

Abh. Zool.-Bot. Ges. Österreich 31 (2000): 1-25

Das Donau-Restaurierungsprojekt

Das Donau-Restaurierungs-Programm: Rahmenbedingungen und Untersuchungskonzept — The Danube-Restoration-Program: Conceptual Framework and Monitoring Concept

Fritz SCHIEMER, Klement TOCKNER & Christian BAUMGARTNER

SCHIEMER F., TOCKNER K. & C. BAUMGARTNER, 2000: Das Donau-Restaurierungs-Programm: Rahmenbedingungen und Untersuchungskonzept

Die österreichische Donau unterlag im Verlauf der letzten 120 Jahre wesentlichen Veränderungen durch wasserbauliche Eingriffe. Seit etwa 10 Jahren stehen Restaurierungsmaßnahmen zur Verbesserung der ökologischen Situation zur Diskussion. Um solche Restaurierungskonzepte entwickeln und effizient anwenden zu können, ist es wichtig, die wesentlichen steuernden Prozessbedingungen und ihre Wirkung zu erkennen und andererseits nachvollziehbare Erfahrungen über die ökologischen und technischen Möglichkeiten zu gewinnen. Schlüsselfaktoren für das Verständnis der ökologischen Abläufe in Aulandschaften sind einerseits die Dynamik hydrologischer Vernetzung von Fluß und Auen über Oberflächengewässer und den Grundwasserkörper und hochwasserbedingte, flußmorphologische Umlagerungsprozesse. Die große Donauregulierung hatte wesentliche Folgewirkungen im Fluß sowie in den Austauschbedingungen von Fluß und Aulandschaft. Die Regulierungsmaßnahmen führten vor allem zu einer Monotonisierung der Uferstrukturen im Fluß, zu einer Eintiefungstendenz und zu einem Verlust an aquatischen und amphibischen Flächen in den Auen. Das Gewässervernetzungsprojekt im Bereich der „Regelsbrunner Au“, einem etwa 10 km langen Abschnitt im Nationalpark Donau-Auen, ist als groß angelegter Modellversuch zur Restaurierung der hydrologischen und geomorphologischen Dynamik zu verstehen. Eine gründliche Begleituntersuchung ermöglicht es, Erfahrungen über Planung, Monitoring und Beurteilung von Restaurierungsprojekten zu gewinnen sowie Verbesserungsvorschläge für geplante Folgeprojekte zu erarbeiten.

SCHIEMER F., TOCKNER K. & C. BAUMGARTNER, 2000: The Danube-Restoration-Program: Conceptual Framework and Monitoring Concept

The key factors determining the ecology of large rivers and their adjacent floodplains are extent, duration and dynamics of the hydrological connectivity between the two compartments, both via surface flow and groundwater flow. This hydrological connectivity has been strongly reduced in all large European rivers due to regulation and damming. The present paper discusses the scientific background in planning a restoration strategy for the free-flowing stretch of the Danube in Austria. As a first step in this conservation strategy, which is within the framework of the "Alluvium Zone National Park", a large-scale pilot project has been developed to

restore the hydrological and ecological integrity of the river-floodplain system. In order to assess the progress towards the project's ecological objectives, various limnological variables (functional descriptors) are to be monitored.

Keywords: Donau, Restaurierung, Flußauen, Vernetzung, Biodiversität, Danube, restoration, connectivity, biodiversity

Einleitung

In den beiden letzten Jahrhunderten sind alle großen europäischen Flußsysteme durch menschliche Eingriffe grundlegend verändert worden (u.a. ADMIRAAL et al. 1993, IKSR-CIPR 1993, DYNESIUS & NILSSON 1994, GHETTI & SAMOIRAGHI 1994, VAN DIJK 1994). Begradigungen und Abdämmungen zum Hinterland im Sinne eines umfassenden Hochwasserschutzes, zur Landgewinnung und zur besseren Schiffbarmachung, weiters die Errichtung von Stauketten zur Erzeugung von Energie sowie die punktuelle und diffuse Schadstoff- und Nährstoffbelastung haben die Ökologie der Flußlandschaften stark verändert.

Die gegenwärtige Situation an der Donau ist durch Regulierungen und Stauhaltungen geprägt. Durch diese Eingriffe ergaben sich Defizite im Struktureichtum und Wasserhaushalt der Auen, die nicht nur zu einer Beeinträchtigung der ökologischen Gegebenheiten und der ursprünglichen Lebensgemeinschaften führten, sondern auch zu einer Beeinträchtigung der praktischen Nutzungsmöglichkeiten für Trinkwassergewinnung, Forstwirtschaft und Fischerei.

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 (LÖFFLER 1990, 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 (Tab. 1).

Tab. 1: Mindestzahl an Arten ausgewählter Gruppen, die im Fluß-Augebiet östlich von Wien bis zur Staatsgrenze bisher nachgewiesen sind (BETRIEBSGESELLSCHAFT MARCHFELDKANAL 1995). – Species numbers of selected groups identified for the river-floodplain area between Vienna and the Slovakian border.

| Gruppe | Arten(Taxa-)zahl |
|--|------------------|
| Gefäßpflanzen | 623 |
| Hydro- und Helophyten | 57 |
| Vögel | 164 |
| (davon Brutvögel) | 86 - 94 |
| Reptilien | 7 |
| Amphibien | 12 |
| Fische | 54 |
| Mollusken (semiterrestrisch & aquatisch) | 68 |
| Odonata (Libellen) | 49 |
| Trichopteren | 34 |

Für die langfristige Restaurierung der Verhältnisse in Richtung des Zustandes vor der Regulierung sind allerdings Maßnahmen erforderlich. Für die Donaustrecke unterhalb von Wien wurde von einem interdisziplinären Team von Hydrologen, Wasserbauern und Ökologen ein Paket von Maßnahmen entwickelt („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.

Entscheidendes Element ist die Sicherstellung und Verbesserung des Wasseraustausches zwischen Strom und Au — sowohl über den begleitenden Grundwasserkörper als auch über Oberflächengewässer.

Das Gewässernetzungsprojekt im Bereich der Regelsbrunner Au ist als großer Modellversuch zu verstehen. Eine gründliche Begleituntersuchung soll ermöglichen, Beurteilungskriterien für weitere Projekte zu entwickeln sowie Optimierungsvorschläge für Folgeprojekte zu erarbeiten.

Flußauen - Definition und ökologische Funktion

Auen sind flußbegleitende Lebensräume, die durch regelmäßige Überflutungen geprägt sind (JUNK & WELCOMME 1990). Der Schlüsselfaktor für das Verständnis der ökologischen Vorgänge in Flußauen ist die hydrologische Vernetzung von Fluß und Au durch eine dynamische Verbindung a) über den Grundwasser-Körper, b) in Form offener Verbindungen von Fluß und Altarmen und c) in Form von Hochwässern (SCHIEMER 1995).

Austauschvorgänge zwischen Fluß, begleitendem Grundwasser-Körper und den Auen überlagern die Bedeutung von Stofftransport und biologischen Umbauprozessen im Längsverlauf, wie sie durch das Flußkontinuum-Konzept (VANNOTE et al. 1980) beschrieben werden. Die seitliche Vernetzung von Fluß und Au ist von der geomorphologischen Struktur, d.h. dem Relief der Aulandschaft, und den Wasserstandsfluktuationen abhängig.

Die hydrologische Dynamik des Flusses, d.h. Frequenz und Ausmaß der Wasserstandsschwankungen, bewirken eine ständige Belüftung und Spülung des Gewässerkörpers und eine Anbindung von Augewässern an den Fluß. Die laterale Konnektivität erhöht die Produktivität des Flußauensystems (HOLCIK & BASTIL 1976, WELCOMME 1979, ANTIPA 1982, AMOROS & ROUX 1988, JUNK et al. 1989, STANFORD & WARD 1993, WARD & STANFORD 1995) und stellt eine wichtige Voraussetzung für das Vorkommen charakteristischer Artengesellschaften dar (z.B. innerhalb der Fischfauna, SCHIEMER & WAIDBACHER 1992).

Auen sind wesentliche Quellen an gelöstem und partikulärem organischen Kohlenstoff für die weitgehend heterotrophen von organischem Material (OM) abhängigen Nahrungsnetze im Hauptstrom (MULLHOLLAND 1981). Bei niedrigen Wasserständen (<MW) erfolgt der Eintrag von OM hauptsächlich aus dem unmittelbaren Uferbereich (Laubfall). Einsickernde Grund- und Bodenwässer können ebenfalls eine wichtige Rolle spielen (FIEBIG 1995). Der wesentliche Anteil an OM wird allerdings durch Hochwässer verfrachtet (JUNK et al. 1989). Im Gegensatz zu kleinen Fließgewässern, in die der Hauptanteil passiv eingetragen wird, „holen“ sich große Flüsse ihr OM aktiv während der Überflutungen. Bei kurzen Hochwasserspitzen, wie sie für regulierte Flußläufe kennzeichnend sind, ist die Nutzbarkeit wegen der geringen hydraulischen Retentionskapazität des Flußkanals zum Zeitpunkt der Überflutung gering. Der Fluß transportiert eingeschwemmtes Material rasch ab. Abgetrennte Altarme, die kaum in das Hochwasserregime eingebunden sind, akkumulieren partikuläres OM. Dies ergibt sich aus dem deutlichen Zusammenhang zwischen Sedimentauflagen und der Dauer der hydrologischen Vernetzung mit dem Hauptstrom (TOCKNER & BRETSCHKO, in Druck)

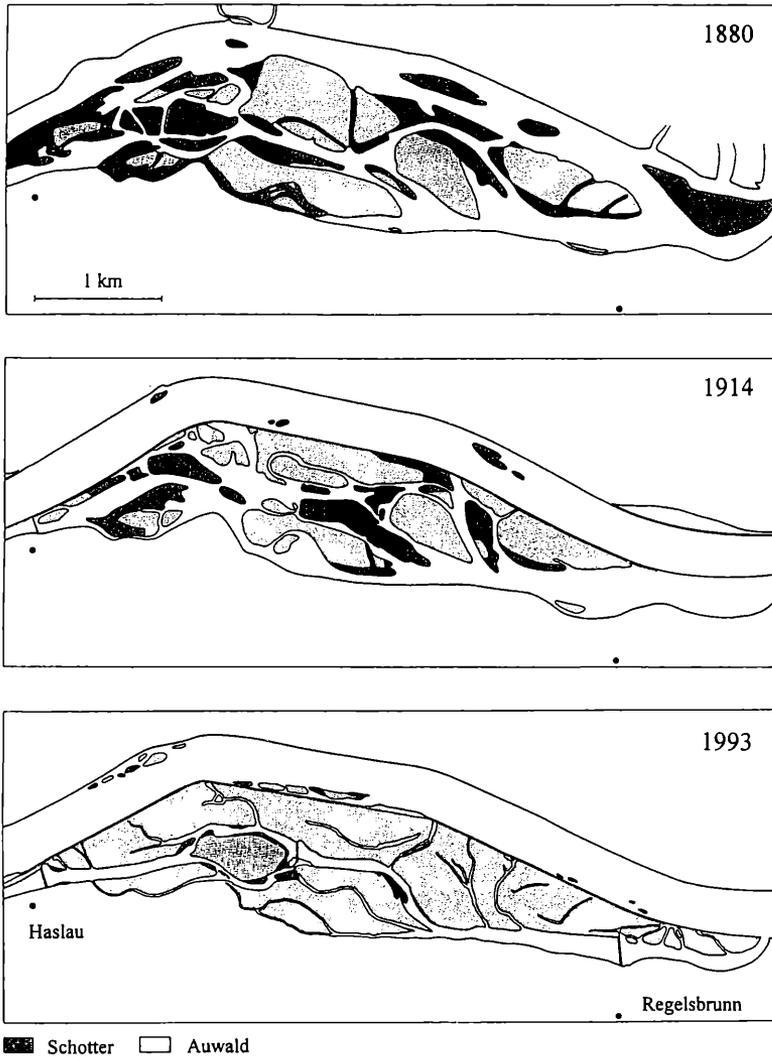


Abb. 1: Veränderung der Stromlandschaft bei Regelsbrunn in den letzten 115 Jahren. – Changes within the alluvial floodplain at Regelsbrunn (white: water area; grey: forest; black: gravel banks).

Durchziehende Hochwässer verjüngen aufgrund ihrer erosiven Kraft Teile der Aue und lagern anderorts Geschiebe und Schweb ab. Hochwasserbedingte Störungen, z.B. die Umgestaltung von Uferstrukturen, initiieren Sukzessionsabläufe und gewährleisten ein Gleichgewicht von Neubildung und Verlandung, welche das Ökosystem im Zustand einer Metastabilität erhalten. Diese mosaikartige Verflechtung von Teillebensräumen wechselnder Größe und unterschiedlichen Alters resultiert in einer Habitatvielfalt und hohen Biodiversität in natürlichen Flußauen. Störungen sind somit eine wesentliche Voraussetzung für die Erhaltung charakteristischer Flußlandschaften (JUNK et al. 1989, SEDELL et al. 1989, NAIMAN & DECAMPS 1990, SCHIEMER 1994, SCHIEMER et al. 1994).

Flußauen erfüllen wesentliche landschaftsökologische Funktionen:

- im Sinne eines Hochwasserrückhaltes (Ausgleichsfunktion für das hydrologische Regime, Verminderung der Sohlschubspannung im Hauptgerinne),
für die Regulierung von Nährstoffkreisläufen (Rückhalt an Schwebstoffen, Erhöhung der Abbaupazität von organischen Substanzen, Funktion als Nährstoffpuffer),
als Orte hoher Produktion an Biomasse (Plankton, Benthos, Fische, Vegetation u.a.); Nahrungsproduktionszonen für Fische und benthische Organismen der Augewässer und des Donaustromes (Bereicherung der aquatischen und semiaquatischen Nahrungsnetze),
als Refugialbereiche für die Fließgewässerbiozöosen der Donau (genetisches Reservoir; z.B. nach Hochwässern) und
als Lebensraum für eine artenreiche, zum Teil gefährdete Fauna und Flora (AMOROS & ROUX 1988, NAIMAN & DECAMPS 1990, SCHIEMER 1994, SCHIEMER et al. 1994).

Ökologischer Zustand der Flußauen vor der Donauregulierung

Zufolge ihres Gefälles, ihrer mittleren Strömungsgeschwindigkeiten, ihres Transportvermögens an Geschiebe und ihres Temperaturregimes ist die österreichische Donau als Gebirgsfluß definiert (HERZIG 1984). Vor der Regulierung war der Fluß in den alluvialen Beckenlandschaften in ein reichgegliedertes System von Haupt-, Neben- und Altläufen gegliedert, deren Abflußkapazität wechselte (Furkationstypus, *sensu* SCHUMM 1985). Dieser ursprüngliche Zustand ist anhand alter Kartenmaterialien des Regelsbrunner Flußabschnittes gut erkennbar (Abb. 2). Die Donau umfloß in mehreren Armen große Schotterbänke und bewachsene Inseln (MOHILLA & MICHELMAYER 1995). Bis zur Mitte des letzten Jahrhunderts bestand ein dynamisches Gleichgewicht zwischen der Neu- bzw. Umbildung und dem Verschwinden von unterschiedlichen alluvialen Gewässern. Diese Prozesse fanden in Zeitabständen von Jahren bis Jahrhunderten statt (mesoforme und makroforme Gestaltungsprozesse).

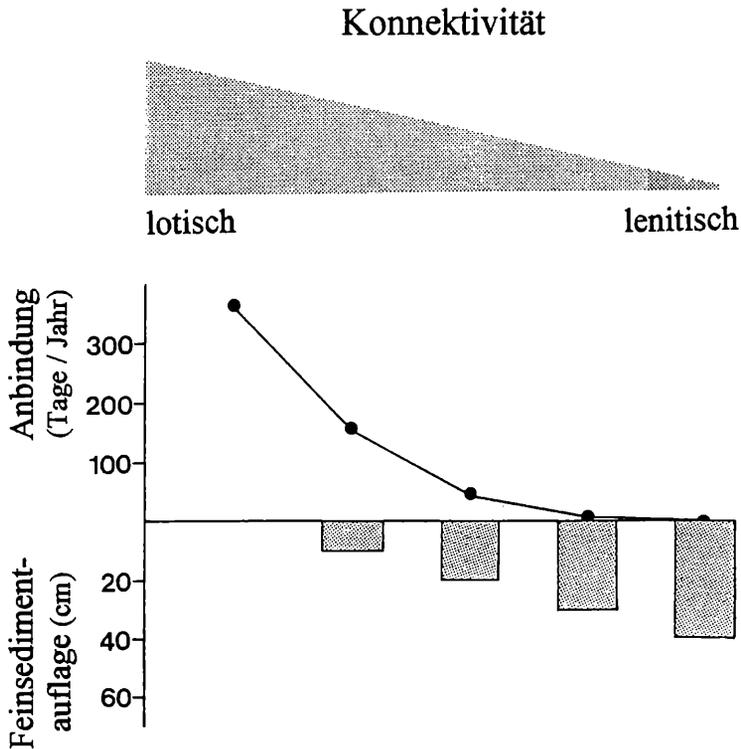


Abb. 2: oben: Schematische Darstellung der abnehmenden Vernetzung (Konnektivität) von Altarmen mit dem Hauptstrom. unten: Feinsedimentauflage (Säulen) in Gewässern mit unterschiedlicher Anschlußdauer an die Donau (Tage / Jahr = Tage pro Jahr). Transekt von der Donau seitwärts (nach TOCKNER 1992). – Hydrological connectivity (days / year) and composition of bed sediments across a Danube-floodplain transect. Floodplain water bodies arranged according to their hydrological connectivity.

Auswirkungen der Regulierung, Veränderungen seit dem letzten Jahrhundert, ökologische Defizite

Mit Beginn der großen Donauregulierung in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts kam es zu einer grundlegenden Verschiebung dieses Gleichgewichtszustandes.

Die wesentlichen hydrologischen Veränderungen, die durch die Regulierung erfolgten, sind:

die Kanalisierung des Abflusses mit befestigten, flußbegleitenden Uferdämmen,
 die Abtrennung von Nebenarmen,
 eine Einschränkung der Hochwassereinwirkung,
 eine höhere Wasserretention in den Altarmen durch den Einbau von rückstauenden Traversen.

Dies führte zu wesentlichen Folgewirkungen im Fluß selbst sowie in den Austauschbedingungen mit den Auen: Die erhöhte Schleppkraft resultierte in einer Eintiefungstendenz des Flusses und beschleunigte dadurch die Desintegration von Fluß und Auen. Es kam zu einem starken Verlust an aquatischen und amphibischen Flächen. Die Abdämmung durchziehender Hochwässer hatte zur Folge, daß angelandetes Feinmaterial nicht mehr abtransportiert wurde und sich die Verlandungstendenz in den Altarmen erhöhte. Die mangelnde hydrologische Dynamik führte in der Folge zu einer Abdichtung des Grundwasser-Körpers.

Vergleicht man die geographischen Aufnahmen aus der Zeit vor der Donauregulierung mit der derzeitigen Situation, so zeigt sich der enorme Verlust an Gewässerfläche Schotterbänken und flachen Uferzonen (Abb. 2).

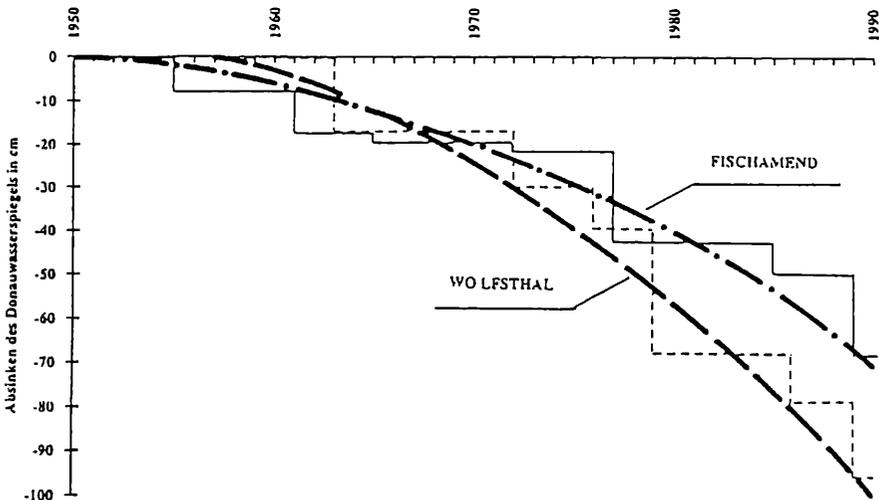


Abb. 3: Absinken des Donauwasserspiegels (in cm) bei $Q = 1000 \text{ m}^3 \cdot \text{sec}^{-1}$ im Bereich Wolfsthal und Fischamend zwischen 19560 - 1990; aus REISMANN 1995. – Sinking water level due to river bed degradation.

Die aquatischen Flächen reduzierten sich um etwa 45% (WÖSENDORFER & LEBERL 1987, WEBER 1989). Durch die fortschreitende Eintiefung des Hauptstromes wird die Entkopplung der Augewässer noch zusätzlich unterstützt. Gemittelt über die letzten 45 Jahre kann eine Abnahme des Wasserspiegels der Donau um etwa 2 cm pro Jahr festgestellt werden (Abb. 3).

Abtrennung und Verlandung führen zu einer zunehmenden Fragmentierung des aquatischen Lebensraumes. Die „Überalterung“ des Ausystemes läßt sich am Beispiel der derzeitigen Verteilungsmuster von Augewässertypen gut dokumentieren (Tab. 2). Als einziges fließendes Gewässer (Eupotamon) nimmt der Hauptstrom 76% der gesamten aquatischen Fläche ein (1 400 ha, auf einer Lauflänge von 45 km). Numerisch hingegen dominieren mit mehr als 50% stark verlandete abgehende Gewässer (Palaeopotamon).

Tab. 2: Anzahl und Gesamtfläche (in ha) unterschiedlicher geomorphologischer Gewässertypen (entsprechend der Klassifikation von AMOROS et al. 1987) zwischen Wien und der Staatsgrenze (Daten: KOVACEK et al. 1991, aus TOCKNER & SCHIEMER, in Druck). – Number and area of different geomorphological water bodies (Classification according to AMOROS et al. 1987)

| Geomorphologischer Typus | Anzahl | Gesamtfläche (ha) |
|--------------------------|--------|--------------------------------------|
| Eupotamon | 1 | 1400 ha (davon 165 ha Schotterbänke) |
| Parapotamon | 32 | 98,5 ha |
| Plesiopotamon | 80 | 244,4 ha |
| Palaeopotamon | 130 | 200,3 ha |
| Schottergruben, etc. | 3 | 10,6 ha |

Durch die Regulierung des Hauptgerinnes und der Abtrennung der Aue ist die Artenzusammensetzung und die Faunenstruktur grundlegend verändert worden.

Die Gefährdung der biologischen Vielfalt und charakteristischen Artenassoziation in der Flußaue östlich von Wien ergibt sich vor allem durch (1) die fortschreitenden Terrestriifikationsprozesse, die zum Verlust an Gewässern führen, (2) die weitgehende Beschränkung rheophiler Artengemeinschaften auf einen einzigen Hauptkanal (Fehlen von Refugialbereichen) und (3) die hohen Nährstoffkonzentrationen der Donau, die eutrophierend auf die Altarme wirken.

Restaurierungskonzept

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 der Restaurierung 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.

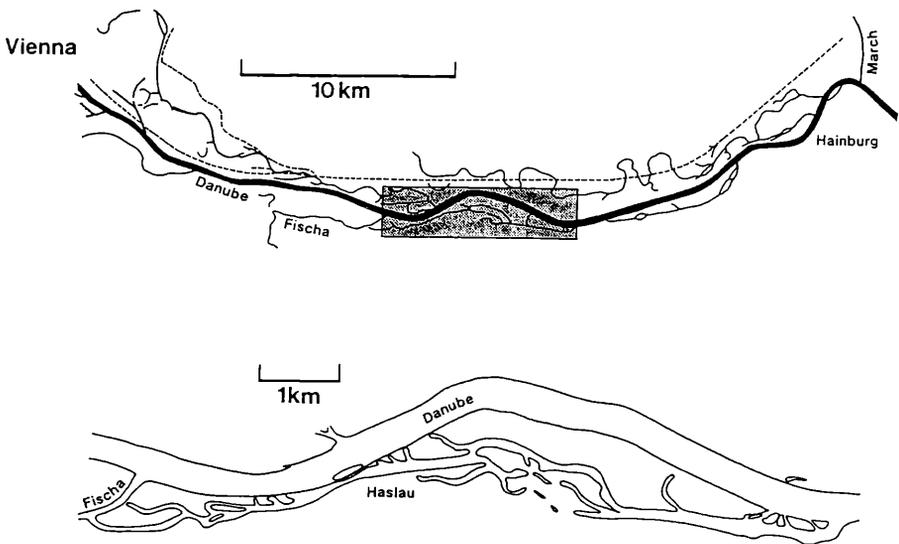


Abb. 4: Lage des Untersuchungsgebietes (schraffierte Fläche) im Donauabschnitt zwischen Wien und der Staatsgrenze. – Location of the remaining free-flowing section between Vienna and the Slovakian frontier and the restoration site (rectangle).

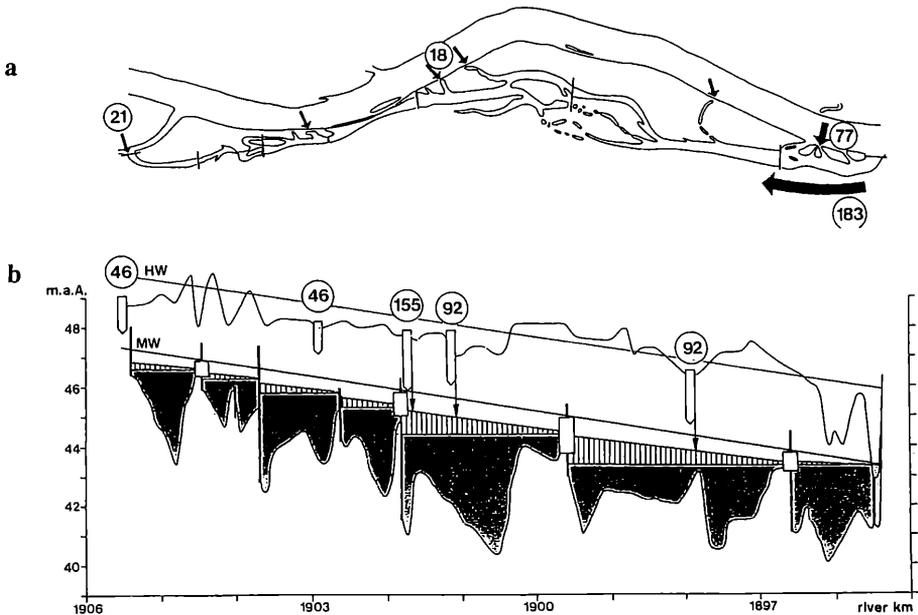


Abb. 5: a) Übersichtsplan der Augewässer bei Regelsbrunn. Schwarze Balken = Quertraversen. Derzeitige oberflächliche Anbindung an die Donau (schwarze Pfeile; Dauer in Tagen, bezogen auf das Regeljahr). b) Längsschnitt durch das Altarmsystem (Wasserspiegel bei Mittelwasser) in Relation zum Verlauf des Uferbegleitweges (dünne Linie) und der Wasserlinie der Donau bei Mittelwasser (MW) und einjähriger Hochwasserführung (HSW). Maßnahmen: 1. Absenkung des Uferbegleitweges an der Überströmstrecke auf MW +1,0m (Strom-km 1903,1), bzw. auf MW (Strom-km 1901,7) und an drei Stellen auf MW +0,5m (Uferbegleitweg des Nebenflusses Fischa, Strom-km 1901,1 und Strom-km 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 zwei letztgenannten Stellen sowie bei Strom-km 1901,7. 3. Absenkung einzelner Traversen bzw. Einbau von Kastendurchlässen um den Abfluß zu erhöhen (als Fenster angedeutet). – a) The backwater system at Regelsbrunn. Black bars represent weirs. Arrows indicate inflow areas (mean connectivity in days per year). b) Longitudinal transect at mean water level in relation to the dam (thin line) and to the water level of the Danube at mean (MW) and high (HW) water level. Restoration measures are indicated as white bars. Numbers indicate mean connectivity (days per year) after restoration.

Fläche und Volumen der Augewässer in Relation zum Donauwasserstand (Summierte Werte des Gesamtgebietes)

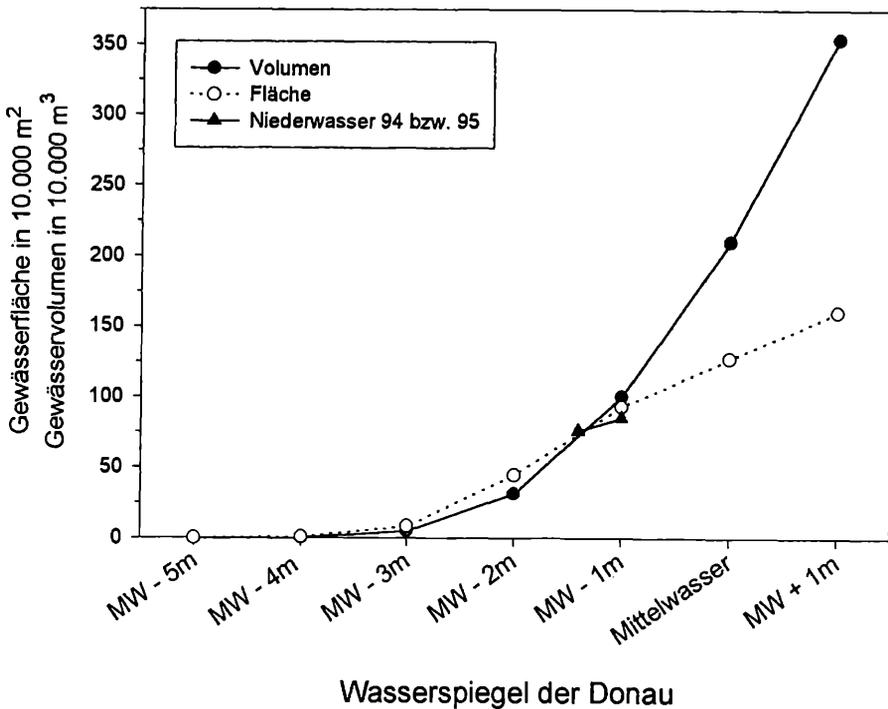


Abb. 6: Kartographisch ermittelte Fläche und Volumen aller Augewässer unter der Annahme einer vollständigen Verbindung zur Donau. Dreiecke zeigen die bei Niederwasser tatsächlich gemessenen Werte (ÖDOBAG Okt. 1994, Tockner Okt 1995). – Volume (full circles) and number (open circles) of floodplain waters in relation to the water level.

Das Projektgebiet umfaßt das Altarmsystem im Bereich Ma.Ellend — Regelsbrunn am rechten Donauufer zwischen Strom-km 1895,5 und Strom-km 1905 (Abb. 4). 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 (Abb. 5).

Der Altarm ist über Traverseneinbauten in aufgestaute Becken untergliedert und in seiner Kontinuität unterbrochen. Eine Dotation über Einströmbereiche im strombegleitenden Treppelweg (Haslauer Bereich) erfolgt nur während weniger Tage im Jahr. Dann besteht eine durchgehende offene Kommunikation zwischen Donau und Altarm. Die flächenmäßige Ausdehnung des Augewässersystems und sein Volumen in Bezug auf den Wasserspiegel der Donau ist in Abb. 6 dargestellt.

Zufolge der herrschenden hydrologischen und flußmorphologischen Bedingungen bietet sich das Regelbrunner Altarmsystem für ein Revitalisierungsprogramm besonders an:

weitgehend intakte Kommunikation zwischen Donau und Grundwasserkörper (Abb. 7),

fundierter empirischer Kenntnisstand hinsichtlich der Ökologie,

Erfordernis vergleichsweise geringer technischer Maßnahmen.

Das Revitalisierungsprojekt sieht vor, den Uferbegleitweg an mehreren Stellen abzusenken, an denen eine natürliche Anbindung in Form von Durchflußgräben besteht. Zusätzlich ist an drei der vorgesehenen Einströmbereiche ein kontrollierbarer Kastendurchlaß auf ein Niveau MW - 0,5 m geplant. Durch die Absenkung von Traversen bzw Erhöhung ihrer Durchlässigkeit wird die Durchflutung deutlich erhöht und die Wasserretention in den Altarmen sehr stark herabgesetzt (SCHIEMER 1995, TOCKNER & SCHIEMER, in press).

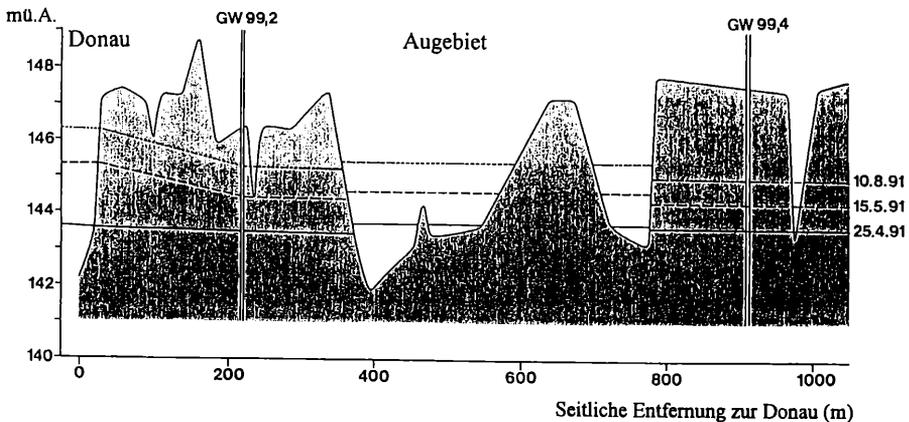


Abb. 7: Lateraler Transekt durch das Augebiet bei Regelsbrunn, Stromkilometer 1889,9 mit den Wasserspiegellagen in Donau, Grundwasser und Altarmen zu drei Terminen 1991. Angegeben sind die Position von zwei Grundwasserbrunnen (DW 99,2 und GW 99,4). – Lateral transect at river kilometre 1889.9. Water levels in the Danube, in the groundwater and in the floodplain waters are indicated at three dates.

Welche ökologischen Folgen sind zu erwarten?

Dotationsmaßnahmen in Auegebieten dieser Art mit dem Ziel, Altarme entsprechend dem Furkationstypus zu reaktivieren, sind auch bei hohem Nährstoffeintrag durch die Donau unproblematisch, da die erodierende Wirkung durchziehender Hochwässer kompensierend wirkt.

Die zu erwartenden Folgen der geplanten Maßnahmen sind:

- Ein stärkerer Austrag von Feinsedimenten aus den Altarmen.

Eine stärkere Dynamik der Bettsedimente.

Eine leichte Spiegelanhebung in den Altarmen durch die Verminderung der hydrologischen Defizite.

Eine Zunahme der aquatischen Flächen und eine Verschiebung der amphibischen Zone nach oben.

Eine phasenweise Zunahme der Primärproduktion des Phytoplanktons, die einerseits durch höhere Nährstoff-Frachten gefördert, andererseits aber durch die höhere anorganische Trübe und eine geringe Wasserretention gehemmt wird.

Ein Ansteigen des Wertes der Altarme als Lebensraum für Arten, die durch eine stärkere Vernetzung begünstigt werden (siehe SCHIEMER & WAIDBACHER 1992 für Fische).

Limnologische Beweissicherung

Eine wesentliche Aufgabe bei der Konzeption von Restaurierungsmaßnahmen ist die Erstellung eines Monitoringplanes, der erlaubt, die Verbesserung dokumentieren und analysieren zu können.

Die analytische Behandlung ist besonders relevant, da bisher kaum Erfahrungen mit der Restaurierung von Flußauen an großen Fließgewässern vorliegen. Die Entwicklung eines Monitoring-Instrumentars stellt demnach ein wesentliches, vorrangiges Ziel solcher Programme dar (SCHIEMER 1994).

Ein entsprechendes Monitoring-Instrumentar muß auf einer Kenntnis der Funktionalität von Flußauen basieren (siehe oben). Infolge der Komplexität und Mannigfaltigkeit ist es derzeit nicht möglich, ein verbindliches System von Parametern zu empfehlen. Wichtig ist ein interdisziplinärer Ansatz, der Hydrologie, Flußmorphologie und Ökologie verbindet und eine integrative Beurteilung ermöglicht. Das detaillierte Monitoring-Programm muß sich an der Zielvorstellung und am Ausmaß der geplanten Maßnahmen orientieren.

Für die Überprüfung und Bewertung der durch das Projekt hervorgerufenen ökologischen Veränderungen ist ein Indikatorensystem erforderlich. Es soll die wesentlichen angewässertypischen funktionellen Prozesse (Nährstoffkreisläufe, Produktions- und Dekompositionsprozesse, Austauschvorgänge, Feststoffdynamik) sowie die Bedeutung charakteristischer Lebensgemeinschaften beschreiben. Wir haben jene Parameter, Kenn-

größen und Organismengruppen für die Indikation des Gesamtökosystems herangezogen, die sich bereits bei vergleichbaren Projekten, wie dem Dotationsprojekt „Lobau“, als geeignet erwiesen haben (IMHOF et al. 1992, SCHIEMER et al. 1992, SCHIEMER 1994). Die ausgewählten Indikatorengruppen geben integrativ Auskunft über die an sich komplexen ökosystemaren Vorgänge („functional descriptors“: CASTELLA & AMOROS 1988, CASTELLA et al. 1991). Anhand dieser Organismengruppen kann deshalb Struktur und Funktion des Auenökosystems überprüft werden. In der kombinierten Anwendung von abiotischen, biotischen und funktionellen Indikatoren kann eine bestmögliche Dokumentation und Interpretation der prognostizierten Veränderungen erwartet werden.

Das ökologische Monitoring-Programm von Regelsbrunn umfaßt, basierend auf Erfahrungen, die an der österreichischen Donaustrecke im Zuge mehrerer Untersuchungsprojekte gewonnen wurden, im wesentlichen die folgenden Aspekte:

Hydrologie:

- * Pegeldynamik der Oberflächengewässer und des Grundwassers;
- * Abflußdynamik und Wasserretention in den einzelnen Becken

Geomorphologie:

- * Becken und Geländemorphologie, Verbindungs- bzw. Isolationsgrad von Gewässern
- * Sedimentaufbau

Biotische Indikatoren:

- * Phytoplankton
- * aquatische und semiaquatische Makrophyten
- * Zoobenthos (Oligochaeten, Crustaceen, Chironomiden)
- * Mollusken
- * Odonaten
- * Fische (0+, Adultfische, Bodenfische)
- * Amphibien

Funktionelle Aspekte:

- * Hydrochemie:
 - geochemische und nährstoffchemische Gegebenheiten in Abhängigkeit mit den hydrologischen Gegebenheiten
- * Dynamik geomorphologischer Prozesse, Sedimentfracht
- * Primärproduktion und Artenvergesellschaftung des Phytoplanktons

Der derzeitige ökologische Zustand des Regelsbrunner Altarmsystems ist in einer Reihe von Arbeiten beschrieben (u.a. BIFFL et al. 1988, BRETSCHKO & TOCKNER 1989, SPINDLER

1991, 1993, KOVACEK et al. 1991, SCHIEMER et al. 1992, HEIN 1993, HEILER 1993, TOCKNER 1993, GÄTZ et al. 1994, HEILER et al. 1994, SCHIEMER 1994, HEILER et al. 1995). In vielen limnologischen Teilgebieten bestand jedoch noch erheblicher Untersuchungsbedarf. Das begleitende limnologische Untersuchungsprogramm diente daher der Ergänzung des derzeitigen Kenntnisstandes und der Überprüfung und Bewertung der prognostizierten Auswirkungen der Gewässeröffnung und -vernetzung.

Unter Einbeziehung des Abschnittes Haslau-Fischafluß wurde zur Dokumentation des ökologischen Status-Quo, insbesondere der funktionellen Aspekte, sieben Hauptstellen ausgewählt (Abb. 9). Daneben, wurden flächendeckende Aufnahmen von Sedimentparametern Makrophyten, und ausgewählter Faunengruppen durchgeführt.

Das betroffene Augewässersystem wies zur Zeit der Status-quo Untersuchung vor der Restaurierung eine beachtliche ökologische Differenzierung hinsichtlich der Morphologie und Größe der einzelnen Gewässerabschnitte, der Struktur der Uferzonen, der hydrologischen Verbindung zur Donau (Anschlußdauer) und der Substratverhältnisse auf.

Für die räumliche Zuordnung der Daten bedienen wir uns eines Rasters von 200x200m (Abb. 8), der im Feld gut ansprechbar und bei Bedarf weiter differenzierbar war (~50m Unterteilungen, siehe Mollusken).

Das Augewässersystem läßt verschiedene Gewässertypen bzw. -abschnitte unterscheiden:

1. Hauptarme (der Hauptgewässerzug vor der Regulierung), die stellenweise etwa 100m Breite erreichen und bei Hochwässern auch vor der Restaurierung stark durchströmt wurden. In diesen Durchflußbereichen steht großflächig Schotter an. In den Uferzonen und vor allem im Bereich der querverlaufenden Traversen mit ungeregelten Kastendurchlässen kommt es zu Feinsedimentablagerungen.

Im Längsverlauf ist dieses Hauptarmsystem weiter differenziert:

Der oberste Abschnitt (E-D,5-15) ist kleinräumiger strukturiert. Er wird bei Hochwässern über den Mündungsbereich der Fischa dotiert (E-D,5).

Im mittleren Abschnitt (33-35), dem sogenannten Mitterhaufen, erreicht der Gewässerzug seine größte Ausdehnung und eine starke laterale Differenzierung. Im untersten Bereich (C-E,47-53), unterhalb der Regelsbrunner Traverse, steht der Altarm mit der Donau ab Mittelwasser in offener Verbindung bzw. ist durch Einströmbereiche (E-D,49-51) stärker hydrologisch an die Donau angebunden.

2. Einströmbereiche: bei Hochwasser stark durchströmte, schmalere Verbindungsgräben zur Donau mit Schottersubstrat und Auskolkungen. (z.B. H24). In manchen dieser Einströmbereiche ist die Wassererneuerung durch Sickerwasser von der Donau auch bei niedrigen Wasserständen hoch.

3. Größere, breitere Seitenarme des Gewässerzuges, die weniger dynamisch in das Hochwasserabflußgeschehen inkorporiert sind und eine stärkere Verlandungstendenz aufweisen. Über den Grundwasserkörper ergeben sich stärkere Wasserstandsschwankungen (siehe Abb. 8)

4. Isolierte und teils trockenfallende Tümpel und Tümpelketten mit Verlandungstendenz, in den Randzonen mit Grundwassereinfluß durch Hangwasser; stark fraktionierte Kleingewässerzüge.

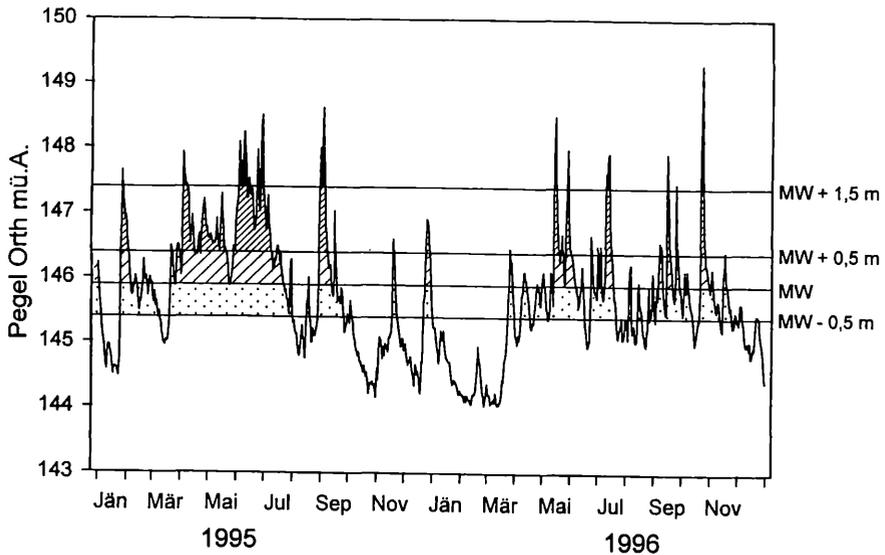


Abb. 8: Hydrograph beider Untersuchungsjahre (Daten: Wasserstraßendirektion Wien). Eingezeichnet sind die Höhenkoten der Durchlässe und Überströmstrecken, sowie die Anbindungsphasen entsprechend der Projektplanung (schraffiert). – Hydrograph of the Danube illustrating (1) the present status of hydrological connectivity (black area – MW+1.5 m); (2) the floodplain connection via levee-lowering after rehabilitation (MW + 0.5 m); and (3) the floodplain connection via artificial openings after rehabilitation (MW – 0.5 m).

1991, 1993, KOVACEK et al. 1991, SCHIEMER et al. 1992, HEIN 1993, HEILER 1993, TOCKNER 1993, GÄTZ et al. 1994, HEILER et al. 1994, SCHIEMER 1994, HEILER et al. 1995). In vielen limnologischen Teilgebieten bestand jedoch noch erheblicher Untersuchungsbedarf. Das begleitende limnologische Untersuchungsprogramm diente daher der Ergänzung des derzeitigen Kenntnisstandes und der Überprüfung und Bewertung der prognostizierten Auswirkungen der Gewässeröffnung und -vernetzung.

Unter Einbeziehung des Abschnittes Haslau-Fischafluß wurde zur Dokumentation des ökologischen Status-Quo, insbesondere der funktionellen Aspekte, sieben Hauptstellen ausgewählt (Abb. 9). Daneben, wurden flächendeckende Aufnahmen von Sedimentparametern Makrophyten, und ausgewählter Faunengruppen durchgeführt.

Das betroffene Augewässersystem wies zur Zeit der Status-quo Untersuchung vor der Restaurierung eine beachtliche ökologische Differenzierung hinsichtlich der Morphologie und Größe der einzelnen Gewässerabschnitte, der Struktur der Uferzonen, der hydrologischen Verbindung zur Donau (Anschlußdauer) und der Substratverhältnisse auf.

Für die räumliche Zuordnung der Daten bedienten wir uns eines Rasters von 200x200m (Abb. 8), der im Feld gut ansprechbar und bei Bedarf weiter differenzierbar war (~50m Unterteilungen, siehe Mollusken).

Das Augewässersystem läßt verschiedene Gewässertypen bzw. -abschnitte unterscheiden:

1. Hauptarme (der Hauptgewässerzug vor der Regulierung), die stellenweise etwa 100m Breite erreichen und bei Hochwässern auch vor der Restaurierung stark durchströmt wurden. In diesen Durchflußbereichen steht großflächig Schotter an. In den Uferzonen und vor allem im Bereich der querverlaufenden Traversen mit unregelmäßigen Kastendurchlässen kommt es zu Feinsedimentablagerungen.

Im Längsverlauf ist dieses Hauptarmsystem weiter differenziert:

Der oberste Abschnitt (E-D,5-15) ist kleinräumiger strukturiert. Er wird bei Hochwässern über den Mündungsbereich der Fischa dotiert (E-D,5).

Im mittleren Abschnitt (33-35), dem sogenannten Mitterhaufen, erreicht der Gewässerzug seine größte Ausdehnung und eine starke laterale Differenzierung. Im untersten Bereich (C-E,47-53), unterhalb der Regelsbrunner Traverse, steht der Altarm mit der Donau ab Mittelwasser in offener Verbindung bzw. ist durch Einstrombereiche (E-D,49-51) stärker hydrologisch an die Donau angebunden.

2. Einstrombereiche: bei Hochwasser stark durchströmte, schmalere Verbindungsgräben zur Donau mit Schottersubstrat und Auskolkungen. (z.B. H24). In manchen dieser Einstrombereiche ist die Wassererneuerung durch Sickerwasser von der Donau auch bei niedrigen Wasserständen hoch.

3. Größere, breitere Seitenarme des Gewässerzuges, die weniger dynamisch in das Hochwasserabflußgeschehen inkorporiert sind und eine stärkere Verlandungstendenz aufweisen. Über den Grundwasserkörper ergeben sich stärkere Wasserstandsschwankungen (siehe Abb. 8)

4. Isolierte und teils trockenfallende Tümpel und Tümpelketten mit Verlandungstendenz, in den Randzonen mit Grundwassereinfluß durch Hangwasser; stark fraktionierte Kleingewässerzüge.

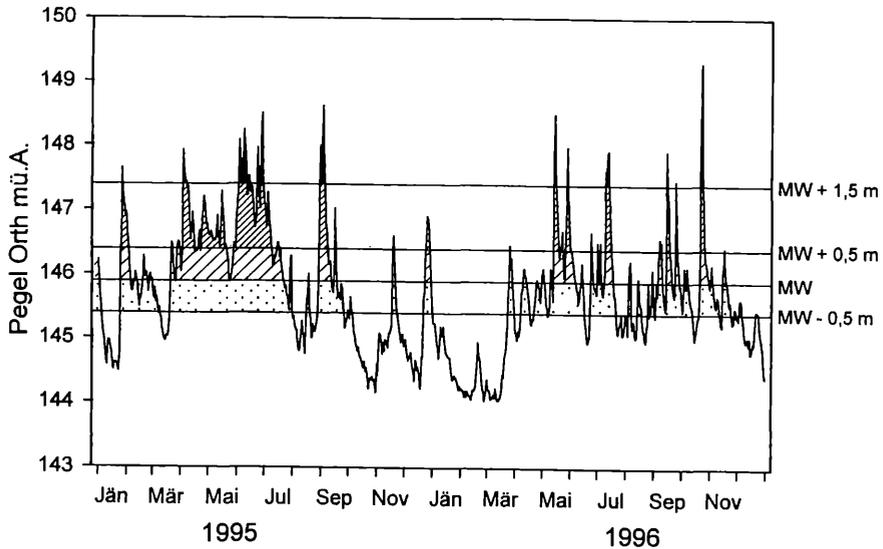


Abb. 8: Hydrograph beider Untersuchungsjahre (Daten: Wasserstraßendirektion Wien). Eingezeichnet sind die Höhenkoten der Durchlässe und Überströmstrecken, sowie die Anbindungsphasen entsprechend der Projektplanung (schraffiert). – Hydrograph of the Danube illustrating (1) the present status of hydrological connectivity (black area – MW+1.5 m); (2) the floodplain connection via levee-lowering after rehabilitation (MW + 0.5 m); and (3) the floodplain connection via artificial openings after rehabilitation (MW – 0.5 m).

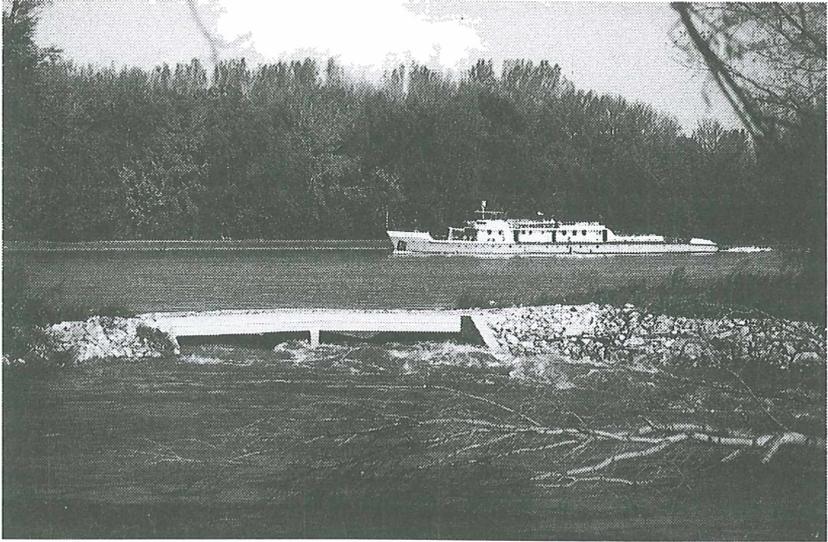


Abb. 10: Durchlässe am Treppelweg (oben) versorgen die Au an 222 Tagen pro Jahr mit Wasser, die Absenkung des Treppelweges (unten) bringt an 152 Tagen echte Fließdynamik. – Inlets in the Danube embankment (upper photo) allow water to flow into the floodplain for 222 days of the year, and lowering the embankment provides heavy flow on 152 days.

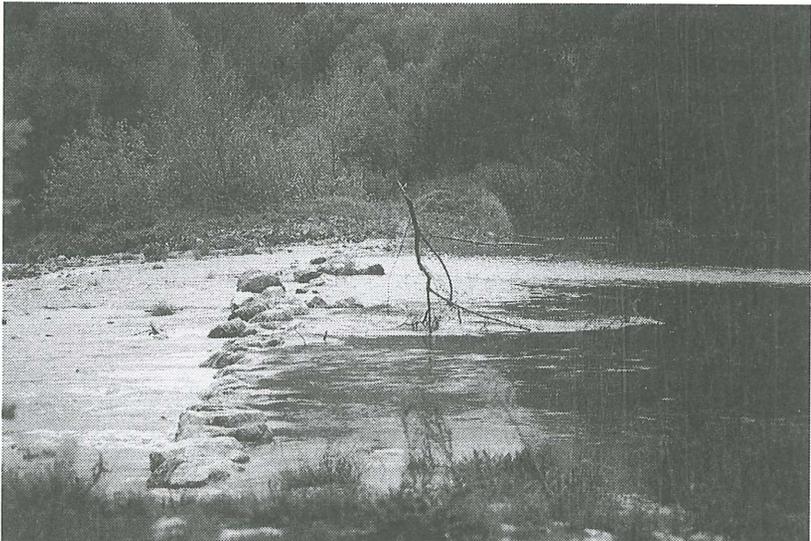


Abb. 11: Die Mitterhaufentrasse (oben vor, unten nach den Baumaßnahmen) wurde um 1.5 Meter abgesenkt. — The main traverse, the „Mitterhaufen Traverse“ (upper photo before, lower photo after the measures), has been lowered along a 140-metre long section by 1.5 metres

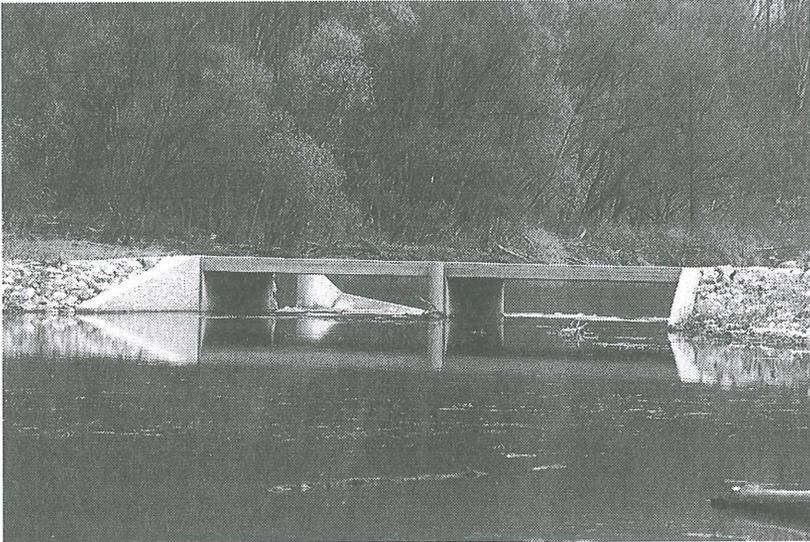


Abb. 12: Die Durchlässe an den Traversen wurden wesentlich vergrößert. – Existing inlets through the traverse have been considerably enlarged.

Literatur

- ADMIRAAL, W., VAN DER WELDE, G. & CAZEMIER, W. G., 1993: The rivers Rhine and Meuse in The Netherlands: present state and signs of ecological recovery.- *Hydrobiologia* 265, 97-128.
- AMOROS, C., ROUX, A. L. & REYGROBELLET, J. L., 1987: A method for applied ecological studies of fluvial hydrosystems.- *Regulated Rivers* 1, 17-36.
- AMOROS, C. & ROUX, A. L., 1988: Interaction between waterbodies within the flood-plains of large rivers: function and development of connectivity. pp.125-130.- In: K.-F. SCHREIBER (ed.): *Connectivity in Landscape Ecology Proceedings of the 2nd "International Seminar of the International Association of Landscape Ecology"*.- *Münstersche Geographische Arbeiten* 29, Münster.
- ANTIPA, G. P., 1982: Die biologischen Grundlagen und der Mechanismus der Fischproduktion in den Gewässern der unteren Donau. *Bull. Sect. scient. Acad. Roum.* 11, 1-20.
- BETRIEBSGESELLSCHAFT MARCHFELDKANAL, 1995: Nationalparkplanung Donau-Auen. Grobkonzept (unveröffentlichte Unterlagen). Wien.

- BIFFL, M., JUNGWIRTH, M. & MOOG, O., 1988: Die Beurteilung der limnologischen, insbesondere trophischen und saprobiellen Entwicklung des Aussystems zwischen Fischamend und Bad Deutsch-Altenburg.- Gutachten im Auftrag des ÖWWV, Wien, 369pp.
- BRETSCHKO, G. & TOCKNER, K., 1989: Sedimentuntersuchung in Donauufer- und Augewässer bei Hainburg. pp. 233-260. In: Interdisziplinäre Studie Donau. Eigenverlag des ÖWWV, Wien.
- CASTELLA, E. & AMOROS, C., 1988: Freshwater macroinvertebrates as functional descriptors of the dynamic of former river beds. *Verh.Internat.Verein.Limnol.* 23, 1299-1305.
- CASTELLA, E., RICHARDOT-COULE, M., ROUX, A. L. & RICHOUX, P., 1991: Aquatic macroinvertebrate assemblages of two contrasting floodplains: the Rhone and Ain Rivers, France.- *Regulated Rivers* 6, 289-300.
- DISTER, E., 1994: The function, evaluation and relicts of near-natural floodplains, pp.317-329. In: R. KINZELBACH (Hg.): *Limnologie aktuell*, Band 2: *Biologie der Donau*.- Gustav Fischer Verlag, N.Y.
- DYNESIUS, M. & NILSSON, C., 1994: Fragmentation and flow regulation of river systems in the northern third of the world.- *Science* 266, 753-762.
- FIEBIG, D. M., 1995: Groundwater discharge and its contribution of dissolved organic carbon to an upland stream.- *Arch.Hydrobiol.* 134, 129-155.
- GÄTZ, N., HEILER, G., HEIN, T. & SCHIEMER, F., 1994: Limnologisch-ökologische Pilotstudie im Auegebiet zwischen Maria Ellend und Regelsbrunn.- Bericht im Auftrag der Betriebsgesellschaft Marchfeldkanal, 47pp.
- GHETTI, P. F. & SALMOIRAGHI, G., 1994: Macroinvertebrate communities and changing Italian rivers.- *Boll.Zool.* 61, 409-414.
- HEILER, G., 1993: Hochwasserdynamik und hydrologische Vernetzung als steuernde Faktoren für die Ökologie von Augewässern.- Diplomarbeit, Univ. Wien, 96pp.
- HEIN, T., 1993: Hydrologische Vernetzung — Schlüsselfaktor für Augewässer? Hydrochemische und zooplanktische Kennzeichnung der Regelsbrunner Au in Abhängigkeit zur Vernetzung der Donau und dem Grundwasser.- Diplomarbeit, Univ. Wien, 114pp.
- HEILER, G., HEIN, T., SCHIEMER, F. & BORNETTE, G., 1995: Hydrological connectivity and flood pulses as the central aspects for the integrity of a river-floodplain system.- *Regulated Rivers* 11, 351-361.
- HEILER, G., HEIN, T. & SCHIEMER, F., 1994: Hydrology — Keyfactor for backwater limnology.- *Verh.Internat.Verein.Limnol.* 25.

- HERZIG, A., 1984: Zur Limnologie von Laufstauen alpiner Flüsse.- Die Donau in Österreich.- Österreichische Wasserwirtschaft 36, 95-103.
- HOLCIK, J. & BASTL, I., 1976: Ecological effects of water level fluctuation upon the fish populations in the Danube River floodplain in Czechoslovakia. Acta Sci. Bohemoslov. Brno, 10 (9), 3-46.
- IKSR-CIPR, 1993: Statusbericht Rhein.- Internationale Kommission zum Schutze des Rheins.- Koblenz, 120pp.
- IMHOF, G., SCHIEMER, F. & JANAUER, G., 1992: Lobau — Begleitendes ökologisches Versuchsprogramm. Österreichische Wasserwirtschaft 44, 287-246.
- JUNK, W. J., BAYLEY, B. P. & SPARKS, R. E., 1989: The flood pulse-concept in river-floodplain systems. pp. 110-127. In: D.P. DODGE (ed.): Proceedings of the International Large River Symposium.- Can.Spec.Publ.Fish.Aquat.Sci. 106.
- JUNK, W. J. & WELCOMME, R. L., 1990: Floodplains, pp. 491-524. In: B.C. PATTEN: Wetlands and Shallow Continental Water Bodies, Vol. 1, Natural and Human Relationships.- SPB Publ., The Hague.
- KOVACEK, H., MANN, M. & ZAUNER, G., 1991: Flächendeckende Biotopkartierung des aquatischen Lebensraumes im Aubereich des zukünftigen Nationalparks Donau-Auen.- Im Auftrag von AULAND und Betriebsgesellschaft Marchfeldkanal, 49pp.
- LÖFFLER, H., 1990: Danube backwaters and their response to anthropogenic alteration, pp. 127-130.. In: Patten, B.C.: Wetlands and Shallow Continental Water Bodies, Vol. 1.- Natural and Human Relationships.- SPB Publ. The Hague.
- MOHILLA, P. & MICHLMAYR, F., 1995: Donauatlas Wien.- Österreichischer Kunst- und Kulturverlag, Wien.
- MULLHOLLAND, P. J., 1981: Deposition of riverborne organic carbon in floodplain wetlands and deltas.- In: Flux of organic carbon by rivers to the oceans.- U.S. Department of Energy, Springfield, National Technical Information Service, pp. 142-172.
- NAIMAN, R. J. & DECAMPS, H., 1990: The ecology and management of aquatic terrestrial ecotones.- Publ. by Unesco, Paris, 301 pp.
- REISMANN, W., 1995: Die Donau im Osten Österreichs im Wandel der Zeit.- Österreichische Wasserwirtschaft 47, 59-67.
- SCHIEMER, F., 1994: Monitoring of floodplains: Limnological indicators, pp.95-107. In: G. AUBRECHT, G. DICK & C. PENTRICE (eds.): Monitoring of Ecological Change in Wetlands of Middle Europe.- Stapfia 31, Linz.
- SCHIEMER, F., 1995: Revitalisierungsmaßnahmen für Augewässer — Möglichkeiten und Grenzen.- Arch.Hydrobiol. Suppl. 101, 163-178.

- SCHIEMER, F., POKORNY, J., GÄTZ, N., POSPISIL, P. & CHRISTOF-DIRRY, P., 1992: Limnologische Gesichtspunkte bei der Beurteilung von Augewässerdotationen. Österr. Wasserwirtschaft 44 (11/12), 300-307.
- SCHIEMER, F. & WAIDBACHER, H., 1992: Strategies for the Conservation of the Danube Fish Fauna, pp. 363-384. In: P.J. Boon, P. Calow & G.E. Petts (eds.): River Conservation and Management. J. Wiley & Sons, N.Y.
- SCHIEMER, F. & WAIDBACHER, H., 1994: Naturschutzerfordernisse zur Erhaltung einer typischen Donau-Fischfauna. pp.247-266. In: R. KINZELBACH (ed.): Limnologie aktuell, Bd.2: Biologie der Donau. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- SCHIEMER, F., JUNGWIRTH, M. & IMHOF, G., 1994: Die Fische der Donau — Gefährdung und Schutz.- Grüne Reihe des BMUJF, Wien. Band 5, 160pp.
- SCHUMM, S.A., 1985: Patterns of alluvial rivers.- Ann.Rev.Earth Planet Sci. 13, 5-27.
- SEDELL, J. R., RICHEY, J. E. & SWANSON, F. J., 1989: The river continuum concept: a basis for the expected ecosystem behavior of very large rivers. In: D.P. Dodge (Ed.): Proceedings of the International Large River Symposium. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 106, 49-55.
- SPINDLER, T., 1991: Fischökologische Untersuchungen im Altarmsystem der Donau im Bereich von Haslau und Regelsbrunn (Revier 1/13a). Teil I: Fischereimanagement.- WWF-Forschungsbericht 3/1991, 36pp.
- SPINDLER, T., 1993: Populationsdynamische Untersuchungen im Altarmsystem und der Donau im Bereich von Regelsbrunn und Haslau.- WWF Forschungsbericht 9/1993, 80pp.
- STANFORD, J. A. & WARD, J. V., 1993: An ecosystem perspective of alluvial rivers: connectivity and the hyporheic corridor.- J.N.Am.Benthol.Soc. 12, 46-60.
- TOCKNER, K., 1993: Ein Beitrag zur Ökologie der Uferbereiche der österreichischen Donau (Stauraum Altenwörth, Wiener Donaukanal und Freie Fließstrecke).- Dissertation, Uni. Wien, 331pp.
- TOCKNER, K. & SCHIEMER, F., in press: Restoration strategy for a river-floodplain system on the Danube River in Austria: Ecological aspects.- Global Ecology and Biogeographical Letters.
- TOCKNER, K. & BRETSCHKO, G., in press: Spatial distribution of particulate organic matter (POM) and benthic macroinvertebrates in a river-floodplain transect (Danube, Austria): the importance of hydrological connectivity.- Arch.Hydrobiol. Suppl.
- VAN DIJK, G. M., VAN LIERE, L., ADMIRAAL, W., BANNINK, B. A. & CAPPON, J. J., 1994: Present state of the water quality of European rivers and implications for management.- The Science and the Total Environment 145, 187-195.

- VANNOTE, R. L., MINSHALL, G. W., CUMMINS, K. W., SEDELL, J. R. & CUSHING, C. E., 1980: The river continuum concept.- *Can.J.Fish.Aquat.Sci.* 37, 103-137.
- WARD, J. V & STANFORD, J. A., 1995: Ecological connectivity in alluvial river ecosystems and its disruption by flow regulation.- *Regulated Rivers* 11, 105-119.
- WEBER, E., 1989: Studien über die Entwicklung der Donaufischerei von Wien bis zur Marchmündung vor und nach der Donauregulierung in den Jahren 1880 bis 1900.- Unveröffentl.
- WELCOMME, R. L., 1979: Fisheries ecology of floodplain rivers. Longman, London. 317pp.
- WÖSENDORFER, H. & LEBERL, S., 1987: Uferzonen der Donau von Wien bis zur Marchmündung. Landschaftsökologische Untersuchung von Stromkilometer 1920 bis 1880.- Studie im Auftrag der Wasserstraßendirektion Wien.

Anschrift: Fritz SCHIEMER, Klement TOCKNER* & Christian BAUMGARTNER**;
Universität Wien, Institut für Ökologie und Naturschutz, Althanstraße 14, A—1090
Wien, email: Schiemer@zoo.univie.ac.at, *EAWAG/ETH Zürich, Abteilung Limnologie,
Überlandstraße 133, CH—8600 Dübendorf, email: Tockner@eawag.ch, **Nationalpark
Donau-Auen, Fadenbachstraße 17, A—2304 Orth a.d. Donau, email: Nationalpark@Donauauen.at

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: 2000

Band/Volume: [31](#)

Autor(en)/Author(s): Schiemer Fritz, Tockner Klement, Baumgartner Christian

Artikel/Article: [Das Donau-Restaurierungs-Programm: Rahmenbedingungen und Untersuchungskonzept. 1-25](#)