number (values above bars) and percentage contribution (grey) of endangered species (national Red List) for 3 indicator groups (fish, aquatic macrophytes and aquatic molluscs) in the Danube national park.

nahen Prozessabläufe in einem vergleichsweise hohen Maße gewährleistet sind. Eine Inventur der Fauna und Flora unterstreicht die Bedeutung dieser Stromlandschaft als international bedeutender Kreuzungspunkt eines Ost-West und Nord-Süd ausgerichteten Landschaftskorridors, der überregionale Ausbreitungs- und Austauschvorgänge von Lebensgemeinschaften in einer ansonsten weitgehend verarmten Landschaft ermöglicht und somit eine hohe Biodiversität garantiert. Darüber hinaus ist das Auengebiet als

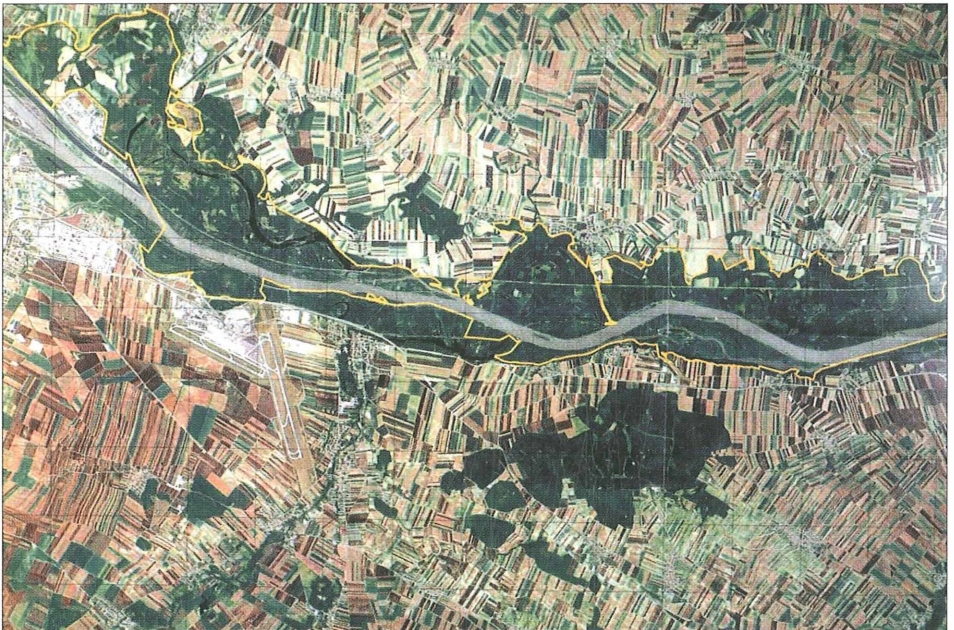


Abb. 5: Satellitenaufnahme des Nationalparkgebietes und der umgebenden Kulturlandschaft. – Satellite image of the national park area and the surrounding cultivated land.

Rückzugsgebiet für viele an Feuchtgebiete gebundene Tier- und Pflanzenarten in einer ökologisch stark verarmten Kulturlandschaft von Bedeutung (Abb. 5).

Im Sinne des Leitbildes Nationalpark sind jedoch ökologische Verbesserungen anzustreben. Vorschläge dazu sind bereits vor mehreren Jahren im Rahmen eines flussbaulichen Gesamtkonzepts von einem interdisziplinären Team von Hydrologen, Wasserbauern und Ökologen als Maßnahmenpaket entwickelt worden („Flussbauliches Gesamtkonzept“). Die wesentlichen Elemente dieses Maßnahmenpaketes sind vier aufeinander abgestimmte Teilkonzepte: a) Niederwasserregulierung, b) Uferstrukturierung, c) Sohlstabilisierung und d) die Vernetzung von Strom und Nebengewässern.

Ein wesentliches Erfordernis bezieht sich auf die Struktur der Flussufer, die durch die Regulierung besonders betroffen waren. Die Flussufer sind wichtig für Prozessabläufe (Nährstoffe, Selbstreinigung) und als Lebensräume für viele Organismen (NAIMAN & DECAMPS 1990).

Für die rheophilen Lebensgemeinschaften sind die Uferzonen der Fließgewässer besonders wichtig. Wir haben darauf in einem „Inshore Retention Concept“ hingewiesen (SCHIEDER et al. 2001), das besagt, dass die Umweltbedingungen Strömung, Temperatur, die Produktivität und der Schutzwert, die Habitatqualität für eine artenreiche Fauna besonders hoch sind (SCHIEDER & ZALEWSKI 1992; SCHIEDER et al. 1991). Mit der Öffnung von Seitenarmen mit hoher Anschlussdauer, d. h. mit einer Anbindung knapp über RNW werden solche Verhältnisse auch in den Seitenarmen wiederhergestellt. Darüber hinaus ist aber darauf zu achten, dass die Ufer der Donau selbst, von Blockwurfbefestigungen in Richtung flacher Uferstrukturen bei möglichst freien flussmorphologischen Prozessen sich entwickeln können.

Ein weiteres entscheidendes Element ist die Sicherstellung und Verbesserung des Wasseraustausches zwischen Strom und Au, sowohl über den begleitenden Grundwasserkörper als auch über Oberflächengewässer („Gewässernetzung“).

Die Restaurierung der hydrologischen Konnektivität zwischen Fluss und Auen wurde als wichtigster Schritt erkannt um die ökologischen Funktionen des Gesamtsystems zu verbessern.

Das Nationalparkgebiet besteht aus einer Reihe gut abgrenzbarer Flussauensegmente, die sich bezüglich ihrer bestehenden Anbindung an die Donau und der Verbesserungsmöglichkeiten deutlich unterscheiden. Dies bezieht sich auf den Zustand der aquatischen Habitate, ihrer Lebensgemeinschaften und ihrer Verlandungstendenz. Unterschiedliche Ansprüche im Hinblick auf Hochwasserschutz, Trinkwassergewinnung, usw. stellen ebenfalls wichtige Eckpfeiler für Restaurierungsmaßnahmen dar.

Wir haben 10 Segmente unterschieden, für die die Entwicklungsziele im Einzelnen definiert werden müssen. Die Skala reicht von sehr stark abgetrennten Auegebieten, z. B. der Oberen und Unteren Lobau, wo im Verlauf der letzten 120 Jahre besonders starke Verlandungsprozesse stattfanden und wo das Potential für eine Restaurierung durch die Erfordernisse des Hochwasserschutzes und der Trinkwassergewinnung für Wien stark eingeschränkt sind. Am anderen Ende der Skala stehen Aubereiche, die trotz Regulierung eine vergleichsweise starke Verbindung mit dem Fluss aufweisen, obwohl auch hier der Verlust an Wasserflächen zugunsten einer Terrestrialisierung dramatisch ist. Abb. 6 stellt diese unterschiedlichen Gegebenheiten für 4 der Segmente dar (durchschnittliche hydrologische Anbindung in % der aquatischen Fläche als öko-hydrologischer Index). In all diesen Fällen müssen lokale Entwicklungsziele definiert werden je-

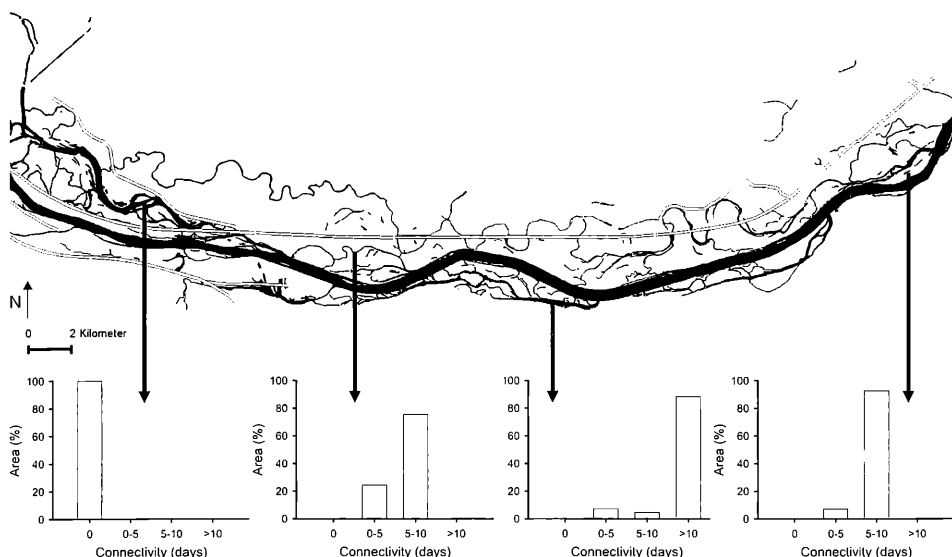


Abb. 6: Die freifließende Donau zwischen Wien und Bratislava mit den unterschiedenen Flussaussegmenten, für die individuelle Restaurierungsmaßnahmen zu konzipieren sind. Die Histogramme kennzeichnen die Prozentverteilung aquatischer Habitate, beurteilt nach der Anbindungsdauer. Die Grafik bezieht sich auf die Situation vor der Restaurierung. Für die punktiert ausgewiesenen Abschnitte „Lobau“ und „Regelsbrunn“ werden Restaurierungsmaßnahmen durchgeführt bzw. geplant („Stopfenreuth“). – The free-flowing section of the Danube from Vienna to Bratislava with different types of backwater systems where locally adapted restoration concepts were developed. The bar charts indicate percentage distribution of aquatic habitats, based on connectivity. The graph shows the ecological situation before restoration. Areas with ongoing or planned restoration measures („Lobau“, „Regelsbrunn“ and „Stopfenreuth“) are underlayed with gray colour.

doch ohne ein Gesamtkonzept des Naturschutzes für das Nationalparkgebiet aus den Augen zu verlieren.

Zur Beschreibung des ökologischen Zustandes, zur Beurteilung von Defiziten und zur Feststellung und Analyse von Verbesserungen bei Restaurierungsmaßnahmen ist es notwendig, ein Bioindikationssystem für große Fließgewässer zu entwickeln. Die bisherige Erfahrung hat gezeigt, dass aquatische und semiaquatische Makrophyten, Mollusken, Libellen und Fische sehr wichtige Indikatoren für den aquatischen Bereich darstellen.

Eine Abfolge von Restaurierungsprogrammen in den verschiedenen Abschnitten des Nationalparks ist in Ausführung beziehungsweise in Planung. Dieses schrittweise Vorgehen stellt eine für Flussauen hervorragende Möglichkeit dar, Restaurierungskonzepte für Flussauen zu entwickeln und Hypothesen über die Ökologie großer Flusssysteme anhand von großangelegten, landschaftsorientierten Experimenten zu testen. Die Formulierung von entsprechenden Monitoringprogrammen und die Entwicklung adäquater öko-hydrologischer Parameter sind eine wichtige Vorbedingung, um dieses Ziel zu erreichen (SCHIEMER 1994, SCHIEMER 1999).

Der wichtige erste Schritt: Das Restaurierungsprogramm „Regelsbrunn“

Das Projekt im Gewässerabschnitt Haslau-Regelsbrunn war ein wichtiger Schritt in der internationalen Entwicklung von Restaurierungsprogrammen großer Fließgewässer. Der Wert ergibt sich durch die Größe und reiche ökologische Gliederung des Gebietes, durch die langfristige interdisziplinäre Planung, der guten Abstimmung zwischen Flussbau, Naturschutz und Ökologie und dem umfassenden Monitoring-Programm, das einen reichen Erfahrungsgewinn erbrachte. Das Programm war Auslöser für eine Abfolge von weiteren Restaurierungsschritten im Nationalparkgebiet.

Das Konzept der Restaurierung und die gesetzten Maßnahmen sind schon vielfach dargestellt worden. Das Projektgebiet umfasst das Altarmsystem bei Regelsbrunn am rechten Donauufer zwischen Strom-km 1895,5 und Strom-km 1905. Das Altarmsystem wird von einem ehemaligen Donauarm dominiert, dessen offene Kommunikation mit dem Hauptgerinne im Zuge der großen Donauregulierung vor mehr als 100 Jahren oberstromig unterbunden wurde. Unterstromig kommunizierte der Altarm ab Mittelwasser frei mit der Donau. Über Traverseneinbauten ist das System in mehrere aufgestaute Becken untergliedert und in seiner Kontinuität unterbrochen. Vor der Restaurierung wurden die Altarme über mehrere Einströmbereiche im strombegleitenden Treppelweg an wenigen Tagen im Regeljahr durchflossen.

Das Regelsbrunner Altarmsystem bot sich wegen dieser relativ dynamischen Anbindung an den Fluss und wegen der vergleichsweise geringen technischen Maßnahmen, die zur Rückgestaltung erforderlich waren, für ein erstes, großangelegtes Restaurierungsprogramm an.

Trotz der relativ guten Vernetzung waren die ökologischen Defizite, die sich seit der Regulierung entwickelten, deutlich: Der hydrologische Längsschnitt durch das Altarmsystem von Regelsbrunn (Abb. 7) lässt klar erkennen, dass bei Mittelwasserstand der Donau (durchgezogene starke Linie) der Pegel in den Altarmen deutlich abgesenkt war. Dies bedeutete einen wesentlichen Verlust an Gewässerflächen. Betrachtet man die Habitatentwicklung im Auegebiet in den letzten 100 Jahren, so zeigt sich, dass das Gewässernetz insgesamt sehr stark reduziert wurde, dass Flachwasserzonen und Schotterflächen stark zurückgegangen sind, und dass es zu einer deutlichen Verschiebung von Pionierstandorten in Richtung Auwald und von dynamisch angebundenen zu stagnierenden Altarmen gekommen ist.

Im Rahmen des Restaurierungsprojektes wurde der Uferbegleitweg an mehreren Stellen, an denen eine natürliche Anbindung in Form von Durchflussgräben bestand, abgesenkt (siehe Abb. 7). Zusätzlich wurde an den fünf Einströmbereichen ein kontrollierbarer Kastendurchlass auf ein Niveau MW $-0,5$ m eingebaut. Durch die Absenkung von Traversen bzw. Erhöhung ihrer Durchlässigkeit wurde die Durchflutung deutlich erhöht und die Wasserretention in den Altarmen sehr stark herabgesetzt (SCHIEMER 1995, TOCKNER & SCHIEMER 1997, TOCKNER et al. 1998).

Die prognostizierten Veränderungen in der Hydrologie des Altarmsystems und seiner Vernetzung mit der Donau sind in Abb. 8 dargestellt. Vor Durchführung der Restaurierungsmaßnahmen war das Auegebiet nur an wenigen Tagen durchflossen. Danach ist das Altarmsystem durchschnittlich über 200 Tage im Jahr angebunden. Die Graphik kennzeichnet die Durchflussmengen im Auegebiet in Abhängigkeit der Wasserführung der Donau.

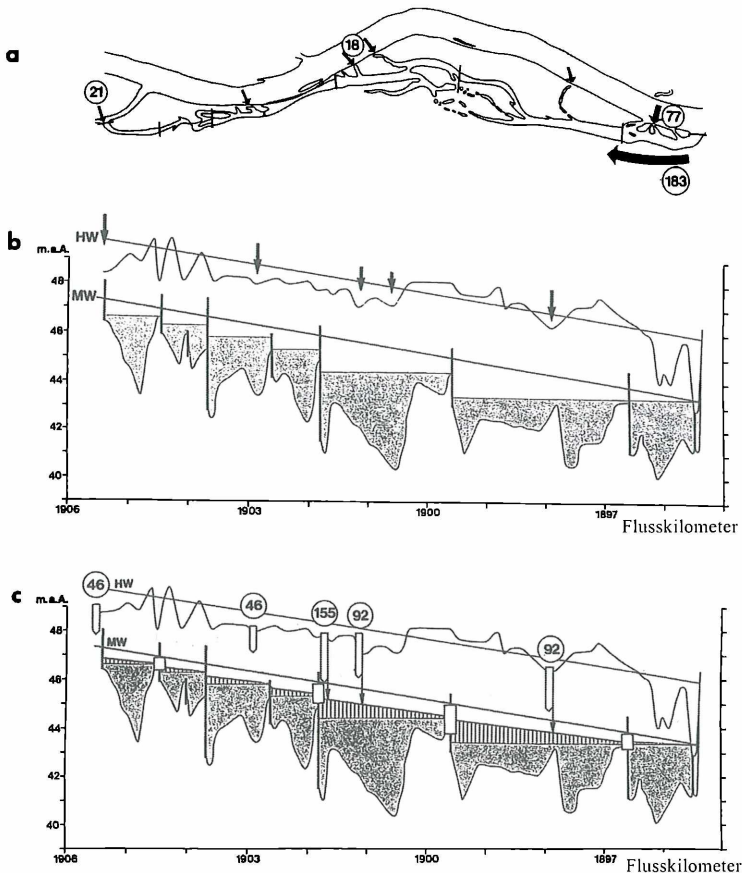


Abb. 7: a) Übersichtsplan der Augewässer bei Regelsbrunn: Schwarze Balken = Quertraversen. Oberflächliche Anbindung an die Donau vor Baumaßnahmen (schwarze Pfeile; Dauer in Tagen, bezogen auf das Regeljahr). b) Durchgeführte Restaurierungsmaßnahmen zur Erhöhung der hydrologischen Konnektivität: 1. Absenkung des Uferbegleitweges an der Überströmstrecke auf MW +1,0 m (Strom-km 1903,1) bzw. auf MW (Strom-km 1901,7) und an zwei Stellen auf MW +0,5 m (Strom-km 1901,1 und 1897,5). Die Absenkbereiche sind in der Skizze überproportional breit eingezeichnet. Die Zahlen geben die Überschreitungsdauer in Tagen an. 2. Einbau von Kastendurchlässen mit Niveau MW –0,5 m an den drei letztgenannten Stellen. 3. Absenkung einzelner Traversen bzw. Einbau von Kastendurchlässen um den Abfluss zu erhöhen (als Fenster in 7c) angedeutet). c) Längsschnitt durch das Altarmsystem (Wasserspiegel bei Mittelwasser) in Relation zum Verlauf des Uferbegleitweges (dünne Linie) und der Wasserlinie der Donau bei Mittelwasser (MW) und einjähriger Hochwasserführung (HSW). – Map of the Regelsbrunn backwater: black bars = check dams. Surface connectivity to the Danube before restoration (black arrow; duration in days per average year). b) Restoration measures 1. Lowering of the summer dike to mean water level +1.0 m (river kilometer 1903,1), mean water level (r.km 1901,7) and mean water + 0.5 m (r.km 1901,1 and 1897,5). The lowered sections are drawn out of scale. Numbers indicate duration of connectivity in days. 2. Implementation of culverts with lowest level at mean water –0.5 m at the last 3 sections. 3. Lowering of check dams and/or implementation of culverts to increase throughflow (indicated as rectangles in fig. 7c). c) Longitudinal section of the backwater system (mean water level) in relation to the contour of the summer dike (normal line) and the water level of the Danube at mean water level (MW) and for one year return flood event (HSW; straight lines).

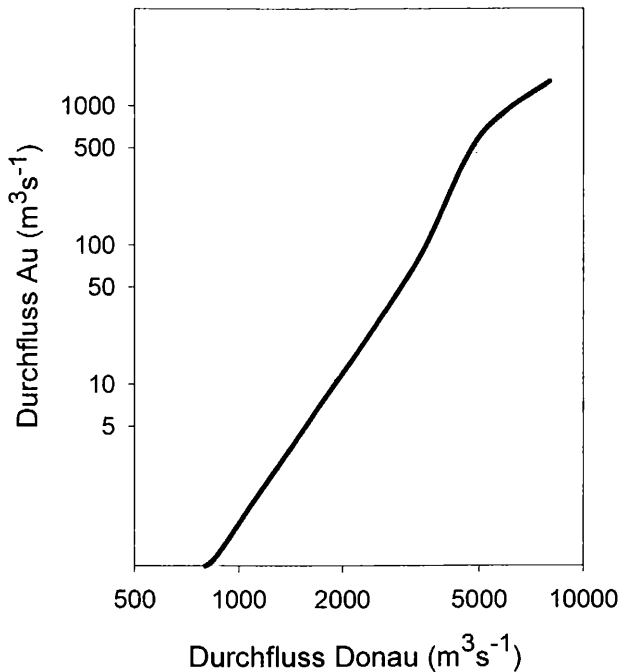


Abb. 8: Der Zusammenhang zwischen der Wasserführung der Donau und dem Wassereintritt in das Auegebiet von Regelsbrunn vor (orange) und nach (blau) der Restaurierung. – Amount of water supply to the backwater system as a function of the Danube discharge before (orange) and after (blue) the restoration.

Welche ökologische Verbesserungen wurden erwartet?

Die Prognosen waren:

1. eine stärkere flussmorphologische Dynamik, Schotterverlagerungen und Feinsedimentaustrag,
2. eine Zunahme der aquatischen Flächen, und
3. eine Verbesserung des Wertes der Altarme als Lebensraum für Arten, die durch eine stärkere Vernetzung begünstigt werden.

Abb. 9 skizziert die Erwartungen über die Verbesserungen der Situation für charakteristische rheophile Lebensgemeinschaften am Beispiel eng eingesicherter benthischer Fischarten, wie z. B. die Donauperciden Zingel und Streber. Beide Arten weisen sehr enge Strömungspräferenzen auf (siehe Insert, ZAUNER 1996). Durch die Donauregulierung ging ein breiter Gradient von Strömungsgeschwindigkeiten verloren und der verfügbare Lebensraum solcher Arten wurde auf wenige ufernahe Bereiche eingeschränkt. In den Altarmen konnten solche Arten nie festgestellt werden. Wir erwarteten, dass diese ökologische Gilde unter den restaurierten Bedingungen in den durchströmten Seitenarmen günstige Verhältnisse vorfindet. Ähnliche Erwartungen bestanden bezüglich der Jugendstadien gefährdeter Flussfischarten.

Welche ökologischen Verbesserungen wurden tatsächlich erzielt? Die Nachfolgeuntersuchungen zeigten klar, dass die Erwartungen nur teilweise erfüllt werden konnten. Überraschend hoch war der Grad an flussmorphologischen Veränderungen, in Form einer Umlagerungen von Schotter und Feinsedimenten innerhalb des Altarmsystems. Hingegen sind die erwarteten Verbesserungen des Habitatwertes für rheophile Lebensgemeinschaften in einem nur geringen Ausmaße erkennbar, das zeitliche Ausmaß der

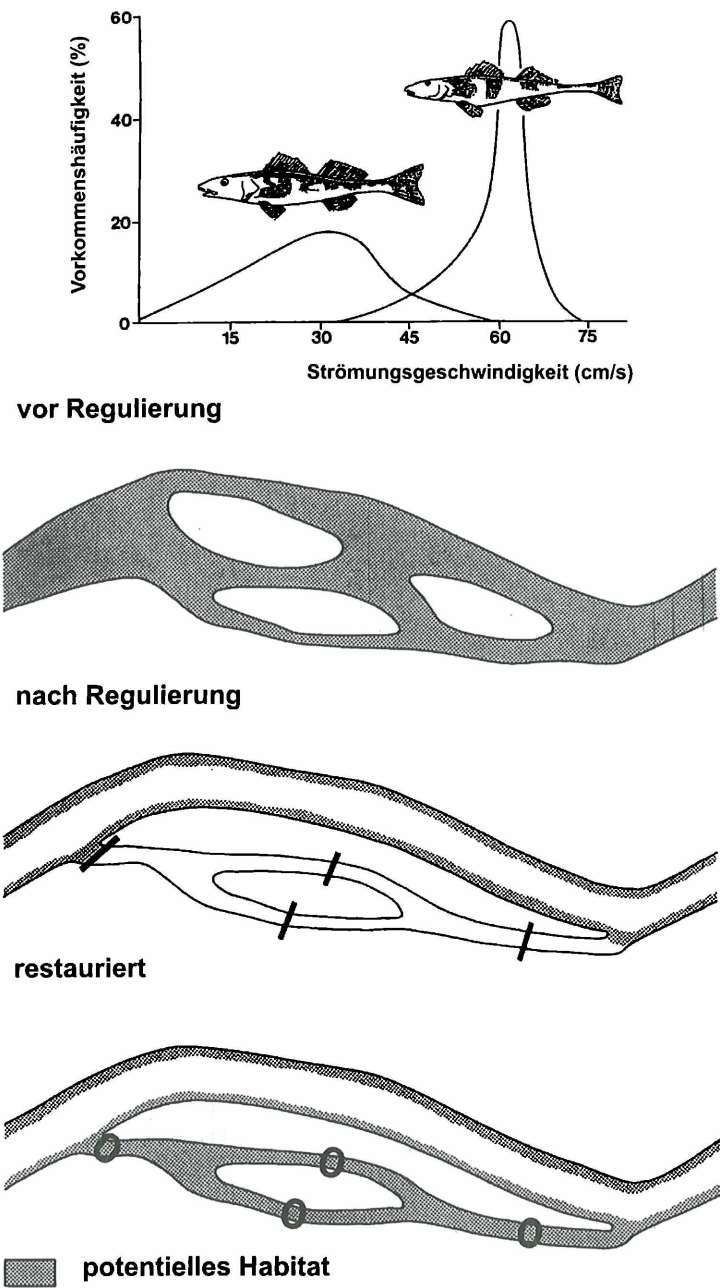


Abb. 9: Der potentielle Lebensraum von benthischen, rheophilen Fischen am Beispiel von 2 Donauperciden (*Zingel zingel* und *Zingel streber*) in der Zeit vor der Regulierung, nach der Regulierung und nach der Restaurierung. Die Inserts kennzeichnen die Strömungspräferenzen der 2 Arten nach ZAUNER 1996 (nach SCHIEMER et al. 1999). – Potential habitat of benthic and rheophilic fishes taking *Zingel zingel* and *Zingel streber*; two Danube percs as example. Top panel: velocity preferences of the two species according to ZAUNER 1996, lower 3 panels: situation before and after regulation and after restoration, respectively (according to SCHIEMER et al. 1999).

hydrologischen Anbindung ist offenkundig nicht ausreichend. Das heißt, es besteht eine deutliche Diskrepanz zwischen Erwartung und dem tatsächlichen Erfolg im Hinblick auf eine Verbesserung der Lebensraumverhältnisse für eine charakteristische und gefährdete Lebensgemeinschaft von rheophilen Arten.

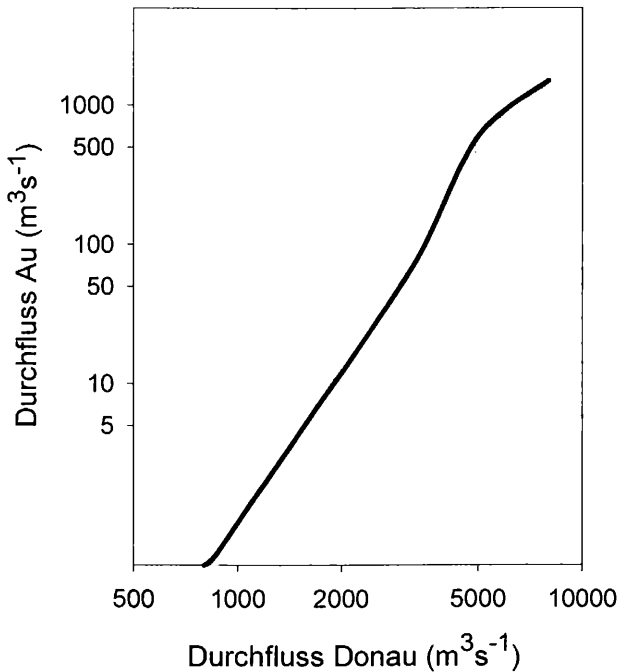


Abb. 8: Der Zusammenhang zwischen der Wasserführung der Donau und dem Wassereintritt in das Auegebiet von Regelsbrunn vor (orange) und nach (blau) der Restaurierung. – Amount of water supply to the backwater system as a function of the Danube discharge before (orange) and after (blue) the restoration.

Welche ökologische Verbesserungen wurden erwartet?

Die Prognosen waren:

1. eine stärkere flussmorphologische Dynamik, Schotterverlagerungen und Feinsedimentaustrag,
2. eine Zunahme der aquatischen Flächen, und
3. eine Verbesserung des Wertes der Altarme als Lebensraum für Arten, die durch eine stärkere Vernetzung begünstigt werden.

Abb. 9 skizziert die Erwartungen über die Verbesserungen der Situation für charakteristische rheophile Lebensgemeinschaften am Beispiel eng eingesicherter benthischer Fischarten, wie z. B. die Donauperciden Zingel und Streber. Beide Arten weisen sehr enge Strömungspräferenzen auf (siehe Insert, ZAUNER 1996). Durch die Donauregulierung ging ein breiter Gradient von Strömungsgeschwindigkeiten verloren und der verfügbare Lebensraum solcher Arten wurde auf wenige ufernahe Bereiche eingeschränkt. In den Altarmen konnten solche Arten nie festgestellt werden. Wir erwarteten, dass diese ökologische Gilde unter den restaurierten Bedingungen in den durchströmten Seitenarmen günstige Verhältnisse vorfindet. Ähnliche Erwartungen bestanden bezüglich der Jugendstadien gefährdeter Flussfischarten.

Welche ökologischen Verbesserungen wurden tatsächlich erzielt? Die Nachfolgeuntersuchungen zeigten klar, dass die Erwartungen nur teilweise erfüllt werden konnten. Überraschend hoch war der Grad an flussmorphologischen Veränderungen, in Form einer Umlagerungen von Schotter und Feinsedimenten innerhalb des Altarmsystems. Hingegen sind die erwarteten Verbesserungen des Habitatwertes für rheophile Lebensgemeinschaften in einem nur geringen Ausmaße erkennbar, das zeitliche Ausmaß der

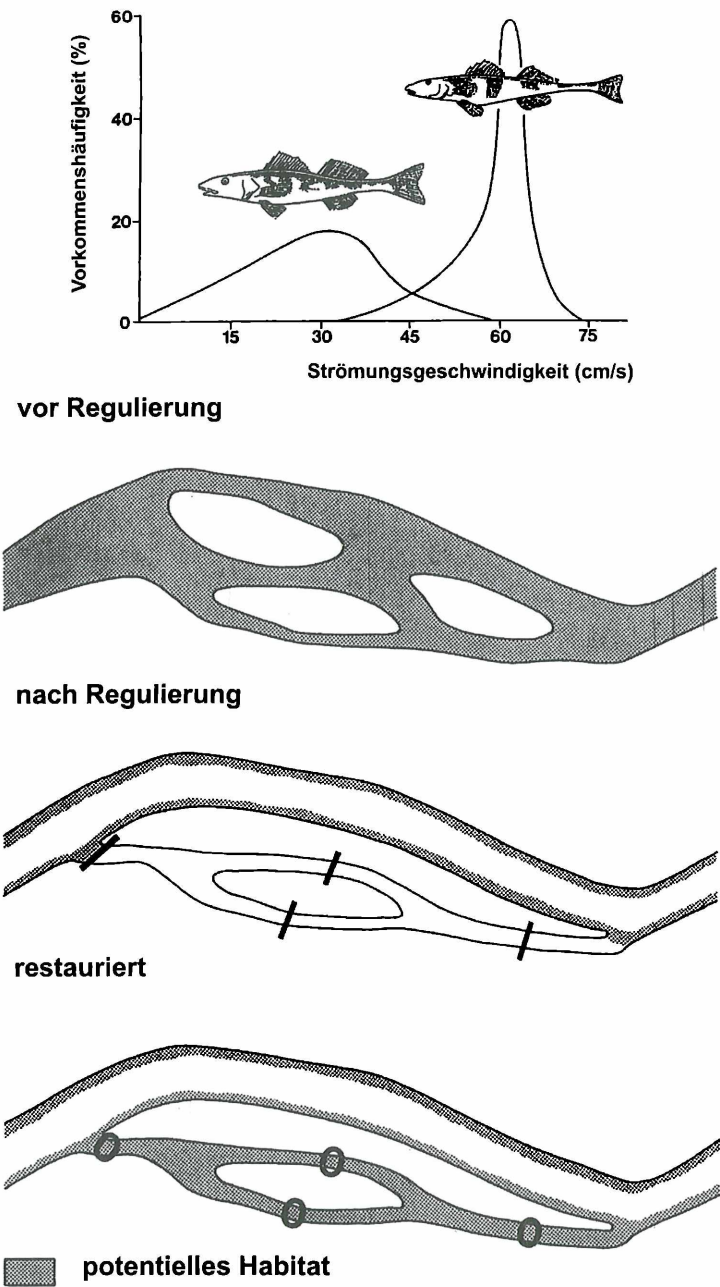


Abb. 9: Der potentielle Lebensraum von benthischen, rheophilen Fischen am Beispiel von 2 Donauperciden (*Zingel zingel* und *Zingel streber*) in der Zeit vor der Regulierung, nach der Regulierung und nach der Restaurierung. Die Inserts kennzeichnen die Strömungspräferenzen der 2 Arten nach ZAUNER 1996 (nach SCHIEMER et al. 1999). – Potential habitat of benthic and rheophilic fishes taking *Zingel zingel* and *Zingel streber*; two Danube percids as example. Top panel: velocity preferences of the two species according to ZAUNER 1996, lower 3 panels: situation before and after regulation and after restoration, respectively (according to SCHIEMER et al. 1999).

hydrologischen Anbindung ist offenkundig nicht ausreichend. Das heißt, es besteht eine deutliche Diskrepanz zwischen Erwartung und dem tatsächlichen Erfolg im Hinblick auf eine Verbesserung der Lebensraumverhältnisse für eine charakteristische und gefährdete Lebensgemeinschaft von rheophilen Arten.

Öko-hydrologische Modelle und Parameter

Diese Diskrepanz zeigt die Notwendigkeit auf, öko-hydrologische Parameter zu definieren, die erlauben Veränderungen in den Prozessabläufen und in der Biodiversität charakteristischer Indikatorgruppen präziser zu prognostizieren.

Von großem Wert in dieser Hinsicht erwies sich die Entwicklung eines öko-hydrologischen Modells (Abb. 10). Das Modell erfordert detaillierte topografische Angaben über das Auenrelief und quantitative Daten über die hydrologische Verbindung, d. h. den Zusammenhang des Wassereinflusses in die Au in Abhängigkeit von der Wasserführung der Donau. Die Ausgangsdaten des Modells sind Informationen über die einzelnen Gewässerabschnitte: Hydrologie, Wasserqualität und Primärproduktion.

Ein wesentlicher Parameter ist das „Wasseralter“ in den einzelnen Becken. „Water age“ trägt den verschiedenen Routen, mit denen das Wasser in das Auegebiet gelangt und den Austauschprozessen zwischen den verschiedenen Altarmen Rechnung. Der Parameter berechnet die durchschnittliche Aufenthaltszeit des Wassers in den Becken. Das Alter des Donauwassers wird dabei mit Null angesetzt. „Water age“ ist ein signifikanter Parameter um limnologische Prozessabläufe zu verstehen.

Abb. 11 zeigt den Zusammenhang von verschiedenen Eigenschaften des Wasserkörpers in Abhängigkeit vom „water age“. Dieser funktionale Zusammenhang ist auf einem sehr umfassenden Untersuchungsmaterial begründet, das im Verlauf der letzten 5 Jahre in

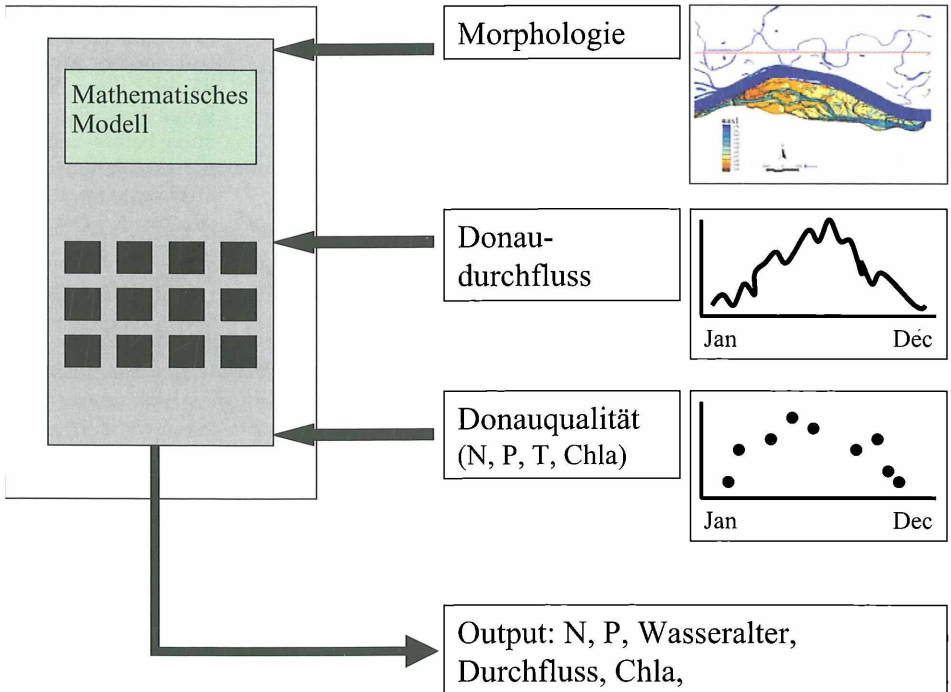


Abb. 10: Schematische Struktur des ökohydrologischen Modells, das für die Prognose der hydrologischen und limnologischen Gegebenheiten im Auensystem von Regelsbrunn, entwickelt wurde. – Structure of the eco-hydrological model developed and used for the prediction of the hydrological as well as limnological situation in the backwater system Regelsbrunn.

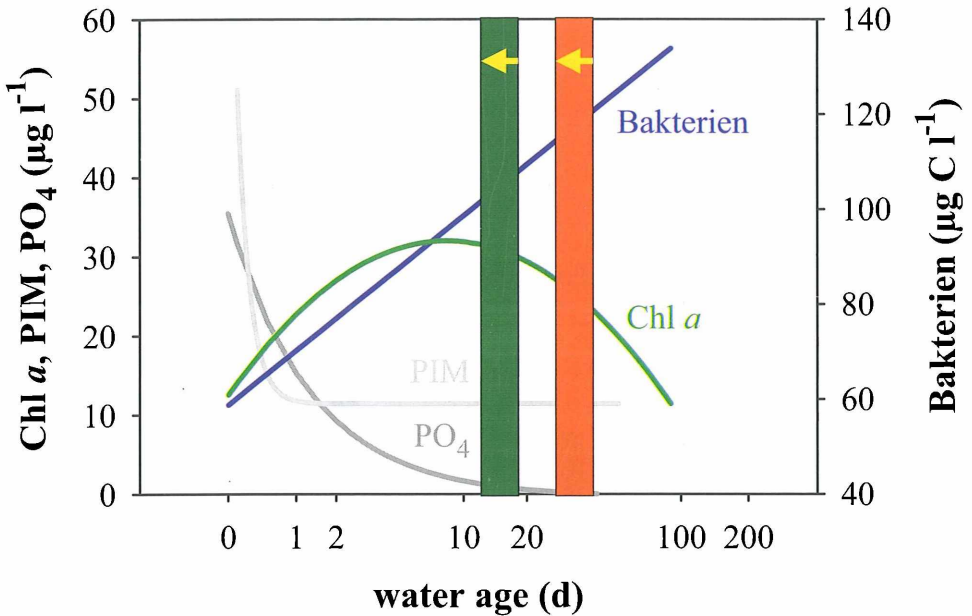


Abb. 11: Funktioneller Zusammenhang zwischen „water age“ und verschiedenen gewässerökologischen Parametern. Erklärung siehe Text. Eingetragen sind die durch die Restaurierung erzielten Veränderungen am Beispiel von 2 Standorten. – Reaction of several limnological parameters towards water age. Explanations see text. The changes achieved by the restoration are given for two locations.

verschiedenen Augenbieten der Donau erhoben worden ist (HEIN et al. 1999, TOCKNER et al. 1999, BARANYI et al. 2002). Der hohe Schwebstoffgehalt und die hohen Phosphorkonzentrationen des Donauwassers nehmen in den Altarmen innerhalb der ersten Tage bereits stark ab, während Chlorophyll *a* und die bakterielle Biomasse ansteigen. Der Parameter erweist sich als sehr geeignet um die Sukzession von Phytoplankton und Zooplankton zu beschreiben bzw. Phasen zu unterscheiden, in denen die Kontrolle von Prozessabläufen von abiotischen Gegebenheiten auf biotische Interaktionen übergeht.

In diese Abbildung (11) der funktionalen Beziehungen, die für eine Prognose von Gewässerzuständen unerlässlich sind, wurde beispielhaft für 2 Altarme in Regelsbrunn die durchschnittlichen Veränderungen in dem Parameter Wasseralter eingetragen, welche die Restaurierung erbrachte. Die berechneten Veränderungen beziehen sich auf eine Zeitserie von 4 Jahren (1994–1998). Das Ergebnis dieser Berechnungen zeigt sehr klar, dass trotz der deutlich häufigeren Anbindung der Altarme an die Donau im langjährigen Durchschnitt nur eine geringe Wasserverjüngung erzielt werden konnte.

Ein zweiter wesentlicher öko-hydrologischer Parameter stellt die Anschlussdauer von Altarmen an den Fluss dar. Das zeitliche Ausmaß der oberstromigen Anbindung, bezogen auf ein Jahr, erweist sich als besonders wichtig, um den Wert von Augewässern als Lebensraum für langlebige Organismen zu indizieren. Im Verlauf der letzten 10 Jahre konnte im Bereich der freien Fließstrecke zwischen Wien und Bratislava ein sehr umfassendes Datenmaterial über die Geomorphologie der Flussauen sowie über die Verteilung der Fauna und Flora erhoben und ausgewertet werden (RECKENDORFER in Vorb.). Abb. 12 stellt den Zusammenhang zwischen der durchschnittlichen Anschlussdauer und der an-

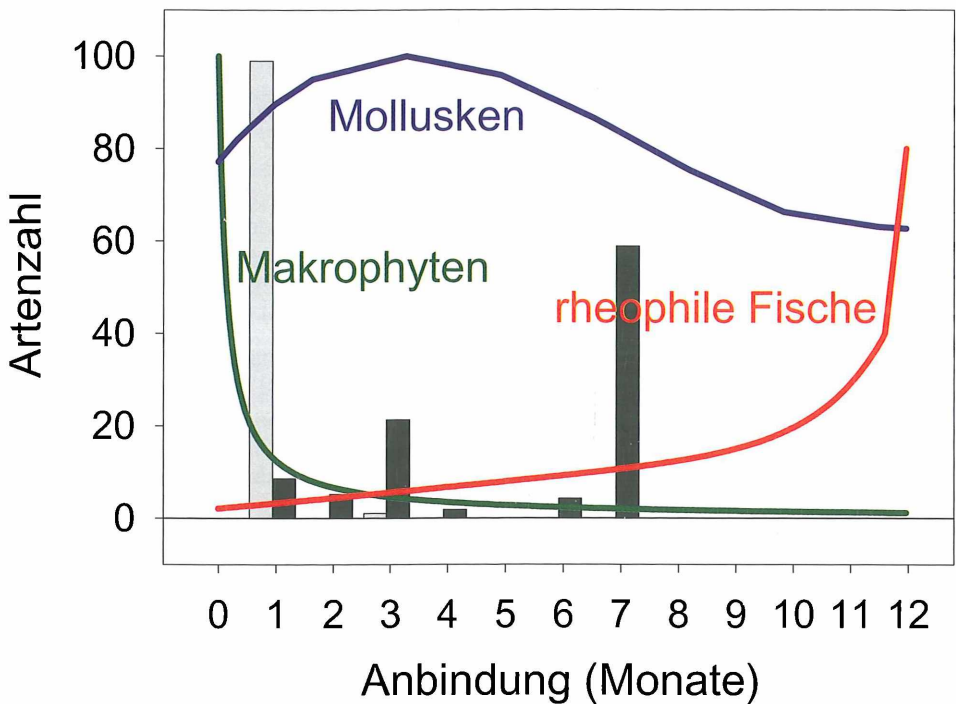


Abb. 12: Funktioneller Zusammenhang der Biodiversitätsverteilung von 3 Indikatorgruppen (aquatische Makrophyten – grüne Linie, aquatische Mollusken – blau Linie und rheophile Fische – rote Linie) in Abhängigkeit vom Grad der Anbindung an die Donau im Altarmsystem Regelsbrunn. Die Anschlussdauer bezieht sich auf die oberstromige Anbindung in Tagen/Jahr. Die Balken repräsentieren die Verteilung (% Flächenanteile) von Augewässern vor (grau) und nach (schwarz) Restaurierung. – Biodiversity of 3 indicator groups (aquatic makrophytes – green line, aquatic molluscs – blue line and rheophilic fishes – red line) in relation to connectivity between Danube and backwater. The connectivity is measured as days of upstream connection between main channel and backwater. Bars give the percentage distribution of backwater habitats for the respective connectivity class (gray – before, black – after restoration).

getroffenen Biodiversität dar. Für die Grafik wurden beispielhaft 3 Organismengruppen ausgewählt, die insgesamt sehr unterschiedliche Ansprüche aufweisen. Aquatische Makrophyten erreichen ihre höchste Artenzahl an den nicht oder nur selten durchflossenen Standorten. Aquatische Mollusken weisen ein breites Spektrum mit höchsten Artenzahlen im mittleren Anschlussbereich auf. Die ökologische Gruppe der Flussfische hingegen erfordert eine sehr langfristige Anbindungsdauer.

In diese funktionale Beziehung von Anbindungsdauer und Biodiversitätsmuster wurde der Zustand der Regelsbrunner Augewässer vor und nach der Restaurierung projiziert. Dieser Vergleich macht augenscheinlich, dass die Verschiebung in Richtung höherer Anbindungsdauer zwar deutlich ist, dass aber die Verbesserung der Situation unzureichend ist, um den Habitaterfordernissen einer rheophilen Assoziation zu entsprechen.

Die nächsten Schritte

Eines der ganz wichtigen Ergebnisse dieses ersten großangelegten Restaurierungsprogrammes war die Entwicklung solcher prognostischer Modelle, die eine verbesserte Abschätzung der ökologischen Auswirkungen von Maßnahmen ermöglichen. Die Erfahrungen von Regelsbrunn haben gezeigt, dass eine wesentlich stärkere Konnektivität angestrebt werden muss, indem die Verbindungsfenster zur Donau tiefer und breiter angelegt werden.

In dem Folgeprogramm Orth konnte diesen Erfahrungen bereits Rechnung getragen werden. Die Einströmbereiche wurden hier auf Mittelwasser minus 1 m gesetzt und damit eine Anschlussdauer von ca. 300 Tagen erzielt. Dieses Niveau stellt einen Kompromiss zwischen den Wünschen der Ökologie nach möglichst verstärkter Anbindung und den Ansprüchen der Schifffahrt dar, bei niedrigen Wasserständen der Donau, die für die Schifffahrt erforderlichen Mindestwassertiefen zu erhalten.

Abb. 13 zeigt die prognostizierten Veränderungen in der Biodiversität, die durch diese Maßnahmen erzielt werden.

Dieser schrittweise Prozess in der Entwicklung von Restaurierungsprogrammen ermöglicht es, einen optimalen Einklang zwischen Nutzungsansprüchen, ökologischen Funktionen und Naturschutz zu finden. Ein vorsichtiges Vorgehen trägt dem Umstand Rechnung, dass wir uns bezüglich der Reaktion von landschaftsökologischen Prozessen auf

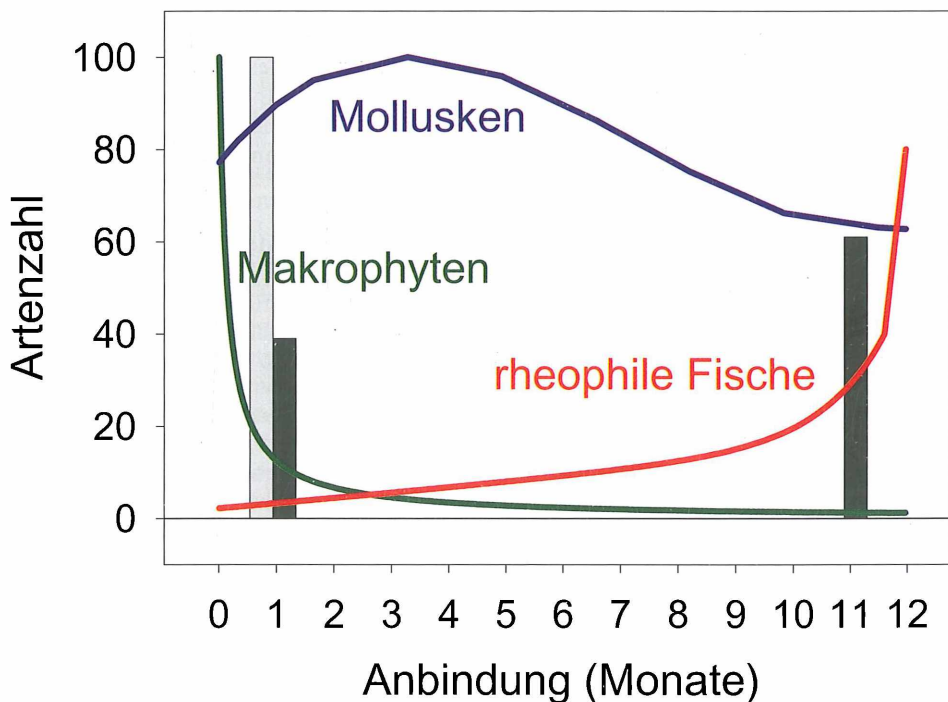


Abb. 13: Siehe Abb. 12: eingetragen ist die Verteilung von Augewässern im Restaurierungsbereich von Orth vor und nach Restaurierung. – As in fig. 12: Bars refer to the situation in the Orth backwater system.

hydrologische und flussmorphologische Eingriffe erst in einer Lernphase befinden und die prognostischen Möglichkeiten noch nicht vollständig entwickelt sind.

Das Restaurierungsprogramm in Orth war diesbezüglich ein konsequenter Schritt, aufbauend auf den Erfahrungen von Regelsbrunn. Die Planung der Gewässervernetzung im Gebiet von Stopfenreuth führt diese Erfahrungen folgerichtig weiter. Im Wesentlichen geht es dabei darum, die Anbindung in einem Ausmaß wiederherzustellen, dass flussmorphologische Dynamik und rheophile Lebensgemeinschaften gestärkt werden.

Neben einer Verbesserung der Gewässervernetzung ist es ein wichtiges Anliegen eines ökologisch orientierten Flussmanagements den Struktureichtum und die Funktionalität der Uferbereiche zu verbessern. Auf die hohe Bedeutung der Uferzonen im Sinne des „Inshore Retention Konzeptes“ (SCHIEMER et al. 2001) konnte bereits verwiesen werden.

Ein weiteres wichtiges Entwicklungsziel sind Feuchtgebiete und Verlandungszonen im Randbereich der Flussaulandschaft. Durch die Regulierung und die dadurch bedingte Einschränkung der seitlichen Ausdehnung der Hochwässer wurde das Ausmaß von Feuchtgebieten und verlandeten Kleingewässern, die nur sporadisch von Hochwässern erreicht wurden flächenmäßig stark reduziert. Dies zeigt sich z. B. in der hohen Gefährdung von Fischarten wie Hundsfisch oder Schlammpeitzger, die für solche Auenrandbereiche kennzeichnend sind. In den Entwicklungskonzepten sollte dieser Lebensraumtypus besondere Berücksichtigung finden. Wir können davon ausgehen, dass durch die Gewässervernetzung in reichstrukturierten Auegebieten, z. B. Regelsbrunn, auch dieser Habitattypus gefördert wird. Eine starke Förderung kann im Gebiet der Lobau erfolgen. Allerdings setzt dies eine verstärkte erosive Anbindung der Unteren Lobau voraus, wenn eine langfristige Erhaltung gewährleistet werden soll. Dieses Konzept wurde im Zusammenhang mit der Entwicklung der ökologischen Ziele für die Untere Lobau diskutiert (SCHIEMER in Mauskript). Daneben ist zu überprüfen inwieweit durch kontrollierte Dammöffnungen solche Feuchtgebiete entwickelt werden können.

Leitlinien für ein ökologisch orientiertes Management von Flussauen

Auf Grund unserer Erfahrungen lassen sich einige Leitlinien für die Evaluierung des ökologischen Zustandes von Flussauen, ihres Restaurierungspotentiales und für die Entwicklung von Managementkonzepten ableiten:

- Orientierung an einem Ökosystem anstelle eines artenzentrierten Konzeptes.
Es ist es wichtig, bei der Planung und Konzeption eines Naturschutzmanagements und von Restaurierungs- und Verbesserungsmaßnahmen einen holistischen, systemorientierten Ansatz zu Grunde zu legen, der auf die ursprüngliche flussmorphologische Dynamik Bezug nimmt. Die stark divergierenden Ansprüche (und Indikationsbereiche!) einzelner taxonomischer Gruppen – z. B. Makrophyten, Mollusken oder Fische – müssen in einer systemorientierten Beurteilung integriert werden.
Der Systemansatz muss sich auf die wesentlichen funktionellen Attribute vor allem hydrologische Prozesse, Konnektivität und flussmorphologische Prozesse orientieren.
- Leitbild
Die ökologischen Entwicklungsziele von Restaurierungsmaßnahmen müssen sich an Leitbildern orientieren, die von den historischen Gegebenheiten und der ursprünglichen flussmorphologischen Dynamik abgeleitet werden.

- **Reversibilität und Nachhaltigkeit**

Ein wichtiger Aspekt bei der Planung ökologischer Verbesserungsmaßnahmen ist die Frage, inwieweit unter den derzeitigen Möglichkeiten und Einschränkungen eine hydrologische und flussmorphologische Restaurierung möglich ist und welche Entwicklung sich einstellen wird ohne ständige Eingriffe erforderlich zu machen (Nachhaltigkeit).

Reversibilität bezieht sich auf die Frage, in welchem Ausmaß quantitativ und qualitativ die Bedingungen vor der Regulierung wiederhergestellt werden können, wenn man die durch die Regulierung eingeleitete Verlandung und die geänderten Bedingungen im Abflussregime, im Schottertransport und in der Nährstoffbelastung von Flüssen berücksichtigt. Ein weiterer Aspekt in der Reversibilität ist der potentielle Konflikt zwischen Erfordernissen z. B. im Hinblick auf Hochwasserkontrolle, Schifffahrt, Trinkwassergewinnung etc. versus den Erfordernissen für den Naturschutz. Die Planung von Restaurierungsmaßnahmen bekommt in diesem Zusammenhang eine politische Relevanz und Bedeutung.

Ein wichtiger Aspekt bezieht sich auf die Nachhaltigkeit von Maßnahmen, d. h. welcher Zustand eines dynamischen Gleichgewichtes von flussmorphologischen und ökologischen Verhältnissen sich einstellen wird ohne dass kontinuierliche Managementmaßnahmen erforderlich sind und sowohl den menschlichen Nutzungsansprüchen als auch dem Naturschutz Genüge getan ist.

- **Interdisziplinarität**

Die Konzeption und Planung sollte interdisziplinär angelegt werden und möglichst von Beginn an Ökologie, Hydrologie und Wasserbau verbinden. Die österreichischen Erfahrungen über interdisziplinäre Planung haben sich außerordentlich bewährt.

- **„Adaptives Management“**

Da die vorliegenden Erfahrungen mit der Restaurierung großer Flusssysteme noch sehr beschränkt sind, ist es unbedingt erforderlich in Form kontrollierbarer Eingriffe und in kleinen Schritten verbunden mit einem möglichst langfristigen Monitoring-Programm („learning by doing“) vorzugehen. Im Rahmen des Donau-Restaurierungs-Programms Regelsbrunn zum Beispiel erfolgte eine dreijährige Untersuchung des ökologischen Zustandes vor Restaurierung. Auch die Auswirkungen der Maßnahmen werden über drei Jahre verfolgt werden.

- **Langzeit-Monitoring**

Zufolge des erst langsam wachsenden Kenntnisstandes ist es erforderlich, bei allen geplanten Maßnahmen langfristige Monitoring-Programme durchzuführen, die eine exakte Erfassung des Zustandes vor und nach den Restaurierungsmaßnahmen ermöglichen. Nur so kann für große Fließgewässer ein entsprechendes Wissen, entsprechender Erfahrungsschatz und Beurteilungsmöglichkeit entwickelt werden.

Literatur

- BARANYI C., HEIN T., HOLAREK C., KECKEIS S. & SCHIEMER F., 2002: Zooplankton biomass and community structure in a Danube floodplain system: effects of hydrology. *Freshwater Biology* 47 (3), 473–482.
- DISTER E., 1994: The function, evaluation and relicts of near-natural floodplains. – In KINZELBACH, R. (Ed.): *Biologie der Donau – Limnologie Aktuell* 2, 317–329.
- HEIN T., HEILER G., PENNETZDORFER D., RIEDLER P., SCHAGERL M. & SCHIEMER F., 1999: The Danube restoration project: functional aspects and planktonic productivity in the floodplain system. *Regulated Rivers: Research and Management* 15, 259–270.

- NAIMAN R. J. & DECAMPS H. (Eds.), 1990: Ecology and Management of Aquatic-Terrestrial Ecotones. – UNESCO, Paris and Parthenon, Carnforth, UK.
- SCHIERER F. & WAIDBACHER H., 1992: Strategies for conservation of a Danubian fish fauna. – In: BOON, P. J., CALOW, P. & G. E. PETTS (Eds.): River conservation and management, 363–382. John Wiley & Sons Ltd.
- SCHIERER F. & WAIDBACHER H., 1994: Naturschutzerfordernisse zur Erhaltung einer typischen Donau-Fischfauna. – In: KINZELBACH, R. (Ed.): Biologie der Donau – Limnologie Aktuell 2, 247–265.
- SCHIERER F. & ZALEWSKI M., 1992: The importance of riparian ecotones for diversity and productivity of riverine fish communities. – Netherlands Journal of Zoology 42, 323–335.
- SCHIERER F., 1994: Monitoring of floodplains: limnological indicators. – Stapfia 31, 95–107.
- SCHIERER F., 1995: Revitalisierungsmaßnahmen für Augewässer – Möglichkeiten und Grenzen. – Archiv für Hydrobiologie Suppl. 101, 163–178.
- SCHIERER F., 1999: Conservation of biodiversity in floodplain rivers. Large Rivers 11/3, Suppl. 115/3, 423–438.
- SCHIERER F., 2000: Fish as indicators for the assessment of the ecological integrity of large rivers. Proceedings on a workshop on ecological integrity in Vienna. Hydrobiologia 422/423, 271–278.
- SCHIERER F., BAUMGARTNER C. & TOCKNER K., 1999: The Danube restoration project: conceptual framework, monitoring program and predictions on hydrologically controlled changes. – Regulated Rivers.
- SCHIERER F., SPINDLER T., WINTERSBERGER H., SCHNEIDER A. & CHOVANEC A., 1991: Fish fry associations: Important indicators for the ecological status of large rivers. – Verhandlungen der internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie 24, 2497–2500.
- SCHIERER F., KECKEIS H., RECKENDORFER W. & WINKLER G., 2001: The “inshore retention concept” and its significance for large rivers. Archiv für Hydrobiologie Suppl. 135/2. Large Rivers Vol. 12, 509–516.
- STANFORD J. A., WARD J. V., LISS W. J., FRISSELL C. A., WILLIAMS R. N., LICHATOWICH J. A. & COUTANT C. C., 1996: A general protocol for restoration of regulated rivers. – Regulated Rivers: Research and Management 12, 391–413.
- TOCKNER K. & SCHIERER F., 1997: Ecological aspects of the restoration strategy for a river-floodplain system of the Danube River in Austria. – Global Ecological and Biogeographical Letters 6, 321–329.
- TOCKNER K., SCHIERER F. & WARD J. V., 1998: Conservation by restoration: the management concept for a river-floodplain system on the Danube River in Austria. – Aquatic Conservation 8, 71–86.
- TOCKNER K., PENNETZDORFER D., REINER N., SCHIERER F. & WARD J. V., 1999: Hydrological connectivity and the exchange of organic matter and nutrients in a dynamic river-floodplain system (Danube, Austria). Freshwater Biology 41, 521–535.
- ZAUNER G., 1996: Oekologische Studien an Perciden der oberen Donau. Ecological studies of percids of the upper Danube. Austrian Academy of Sciences. Biosystematics and Ecology Series (9), 78pp.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Abhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Österreich](#)

Jahr/Year: 2004

Band/Volume: [34](#)

Autor(en)/Author(s): Schiemer Fritz, Reckendorfer Walter, Hein Thomas

Artikel/Article: [Erfahrungen mit Restaurierungsprogrammen am Beispiel der Donau. 1-18](#)