

# Restaurierungsmöglichkeiten von Flussauen am Beispiel der Donau

Fritz SCHIEMER

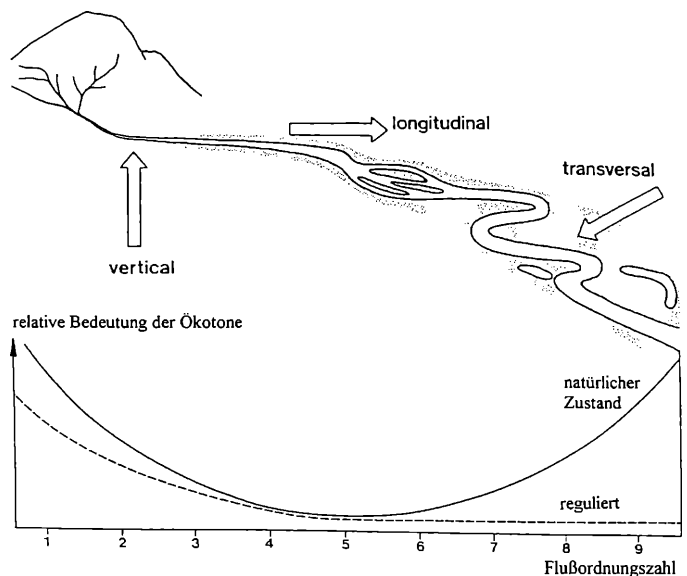
## 1. Schlüsselfaktoren von Flussauen

Die Limnologie großer Fließgewässer ist, im Hinblick auf deren naturnahe Erhaltung, Restaurierung und dem dazu erforderlichen Management zu einem wichtigen Thema geworden. Die wissenschaftliche und konzeptuelle Basis dafür hat sich im Verlauf der letzten 10 Jahre stark entwickelt. WARD (1989) hat darauf hingewiesen, dass Fließgewässer in 4-dimensionaler Sicht zu betrachten sind. Neben den Abläufen im Längsverlauf sind die seitliche Vernetzung mit den Rand- und Überflutungszonen und die vertikalen Austauschprozesse mit dem Hyporheal und dem Grundwasserkörper von Bedeutung. Alle diese Interaktionen unterliegen einer zeitlichen Dimension.

Das "Flusskontinuum"-Konzept (VANNOTE et al. 1980) kennzeichnet nicht nur die wesentlichen Änderungen der physiographischen Bedingungen (z.B. Temperatur, Strömung, Substratverhältnisse) im Längsverlauf, sondern auch ökosystemare Zusammenhänge und eine charakteristische Abfolge der Energie- und Nahrungsbasis der Lebensgemeinschaften, der Produktions- und Dekompositionsprozesse. Diese Zusammenhänge gelten vor allem für kleinere Fließgewässer. SEDELL et al. (1989) überprüften das "Flusskontinuum"-Konzept auf seine Gültigkeit für große Fließgewässer und stellten fest, dass die seitlichen Austauschprozesse zwi-

schen Fluss und den Flussauen hier bei weitem die Prozesse im Längsverlauf überlagern und in ihrer Bedeutung ersetzen. Das heißt, für Flussauen sind diese seitlichen Verbindungen entscheidend.

Fließgewässer und ihre Biodiversität sind generell stark von den Übergangs- und Grenzzonen geprägt. Solche Ökotope sind durch einen hohen Artenreichtum gekennzeichnet und weisen oft höhere Prozessraten als die angrenzenden Flächen auf (NAIMAN & DECAMPS 1990). Betrachtet man die Bedeutung der Ökotope im Längsverlauf von Fließgewässern (Abb. 1), so gilt generell, dass sie im Bereich der kleinen Bäche und Flüsse von großer Bedeutung sind: die unmittelbare Ufervegetation ist bestimmend für den Eintrag organischer Substanz, für die Licht- und Nährstoffverhältnisse sowie für die strukturellen Gegebenheiten im Bach. Mit zunehmender Flussordnungszahl nimmt die Bedeutung der Ökotope zunächst ab, steigt aber im Bereich der Furkations- und Meanderzonen mit ihren Überschwemmungsgebieten stark an. Flussauen stellen insgesamt ein Ökoton zwischen Land und Wasser dar. In den Auen besteht darüber hinaus eine Vielfalt und Hierarchie von Übergangszonen. Die Dichte und Konfiguration solcher Ökotope ergeben die hohe Biodiversität und die charakteristischen Prozessabläufe von Flussauen. Das gilt für den unregulierten Flusslauf. In regulierten Flüssen ist ihre Bedeutung sehr stark eingeschränkt. Ein vorrangi-



**Abbildung 1**

**Bedeutung der Ökotope im Längsverlauf eines Fließgewässers im natürlichen und regulierten Zustand.** Neben dem Land-Wasser-Übergangsbereich gibt es Ökotope im Längsverlauf von Fließgewässern und vertikal zum Grundwasser (nach SCHIEMER & ZALEWSKI 1992).

ges Naturschutz- und Managementziel muss sein, Ausmaß und Funktion dieser Ökotope zu verbessern.

Schlüsselfaktoren für das Verständnis der Ökologie von Flussauen sind Hochwässer und die hydrologische Vernetzung von Fluss und Auen. Das "Flood pulse"-Konzept (JUNK et al. 1989) bezieht sich auf die Auswirkung von Hochwässern. Hier sind verschiedene Aspekte zu unterscheiden:

Die hochwasserbedingten flussmorphologischen Prozesse sind ein wesentliches landschaftsgestaltendes Element, das ein dynamisches Gleichgewicht von Neubildung und Verlandung ergibt. Solche geomorphologischen Prozesse

- bedingen eine Umgestaltung von Uferstrukturen, des Aureliefs und der Altarme,
- initiiieren Sukzessionsabläufe (d.h. schaffen Standortbedingungen für Pionier- und Folgegesellschaften),
- verhindern Stagnationserscheinungen in Altarmen und bedingen ein schnelleres Recycling von Kohlenstoff und Nährstoffen,
- führen zu einem Abtransport an angelandeten Sedimenten aus den Altarmen,
- kontrollieren konkurrenzstarke Arten und ermöglichen dadurch eine Koexistenz von konkurrenzschwächeren Arten und eine Erhöhung der Biodiversität.

Das heißt, nicht stabile Zustände sind ein Charakteristikum von Flussauen sondern ständige, störungsbedingte Veränderungen, die in einer kleinräumigen Skalierung ein Mosaik von Sukzessionsabläufen und eine hohe Biodiversität garantieren, bzw. auf einer höheren Raum- und Zeitskala das Ökosystem "Flussauen" mit einer entsprechenden Habitatvielfalt ermöglichen.

*In der modernen Ökologie ist die große Bedeutung von Ungleichgewichtsverhältnissen und Störungen erkannt worden und stellt ein zentrales Thema dar. Daraus ergibt sich ein Spannungsfeld zwischen Ökologie und Wasserbau, in dessen Planungsphilosophie Stabilisierung und Sicherung im Vordergrund stehen muss.*

Diese Störungen sind aber nur der eine Teil der Hochwasserwirkung. Ein zweiter Aspekt der Hochwässer betrifft ihre produktionssteigernde Wirkung. Wasser- und Nährstoffeintrag erhöhen die Produktivität der semiterrestrischen und aquatischen Lebensräume.

Das Konnektivitätskonzept (AMOROS & ROUX, 1988) betont die Bedeutung der Vernetzung der verschiedenen Teilelemente von Flussauen für eine wechselseitigen Förderung von Produktions- und Dekompensationsprozessen. Das Ausmaß der Vernetzung ist aber auch ein wichtiger Lebensraumfaktor. Das gilt insbesondere für viele Fischarten, die durch diese Vernetzung von Fluss und Nebengewässern sehr stark gefördert werden.

## 2. Die Situation der österreichischen Donau

Die hydrographischen, flussmorphologischen und limnologischen Verhältnisse der Donau wurden in zahlreichen Schriften in jüngster Zeit behandelt. Die letzte umfassende Darstellung über die gesamte Donau findet sich in der von LIEPOLT (1967) herausgegebenen Monographie. Viele ergänzende Informationen sind in dem Band "Biologie der Donau" (Ed. KINZELBACH 1994) enthalten. Der österreichische Donauabschnitt von ca. 350 km Länge gehört zum Oberlauf, der sich von der Quellregion in Südwestdeutschland bis zur österreichisch-slowakischen Grenze (Thebener Pforte) erstreckt. Er ist topographisch durch ein mittleres Sohlgefälle von 0,43 charakterisiert. Das alpine Abflussregime wird durch wenige größere Zubringer aus den Alpen bestimmt und ist durch eine stochastische Wasserführung mit einer Jahresamplitude von mehreren Metern gekennzeichnet. Die hohe Geschiebeführung resultierte in mächtigen Sedimentablagerungen in den Beckenlandschaften mit ausgedehnten Alluvionen und einem ursprünglich stark verzweigten Flusslauf (siehe Abb. 2).

Die gegenwärtige Situation an der Donau ist - wie an allen großen europäischen Flusssystemen - durch Regulierungen und Stauhaltungen geprägt (Abb. 3). Durch diese Eingriffe ergaben sich Defizite im Strukturreichtum und im Wasserhaushalt der Auen. 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 worden ist.

Abb. 4 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 auf einer Breite von durchschnittlich 2 km begrenzten und 3. die Errichtung von Querdämmen, sogenannten Traversen, in den weitgehend abgeschnittenen Seitenarmen des Flusses, um einen höheren Wasserstand im Aubereich sicherzustellen.

Dies führte zu erheblichen 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 erhöhte Schleppkraft resultiert in einer Eintiefungstendenz des Flusses und beschleunigt dadurch die Desintegration von Fluss und Au. Die Abdämmung durchziehender Hochwässer hat zur Folge, dass angelandetes Feinmaterial nicht mehr abtransportiert wird und bewirkt eine erhöhte

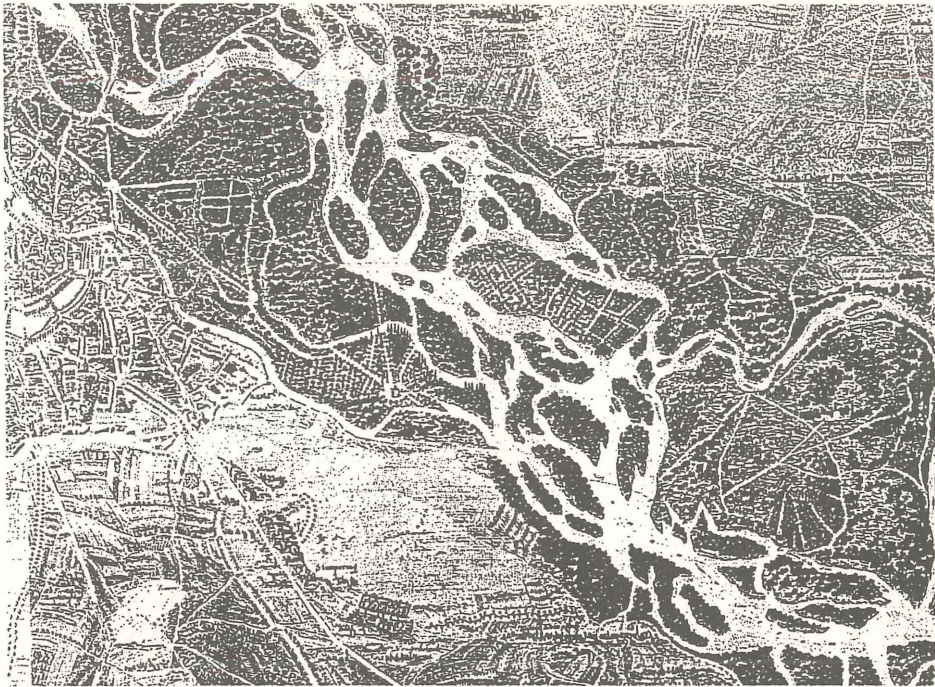


Abbildung 2

Die Donau bei Wien vor der Regulierung (1830-1846, Schweikhardt Ritter von Sikkingen).

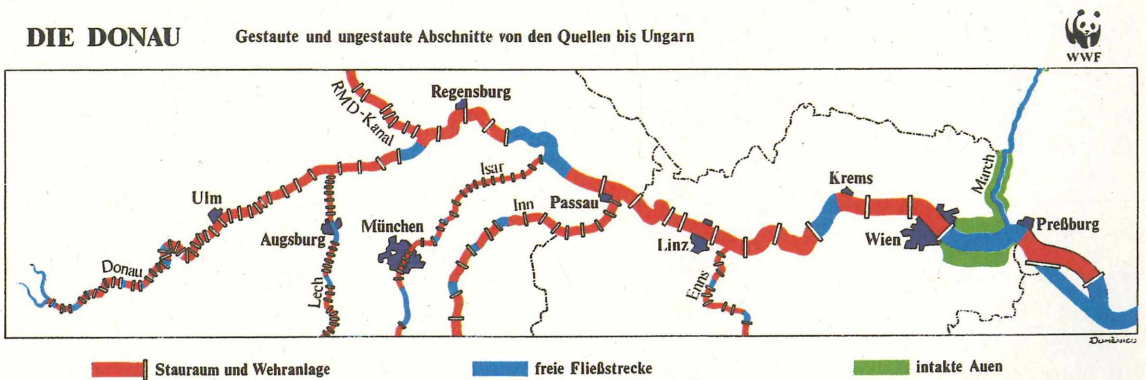


Abbildung 3

Der Verbauungsgrad der oberen Donau und der westlichen Zuflüsse (WWF).

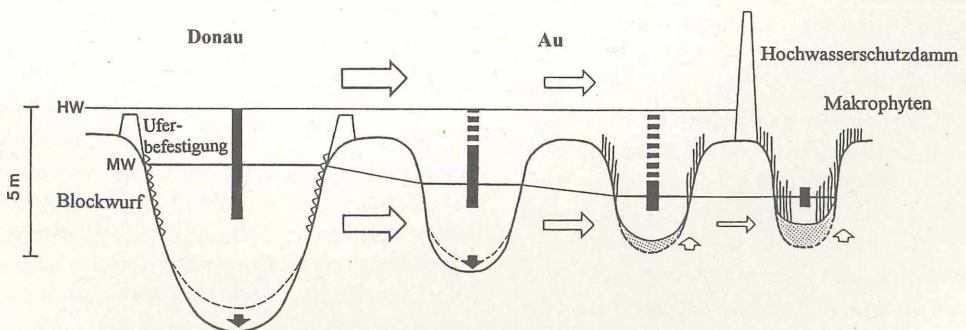


Abbildung 4

**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 Pfeile geben den Bereich der Wasserstandsschwankungen an. Die horizontalen Pfeile repräsentieren das Ausmaß der lateralen hydrologischen Vernetzung über Oberflächenwasser und Grundwasserkörper. Vertikale schwarze Pfeile: Eintiefung durch Erosion. Vertikale weiße Pfeile (und punktierte Schichten): Sedimentation.

Verlandungstendenz in den Altarmen und Anlandungsprozesse im Auegebiet. Diese zwei 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.

Wesentlich einschneidendere Veränderungen als durch die Donauregulierung erfolgten allerdings durch Stauhaltungen, die eine unmittelbare, weitgehende Entkoppelung der Auen vom Fluss bewirkten. Die österreichische Donaustricke stellt wegen der hohen Wasserführung und dem hohen Gefälle ein großes Potential für Elektrizitätsgewinnung dar. Nach 1950 begann die Errichtung großer Laufkraftwerke mit dem Ziel, eine geschlossene Staukette auf österreichischem Gebiet zu errichten.

Der Flussbereich unterhalb Wiens sollte 1984 durch die Staustufe Hainburg aufgestaut werden und damit ein Flussabschnitt von ca. 40 km Länge von seinen Auen abgetrennt werden. Öffentliche Widerstände führten im Jahre 1984 dazu, dass das bereits bewilligte Bauprojekt, zu dem die Durchführungsarbeiten bereits begonnen hatten, in allerletzter Sekunde gestoppt wurde. Nach einer sehr langen Vorbereitungsphase und einem ständigen Kräftemessen zwischen Energiewirtschaft und Naturschutz konnte 1996 die freie Fließstrecke unterhalb Wiens bis zur slowakischen Staatsgrenze zum Nationalpark erklärt werden.

### 3. Ökologische Entwicklungsziele Nationalpark

Trotz der tiefgreifenden Veränderungen während der letzten 120 Jahre, zählen die Flussauen der freien Fließstrecke östlich von Wien zu den letzten großflächigen Resten dieses Typus in Europa (DISTER 1994, SCHIEMER & WAIDBACHER 1992, 1994). Bereits jetzt erfüllt das Gebiet die strengen IUCN-Kriterien eines Nationalparks, da die naturnahen Prozessabläufe in einem vergleichsweise hohem 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 Auegebiet als 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 ökologische Verbesserungen anzustreben. Vorschläge dazu sind bereits vor mehreren Jahren im Rahmen eines flussbaulichen Gesamtkonzepts von einem interdisziplinären Team von Hydrologen, Wasserbauern und Ökologen durch ein Paket von Maßnahmen

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. 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").

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. Dies wird in der Folge am Beispiel der Fischfauna illustriert.

Die Fischfauna der österreichischen Donau ist durch ihre hohe Artenzahl gekennzeichnet (SCHIEMER & SPINDLER 1989). Im Verlauf der faunistischen Erhebungen, die in den letzten Jahren durchgeführt wurden, konnten 62 Fischarten festgestellt werden. Die Mannigfaltigkeit entspricht einerseits der reichen ökologischen Strukturierung des Gebietes durch den Übergang von rithralen Bedingungen (Salmonidenzone) in den Durchbruchsstrecken und epipotomalen Bedingungen (Barbenzone) in den Furkations- und Anschotterungszonen und andererseits der biogeographischen Bedeutung der Donau als Einwanderungsrouten für eine ponto-kaspische und innerasiatische Fauna, und als Entstehungsgebiet neuer Formen.

Viele Arten weisen starke Rückgänge auf. Es zeigt sich, dass die ökologische Gruppe der Flussfische (Rheophile) durch die wasserbaulichen Veränderungen der großen Flussregulierung und noch endgültiger und dramatischer durch die Stauhaltungen am stärksten betroffen sind. Ein Hinweis dafür ist die Tatsache, dass die meisten typischen Flussfische der Donau in der "Roten Liste" gefährdeter Arten geführt werden. Eine nach wie vor abnehmende Tendenz einstmals häufiger Arten weist darauf hin, dass der Zustand der typischen rheophilen Fischgesellschaften der Donau kritisch ist (Abb. 6). Die Untersuchungen meiner Arbeitsgruppe haben gezeigt, dass die engen ökologischen Ansprüche und die enge Bindung an den Uferbereich im Larven- und Jugendstadium den Schlüssel für ein Verständnis der Gefährdung bzw. den Rückgang vieler Arten liefert.



**Abbildung 5**

Satellitenaufnahme des Nationalparkgebietes und der umgebenden Kulturlandschaft.

## rheophil

## eurytop

## limnophil

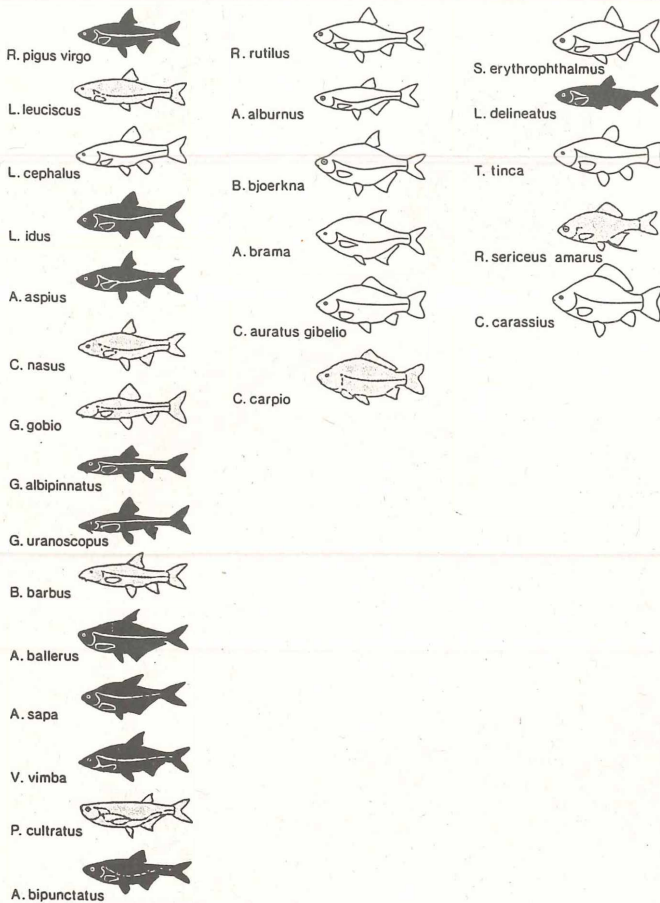


Abbildung 6

Die ökologische Gruppierung und der Gefährdungsstand der Fischfauna der Donau am Beispiel der Cypriniden: weiß: nicht gefährdet, grau: potentiell gefährdet, schwarz: gefährdet (nach SCHIEMER & SPINDLER 1989).

#### 4. Gestaltung der Uferzonen

Wichtig für das Aufkommen dieser gefährdeten ökologischen Gruppe sind reich strukturierte Uferzonen, die bei den stark wechselnden Wasserständen einen Gradienten von Strömungsgeschwindigkeit und Nahrungsangebot darbieten und damit die sich verändernden Ansprüche der einzelnen Arten im Verlauf der Jugendentwicklung abdecken bzw. bei starker Fluktuation als Refugium dienen können. Sind für das Larvenstadium strömungsarme, geschützte Uferbereiche erforderlich, so verschiebt sich mit zunehmendem Lebensalter der bevorzugte Aufenthaltsbereich in Richtung strömungsexponierter flacher Schotterbänke. Parallel dazu verändern sich die Strömungspräferenzen und die Nahrungsansprüche (SCHIEMER & SPINDLER 1989, SCHIEMER et al. 1991). Die jeweils bevorzugten Bereiche sind aber nicht nur altersmäßig, sondern auch artenmäßig sehr unterschiedlich. Die ökologische Qualität der Uferzonen kann sehr gut nach den Erfordernissen der Flussfischfauna in ihrem Larven- und Jugendstadium beurteilt werden. Untersucht man das Jungfischauftreten entlang der Uferzonen der fließenden Donau unterhalb Wiens, so findet man höhere Bestandsdichten und ein vielfältigeres Artenspektrum vor allem an den reicher

strukturierten Ufern mit Buchten und flachen Schotterbänken (Abb. 7). Es ist also ganz offenkundig, dass die Ausbildung des Flussufers einen ganz wichtigen Faktor für das Aufkommen bzw. für das Verschwinden einer spezifischen Donaufischfauna darstellt.

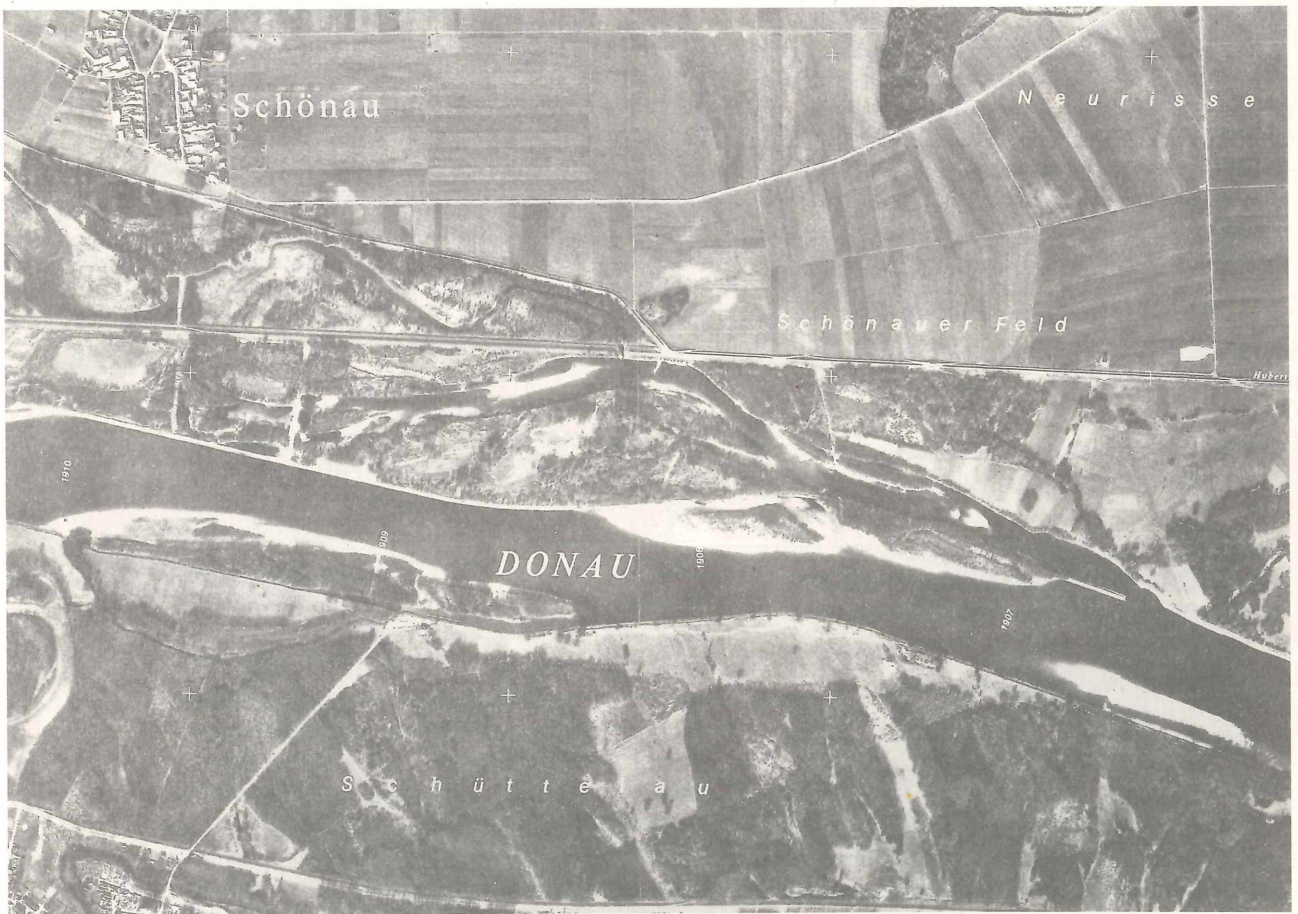
Eine Studie über die freifließende Donau im Nationalparkgebiet ergab, dass nur 18 Abschnitte von jeweils 1 bis 2 km Länge als Brutzonen in Frage kommen. Die strukturellen Verhältnisse dieser 18 Zonen, z.B. die Ausdehnung der Uferlinie bei Mittelwasser, korrelieren sehr gut mit der Diversität und Populationsdichte der Brutfische (Abb. 8). Nur 6 der 18 Zonen waren als hochwertig zu beurteilen. 60 Prozent der Uferlänge sind durch Blockwürfe und monotone Einfassungen gekennzeichnet, welche praktisch kein Jungfischauftreten ermöglichen (SCHIEMER et al. 1991). Der kontinuierliche Rückgang vieler, einstmals häufiger Arten (wie z.B. Nerfling, Frauenerfling und Barben) weist darauf hin, dass die Situation kritisch ist, und dass das derzeitige Ausmaß an Uferstrukturierung selbst in der freien Fließstrecke unzureichend ist, um den hohen Artenbestand langfristig zu gewährleisten.

Die ökologische Qualität ergibt sich nicht aus der geomorphologischen Struktur allein, sondern aus

der Schnittstelle von Struktur und Wasserstandsdynamik. Abb. 9 kennzeichnet diesen Zusammenhang für verschiedene Szenarien. Als Index der Uferstrukturierung wurde die jeweilige Wasseranschlagslinie bezogen auf 100m Flussabschnitt erfasst. Die unterste Linie kennzeichnet die linearen Blockwufufer. Die starke Linie bezieht sich auf die 18 Flachwasserzonen im Nationalparkgebiet, die z.Zt. die günstigsten Bedingungen darstellen. Der starke Einbruch bei höheren Wasserständen über Mittelwasser (Blockwurf) bedeutet Störung, Populationsverlust und bei ungünstigem Abflussverhältnissen einen Verlust ganzer Jahrgänge rheophiler Fischarten. Die dünne Linie ist hypothetisch: Man kann davon ausgehen, dass unter ursprünglichen Bedingungen vor der Regulierung mit Wasserspiegelanstieg der Strukturierungsgrad zugenommen hat und dieser Anstieg den Lebensraum und die Lebensraumqualität für Jungfische erhöhte, sowie ein Refugium bei Hochwasserereignissen darstellte. Viele Detailuntersuchungen, die in den letzten Jahren von meiner Arbeitsgruppe durchgeführt worden sind, ermöglichen es, für den Wasserbau genaue Vorgaben für die ökologische Gestaltung von Uferstrukturen zu machen.

## 5. Gewässervernetzung

Im Sinne der ökologischen Verbesserung sind Maßnahmen zur Gewässervernetzung, d.h. technische Maßnahmen, um die hydrologische Vernetzung im Sinne des ursprünglichen Furkationstypus zu erfüllen, anzustreben. Innerhalb des Nationalparkgebietes sind verschiedene Abschnitte zu unterscheiden (Abb. 10), die sich hinsichtlich ihres Abdämmungsgrades von der Donau sehr stark unterscheiden. Das Biosphärenreservat Lobau, im Stadtgebiet von Wien gelegen, ist vollständig von durchziehenden Hochwässern abgedämmt, wird aber in bestimmten Gebieten von rücklaufenden Hochwässern erreicht, die insgesamt die Verlandungsdynamik noch weiter verstärken. Das Gebiet des "Donaurestaurierungsprogrammes" Regelsbrunn, am orographisch rechtseitigen Donauufer etwa 25 km flussab von Wien gelegen, steht nach wie vor in sehr dynamischer hydrologischer Verbindung zum Fluss. In diesen zwei Abschnitten werden Restaurierungsprogramme mit eingehender wissenschaftlicher Begleituntersuchung durchgeführt. Die zwei Szenarien können als Modelle für Restaurierungsmöglichkeiten bei unterschiedlichem Degradationsgrad angesehen



**Abbildung 7**

**Flugaufnahme der Donau unterhalb Wiens im Bereich der Stromkilometer 1906-1910.** Die Aufnahme zeigt die linearen Uferbefestigungen und daneben mehrere Schotterinseln, die sich im Randbereich gebildet haben. Solche Schotterinseln sind die Kinderstuben für die meisten Arten von Flussfischen.

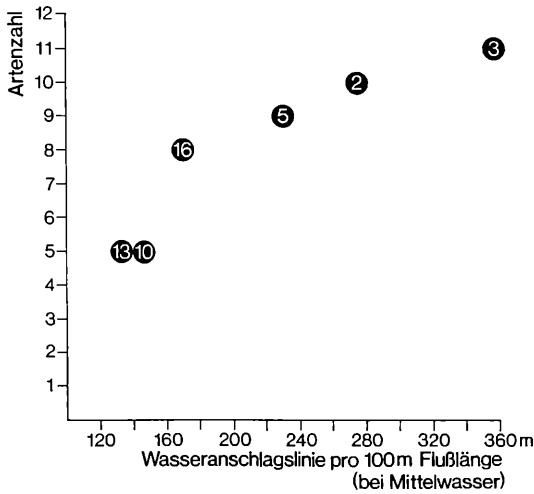
werden. Die Restaurierungsmaßnahmen in Regelsbrunn sind bereits abgeschlossen. Es wurden mehrjährige Voruntersuchungen über den Status quo aus hydrologischer, limnologischer, floristischer und faunistischer Sicht durchgeführt (SCHIEMER 1995, TOCKNER & SCHIEMER 1997, TOCKNER et al. 1998, SCHIEMER et al. 1999).

Da Erfahrungen über die Auswirkungen von Restaurierungsmaßnahmen an großen Flüssen weitgehend fehlen, ist eine sorgfältige Planung und Begleituntersuchung solcher Projekte äußerst wichtig. Im gegenwärtigen Fall waren bei der Konzeption die folgenden Rahmenbedingungen zu berücksichtigen:

- die Funktion der Donau als internationale Schifffahrtstraße zu erhalten,
- den Hochwasserschutz für die angrenzenden Gebiete sicherzustellen,
- die Bedürfnisse der örtlichen Bevölkerung hinsichtlich der Naherholung zu berücksichtigen,
- bestehende Rechte wie Grundeigentum, Wassernutzung, Fischerei, Servitute in ihrem Bestand zu garantieren.

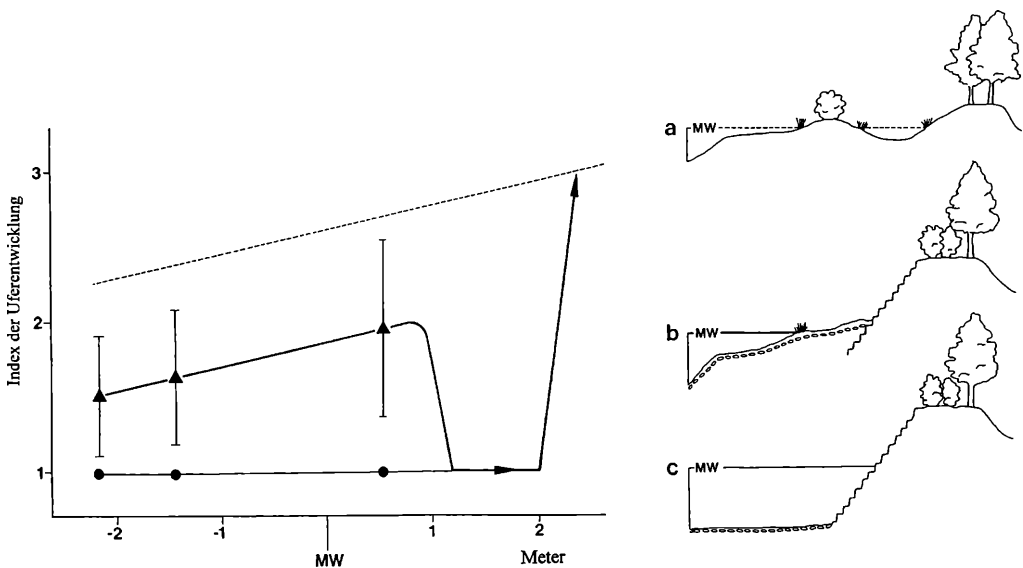
*Das Donaurestaurierungsprogramm Regelsbrunn*

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 kommuniziert der Altarm derzeit bereits bei MW frei mit der Donau. Der Altarm ist über Traverseneinbauten in aufgestaute Becken untergliedert und in seiner Kontinuität unterbrochen. Eine Dotation über Einströmbereiche im strombegleitenden Treppelweg erfolgte vor Restaurierung nur an wenigen Tagen im Jahr. Das Regelsbrunner Altarmsystem bot sich wegen der vergleichsweise



**Abbildung 8**

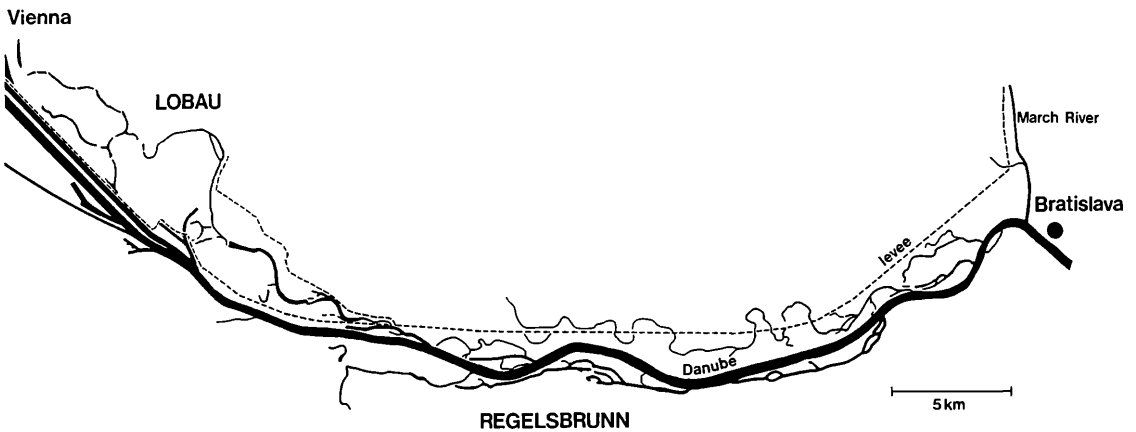
**Artenzahl von Jungfischen in Abhängigkeit von dem durchschnittlichen Strukturierungsgrad der Uferzonen der freifließenden Donau unterhalb Wiens.** Als Maß für die Uferstrukturierung wurde die Wasseranschlagslinie pro 100 m Flusslänge für Mittelwasser aus den flussmorphologischen Karten 1:2000 bestimmt. Die Werte beziehen sich auf 6 von insgesamt 18 reicher strukturierten Uferzonen im Nationalparkgebiet.



**Abbildung 9**

**Grad der Uferstrukturierung (siehe Abb. 7) in Abhängigkeit vom Wasserstand der Donau.** Die stark durchgezogene Linie (b, Dreiecke) repräsentiert Durchschnitt und Standardabweichung der 18 reicher strukturierten Uferzonen, die im Nationalparkgebiet festgestellt worden sind. Die untere Linie (c, Kreise) bezieht sich auf den linearen, befestigten Uferverlauf. Die strichlierte Linie (a) ist hypothetisch: sie soll die Situation vor der Regulierung kennzeichnen. Die seitlichen Inserts zeigen die Unterschiede in der Ufermorphologie für die 3 Szenarien im Querschnitt.





**Abbildung 10**

**Die freifließende Donau zwischen Wien und Bratislava.** Für die punktiert ausgewiesenen Abschnitte "Lobau" und "Regelsbrunn" werden Restaurierungsmaßnahmen durchgeführt.

dynamischen Anbindung an den Fluss und wegen der vergleichsweise geringen technischen Maßnahmen, die zur Rückgestaltung erforderlich waren, für ein großangelegtes Restaurierungsprogramm an.

Trotz des vergleichsweise dynamischen Anschlusses zeigten sich allerdings ökologische Defizite: Der hydrologische Längsschnitt durch das Altarmsystem von Regelsbrunn (Abb. 11) 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 Augebiet 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 angebotenen zu stagnierenden Altarmen gekommen ist (Abb. 12). Eine Bestandserhebung der Fische ergab, dass der Vernetzungsgrad mit dem Fluss nicht ausreichend ist, um eine intensive Nutzung der Altarme durch eine Flussfischfauna zu ermöglichen. Eine deutliche Abnahme im Prozentanteil dieser ökologischen Gruppe, von der Einlauföffnung der Donau entlang des Längsverlaufes des durch Traversen abgetreppten Altarmsystems, weist auf die unzureichenden Ein- und Auswanderungsmöglichkeiten hin (Abb. 13).

Im Rahmen des Restaurierungsprojektes wurde der Uferbegleitweg an mehreren Stellen, an denen eine natürliche Anbindung in Form von Durchflussgräben bestand, abgesenkt (Abb. 11). 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 wurden die Durchflutung deutlich erhöht und die Wasserretention in den Altarmen sehr stark herabgesetzt (SCHIEMER 1995, TOCKNER & SCHIEMER 1996).

Die prognostizierten Veränderungen in der Hydrologie des Altarmsystems und seiner Vernetzung mit

der Donau sind in Abb. 14 am Beispiel des Pegelweges 1993 dargestellt. Vor Durchführung der Restaurierungsmaßnahmen war das Augebiet nur an wenigen Tagen durchflossen (schwarz). Danach ist das Altarmsystem durchschnittlich über 200 Tage im Jahr angebunden. Abb. 15 kennzeichnet die erwarteten Durchflussmengen im Augebiet und ihre Häufigkeit pro Jahr.

Welche ökologische Verbesserungen sind zu erwarten?

Die Auswirkungen der 1997 gesetzten Maßnahmen werden 1999 und 2000 eingehend untersucht. Die Prognosen sind:

1. Ein stärkerer Austrag von Feinsedimenten aus den Altarmen.
2. Eine stärkere Dynamik der Bettsedimente.
3. Eine leichte Spiegelanhebung in den Altarmen durch die Verminderung der hydrologischen Defizite.
4. Eine Zunahme der aquatischen Flächen und eine Verschiebung der amphibischen Zone nach oben.
5. Eine phasenweise Zunahme der Primärproduktion des Phytoplanktons, die durch höhere anorganische Trübe und eine geringe Wasserretention gehemmt wird.
6. Ein Ansteigen des Wertes der Altarme als Lebensraum für Arten, die durch eine stärkere Vernetzung begünstigt werden (SCHIEMER & WAIDBACHER 1992).

Abb. 16 skizziert die Erwartungen über die Verbesserungen der Situation für charakteristische rheophile Lebensgemeinschaften am Beispiel eng eingegrenzter 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 sol-

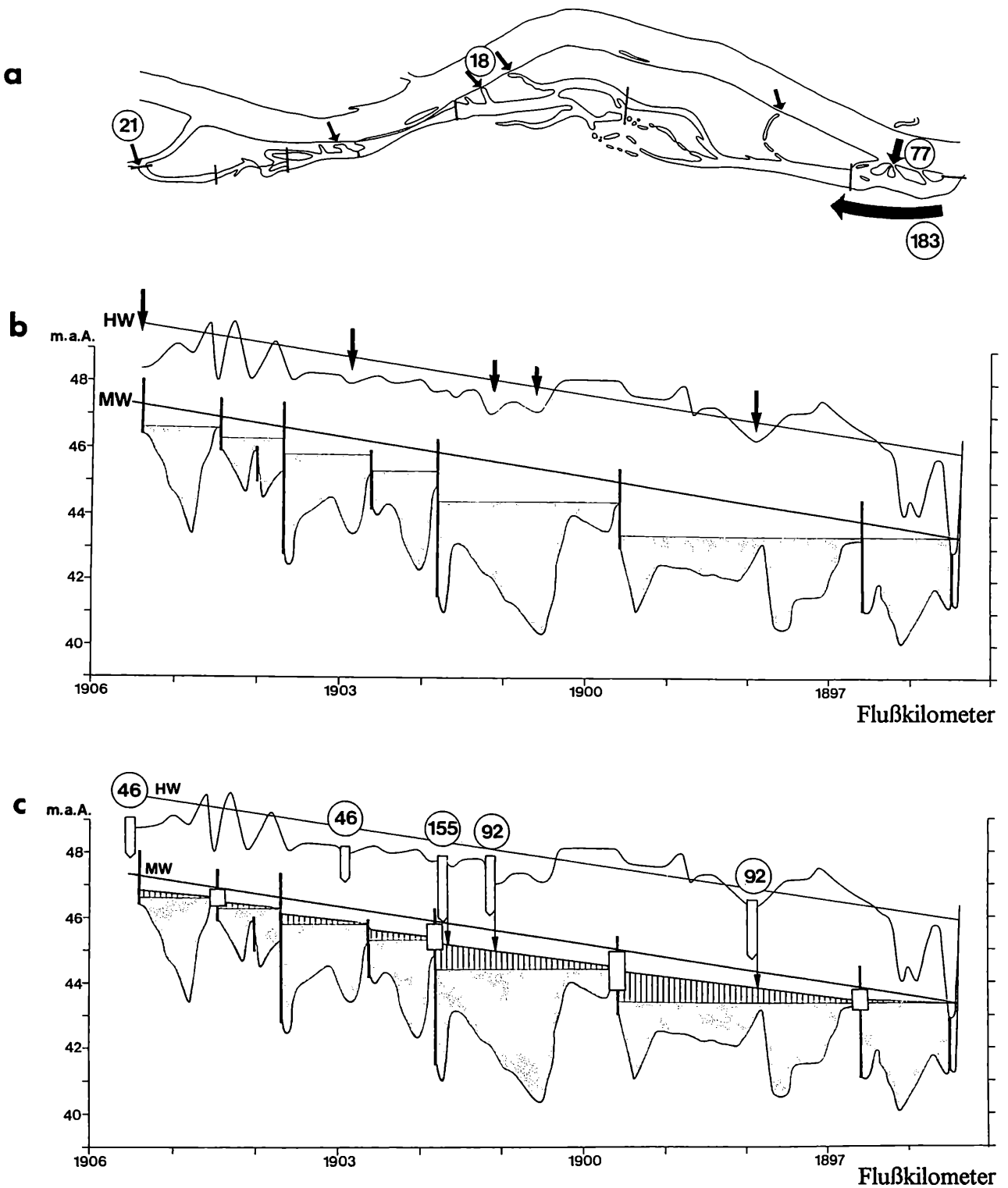


Abbildung 11

**a) Übersichtsplan der Augewässer bei Regelsbrunn:** Schwarze Balken = Quertraversen. Derzeitige oberflächliche Anbindung an die Donau (schwarze Pfeile; Dauer in Tagen, bezogen auf das Regeljahr).

**b) Geplante Maßnahmen zur Erhöhung der hydrologischen Konnektivität:** 1. Absenkung des Uferbegleitweges an der Überströmstrecke auf MW +1,0m (Strom-km 1903,1) bzw. auf MW (Strom-km 1901,7) und an zwei Stellen auf MW +0,5m (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 -0,5m an den drei letztgenannten Stellen. 3. Absenkung einzelner Traversen bzw. Einbau von Kastendurchlässen um den Abfluss zu erhöhen (als Fenster 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) an.

cher Arten wurde auf wenige ufernahe Bereiche eingeschränkt. In den durch die Regulierung abgetrennten Seitenarmen, aber auch in den vergleichsweise dynamisch angebundenen, wie in Regelsbrunn, konnten solche Arten nicht festgestellt werden. Auf Grund ihrer Habitatsprüche können wir erwarten, dass diese ökologische Gilde unter den restaurierten Bedingungen wieder günstige Verhältnisse vorfinden wird. Ähnliche Voraussagen können bezüglich der Jugendstadien gefährdeter Flussfischarten getroffen werden.

### 6. Offenen Fragen bei Restaurierungen: Reversibilität

Die bisherigen Erfahrungen über Restaurierungsmaßnahmen an großen Fließgewässern sind vergleichsweise gering. Eine zentrale Frage bezieht sich auf die Reversibilität der ökologischen Verhältnisse im Hinblick auf die ursprünglichen Zustände und Gegebenheiten. In der schematischen Grafik (Abb. 17) sind einige der grundsätzlichen Fragen angechnitten. Die strichlierte Kurve bezieht sich

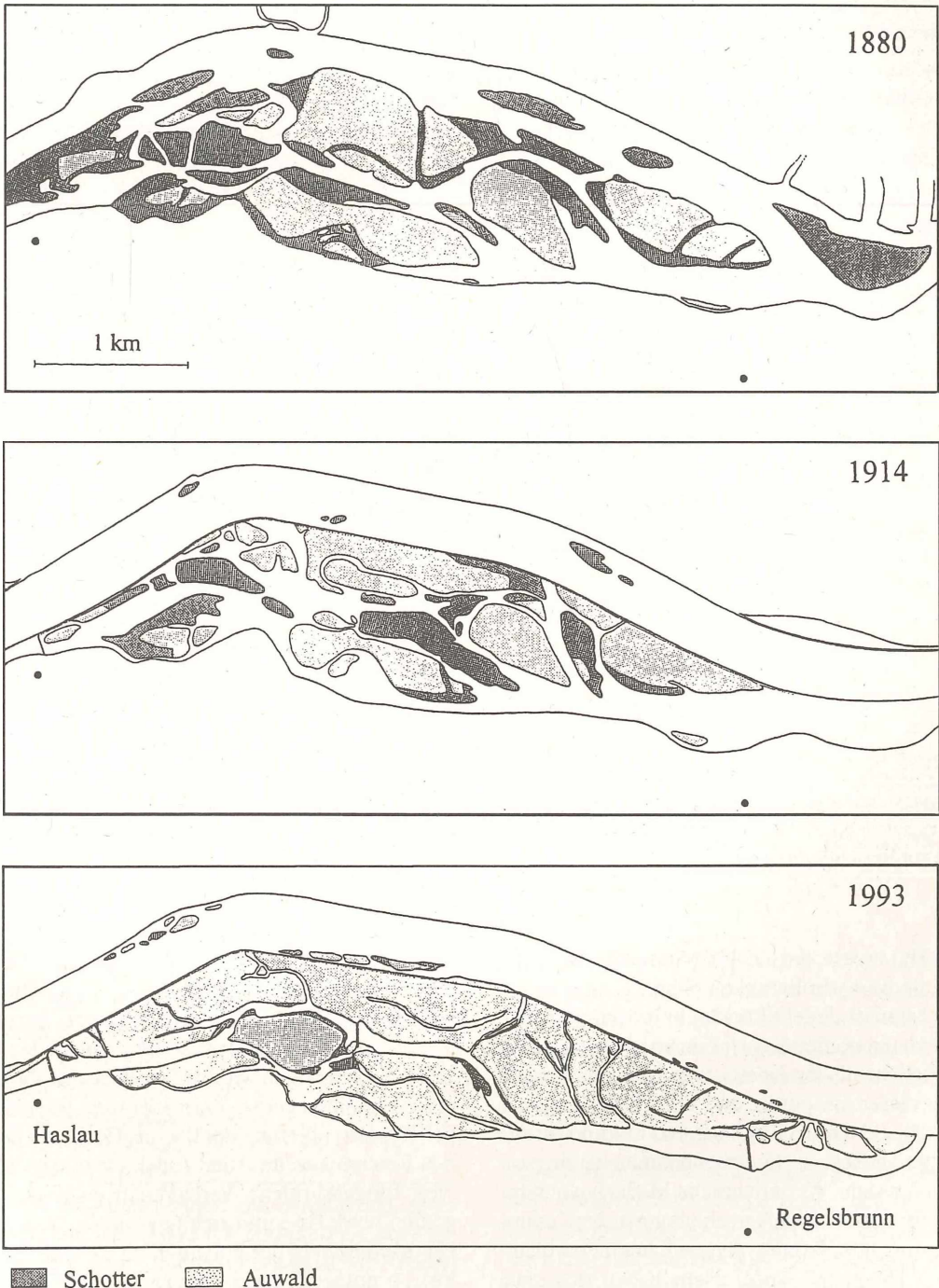


Abbildung 12

Veränderung der Habitatzusammensetzung der Stromlandschaft bei Regelsbrunn in den letzten 120 Jahren.

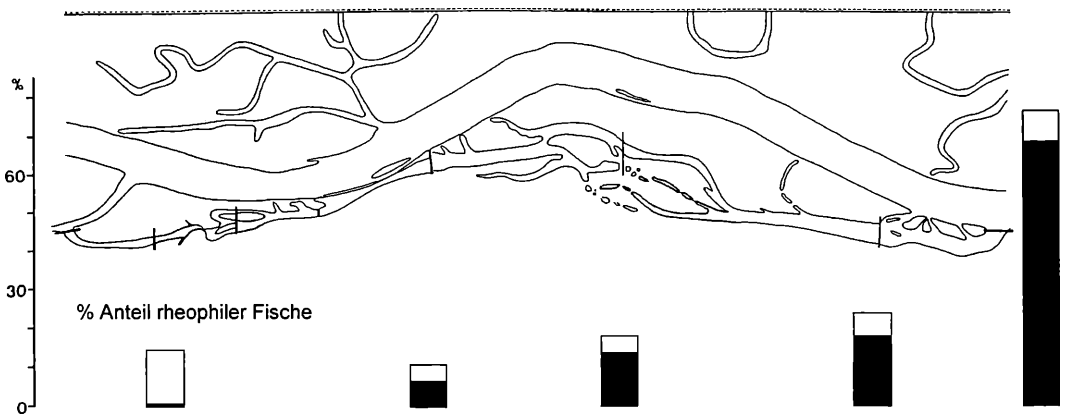


Abbildung 13

**Altarmsystem bei Regelsbrunn vor der Restaurierung.** Die Säulen geben den %-Anteil von Flussfischen an der gesamten Fischauna (bezogen auf Individuendichten) an. Schwarz eingetragen ist der %-Anteil gefährdeter Flussfische. Die Säule am rechten Rand der Abbildung kennzeichnet den Anteil der Flussfische in der Donau selbst (nach SCHIEMER 1995).

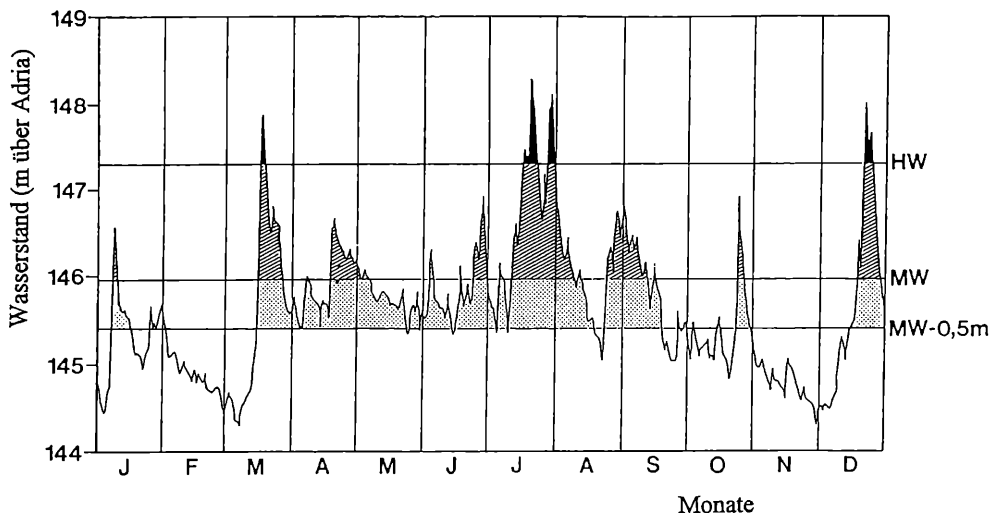
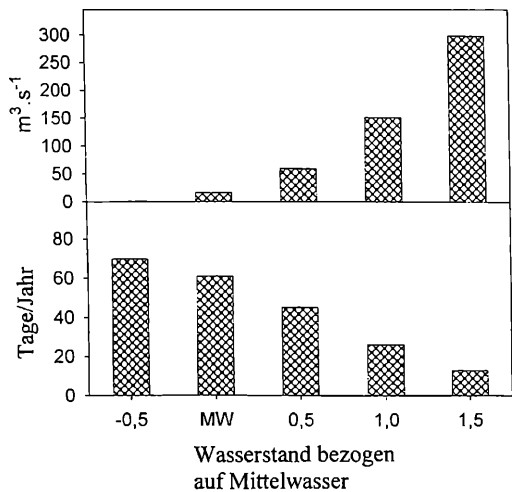


Abbildung 14

**Wasserstandsschwankungen der Donau 1993.** Eingezeichnet sind die Höhenquoten der Durchlässe und Überströmstrecken, sowie die Anbindungsphasen entsprechend der Projektplanung (schraffiert und punktiert). Die Anbindungsphasen vor Restaurierung sind schwarz eingetragen.

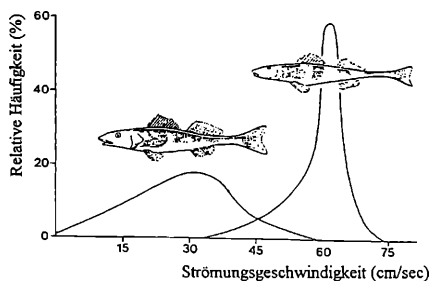
auf die Hypothese, dass Habitatvielfalt in Flussauen bei mittleren hydrologischen Störungsintensitäten am höchsten ist. Jeder Flussabschnitt war ursprünglich durch ein bestimmtes Niveau von Habitatvielfalt gekennzeichnet, das einem dynamischen Zustand des Gewässertransportes und des Abflussregimes entsprach und das als Referenz und Leitbild für die Planung von Restaurationsmaßnahmen herangezogen werden kann. Wasserbauliche Maßnahmen führten zu einer drastischen Verschiebung in der Zusammensetzung der Habitattypen und zu einer Abnahme ihrer Diversität. Andererseits haben sich neue und zum Teil unspezifische Lebensraumtypen in den stark regulierten Gebieten entwickelt. Solche neuen Habitattypen können durchaus von hohem

Naturschutzwert in unseren Kulturlandschaften mit ihrer stark reduzierten ökologischen Diversität sein. Die Reversibilität unter verschiedenen Szenarien des Abdämmungsgrades ist sehr unterschiedlich. Unter Bedingungen wie der Lobau ist die potentielle Reversibilität gering, einerseits wegen der Gefahr der Hypertrophierung der flachen Gewässer bei hohen Retentionszeiten, und andererseits weil hier in weit fortgeschrittene Verlandungsprozesse eingegriffen wird. Es ergibt sich hier die Frage, wie aus Naturschutzsicht der potentiell zu erwartende Verlust an unspezifischen Arten von Feuchtgebieten, für die die Lobau einen Refugialbereich darstellt, im Vergleich zu einer fraglichen Wiederbesiedelung mit rheophilen Elementen gewertet wird.

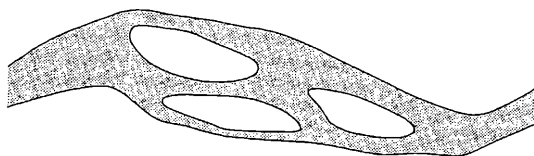


**Abbildung 15**

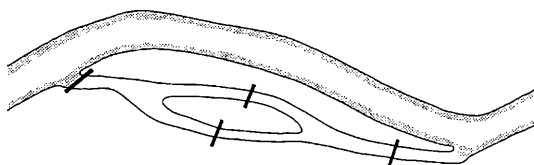
Anzahl der Tage/Jahr mit bestimmten Wasserstandsüberschreitungen der Donau (bezogen auf Mittelwasser) und die entsprechend dem Restaurierungsprogramm prognostizierten Zuflüsse in das Altwassersystem.



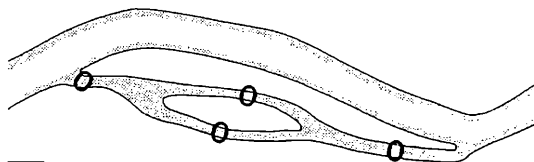
natürlicher Zustand



nach Regulierung



nach Restaurierung



potentieller Lebensraum

**Abbildung 16**

Der potentielle Lebensraum von benthischen, rheophilen Fischen am Beispiel von 2 Donau-Perciden (*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).

In dynamischen Systemen wie bei Regelsbrunn sind die Möglichkeiten, die Habitatbedingungen für eine gefährdete rheophile Flora und Fauna zu erhöhen, wesentlich besser. Wegen der kurzen Retentionszeit und den hohen Durchflussraten stellt die Eutrophierung kein wesentliches Problem dar.

## 7. Kernpunkte für ein ökologisch orientiertes Management von Flussauen

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

### Orientierung an einem Ökosystem - anstelle eines Arten-zentrierten Konzeptes

Es ist wichtig, bei der Planung und Konzeption eines Naturschutzmanagements und von Restaurierungs- und Verbesserungsmaßnahmen einen holistischen, systemorientierten Ansatz zugrunde 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 eine systemorientierte Beurteilung integriert werden.

### 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

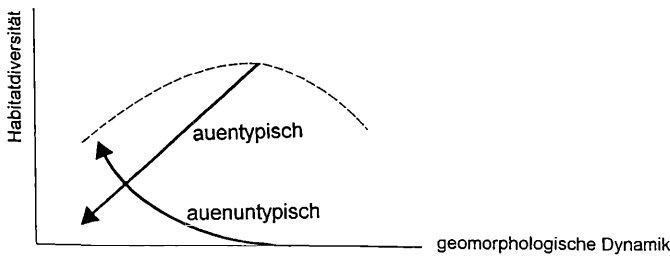
Ein wichtiger Aspekt bei der Planung ökologischer Verbesserungsmaßnahmen ist die Frage, inwieweit unter den derzeitigen Möglichkeiten und Einschränkungen eine hydrologische und flussmorphologische Restaurierung möglich ist und welche Entwicklung sich einstellen wird ohne ständige Eingriffe erforderlich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

### Interdisziplinarität

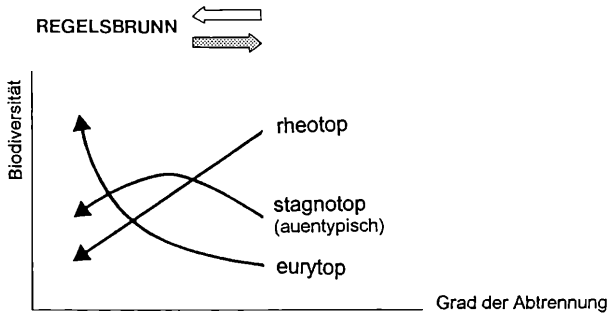
Die Konzeption und Planung sollte interdisziplinär angelegt werden und möglichst von Beginn an Ökologie, Hydrologie und Wasserbau verbinden. Die österreichischen Erfahrungen über interdisziplinäre Planung haben sich außerordentlich bewährt.

### "Adaptives Management"

Da die vorliegenden Erfahrungen mit der Restaurierung großer Flusssysteme noch sehr beschränkt sind, ist 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, ist eine dreijährige Untersu-



LOBAU ← Grad der Abtrennung  
 → Potentielle Reversibilität



**Abbildung 17**

**Schematische Darstellung der Veränderung von Habitat- und Artendiversität durch wasserbauliche Maßnahmen und ihre potentielle Reversibilität.** Die strichlierte Linie bezieht sich auf das Verhältnis von Habitatdiversität und dem hydrologischen Störungsregime von verschiedenen Flüssen und Flussabschnitten (s. Erläuterungen i. Text) (nach SCHIEMER et al. 1999).

chung des ökologischen Zustandes vor der Restaurierung erfolgt. Die Auswirkungen der Maßnahmen werden ebenfalls 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 Restruierungsmaßnahmen ermöglichen. Nur so kann für große Fließgewässer ein entsprechendes Wissen und ein entsprechender Erfahrungsschatz, Beurteilungsmöglichkeit entwickelt werden.

### Literatur

AMOROS, C. & A. L. ROUX (1988): Interaction between water bodies within the floodplains of large rivers: function and development of connectivity.- In: Schreiber, K.- F. (Ed.): Connectivity in landscape ecology.- Münstersche Geographische Arbeiten 29: 125-130.

DISTER, E. (1994): The function, evaluation and relicts of near-natural floodplains.- In Kinzelbach, R. (Ed.): Biologie der Donau - Limnologie Aktuell 2: 317-329.

KINZELBACH, R. (1994): Biologie der Donau - Limnologie Aktuell 2.- Gustav Fischer Verlag.

JUNK, W. J.; P. B. BAYLEY & R. E. SPARKS (1989): The flood pulse concept in river-floodplain systems.- In: Dodge, D. P. (Ed.) Proceedings of the International Large River Symposium. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 106: 110-127.

LIEPOLT, R. (Hrsg.) (1967): Limnologie der Donau.- Schweizerbart, Stuttgart.

NAIMAN, R. J. & H. DECAMPS (eds.) (1990): Ecology and Management of Aquatic-Terrestrial Ecosystems.- UNESCO, Paris and Parthenon, Carnforth, UK.

SCHIEMER, F. (1994): Monitoring of floodplains: limnological indicators.- Stapfia 31: 95-107.

— (1995): Revitalisierungsmaßnahmen für Augewässer - Möglichkeiten und Grenzen.- Arch. Hydrobiol. Suppl. 101: 163-178.

SCHIEMER, F.; C. BAUMGARTNER & K. TOCKNER (1999): The Danube restoration project: conceptual framework, monitoring program and predictions on hydrologically controlled changes.- Regul. Riv.

SCHIEMER, F. & T. SPINDLER (1989): Endangered fish species of the Danube river in Austria.- Regulated Rivers: Research & Management 4: 397-407.

SCHIEMER, F.; T. SPINDLER, H. WINTERSBERGER, A. SCHNEIDER & A. CHOVANEC (1991): Fish fry associations: Important indicators for the ecological status of large rivers.- Verh. int. verein. theor. angew. limnol. 24: 2497-2500.

SCHIEMER, F. & H. WAIDBACHER (1992): Strategies for conservation of a Danubian fish fauna.- In: Boon, P. J., P. Calow & G. E. Petts (Eds.): River conservation and management: 363-382. John Wiley & Sons Ltd.

— (1994): Naturschutzerfordernisse zur Erhaltung einer typischen Donau-Fischfauna.- In Kinzelbach, R. (Ed.): Biologie der Donau - Limnologie Aktuell 2: 247-265.

SCHIEMER, F. & M. ZALEWSKI (1992):  
The importance of riparian ecotones for diversity and productivity of riverine fish communities.- Neth. J. of Zoology 42: 323-335.

SEDELL, J. R.; J. E. RICHEY & F. J. SWANSON (1989):  
The river continuum concept: a basis for the expected ecosystem behavior of very large rivers.- In: Dodge, D. P. (Ed.): Proceedings of the International Large River Symposium. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 106: 49-55.

TOCKNER, K. & F. SCHIEMER (1997):  
Ecological aspects of the restoration strategy for a river-floodplain system of the Danube River in Austria.- Glob. Ecol. Biogeogr. Lett. 6: 321-329.

TOCKNER, K.; F. SCHIEMER & J. V. WARD (1998):  
Conservation by restoration: the management concept for a river-floodplain system on the Danube River in Austria.- Aquat. Conserv. 8: 71-86.

VANNOTE, R. L.; G. W. MINSHALL, K. W. CUMMINS, J. R. SEDELL & C. E. CUSHING (1980):  
The river continuum concept.- Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37 (1): 130-137.

WARD, J. V. (1989):  
The four-dimensional nature of lotic ecosystems.- Journal of the North American Benthological Society 8: 2-8.

**Anschrift des Verfassers:**

Prof. Dr. Fritz Schiemer  
Institut für Zoologie  
Abteilung für Limnologie  
Althanstraße 14  
A-1090 Wien  
e-mail: schiemer@zoo.univie.ac.at

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Laufener Spezialbeiträge und Laufener Seminarbeiträge \(LSB\)](#)

Jahr/Year: 1999

Band/Volume: [4\\_1999](#)

Autor(en)/Author(s): Schiemer Fritz

Artikel/Article: [Restaurierungsmöglichkeiten von Flussauen am Beispiel der Donau 113-127](#)