

Österreichs Donau

Landschaft – Fisch – Geschichte



Österreichs Donau
Landschaft – Fisch – Geschichte

Österreichs Donau

Landschaft – Fisch – Geschichte

Mathias Jungwirth
Gertrud Haidvogl
Severin Hohensinner
Herwig Waidbacher
Gerald Zauner

Wien, 2014

Impressum

Herausgeber/in:

Mathias Jungwirth, Gertrud Haidvogel, Severin Hohensinner,
Herwig Waidbacher, Gerald Zauner

Copyright:

Universität für Bodenkultur Wien (BOKU),
Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement (IHG),
Max-Emanuel-Straße 17, 1180 Wien
<http://www.wau.boku.ac.at/ihg>
Wien, 2014

Grafisches Konzept und Layout:

Florian Jungwirth, DYNAMOWIEN

Druck:

Holzhausen Druck GmbH, 2120 Wolkersdorf

Schrift:

Swift Neue, Klavika

Papier:

Munken Pure Rough, 100 g/m²; Core silk, 150 g/m²

Printed in Austria

ISBN: 978-3-900932-20-6

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt. Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit Zustimmung der Herausgeber/in bzw. der Inhaber/innen der Bildrechte. Ausgenommen bei Verwendung für wissenschaftliche Veröffentlichungen und Unterrichtszwecke unter Wahrung der Bildrechte und Angabe der Quelle.

Zitiervorschlag:

Jungwirth, M., Haidvogel, G., Hohensinner, S., Waidbacher, H. & Zauner, G. (2014): Österreichs Donau. Landschaft – Fisch – Geschichte. Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement, BOKU Wien, 420 S.

Geleit und Danksagung

Erste, zum damaligen Zeitpunkt nicht realisierbare Überlegungen für dieses Buch zur Donau gab es schon in den 1990er Jahren. Einige der Autoren befassten sich damals bereits über viele Jahre mit der Donau und untersuchten vor allem die Auswirkung unterschiedlicher menschlicher Eingriffe und Nutzungen auf die Fischfauna. Die Defizite hinsichtlich der Struktur- und Habitatausstattung sowie der Austauschprozesse und Wechselwirkungen zwischen Donau und Nebengewässern lagen schon zu dieser Zeit klar auf der Hand. Erste Überlegungen zur Revitalisierung reiften als Folge. Die Entwicklung eines sogenannten Leitbildes, das sich an den historischen Prozessen und Strukturen einer noch unregulierten Flusslandschaft orientierte, war für die Planung und Umsetzung solcher Maßnahmen eine wichtige Voraussetzung. Genau diese Grundlagen wurden ab den 1990ern am Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement (IHG) der Universität für Bodenkultur (BOKU) in verschiedenen Forschungsprojekten zur historischen Entwicklung der Donau-Flusslandschaften und deren Ichthyofauna erarbeitet. Zugleich starteten erste Umsetzungen vorerst noch eher kleinerer Revitalisierungsmaßnahmen, regelmäßig begleitet durch ein Monitoring zur Erfolgskontrolle. Nach der Jahrtausendwende erreichten die an der Donau und ihren größeren Zubringern realisierten Revitalisierungen in Anzahl und Dimension eine auch aus internationaler Sicht beachtenswerte Größe.

Vor diesem Hintergrund regte der Verfasser dieser Zeilen in den letzten Jahren immer wieder an, neben einschlägigen wissenschaftlichen Publikationen endlich auch

ein attraktiv gestaltetes, reich illustriertes und populärwissenschaftliches Buch über die österreichische Donau zu verfassen. Eine wichtige Frage war der Fokus eines solchen, für eine breitere Öffentlichkeit bestimmten Buches. Die Antwort ergab sich quasi von selbst aus den jeweiligen Forschungsschwerpunkten und Expertisen der Autor/innen: Gertrud Haidvogel forscht als Umwelthistorikerin seit vielen Jahren zu den Interaktionen von Mensch und Gewässern, im Speziellen zu Fischbeständen und Fischerei, sowie zur Nutzung der Auen. Severin Hohensinner befasst sich als Landschaftsplaner seit bald 20 Jahren mit den historischen Veränderungen der Donau-Flusslandschaft, insbesondere als Folge der Regulierungen und Wasserkraftwerke. Herwig Waidbacher, Gerald Zauner und Mathias Jungwirth schließlich sind Gewässer- und Fischökologen mit starkem Fokus auf Fragen der Restaurationsökologie. Die geschichtliche Entwicklung der Flusslandschaften und flussbezogenen Lebensräume sowie deren Fischfauna, im Speziellen aber auch deren Wechselwirkung mit den an und von der Donau lebenden Menschen bilden somit den Rahmen für das vorliegende Buch.

Da die genannten Autor/innen zum Teil schon über Jahrzehnte am IHG beziehungsweise als selbständiger Gewässerökologe über die Donau und deren Zubringer forschen, publizieren und lehren, konnte deren reiche Erfahrung und umfangreiches Datenmaterial in das Buch einfließen. Auf die Verwendung solcher „internen“ Unter-

lagen wird im Text meist, aber nicht immer, hingewiesen. Wichtige Studien und Publikationen der Autor/innen sind im Literaturverzeichnis aufgelistet, jedoch nicht immer alle von ihnen stammende Ergebnisse und Publikationen im Einzelnen zitiert.

Da drei der fünf Mitglieder des Autor/innen-Teams im Drittmittelbereich des Institutes tätig beziehungsweise selbstständig sind, war die Finanzierung des Zeitaufwandes für dieses Buch eine nicht unwesentliche Frage. Diesbezüglich ergab sich im Jahre 2011 erstmals eine wirklich konkrete Chance, da für ein Jubiläum des Niederösterreichischen Landesfischereiverbandes ein Buch mit ähnlicher Zielsetzung herausgegeben werden sollte. Die Pläne für dieses Projekt entwickelten sich anfänglich gut, die Realisierung musste jedoch aufgrund finanzieller Engpässe 2012 wieder abgeblasen werden.

Wie so oft im Leben, spielte letztlich der Zufall eine große Rolle. Im Frühjahr 2013 trafen der Leiter der Gruppe Wasser des Amtes der Niederösterreichischen Landesregierung, der Geschäftsführer der viadonau und der Verfasser dieser Zeilen zu einem Arbeitsgespräch zusammen, bei dem Letzterer nebenbei von der Entstehung der Idee zu diesem Buch bis hin zum Scheitern des Projektes erzählte. Und genau das war der Durchbruch! Die Idee gefiel offenbar so gut, dass die zwei an diesem Gespräch beteiligten Herren nicht nur die Unterstützung des Vorhabens durch ihre Institutionen beschlossen, sondern darüber hinaus innerhalb weniger Tage weitere Interessenten beziehungsweise Förderer „ins Boot“ holten. Innerhalb weniger Wochen wurden zwei Arbeitstreffen zu Inhalten, Zeitrahmen und Kosten abgehalten und es kam schließlich zum endgültigen Vertragsabschluss zwischen allen Fördergebern und dem IHG.

Vor dem Hintergrund verschiedener, schon bestehender Werke über die Donau bestätigten die Diskussionen mit den Fördergebern, dass die von uns vorgeschlagene Fokussierung auf den historischen Wandel der Flusslandschaften, der Fischbestände und der Interaktionen Mensch – Donau zentrales Thema sein sollte. Da die österreichische Donau Teil eines komplexen Gesamtsystems ist, von dem sie in vielerlei Hinsicht beeinflusst

wird, auf das sie gleichzeitig aber auch starke Auswirkungen hat, gibt *Kapitel 1* einleitend einen Überblick über das gesamte Einzugsgebiet (Charakteristik, geologische Entwicklung, Landschaften, Ökologie, Fischfauna). In weiterer Folge geht es dann ausschließlich um die österreichische Donau. In *Kapitel 2* werden ausführlich die historische Entwicklung des Flusssystemes, der Wandel seiner Landschaften und Habitatausstattung als Folge menschlicher Nutzungen und Eingriffe, sowie die daraus resultierende Entwicklung der Fischfauna behandelt. *Kapitel 3* widmet sich dem aktuellen Zustand der Donau, quasi als Resultat und Summe der historischen Entwicklung sowie der jüngst erfolgten Eingriffe (Wasserkraftwerke, Personenschiffahrt und andere Einflüsse vor allem ab Mitte des 20. Jahrhunderts). Der zweite Teil des dritten Kapitels beschreibt die aktuellen biotischen Verhältnisse, speziell den Fischbestand. In *Kapitel 4* geht es um Restauration im weitesten Sinne. Es werden Grundlagen und gesetzliche Rahmenbedingungen beschrieben, beispielhaft Sanierungen hydrologischer Natur wie auch Rückbaumaßnahmen unterschiedlichster Art und Größenordnung aufgezeigt, sowie zahlreiche Maßnahmen, Projekte und deren Erfolgskontrollen behandelt. *Kapitel 5* schließlich befasst sich mit den grundsätzlichen Werten von intakten Donau-Flusslandschaften für die menschliche Gesellschaft, den sogenannten „ecosystem services“. Nicht zuletzt werden in diesem Kapitel Möglichkeiten und Grenzen für zukunftsorientierte Lösungen entlang der österreichischen Donau, aber auch noch offene Fragen aufgezeigt.

Im Buch zitierte Literatur ist dem Literaturverzeichnis zu entnehmen, die in den einzelnen Kapiteln verwendeten Fachausdrücke werden in einem Glossar am Ende des Buches erklärt. Alle Nachweise zu im Buch enthaltenen Abbildungen und Tabellen finden sich im Anhang.

Um das Buch durch einige zusätzliche Informationen mit Bezug zu Gesellschaftspolitik, Wissenschaft, Umwelt, Umweltgeschichte und Wirtschaft zu ergänzen, wurden auch mehrere externe Kolleg/innen und Persön-

lichkeiten um Beiträge gebeten. Diese Beiträge sind in verschiedene Kapitel integriert und jeweils besonders gekennzeichnet. Allen diesbezüglich verantwortlichen Autor/innen, die am Ende des Buches namentlich angeführt sind, sei an dieser Stelle gemeinsam sehr herzlich für ihre Beiträge gedankt.

Nicht nur für die Finanzierung, sondern speziell auch für die konstruktive und unbürokratische Vorgangsweise bei den Vertragsabschlüssen sowie für die äußerst konstruktiven Arbeitsgespräche und Diskussionen gilt unser ganz besonderer Dank folgenden Förderern:

- Amt der Niederösterreichischen Landesregierung
- Amt der Oberösterreichischen Landesregierung
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
- Magistrat der Stadt Wien
- Niederösterreichischer Landesfischereiverband
- Österreichische Fischereigesellschaft gegr. 1880
- viadonau – Österreichische Wasserstraßen-Gesellschaft mbH

Für die Unterstützung bei unseren Recherchen, für unentgeltliches Bild- und Fotomaterial, für die Zurverfügungstellung und Auswertung von Daten, für Hinweise auf Unterlagen und Quellen sowie die kritische Durchsicht von Textpassagen dürfen wir namentlich – in alphabetischer Reihenfolge und ohne Anführung von Titeln – sehr herzlich danken:

Andreas Bachmayr, Christian Baumgartner, Sándor Békési, Mirko Bohuš (Slowakei), Wolfgang Danninger, Franz Dosch, Plamen Draganov (Bulgarien), Anton Drescher, Duke of Woodquater, Jürgen Eberstaller, Doris Eberstaller-Fleischanderl, Gregory Egger, Robert Fenz, Gerhard Fenzl, Georg Freinschlag, Thomas Friedrich, Michael Fröschl, Friedrich Furlinger, Reinhold Godina, Wolfram Graf, Gregor Gravogl, Karl Gravogl, Gabor Guti (Ungarn), Ernst Hadwiger, Thomas Hartl, Hans-Peter Hasenbichler, Wolfgang Hauer, Stefanie Hlavac, Karl Hohensinner, Herwig Irmeler, Michael Jung, Bernhard Karl, Thomas Kaufmann, Lisa Kelly (USA), Franz Kiwek,

Franz Kohl, Veronika Koller-Kreimel, Erhard Kraus, Andreas Kuchler, Leo Küllinger, Patrik Leitner, Marcel Liedermann, Gerald Loew, Ludwig Lutz, Benedikt Mandl, Eva Michlits, Susanne Muhar, Martin Mühlbauer, Norbert Novak, Anton Öckher, Gisela Ofenböck, Rosemarie Parz-Gollner, Peter Pišút (Slowakei), Clemens Ratschan, Walter Reckendorfer, Franz Roither, Helmut Satzinger, Dejan Savic Sawa (Serbien), Roland Schmalfuß, Oliver Schmitsberger, Kurt Seifert, Günther Unfer, Johannes Wiedl, Helmut Wimmer, Robert Zinterhofer.

Für die unentgeltliche Zurverfügungstellung von Bildmaterial möchten wir weiters folgenden Institutionen danken:

Geologische Bundesanstalt, Herman Ottó Museum Miskolc (Ungarn), Institut für Wasserbau und hydrometrische Prüfung („Severingasse“), Museen der Stadt Regensburg – Historisches Museum, Naturhistorisches Museum Wien, Archäologischer Park Carnuntum, 7reasons Medien GmbH, Stadtgemeinde Grein, lodans.wordpress.com, 1. Wiener Fischereimuseum, VERBUND Hydro Power GmbH, Romanian Academy Library, Texas Parks and Wildlife Department.

Nicht zuletzt gilt unser spezieller Dank Christina Gruber und Silvia Navrkal für die Bearbeitung vieler Grafiken und die Organisation der Bildrechte sowie Florian Jungwirth für die grafische Konzeption und das Layout des Buches.

Mathias Jungwirth
im Namen aller Autor/innen
Wien, November 2014

Inhalt

	1
14	Vom Ursprung bis zur Mündung – die internationale Donau und ihr Einzugsgebiet
	1.1
16	Die Donau als Naturlandschaft und Kulturraum
17	Kurzer Steckbrief des Donaustystems
28	Die Donau als Bindeglied und politische Grenze, Kultur- und Naturraum
29	Aktuelle ökologische Probleme entlang des Donaukorridors
37	Bilanz und Ausblick
	1.2
42	Wohin geht's? Donau-Genese mit Hindernissen
44	Die Geburt der Donau
48	Ein neuer Anlauf
50	Doch nach Osten
52	Fluss mit Verirrungen
54	Der Rhein war stärker
54	Kalte Zeiten
57	Austoben im ehemaligen Pannon-See
60	Höhenprobleme
61	Die jüngste Donau
	1.3
64	Durch halb Europa – die Landschaften der Donau
65	An den Rand gedrängt und eingepfercht – die Obere Donau
76	Fort mit der schweren Last – die Mittlere Donau
83	Ausbruch aus dem Karpatenbogen – das Eiserne Tor
83	Endlich befreit – die Untere Donau
89	Ein Fluss baut sich seinen Lauf – das Donaudelta

1.4

- 96 Die Fischfauna des Donauesystems
- 99 Der Fischartenreichtum der Donau – die Spuren des Pleistozäns
- 102 Von der Quelle bis zur Mündung – räumlicher Wandel der Fischfauna im Längsverlauf
- 106 Klima und Mensch als rezente Akteure – zeitlicher Wandel der Fischfauna
- 106 Von geschätzten Biomasselieferanten zu unerwünschten „alien species“
- 107 Blinde Passagiere und eventuelle Klimaflüchtlinge
- 109 Wandel der Donau als Fischlebensraum
- 111 Der aktuelle fischökologische Zustand der Donau – eine Zwischenbilanz
- 112 Reiche Erträge der Donaufischerei

2

118 **Österreichische Donau – historische Entwicklung**

2.1

- 120 Donau-Metamorphose – von der naturbelassenen Flusslandschaft zur Wasserstraße
- 121 Die (fast) menschenleere Donaulandschaft nach der Eiszeit
- 123 Die Donau von der Römerzeit bis Ende des Mittelalters
- 128 Die frühneuzeitliche Donau
- 133 Wenig los im 17. Jahrhundert?
- 137 Die Donau-Auen – ein pulsierender Organismus
- 141 Was war typisch? – Katastrophen bestimmen die Entwicklung
- 147 Immer in Bewegung
- 151 Unberührte Natur?
- 154 Zaghafte Beginn der Donauebändigung
- 159 Der Weg zur Vollregulierung
- 170 Auswirkungen der Regulierung
- 176 Verlust der Strömung

2.2

- 178 Die Fische der Donau – ein Spiegel des Wandels der Flusslandschaft
- 183 Der Fischreichtum vergangener Zeiten
- 189 Die Donaustöre und andere wichtige Wanderfische
- 194 Von Donaukarpfen, Zander und Meerbarschen sowie verirrt Aalen
- 197 Historische Erwerbsfischerei an der österreichischen Donau
- 204 Regeln für den Fischfang
- 209 Die „Industrialisierung der Donau“ und deren Folgen für die Fische
- 211 Die „Aufgabe“ von Fisch als lokal verfügbarer Nahrungsressource
- 212 Donaufische auf dem Teller

3

220 **Status quo der österreichischen Donau und ihrer Fischbestände**

3.1

- 222 Aktueller Stand menschlicher Eingriffe sowie anderer Umwelteinflüsse
- 226 Wassergüte und -qualität des Donaustroms laden wieder zum Baden ein
- 227 Regulierung für Schifffahrt und Hochwasserschutz – eine nie endende Geschichte
- 232 Trauerspiel Auwaldverlust – eine Bilanz
- 234 Die energiewirtschaftliche Nutzung der Donau – eine Erfolgsstory
- 240 Die Kehrseite der Medaille – Auen hinter Rückstaudämmen
- 243 Weshalb eigentlich Umleitung von Zubringern?
- 243 Staue – ganz andere Lebensräume mit „inversen Spiegelschwankungen“
- 244 Das Dilemma mit den Feststoffen – Eintiefung der Sohle und Auflandung der Auen
- 251 Unterbundene Fischwanderungen in der Donau und ihren Zubringern
- 254 Mehr Schifffahrt – mehr Wellenschlag
- 256 Angelfischerei
- 260 Auch Kormorane fangen Fische
- 262 Neobiota, die unbekanntes Wesen
- 262 Global change – auch die Donau wird wärmer
- 264 Das Wirrwarr an Einflüssen

3.2

- 266 Die fischökologische Situation seit Mitte des 20. Jahrhunderts
- 273 Einfluss der Schifffahrt auf das Jungfischauftreten
- 275 Donaustaue als Fischlebensräume
- 279 Nebengewässer der Donau als Fischlebensräume
- 284 Die Stromsohle, Lebensraum des Strebers
- 286 Wo sind die Donaufische hingekommen?
- 289 Fremde Fische in der Donau
- 293 Fremde Bodenbewohner
- 297 Die Erwerbsfischerei – Spiegelbild der Veränderungen der Donau

4

300 **Revitalisierungen an der Donau und ihren Zubringern**

4.1

- 302 Grundsätze der Fließgewässerrevitalisierung
- 303 Vom Schutz der Gewässer zur leitbildorientierten Planungsphilosophie
- 304 Warum gerade Fische?
- 305 Die Donau – ein Fluss mit Potenzial?

4.2

- 310 Maßnahmen typen für die Donau
- 313 Uferstrukturierung mittels geschütteter Schotterbank
- 314 Uferstrukturierung durch Entfernung des Uferschutzes
- 316 Uferstrukturierung mittels Insel-Nebenarm-System
- 318 Großer durchströmter Nebenarm
- 321 Kleiner durchströmter Nebenarm
- 322 Exkurs: Optimale Anbindung gesucht – vom Rohrdurchlass zum durchströmten Nebenarm
- 324 Periodisch durchströmter Altarm
- 326 Kleiner Umgehungsbach als Fischwanderhilfe
- 328 Dynamischer Umgehungsbach als Fischwanderhilfe
- 331 Einseitig angebundener Altarm
- 334 Isoliertes Kleingewässer
- 335 Zubringersysteme (v. a. Mündungsbereiche und anschließende Strecken)
- 338 Uferstrukturierung im zentralen Stauraum
- 339 Ein Pilotprojekt für die Donau

4.3

- 342 Die Reaktion der Fischfauna auf Revitalisierungen
- 343 Erste Evaluierungen des Fischbestandes
- 345 Reproduktion und Jungfischauftreten der Schlüsselart Nase in Flachwasserhabitaten
- 347 Warum ist die Form der Ufer wichtig?
- 351 Nebenarme als Lebensraum – alles eine Frage der Anbindung
- 353 Reaktivierte Altarme als neue Lebensräume
- 355 Wie kommen Donaufische in höher gelegene Augewässer?
- 357 Das Wandern ist der Fische Lust
- 358 Revitalisierung eines ganzen Donauabschnittes – Beispiel Wachau
- 364 Erfolgsaussichten und Grenzen

5

366 **Perspektiven**

5.1

- 368 Es geht nur gemeinsam – internationale Probleme erfordern internationale Anstrengungen

5.2

- 372 Hausgemachte Probleme – Handlungsbedarf in Österreich
- 373 Sanierungsmöglichkeiten und die Grenzen des Machbaren
- 375 Hydromorphologie – Defizite und Chancen
- 376 Prozessorientiertes Arbeiten, Forschungsbedarf, offene Fragen
- 378 Was bedeutet integrative Wasserwirtschaft?
- 384 Vision für die Donau

Externe Beiträge

- 26 Benedikt Mandl & Ivan Zavadsky:
Wasserwirtschaft im Donau-Einzugsgebiet – 20 Jahre Internationale Kooperation durch die IKSD/ICPDR
- 34 Martin Gerzabek & Erhard Busek:
Der Donaauraum als internationale Bildungs- und Forschungslandschaft der Zukunft
- 38 Hans-Peter Hasenbichler & Thomas Hartl:
Die Gestaltung der Donau als internationale Wasserstraße des 21. Jahrhunderts
- 80 Verena Winiwarer:
Kampf auf dem Wasser – Die Donau als Kriegsschauplatz
- 92 Carl Manzano:
Die Rolle der Schutzgebiete zur Erhaltung der Donau als Europäisches Naturerbe
- 164 Martin Schmid:
Schneller, höher, weiter? Die Verwandlung der Donau aus Sicht eines Umwelthistorikers
- 172 Christian Baumgartner:
Nationalpark Donau-Auen – lebendiges Relikt der ehemaligen Flusslandschaft
- 184 Alfred Galik:
Fischknochen – Ein Fenster in die Vergangenheit
- 228 Thomas Hein:
Die Rolle der Donau und ihrer Ausysteme im Hinblick auf den Nährstoffhaushalt
- 248 Helmut Habersack:
Tanz der Steine
- 294 Wolfram Graf:
Das Makrozoobenthos der österreichischen Donau
- 382 Erich Polz:
Rührsdorf wieder an der Donau! Wie ich das Ende und die Wiedergeburt des Donauarmes durch die Venediger Au und die Pritzenau erlebte

Appendix

- 389 Glossar
- 396 Literatur
- 410 Bildnachweis
- 417 Tabellennachweis
- 418 Autor/innen der externen Beiträge
- 420 Herausgeber/in



1

Vom Ursprung bis zur Mündung – die internationale Donau und ihr Einzugsgebiet

	1.1
16	Die Donau als Naturlandschaft und Kulturraum
	1.2
42	Wohin geht's? Donau-Genese mit Hindernissen
	1.3
64	Durch halb Europa – die Landschaften der Donau
	1.4
96	Die Fischfauna des Donauesystems



Gefährliche Schifffahrtshindernisse
und besondere Orte an der inter-
nationalen Donau (anonym 1738)

1.1

Die Donau als Naturlandschaft und Kulturraum

Das internationale Flusssystem der Donau überblicksmäßig zu beschreiben, ist kein leichtes Unterfangen. Findet man sich doch bei der Recherche sehr rasch einer verwirrenden Fülle und Vielfalt an Unterlagen mit zum Teil sogar widersprüchlichen Informationen gegenüber. Im konkreten Fall erwies es sich als zielführend, für eine erste steckbriefartige Charakterisierung des Donausystems primär auf die umfassenden Grundlagen jener Institution zurückzugreifen, die wie keine andere diesem internationalen Fluss verpflichtet ist: die „International Commission for the Protection of the Danube River“ (ICPDR/IKSD). Neben Informationen über die Donaustaaten, institutionelle Zuständigkeiten und gesetzliche Rahmenbedingungen bietet die ICPDR auch verlässliche Daten über Zubringersysteme, Abflussregime, Feststoffhaushalt, menschliche Eingriffe und deren Folgen, bis hin zu Naturschutzgebieten, Biodiversität und Schutzgütern. Die in weiterer Folge gemachten Ausführungen beziehen sich daher, so nicht anders vermerkt, überwiegend auf diverse Dokumente der ICPDR.

Kurzer Steckbrief des Donausystems

Vorwiegend west-östlich verlaufend, durchfließt und verbindet die Donau die geschichtsträchtigen Kulturlandschaften und großartigsten Naturräume Mittel- und Osteuropas. Mit einer Länge von 2 857 km, einem Einzugsgebiet von 817 000 km² und einem mittleren Abfluss von mehr als 6 500 m³/s bei der Mündung ins Schwarze Meer ist die Donau nach der Wolga der zweitlängste und zugleich zweitgrößte Fluss Europas.

Zwei wichtige Gebirgszüge untergliedern das Flusssystem der Donau in drei Hauptabschnitte: Die Obere Donau reicht von der Quelle bis zum Durchbruch durch die Gebirgskette bestehend aus Alpenausläufern, Leithagebirge, Kleinen und Weißen Karpaten sowie Westbeskiden an der österreichisch-slowakischen Grenze, der als „Thebener Pforte“ bezeichnet wird. Die anschließende Mittlere Donau reicht bis zum sogenannten „Eisernen Tor“, der Durchbruchsstrecke durch den zweiten Gebirgszug, welcher am Balkan beginnt und eine Verbindung mit den Südkarpaten darstellt. Der von hier bis zur Mündung reichende Abschnitt schließlich, der auch das insgesamt ca. 4 350 km² große Deltagebiet umfasst, wird als Untere Donau bezeichnet (*Abb. 1.1 und 1.2*).

Die drei Abschnitte und einzelnen Teileinzugsgebiete haben hinsichtlich der Zubringer und des Abfluss-



Obere Donau

Abb. 1.1 Das Einzugsgebiet der Donau und deren Hauptabschnitte



Mittlere Donau

Untere Donau

Delta



„Nev Accurat, Vnd Noch Niemalen In Offentlicher Expression Heravs Gegebener Practicirter Donav Strohm ...“ von Wien bis kurz vor der Mündung (anonym um 1738)

Abb. 1.2 Die vielen Gesichter der historischen Donau



Nummern in der Karte: räumliche Zuordnung der fünf historischen Ansichten auf den folgenden Seiten



(1)
 Pozsony, Hauptstadt des
 Ungarischen Königreiches 1588
 (heutiges Bratislava)



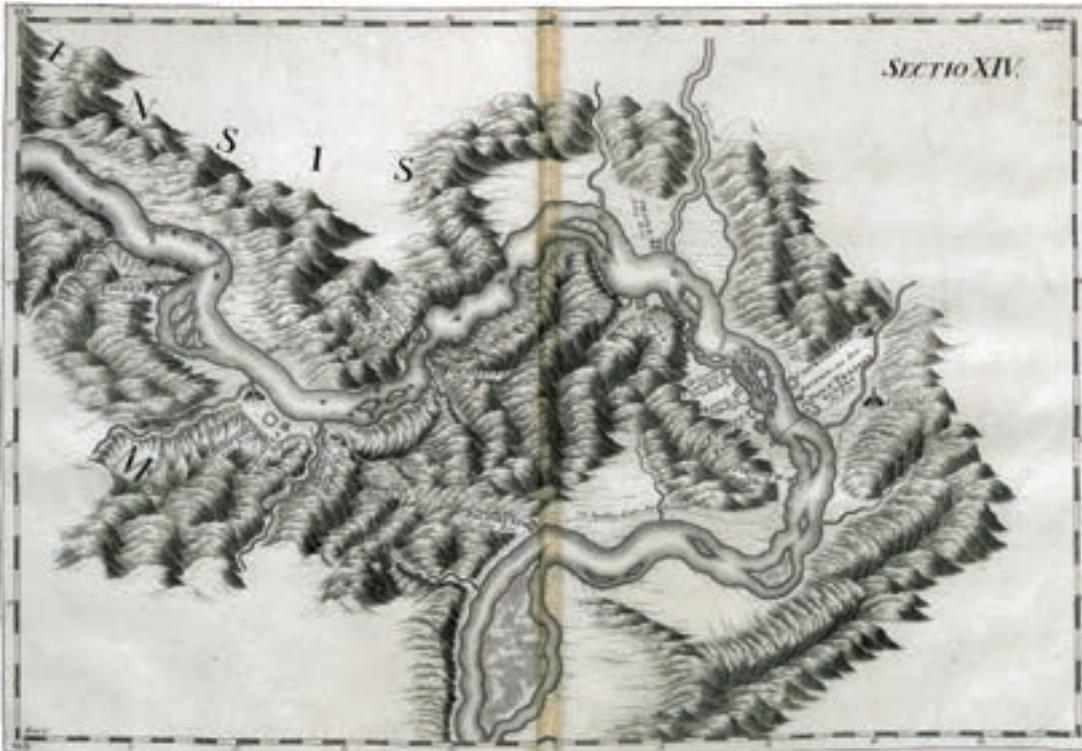
(2)
 Budapest zur Zeit der
 osmanischen Herrschaft 1617



(3)
Hausenfang an der
Mittleren Donau um 1698



(5)
Vidin an der Unteren Donau um 1840



(4)
Eisernes Tor um 1698

geschehens eine sehr unterschiedliche Charakteristik. Mit insgesamt 120 größeren Zuflüssen, von denen 56% linksufrig und 44% rechtsufrig münden (34 davon schiffbar), besitzt die Donau ein ausgedehntes Netz unterschiedlicher Zubringer. Die Obere Donau wird in erster Linie durch die Schneeschmelze in den Alpen im späten Frühjahr und Sommer sowie durch atmosphärische Niederschläge gespeist. Hinsichtlich des Abflussgeschehens sind hier im Gegensatz zum Unterlauf vergleichsweise abrupte Änderungen typisch, wobei die Höchststände überwiegend im Sommer und die Tiefststände im Herbst und Winter auftreten.

An der Mittleren Donau verteilen sich die aus den oberen Teileinzugsgebieten kommenden Hochwässer und sind tendenziell ausgeglichener. Theiß und Save bringen freilich weitere starke Hochwässer, insbesondere aufgrund der Regenfälle in den Dinarischen Alpen und des anhaltenden Zuflusses von Frühjahrsschmelzwasser aus den Karpaten. Zu Niederwasserzeiten im Herbst und Winter trägt das Grundwasser wesentlich zum Abflussgeschehen bei.

Die Untere Donau transportiert die aus den oberen Donauabschnitten kommenden Wassermassen und Feststoffe Richtung Schwarzes Meer. Dynamische Erosionsprozesse finden hier kaum noch statt, vielmehr überwiegt die Ablagerung von Feinsedimenten. Kennzeichnend sind hier vergleichsweise mäßige Wasserstandschwankungen, die in erster Linie durch die Hochwasserwellen aus Ober- und Mittellauf beeinflusst werden. Wie an der Mittleren Donau trägt auch hier das Grundwasser im Herbst und Winter wesentlich zur Speisung des Stromes bei.

Im hydrologischen Längenschnitt der Donau sind die Beiträge der einzelnen Länder am Gesamtabfluss gut erkennbar (Abb. 1.3). Ganz speziell sticht hier der hohe Abflussanteil Österreichs ins Auge, der vor allem auf die große Anzahl alpin geprägter Zubringer, insbesondere des Inns, zurückzuführen ist. Die Schwankungen des Wasserspiegels zeigen im Gesamtverlauf des Stromes eine große Bandbreite. Speziell in engen Durchbruchstrecken erreichen sie ein größeres Ausmaß. So zum Beispiel beim Greiner Struden, wo die höchste Amplitude bezogen auf Niederwasser im Jahr 1501 vermutlich sogar 15 m betrug. Bei

anderen Durchbrüchen, wie in der Weltenburger Engflussauf von Regensburg oder beim Eisernen Tor (Serbien/Rumänien) stieg der Wasserspiegel vor der Regulierung bei extremen Hochwässern immerhin zwischen 7 m und 10 m an. Ähnliche Werte können auch an jenen Stellen auftreten, wo es in winterlichen Extremsituationen zu Eisstoßbildungen mit entsprechenden Verklausungen und Rückstauungen kommt. In alluvialen Beckenlandschaften mit breitem Hauptbett und großflächig angrenzenden Auegebieten beträgt die Pegelamplitude meist nur 3 bis 5 m (flussab von Bratislava). Zur Donaumündung hin nimmt sie bis auf 1 bis 1,5 m ab (Lászlóffy 1967).

Bis zur Errichtung von Laufkraftwerken im 20. Jahrhundert transportierte die Donau riesige Mengen an Sedimenten aus den Alpen Richtung Osten: pro Jahr rund 500 000 m³ Kies und Grobsand, das sogenannte Geschiebe sowie zwischen 5,5 und 7 Mio. t feine Teilchen als Schwebstoffe (sogenannte „Letten“). Das entspricht der Nutzlast von 290 000 Sattelkraftfahrzeugen, die aneinandergereiht von Wien bis zum Nordpol reichen würden (Penck 1891; HZB 1937; Schmutz et al. 2000). Flussab von Bratislava wurde der Großteil des Geschiebes abgelagert, wodurch in Budapest pro Jahr nur mehr zwischen 10 000 und 50 000 m³ dieses Materials ankamen. Dafür stieg der Anteil der Feinsedimente (Schwebstoffe) auf ca. 11 Mio. t an. An der Unteren Donau nahm die Schwebstofffracht weiter auf rund 76 Mio. t zu, während der Geschiebetransport nur mehr auf kurzen Strecken flussab von größeren Zubringern erfolgte (Lászlóffy 1967; Lóczy 2007).

Die höchsten Wassertemperaturen werden in der Donau im Juli und August gemessen, im Durchschnitt 18° bis 19° Celsius an der Oberen und 24° bis 26° Celsius an der Unteren Donau. In begleitenden Altarmsystemen, stagnierenden Augewässern und großflächig überstauten Inundationsflächen steigen die sommerlichen Höchstwerte gelegentlich auf knapp 30° Celsius. In winterlichen Extremsituationen können die Wassertemperaturen praktisch in jedem fließenden Abschnitt der Donau gegen 0° Celsius abfallen.

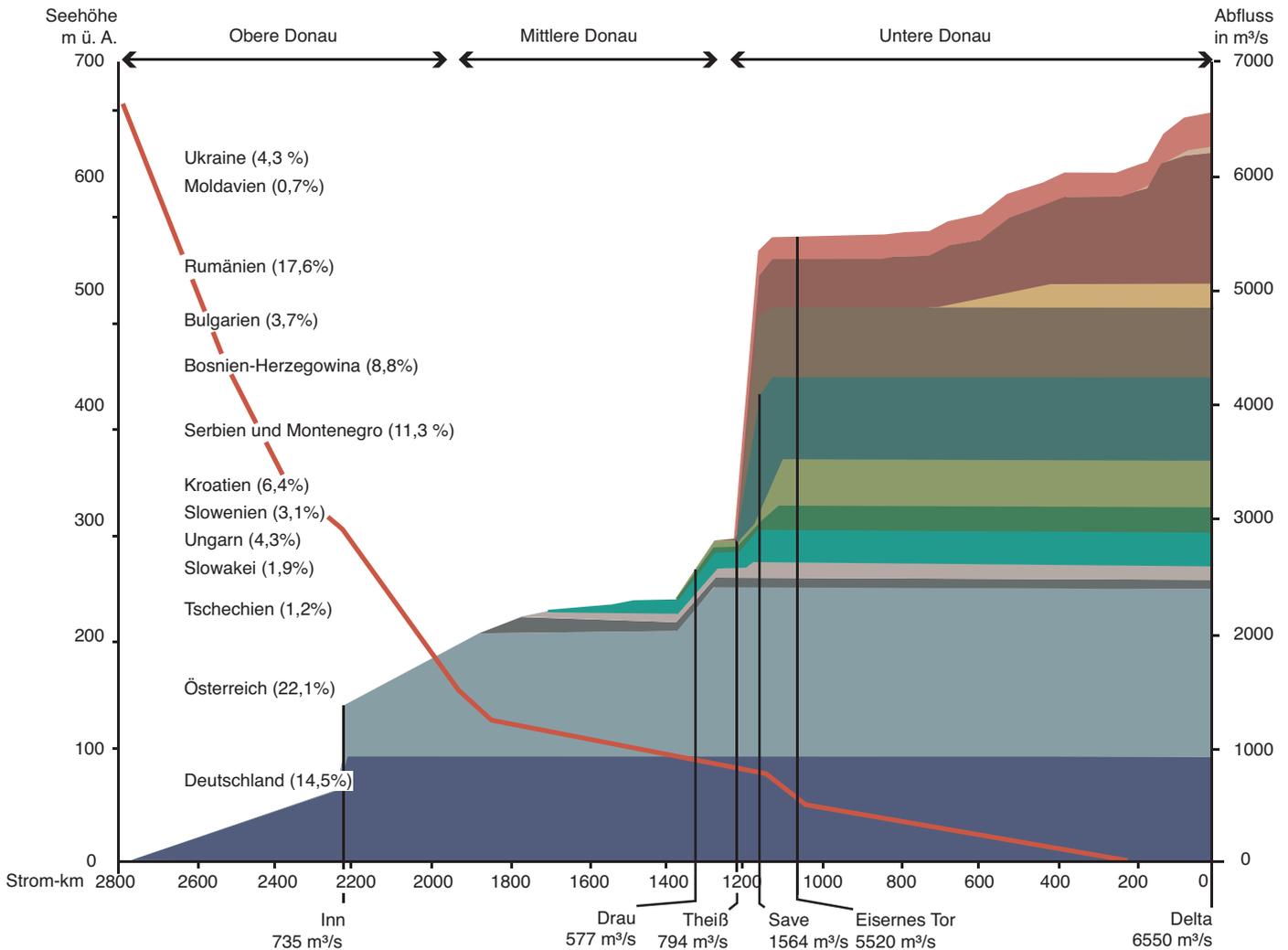


Abb. 1.3 Hydrologischer Längenschnitt der Donau – Gegenüberstellung von Gefälle und Abfluss.
 Der prozentuelle Anteil eines jeden Staates am Gesamtabfluss der Donau ist gesondert ausgewiesen.
 (Bei den dargestellten Staaten handelt es sich um die Mitglieder der ICPDR.)

Der Hauptstrom der Donau wird meist nur in longitudinaler Dimension vom Ursprung bis zur Mündung betrachtet. Aber auch die seitliche Vernetzung des Flusslebensraumes mit den Gewässern der Auegebiete ist von großer Bedeutung für das gesamte Ökosystem. Neben vielfältigen Austauschprozessen zwischen Fluss und Auen waren vor allem aquatische Organismen darauf angewiesen, dass sie zum Zwecke der Nahrungsauf-

nahme, Fortpflanzung oder zum Schutz vor Gefahren in andere Bereiche des Gewässersystems ausweichen konnten. Vor allem an der Mittleren und Unteren Donau ermöglichten ehemals ausgedehnte Auensysteme weitläufige Wanderungsbewegungen.

Wasserwirtschaft im Donau-Einzugsgebiet – 20 Jahre Internationale Kooperation durch die IKSD/ICPDR

Die intakte Umwelt eines Flusseinzugsgebiets ist Voraussetzung für eine nachhaltige Entwicklung. Integrative Wasserwirtschaft in Flussgebieten zielt darauf ab, die Bedürfnisse von Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft in Balance zu bringen. Im Fall der Donau erfordert dies Koordination auf internationaler Ebene – und das ist die Aufgabe der Internationalen Kommission zum Schutz der Donau (IKSD), die 2014 ihr 20jähriges Jubiläum begeht.

Das „Donauflussgebiet“ erstreckt sich über 19 Länder, es ist damit das „internationalste“ Flussgebiet der Welt. Es umfasst mehr als 800 000 km², das sind ungefähr 10% der Fläche Kontinentaleuropas. Mehr als 80 Millionen Menschen leben hier. Dieses Einzugsgebiet ist äußerst vielfältig: Die Donau fließt durch Regionen mit sehr unterschiedlichen Kulturen, Landschaften und Ökosystemen, aber auch wirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Zusammen mit dem Netz ihrer Nebenflüsse verbindet die Donau einige der wohlhabendsten Gegenden mit einigen der ärmsten Ecken des Kontinents.

Historisch betrachtet wurden die Ökosysteme des Donauraumes durch menschliche Aktivitäten belastet: Haushalte, Industrien und die Landwirtschaft trugen jahrzehntelang zu einer Verschlechterung der Wasserqualität bei. Maßnahmen zur Trendwende konnten nicht von einzelnen Ländern allein angegangen werden, Kooperation über den Eisernen Vorhang hinweg war aber schwierig. Erst mit

dem Zerfall der kommunistischen Herrschaft in Osteuropa eröffneten sich ab dem Jahr 1989 neue Möglichkeiten.

Am 29. Juni 1994 unterzeichneten die größten Anrainerstaaten des Einzugsgebietes im bulgarischen Sofia das Donau-Schutzübereinkommen. Diese Staaten, von denen einige, wie etwa Slowenien, keine direkten Anrainerstaaten an der Donau sind und nur durch Zubringer in die Donau entwässern, stimmen ihre Bemühungen in der Wasserwirtschaft untereinander ab. Heute hat das Donau-Schutzübereinkommen 15 Vertragsparteien: 14 Staaten und die Europäische Union. Zusammen bilden sie die Internationale Kommission zum Schutz der Donau (IKSD), auch als International Commission for the Protection of the Danube River (ICPDR) bezeichnet, mit Sekretariat in Wien.

Das Jahr 2000 markierte einen Wendepunkt für die Wasserwirtschaft im Donaoraum und darüber hinaus: Die Europäische Union verabschiedete die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). Über die IKSD verpflichteten sich auch alle Vertragsparteien des Donau-Schutzübereinkommens zu ihrer Umsetzung. Damit auch jene, die wie etwa Serbien (noch) gar nicht EU-Mitglieder sind. Die WRRL schreibt eine Wasserbewirtschaftung vor, die sich – wie auch die IKSD – an den Grenzen der natürlichen Flusseinzugsgebiete orientiert, auch über nationale oder andere administrative Grenzen hinaus.

Aber auch weitere Aspekte der WRRL sind bemerkenswert: So macht diese etwa den Gewässerzustand zum Ausgangspunkt für wasserwirtschaftliche Maßnahmen. Bis 2015 soll dieser Zustand flächendeckend „gut“ sein. Für die Bewertung des Zustandes zählen hier neben chemischen Kriterien auch ökologische: Das Wasser in Flüssen und Seen muss nicht nur sauber, sondern auch als hochwertiger Lebensraum für Tiere und Pflanzen geeignet sein. Darüber hinaus definiert die WRRL Bewertungsanleitungen, das Verbot einer Verschlechterung des Gewässerzustandes sowie eine Verpflichtung zur Bürgerbeteiligung; und sie verlangt die Erstellung von Bewirtschaftungsplänen mit sechsjährigen Implementierungszyklen. Kurz: Die WRRL bildet den Rahmen für die wohl fortschrittlichste und umfangreichste Wasserwirtschaft der Welt.

Zusammen mit der Koordination von Maßnahmen für die EU-Hochwasserrichtlinie von 2007 genießt die WRRL bei der IKSD höchste Priorität. Den beiden Richtlinien gemäß bereitet die IKSD aktuell Bewirtschaftungspläne vor, die bis Ende 2014 als Entwürfe veröffentlicht werden sollen. Es folgt eine Phase der Bürgerbeteiligung, ehe die Pläne schließlich Ende 2015 formell angenommen werden.

Die beiden Pläne sind die wichtigsten Arbeitsprogramme für die IKSD, aber nicht die einzigen. Darüber hinaus arbeitet die IKSD zunehmend integrativ, das heißt an Bemühungen, die Bedürfnisse von Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft nachhaltig in Balance zu bringen. Der Dialog zwischen verschiedenen Akteuren ist hierfür essenziell. Eingefordert wurde er von einer Ministerkonferenz der IKSD im Jahr 2010, insbesondere für die vier Bereiche Wasserkraft, Landwirtschaft, Klimawandel und Schifffahrt.

Exemplarisch sei die Entwicklung einer Strategie für den Donaauraum zur Anpassung an den Klimawandel genannt. Deutschland wurde als federführendes Land für die Lenkung dieses Prozesses innerhalb der IKSD nominiert. Um eine Grundlage für die Erarbeitung der Strategie zu erhalten, finanzierte Deutschland zuerst eine Studie der Ludwig-Maximilians-Universität München. Diese Studie basierte auf einer Sammlung von etwa 100, oft lokalen wissenschaftlichen Publikationen mit Klimawandelprognosen und möglichen Auswirkungsszenarien im Donau-Einzugsgebiet,

die einer Metaanalyse unterzogen wurden. Die Ergebnisse dienten als Basis für die Anpassungsstrategie. Diese wurde schließlich 2012 beschlossen. Die IKSD berücksichtigt sie nun in der laufenden Erstellung des Bewirtschaftungsplans für das Donau-Einzugsgebiet.

Den Dialog mit Akteuren aus unterschiedlichen Sektoren pflegt die IKSD nicht nur in den vier genannten integrativen Arbeitsbereichen, akkreditierte Beobachterorganisationen haben die Gelegenheit, sich in allen Arbeitsgruppen und Plenarsitzungen der IKSD aktiv einzubringen. Obwohl das Stimmrecht formell natürlich den Vertretern der Vertragsparteien vorbehalten ist, erlaubt der konsensorientierte Zugang der IKSD den „Observern“ eine viel aktivere Rolle einzunehmen, als die eines bloßen Beobachters. Erklärtes Ziel ist es, ein möglichst vollständiges Spektrum an Meinungen von unterschiedlichsten Nutzern der Gewässer in die Entscheidungsbildung einfließen zu lassen. Daher finden sich unter den Beobachtern Vertreter von Umwelt-NGOs ebenso wie aus den Bereichen Wasserkraft, Schifffahrt, Tourismus oder Wissenschaft.

Integrative Flussgebietsbewirtschaftung, diesen sperrigen Begriff erklärte Al Duda von der Global Environment Facility sinngemäß als das Streben nach einem Kompromiss aller Wassernutzer, sodass am Ende vielleicht alle ein wenig enttäuscht sein mögen – es ihnen und dem Flussgebiet zugleich aber besser geht, als vor dem Prozess. Seit 20 Jahren strebt auch die IKSD nach Verbesserungen im Donau-Einzugsgebiet. Verbesserungen für die Gewässer, aber auch für die Menschen, die mit ihnen leben.

Die Donau als Bindeglied und politische Grenze, Kultur- und Naturraum

Herausstechendes Merkmal der Donau ist die vergleichsweise hohe Zahl der zehn direkt anrainenden oder durchflossenen Länder (Abb. 1.1). Betrachtet man das gesamte Einzugsgebiet von 817 000 km², so leben hier gegenwärtig sogar auf zwanzig Nationen (inkl. Kosovo) verteilt insgesamt 81 Millionen Menschen. Die Donau repräsentiert auf diese Weise das mit Abstand „internationalste“ Flusseinzugsgebiet weltweit (Abb. 1.4).

Aufeinandertreffen und Koexistenz unterschiedlicher menschlicher Kulturen entlang der Donau können über Jahrtausende zurückverfolgt werden. Paläo-, meso- und neolithische Funde an vielen Orten nahe der Donau, etwa im heutigen Österreich oder in der Dobrudscha im untersten Donauabschnitt geben Zeugnis davon. Die „Fluss-Kulturen“ von Schela Cladovei und Lepenski Vir am Eisernen Tor datieren rund 7 000 Jahre vor Christus zurück und dürften Donaufische als eine ihrer wesentlichen Lebensgrundlagen gehabt haben (Bartosiewicz et al. 2008; Dinu 2010; vgl. Abb. 1.5).



Seit jeher diente die Donau sowohl als Transportweg und Ausbreitungsrouten, aber auch als Grenze zwischen verschiedenen Zivilisationen. Die ältesten überlieferten Karten des Donau-Einzugsgebietes spiegeln dies anschaulich wider (Abb. 1.6).

Dies gilt speziell für das Römische Reich: Bildeten der obere und mittlere Abschnitt vor rund 2 000 Jahren die Grenze zu den germanischen Stämmen, wurden Teile des unteren Abschnittes kurz danach als Provinz von Dacia in das Römische Reich integriert. Über lange Perioden der Geschichte war die Donau freilich weniger eine Trennlinie zwischen Norden und Süden, als vielmehr zwischen Osten und Westen. Dies gilt beispielsweise für die Zeit zwischen dem 16. und 19. Jahrhundert, als die Mittlere und speziell die Untere Donau Teil des Osmanischen Reiches waren. Traurige Realität sind in dieser Hinsicht auch jene Jahrzehnte des 20. Jahrhunderts, als der Eisernen Vorhang Europa teilte.

Schon in langen Epochen der Vergangenheit und aktuell verstärkt im Zuge der Globalisierung haben große Flüsse auch hohe Bedeutung als Bindeglied (Abb. 1.7). Eine solche Rolle spielt die Donau spätestens seit der Unterzeichnung des Pariser Friedensvertrages 1856, als im Rahmen eines internationalen Übereinkommens die „Europäische Donaukommission“ (Vorgängerin der heutigen Donaukommission zur Regelung der internationalen Schifffahrt mit Sitz in Budapest) ins Leben gerufen und die Donau damit tatsächlich zum internationalen Fluss mit freier Schifffahrt wurde.

Dieses positiv Verbindende tritt seit dem Fall des Eisernen Vorhanges und der zunehmend größer werdenden Anzahl von Donau-Anrainerstaaten als EU-Mitglieder immer mehr in den Vordergrund. Unzählige Verträge, Abkommen und Programme zu Wirtschaft, Handel, Kultur, Wissenschaft und Umwelt sind Belege dieser Entwicklung.

In Zusammenhang mit den Inhalten und Schwerpunkten vorliegenden Buches sind nicht zuletzt die zahl-

Abb. 1.4 Die meisten der rund 81 Millionen Bewohner des Donau-Einzugsgebietes leben an der Mittleren und Unteren Donau. Bei Nacht ist aber gut erkennbar, dass die wirtschaftlichen Zentren großteils an der Oberen Donau angesiedelt sind.



Abb. 1.5 Meso-/neolithischer Fund von Lepenski Vir beim Eisernen Tor: eine als Stör interpretierte steinerne Skulptur, zwischen 6 700 und 8 500 Jahre alt

reichen neuen Rahmengesetze und Richtlinien zu Schutz, Erhaltung und langfristiger Entwicklung von Natur- und Kulturlandschaften hervorzuheben. Speziell für den Donaukorridor mit seinen großflächigen Auegebieten und „Wetlands“, die nach wie vor vielfältige Lebensräume und hohe Artenvielfalt aufweisen, sind die in den letzten Jahrzehnten von der EU verabschiedeten Richtlinien wertvolle und unverzichtbare Instrumente. Im Hinblick auf den Gewässerschutz ist dies die im Jahre 2000 verabschiedete EU-Wasserrahmenrichtlinie, welche auch auf eine zukünftige Verbesserung des gewässerökologischen Zustandes abzielt. Eng damit verbunden sind zwei weitere Direktiven der EU, welche den rechtlichen Rahmen für die Ausweisung von Natura-2000-Schutzgebieten bilden. Die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie zielt auf den Schutz und die Vernetzung wertvoller Lebensräume mit hoher Biodiversität ab, während die Vogelschutz-Richtlinie die wildlebenden Vogelarten und deren Lebensräume zum Gegenstand hat (vgl. Kapitel 4).

Aktuelle ökologische Probleme entlang des Donaukorridors

Das, was die heutige Donau und ihre begleitenden Flusslandschaften ausmacht, ist letztlich das Resultat der politischen, sozialen und ökonomischen Geschichte des Donauraumes. Diese Geschichte spiegelt sich in langfristigen Wechselwirkungen mit der Umwelt und in veränderten ökologischen Bedingungen wider. Die Auswirkungen vieler menschlicher Eingriffe und Nutzungen sind sozusagen das ökologische Vermächtnis, mit dem wir heute und in Zukunft zu leben und zu wirtschaften haben. Nur manche, aber bei weitem nicht alle dieser Auswirkungen sind reversibel.

Zu den wichtigsten ökologischen Problemen im Donausystem zählen heute Nährstoffeinträge und Wassergüte, regulierungsbedingte Monotonie des Flusses und der Flusslandschaften, Unterbrechungen des Längskontinuums durch Kraftwerke, tiefgreifende Änderungen des Feststoffhaushaltes, Eintiefung der Flusssohle und großflächige Verluste an intakten Auen. Im Folgenden werden dazu einige Beispiele und Entwicklungen hinsichtlich der Gesamtdonau erläutert. Zur differenzierten Betrachtung der verschiedenartigen Eingriffsformen und deren ökologische Auswirkungen auf Flusslandschaften und Fischbestände sei auf das Kapitel 3 über die österreichische Donau verwiesen.

Wassergüte und Nährstoffe

Ein nach wie vor sehr aktuelles Problem sind die punktuellen Einträge von Abwässern unterschiedlicher Herkunft (Kommunen, Gewerbe- und Industriebetriebe etc.), die zu schlechter Wassergüte des Vorfluters Donau und in weiterer Folge zu entsprechender Eutrophierung, vor allem in stagnierenden Gewässern, führen (Abb. 1.8). Wie Abbildung 1.9 zeigt, betreffen derartige Immissionen ohne ausreichende Entfernung von Stickstoff und Phosphor um 2005/06 vor allem das untere Einzugsgebiet flussab von Ungarn (ICPDR 2009). Das obere Einzugsgebiet ist diesbezüglich bereits zu einem hohen Grad saniert. Ganz anders ist die Situation zeitgleich hinsichtlich der Belastung



Abb. 1.6 Das Einzugsgebiet der Donau und Herrschaftsgrenzen zur Zeit der zweiten Wiener Türkenbelagerung 1683 (basierend auf dem bekannten Weltatlas von Willem Janszoon Blaeu 1635)





Abb. 1.7 Frühe Planung für einen Schifffahrtskanal zwischen der Oder (am linken Bildrand) über die March zur Donau bei Hainburg (am rechten Bildrand); Karte von Lothar Vogemont um 1700

mit gelösten Nährstoffen, die sowohl aus Punktquellen als auch diffusen Einträgen, vor allem aus der Land- und Forstwirtschaft, aber auch aus der Luft, stammen. Hier liegen gerade im oberen Einzugsgebiet nach wie vor die höchsten Werte vor.

Insgesamt wird die Bilanz erfreulicherweise jedoch zunehmend günstiger: Bezogen auf das gesamte Einzugsgebiet und die Nährstoffeinträge in das Schwarze Meer ergab sich in den letzten Jahren eine langsame, aber stetige Verbesserung. Laut ICPCR sind seit 1990 die Belastungen mit gelöstem anorganischen Stickstoff und Totalphosphor deutlich gesunken und die Einträge ins Schwarze Meer um 20 bis 30% zurückgegangen. Nach wie vor ein Problem ist aber zum Beispiel der hohe Nitratgehalt im Grundwasser, von dem 60% der Bevölkerung des Donaubeckens abhängen, aber auch der generell noch geringe Wissensstand über gefährliche Inhaltsstoffe im Donauwasser.

Flussregulierungen für Landgewinnung, Schifffahrt und Hochwasserschutz

Großflüsse wie die Donau ziehen Menschen seit jeher an, da die fruchtbaren Böden in deren Schwemmländern Wiesen- und Weidewirtschaft, Ackerbau, Holzgewinnung und viele andere Nutzungsformen ermöglichen. Auch die kinetische Energie des fließenden Wassers wird genutzt: über Jahrhunderte hinweg mittels Schiffsmühlen und seit

dem 20. Jahrhundert mittels Laufkraftwerken. Sobald fixe Einrichtungen, wie Mühlen, Gewerbebetriebe oder Siedlungsgebäude errichtet waren, ergab sich freilich auch die Notwendigkeit, sie gegen Hochwasser und Zerstörung durch den dynamischen Fluss zu sichern.



Abb. 1.8 Eutrophierung im Schwarzen Meer zufolge starker Nährstoffeinträge durch die Donau (grüne Schlieren)

- (K) Krim-Halbinsel
- (D) Donaudelta
- (I) Istanbul

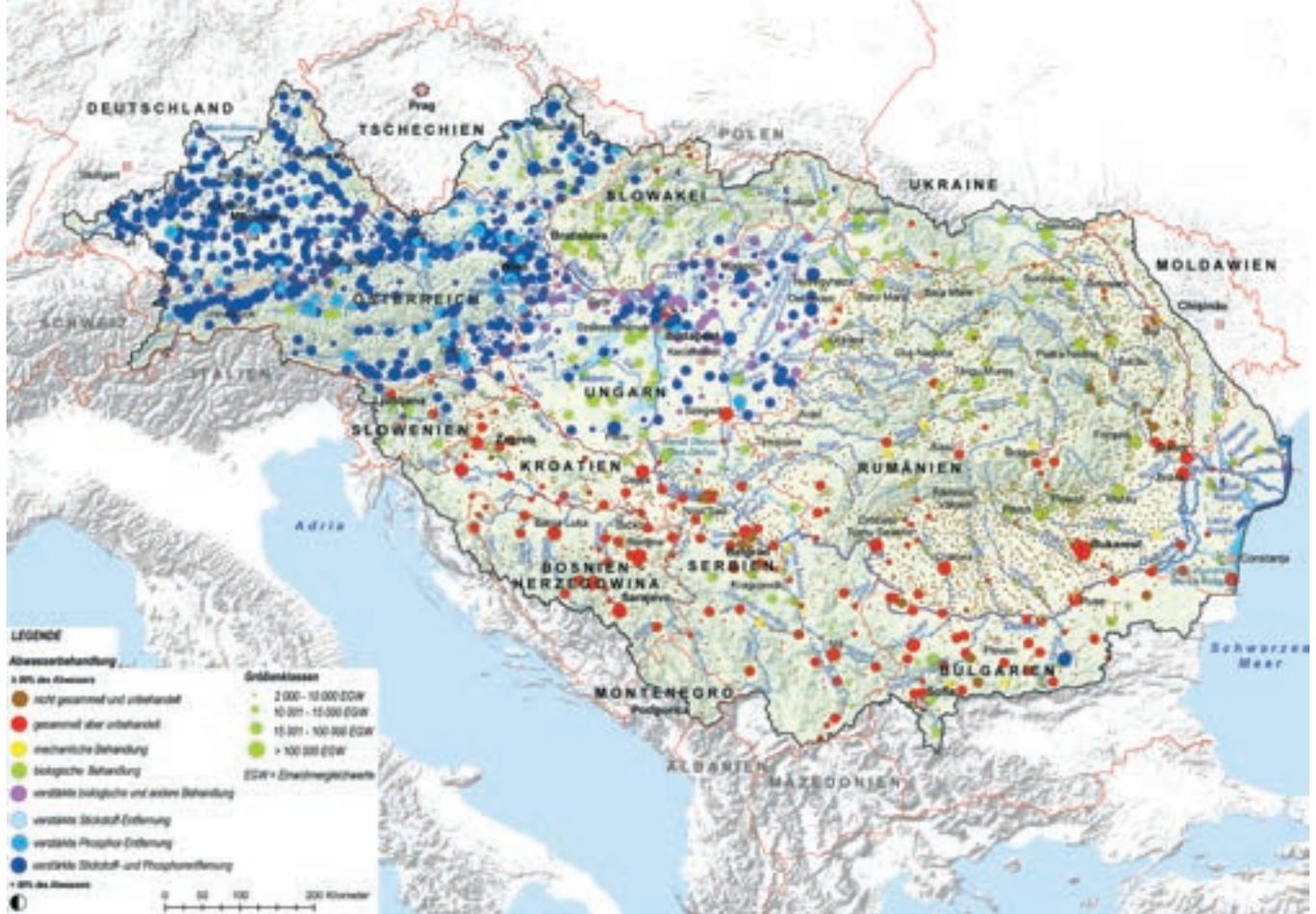


Abb. 1.9 Städtische Abwassereinträge in das Gewässersystem der Donau (Stand 2005/06)

- (dunkelblau) weitgehende Stickstoff- und Phosphorentfernung aus Abwässern
- (rot) Abwässer gesammelt aber nicht geklärt
- (braun) nicht gesammelte/behandelte Abwässer

Direkte und indirekte menschliche Einflüsse auf die Flussmorphologie der Donau reichen in manchen Regionen des Einzugsgebietes weit zurück und sind sehr unterschiedlicher Natur. Erste Änderungen der Landnutzung in größerem Maßstab, wie etwa die Entfernung der Vegetationsbedeckung, begannen schon in der Eisenzeit (vor 2 100 bis 2 800 Jahren) oder zur Zeit des Römischen Reiches. Sie beeinflussten die Flussmorphologie nicht nur lokal, sondern hatten auch hydromorphologische Auswirkungen auf weiter flussab gelegene Abschnitte. Korrekturmaßnahmen und kleinere Regulierungen dienten anfänglich oft weniger dem Schutz vor Hochwässern, als der Landgewinnung und der Absicherung des Transportes von Gütern und Holz auf dem Wasserweg. In den großen allu-

vialen Beckenlandschaften des heutigen Ungarns, ebenso in Serbien, Bulgarien und Rumänien wurden erste große Deichsysteme bereits im 16. Jahrhundert errichtet (ICPDR 2005). In der Periode gehäuften Hochwassergeschehens im späten 18. Jahrhundert fanden intensivierete Bestrebungen zur Errichtung von Hochwasserschutzdämmen und Uferschutzmaßnahmen beispielsweise in der Umgebung von Bratislava statt (Haidvogel et al. in Druck).

Hinsichtlich des Gütertransportes waren die Donau und ihre großen Zubringer bis zum 19. Jahrhundert, vor Einführung von dampfbetriebenen Eisenbahnen

Der Donaauraum als internationale Bildungs- und Forschungslandschaft der Zukunft

Mit 81 Millionen Einwohnern und einem Fünftel der Fläche der EU ist das Donau-Einzugsgebiet für Europa von strategischer Bedeutung. Auf Grund der unterschiedlichen politischen Entwicklung ist der Donaauraum aktuell durch starke ökonomische und strukturelle Unterschiede gekennzeichnet, die auch die Forschung und Bildung betreffen.

Die meisten Donauländer gehören mittlerweile zur EU. Damit können großräumig abgestimmte Ziele für eines der „internationalsten“ Flussgebiete der Welt entwickelt werden, bei gleichzeitiger Nutzung gesellschaftlicher und naturräumlicher Unterschiede und Stärken als Schlüsselfaktoren der Zukunft. Mit der 2011 ins Leben gerufenen Donaauraumstrategie hat die EU ein wichtiges Signal zur Unterstützung dieses Prozesses gesetzt.

Ein Ziel dieser Strategie ist es, die Wissensgesellschaft durch Forschung, Bildung und Informationstechnologien zu fördern. Bis 2020 sollen mindestens 3% des jeweiligen nationalen BIP in diesen Sektor investiert werden. Die Donauländer verfügen über viele sekundäre Bildungs- und Forschungsinstitutionen, die aktuell von ca. drei Millionen Studierenden besucht werden. Aus den neuen EU-Staaten wandern jedoch viele noch während des Studiums ab. Für eine attraktivere Zukunft im eigenen Land ist ein stabiles politisches und wirtschaftliches Umfeld ebenso wichtig, wie der Abbau struktureller Defizite und der Ausbau der Infrastruktur.

Österreich ist beim Auf- und Ausbau von Netzwerken und Kooperationen sowie bei internationalen und interdisziplinären Studien überaus aktiv. Die Universität für Bodenkultur Wien bringt sich im Donaauraum vor allem bei den Themen Natur- und Umweltschutz, Ökosystemmanagement, Verringerung der Auswirkungen von Naturgefahren (z.B. Überschwemmungen oder Dürren) und Nachhaltigkeit ein.

Bioökonomie als Potenzial des Donaoraumes

Eines der größten Potenziale zur nachhaltigen Entwicklung des Donaoraumes ist die Bioökonomie. Diese setzt ausschließlich auf erneuerbare Ressourcen und umfasst unter anderem Fragen der Biotechnologie, der Lebensmittelsicherheit und des Konsums sowie konsequentes Recycling und Vermeiden von Abfall auf allen Produktions- oder Dienstleistungsebenen.

Vor allem im mittleren und unteren Donaauraum kann die Biomasseproduktion um etwa 30% erhöht werden. Dafür müssen aber Strukturen vielfach verbessert werden. In manchen Donauländern, zum Beispiel in Rumänien, sind Landwirtschaftsbetriebe oft weniger als ein Hektar groß. Als ausreichende Existenzgrundlage erforderliche mittelgroße Betriebe fehlen weitgehend.

Forschung und der Aufbau von Kapazitäten vor Ort sind in diesem Prozess unerlässlich. Das im Herbst 2013 von der Universität für Bodenkultur Wien und der St. Istvan Universität Gödöllő ins Leben gerufene internationale Masterstudium „Sustainability in Agriculture, Food Production and Food Technology in the Danube Region“ ist ein gezielter Beitrag zur Umsetzung einer Bioökonomie. Zahlreiche weitere Universitäten im Donaauraum bieten Lehrveranstaltungen als Partner an. Das Central European Exchange Programm for University Studies (CEEPUS) fördert die kurzfristige Mobilität von Studierenden und Lehrenden im Donaauraum.

Akademische Netzwerke im Donaauraum

Universitäten und Forschungseinrichtungen des Donaupraumes sind seit Jahrzehnten durch Netzwerke verbunden. Diese unterstützen den Ausgleich politischer und wirtschaftlicher Unterschiede und helfen dabei, nationale Kapazitäten und Institutionen in jenen Regionen aufzubauen, aus denen höher qualifizierte Menschen oft abwandern. Aktuell sind diese Netzwerke auch für die Umsetzung der Ziele der Donaauraumstrategie wichtig, zum Beispiel durch gemeinsame Studien und Lehrgänge sowie durch den Transfer und Austausch von Know-how und gemeinsame Forschungsprojekte.

Die Donau-Rektorenkonferenz (DRC) besteht seit 1983 und vereinigt ca. 70 Universitäten aus 14 Ländern und allen Fachdisziplinen. Sie ist die wichtigste und größte universitäre Plattform für die Abstimmung gemeinsamer Interessen und die Förderung der Donaauraum-Universitäten auf nationaler, regionaler und vor allem europäischer Ebene. Die Danube Academies' Conference (DAC) setzt als Pendant zur DRC vor allem auf die Vernetzung außeruniversitärer Forschungseinrichtungen.

Das Regional Network for Central and South Eastern Europe (CASEE) wurde 2010 als Teilverband innerhalb der Gemeinschaft der europäischen Lebenswissenschaften-Universitäten gegründet. Unter wesentlicher Beteiligung der Universität für Bodenkultur Wien haben sich darin rund 20 Universitäten aus den unmittelbaren

Donau-Anrainerstaaten sowie aus Tschechien, Polen und Slowenien zusammengeschlossen.

Forschungsprogramme im Donaauraum

Nachhaltige Entwicklung des Donaupraumes ist eng mit einem integrativen Flussgebietsmanagement verbunden. Diesem widmet sich das von Österreich initiierte und geleitete EU-Donaauraumstrategie Flagship-Projekt „Danube River Research and Management“ (DREAM). In zwei großen Wasserbauforschungslabors in Österreich und Rumänien sollen mögliche flussbauliche Managementoptionen entwickelt und getestet werden. Startschuss für den Bau des österreichischen Labors war im März 2014. Die Grundlagendaten für die Modellversuche werden an über den gesamten Flusslauf verteilten Probestellen mit einem speziellen Forschungsschiff erhoben, das in Novi Sad stationiert sein wird.

„Danube:Future – A sustainable future for the Danube River Basin as a challenge for the interdisciplinary humanities“ ist ein zweites Flagship-Projekt der EU-Donaauraumstrategie, das von Österreich geleitet wird. Ziel von „Danube:Future“ ist es, die Human- und Sozialwissenschaften in die oft naturwissenschaftlich dominierte Diskussion zur Nachhaltigkeit einzubringen.

Lageplan des seit März 2014 in Bau befindlichen Wasserbaulabors mit einem künstlichen Forschungsgerinne zwischen der aufgestauten Donau und dem tiefer liegenden Donaukanal bei Nussdorf



und dem Bau eines dichten europäischen Eisenbahnnetzes um 1880, die wichtigsten Routen (Pounds 1988). Laut der K. k. Statistischen Zentralkommission (1867) gab es alleine zwischen Ulm in Deutschland und Sulina in Rumänien in den späten 1850er Jahren 165 offizielle Landungsplätze, die dem Handel dienten. Zusammen mit politischen Abkommen, wie zum Beispiel der Gründung der „Europäischen Donaukommission“ im Jahr 1856, bewirkte der technische Fortschritt im 19. Jahrhundert ganz neue Herausforderungen hinsichtlich der Schifffahrtsrouten. Über lange Zeiten waren Holzflöße und Ruderschiffe aus Holz, wie „Plätten“ und die 35 m langen „Kelheimer“, die wichtigsten Transportmittel an der Oberen und Mittleren Donau. Letztere kamen bei voller Beladung auf einen Tiefgang von rund 1,3 m. Diese Funktion übernahmen ab 1830 zunehmend Dampfschiffe. Anfänglich hatten diese Schiffe ähnlichen Tiefgang wie die Kelheimer, doch stiegen die Anforderungen an die „Wasserstraße“ schon bald deutlich an (Abb. 1.10, Haidvogel & Gingrich 2010).

Erste Planungen zur umfangreichen Regulierung der Oberen Donau wurden schon nach den Napoleonischen Kriegen (1805 bis 1815) initiiert. Aufgrund des noch geringen technischen Wissens wie auch der beschränkten technischen Möglichkeiten zu dieser Zeit erwiesen sich wasserbaulich tiefgreifende und systematische Regulierungen an großen, dynamischen und geschiebereichen Flüssen, wie der Donau, freilich vor dem 19. Jahrhundert als nicht machbar (Petts 1989). Da zu Beginn des 19. Jahrhunderts ein übergeordneter „Masterplan“ noch fehlte,

gab es folglich bis dahin nur ein heterogenes Mosaik unterschiedlichster Regulierungsmaßnahmen (Pasetti 1862). Letztlich dauerte es bis zu den späten 1830er beziehungsweise 1840er Jahren, bevor die Periode systematischer Regulierungen entlang der bayrischen, österreichischen und ungarischen Donau begann (Baumgartner 1862; vgl. dazu Kapitel 2.1 und 3 über die österreichische Donau). Ab diesem Zeitpunkt ging es dann aber rasch. So waren beispielsweise bereits um 1861 rund 55 % der Donauufer der alluvialen Flussabschnitte zwischen der deutsch-österreichischen Grenze und der Raabmündung im ungarischen Győr gesichert. Die flussab anschließende Donau bis zum Eisernen Tor verblieb hingegen noch einige Jahrzehnte lang weniger stark reguliert, da hier der Fokus eher auf Landgewinnung lag. Insgesamt gesehen hatten die zahlreichen Regulierungsmaßnahmen im 19. Jahrhundert aus flussmorphologischer Sicht einen stärkeren Einfluss auf die Donaulandschaft als die Errichtung der vielen Kraftwerke im 20. Jahrhundert. Eine im 19. Jahrhundert mit zunehmender Schifffahrt neu auftretende Einflussgröße, mit zum Teil sehr schädlichen Auswirkungen auf Fischbestände, ist letztlich aber auch der immer stärker werdende Wellenschlag durch die Motorschifffahrt.

Kraftwerke und deren wichtigste Auswirkungen

Aktuell bestehen entlang der gesamten Donau 78 Wasserkraftwerke. Dadurch sind heute 39% des Donaulaufes eingestaut. An der Oberen Donau in Deutschland und Österreich sind es sogar 72% (ICPDR 2005, 2009; Abb. 1.11). Ähnliches gilt für viele der größeren Zubringer. Aufgrund der zahlreichen Rückstauräume hat der Fluss in langen Strecken seinen früheren Fließcharakter verloren. Die Unterbrechung des Längskontinuums unterbindet den Feststofftransport und fördert die Akkumulation von Feinsedimenten in den Stauräumen. Die fast völlige Unterbindung des Eintrages grober Kies- und Schotterfraktionen aus dem Einzugsgebiet der Oberen Donau, unter zusätzlichen Kiesentnahmen großen Umfangs in zahlreichen

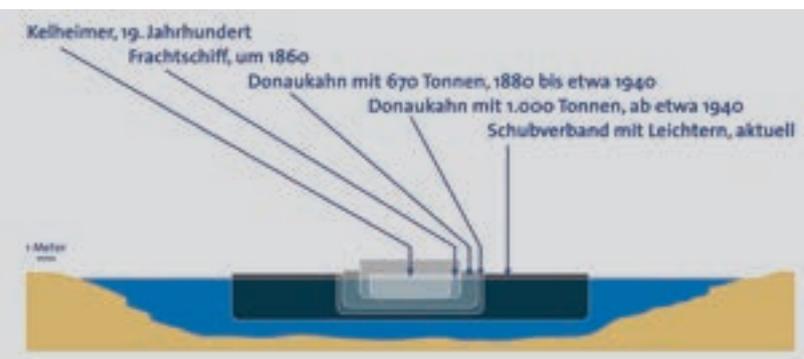
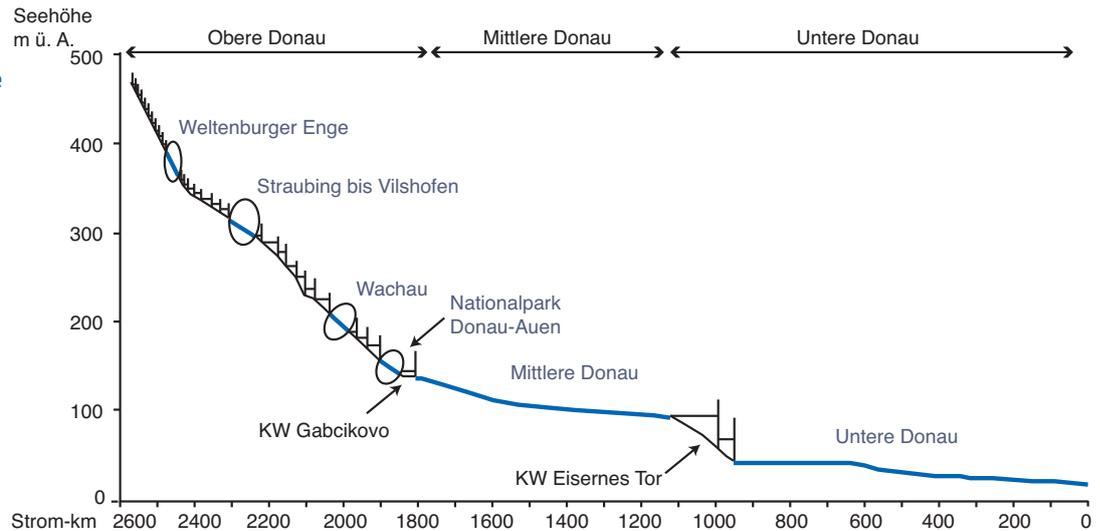


Abb. 1.10 Vom Kelheimer zum Schubverband: Schiffstypen und Fahrwassertiefen im Profil betrachtet

Abb. 1.11

Gestaute und freifließende Abschnitte im Längenschnitt des Donaulaufes. Aktuell existieren an der Oberen Donau in Bayern und in Österreich nur mehr vier kurze Fließstrecken, die zusammen eine Länge von rund 180 km erreichen. (blau) Fließstrecken



Abschnitten, hat im gesamten flussab folgenden System entsprechende Geschiebedefizite zur Folge (Abb. 1.12). Dies wiederum resultiert in fortschreitender Sohlintiefung: unterhalb Wiens 2 bis 3,5 cm jährlich, in der ungarischen Strecke durchschnittlich 1 bis 3 cm (lokal unter dem Kraftwerk Gabčíkovo bis zu 17 cm) und flussab vom Eisernen Tor 2 bis 3 cm. Die damit verbundene hydrologische Entkoppelung von Fluss und Flussumland zählt gegenwärtig zu einem der größten Umweltprobleme (Hanisch & Kordina 2004; ICPDR 2009).

Als Folge der Errichtung von Kraftwerken bewirken die Dämme entlang der Rückstauräume großflächige seitliche Isolierung der begleitenden Auen vom Fluss. Auf diese Weise sind von ca. 41 600 km² Überschwemmungsflächen des gesamten Donau-Einzugsgebietes im frühen 19. Jahrhundert heute nur mehr rund 7 850 km² erhalten. Das entspricht 19 % des ursprünglichen Ausmaßes.

Bilanz und Ausblick

All die genannten menschlichen Eingriffe führten zu einer grundlegenden Veränderung des hydromorphologischen Charakters der Donau in rund einem Drittel ihres Laufes. Dies betrifft vor allem die Obere Donau mit den zahlrei-

chen Stauräumen. Ein weiteres Drittel ist als stark verändert und das letzte Drittel als nur wenig verändert anzusehen. Zudem weisen die größeren Zubringer der Donau ähnlich starke Beeinträchtigungen wie die Donau auf. Im Einzelnen betrachtet, sind die großen Abschnitte der Donau bezüglich wichtiger hydromorphologischer Änderungen beziehungsweise Degradierungen wie folgt zu charakterisieren (nach Habersack et al. 2010):

Obere Donau

Fast völliger Verlust an freien Fließstrecken; Reduktion der Flusslänge: in Bayern und Österreich um ca. 15%; starke Reduktion des Kieseintrages aus Zubringern (90 bis 95%); Sohlintiefung in verbliebenen Fließstrecken (z. B. 2 bis 3 cm pro Jahr im österreichischen Nationalpark Donau-Auen).

Mittlere Donau

Reduktion der Flusslänge: in Ungarn um ca. 18% und in Serbien ca. 10%; Sohlintiefung in der Slowakei und in Ungarn bis zu 10 cm und sogar bis zu 17 cm pro Jahr flussab des Kraftwerkes Gabčíkovo; Akkumulation von Feinsedimenten im Stauraum des Eisernen Tores von rund 20 bis 30 Mio. t jährlich.

Die Gestaltung der Donau als internationale Wasserstraße des 21. Jahrhunderts

Mit zehn Anrainerstaaten, einem Einzugsgebiet von über 800 000 km² und einer Länge von mehr als 2 800 km ist die Donau ein internationales, multifunktionales System, an das zahlreiche Nutzungsansprüche herangetragen werden. Alle künftigen Aktivitäten an der Donau erfordern daher einen systemischen und integrativen Ansatz. Hier sind Kooperation und Koexistenz entlang der Donau Schlüsselbegriffe für eine positive und nachhaltige Entwicklung der Donau und des Donauraums. Mit ihrer jahrzehntelangen Erfahrung und der internationalen Vernetzung ist viadonau bei diesem Prozess ein wichtiger Wegbereiter und Vermittler – auf dem österreichischen Donauabschnitt, im Donauraum und auch darüber hinaus.

Große Flusssysteme wie die Donau mit ihren zahlreichen Nebenflüssen sind hochkomplexe, mehrdimensionale, dynamische Ökosysteme. Sie erfordern eine umfassende Beobachtung und Bewirtschaftung auf der Ebene ihres Einzugsgebietes. An der österreichischen Donau ist die im Eigentum des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie stehende viadonau zuständig für die Wasserstraßen-Infrastruktur. Eine vorrangige Aufgabe ist die nachhaltige Entwicklung des Lebens- und Wirtschaftsraums Donau, auch über die Grenzen Österreichs hinweg. Dabei stützt sich das Unternehmen auf die vier tragenden Säulen Umwelt, Wirtschaft, Sicherheit und Corporate Governance.

Wichtig bei der Bewältigung der gesetzlich festgelegten Kernaufgaben von viadonau ist die Integration der unterschiedlichsten Nutzungen und Funktionen der Donau. Zu berücksichtigen sind die Sicherung der Donau als internationaler Verkehrsweg, Ökosystem und Flusslandschaft, aber auch deren Funktionen bezüglich Hochwasserschutz, Agrarwirtschaft, Trinkwassergewinnung, Tourismus und Erholungsgebiet, Wassergüte und Nährstoffe, Fischerei oder Energiegewinnung. Der Streckenanteil von rund 350 km an der internationalen Wasserstraße Donau, die in weiten Teilen durch Langstreckenverkehre gekennzeichnet ist, macht es für viadonau unerlässlich, ihre Aktivitäten eng mit den anderen Donau-Anrainern abzustimmen und die entsprechenden Erfahrungen auszutauschen.

Die Güterschifffahrt auf der Donau kann angesichts der enormen Verkehrszuwächse im österreichischen Donaukorridor – ein Plus von 202% in den letzten 20 Jahren – einen wesentlichen Beitrag zum Umweltschutz leisten, denn sie ist hinsichtlich ihres spezifischen Energieeinsatzes und des Ressourcenverbrauchs der umweltschonendste und effektivste Verkehrsträger. Durch erheblich geringere externe Kosten leistet das Binnenschiff einen wichtigen Beitrag zur Erreichung umweltrelevanter Ziele wie etwa zur Reduktion von CO₂. Allerdings erfordert die wirtschaftliche Durchführung von Transporten mit dem Binnenschiff

bestimmte minimal nutzbare Abladetiefen bei niedrigen Wasserständen der Donau. Werden bei einer Fahrt möglichst große Gütermengen (unter Berücksichtigung des maximal zugelassenen Tiefgangs eines Schiffes) geladen, steigt der Auslastungsgrad der Schiffe. Die Schifffahrtstreibenden benötigen weniger Fahrten, um dieselben Gütermengen zu transportieren. So entsprechen 10 cm Fahrwassertiefe je nach Größe des zum Einsatz kommenden Güterschiffs zwischen 50 und 120 Tonnen Zuladung. Mit größeren Transportmengen pro Schiff verbessert sich das Verhältnis der Frachteinahmen zu den Kosten und damit die Wettbewerbsfähigkeit der Schifffahrt, weshalb eine durchgängige Verfügbarkeit von entsprechenden Fahrwassertiefen ein entscheidender Wirtschaftsfaktor für die Binnenschifffahrt ist.

Um die verkehrswirtschaftlichen und ökologischen Interessen entlang der Donau zu vereinen, wurde 2007 von der Internationalen Kommission zum Schutz der Donau (ICPDR), der für die Schifffahrt zuständigen Donaukommission (DK) und der Internationalen Save-Kommission (ISRBC) ein sektorübergreifender Prozess initiiert. Ziel dieses internationalen Dialogs unter Beteiligung der Donau-Anrainerstaaten war die Schaffung einer gemeinsamen Basis für die Entwicklung der Schifffahrt bei gleichzeitigem Schutz der natürlichen Landschaft und der Wasserqualität der Donau.

Nach intensiver einjähriger Diskussion wurde schließlich die „Gemeinsame Erklärung zu den Leitprinzipien für die Entwicklung der Binnenschifffahrt und den Umweltschutz im Donaueinzugsgebiet“ verfasst und 2008 von den beteiligten Flusskommissionen angenommen.

Zur Vereinfachung und Sicherstellung der Anwendung der Erklärung wurde 2010 unter Führung von viadonau das „Good-Practice-Handbuch für nachhaltige Wasserstraßenplanung“ erstellt. Das Manual entstand im Rahmen des EU-Projekts PLATINA in Kooperation mit der ICPDR. Dieses Handbuch soll den für den Ausbau und die Instandhaltung von Binnenwasserstraßen zuständigen Planungsbehörden sowie interessierten Akteuren im Donaauraum und anderen internationalen Flusseinzugsgebieten als Referenzdokument und Praxiswerkzeug dienen. Dahinter steht die Grundphilosophie, bereits von Beginn an Umweltziele in die Gestaltung einschlägiger Projekte zu integrieren, um in der Umsetzungsphase umweltrechtliche Hürden zu vermeiden und den Umfang potenzieller Entschädigungsmaßnahmen deutlich zu reduzieren.

Blick vom Braunsberg bei Hainburg über die freifließende Donau und den Nationalpark Donau-Auen als ökologische Einheit





Abb. 1.12 Sohleintiefungen und Geschiebeentnahmen an der Donau und ihren größeren Zubringern

Untere Donau

Starke Defizite des Feststofftransportes und in Folge Sohleintiefung; umfangreiche Verluste an alluvialen Überschwemmungsflächen in Bulgarien (ca. 72 600 ha) und Rumänien (ca. 426 000 ha); unüberwindbares Hindernis für die Wanderung der Störe und anderer Fischarten am Kraftwerk Eisernes Tor.

Delta

Zunehmender Sedimenteintrag und Eutrophierung im Seensystem des Deltas; verstärkte Erosion der Küstenlinie am Schwarzen Meer (im Mittel 17 m pro Jahr); abnehmende Retentionskapazität (Rückhaltevermögen für Hochwässer) um ca. 25 % zufolge der Abtrennung der Überschwemmungsflächen; generell starke Abnahme der Biodiversität.

Die Geschichte der internationalen Donau zeigt, dass in sämtlichen Anrainerstaaten viele verschiedene Akteure mit unterschiedlichsten Interessen zum heutigen Zustand des Donaulebensraums beigetragen haben. Welchen Anteil hatte dabei Österreich an der Veränderung des gesamten Donausystems? Wo trägt Österreich eine besondere Verantwortung für diesen großen europäischen Fluss?

Eine mögliche Antwort ist aus *Abbildung 1.3* abzuleiten. Obwohl der Flächenanteil Österreichs am Donau-Einzugsgebiet nur 10 % ausmacht, beträgt der Anteil unseres Landes am gesamten Donau-Abfluss mehr als 22 %. Dies ist dem großteils alpinen Charakter Österreichs, einhergehend mit starker Wasserführung, aber auch hohem Sedimentaufkommen, geschuldet. Eingriffe in den Wasser- und Sedimenthaushalt der Donauzubringer zeigen nicht nur im österreichischen Abschnitt, sondern auch weiter flussab bei den Unterliegern Auswirkungen. So tragen etwa zahlreiche Geschiebesperren im Gebirge sowie Kraftwerksanlagen auch zur Eintiefung der Sohle in Ungarn

bei. Regulierung und Ausbau des Hochwasserschutzes verringern nicht nur den Retentionsraum, sondern verschieben die Wassermassen bei größeren Hochwässern rascher flussabwärts als zuvor. Dies sind nur einige Beispiele. Sie zeigen aber, dass Österreich der gesamten Donau gegenüber eine besondere Verantwortung trägt. Die anstehenden Probleme lassen sich nur in internationaler Kooperation zwischen allen Donau-Anrainerstaaten lösen. Die im Jahr 2000 in Kraft getretene Europäische Wasserrahmenrichtlinie bereitet als gesetzliche Grundlage den Weg für ein einzugsgebietsweites, international aufeinander abgestimmtes Management des Donaulebensraumes.

Die jüngere Geschichte der Revitalisierungsprojekte an der österreichischen Donau zeigt, dass sich die öffentlichen und privaten Akteure dessen zunehmend bewusst sind. Erste, erfolgreich durchgeführte Projekte weisen den Weg in die richtige Richtung, wenngleich auch großflächige Probleme, wie die ungelöste Frage des Geschiebehaushaltes, weiterhin den gegenwärtigen Handlungsspielraum einengen. Zahlreiche Ideen und Konzepte für weiterführende Revitalisierungsprojekte liegen bereits vor, deren Umsetzung hängt nicht zuletzt auch vom gesellschaftlichen und politischen Willen ab, die dafür notwendigen finanziellen Mittel bereitzustellen (Abb. 1.13).



Abb. 1.13 Revitalisierter Uferbereich bei Ottensheim (2006)



Weltkarte des Klosters Ebstorf um 1300
(mit Jerusalem als Zentrum der damaligen Welt)

1.2

Wohin geht's? Donau-Genese mit Hindernissen

*„Die großen fließenden wässer als dan sind der Rhin,
Tonaw, Roddan, und der gleichen, hand auch fast im
sindtfluß iren ursprung genommen ...“*
(*Cosmographia* von Sebastian Münster 1544)

Wie alt ist die Donau? Diese Frage hat seit Jahrhunderten schon viele Geographen beschäftigt. Während der deutsche Gelehrte Sebastian Münster die Sintflut im 1656. Weltjahr, nach heutiger Zeitrechnung 2344 v. Chr., annimmt, waren andere von einem weitaus höheren Alter überzeugt. Für viele Gelehrte stand außer Zweifel, dass die Donau als einer der wenigen bedeutenden „Hauptströme“ der Erde bereits von Anbeginn der Welt, also vor rund 6000 Jahren, entstanden ist (Abb. 1.14; Breuninger 1719; Dielhelm 1785). Nach heutigem Wissensstand muss man zwar nicht bis zur Entstehung der Erde zurückgehen, dafür sind aber die geologischen Zeiträume wesentlich länger als ursprünglich angenommen.

Dem heutigen Betrachter erscheint der Lauf der Donau in einigen Abschnitten zuweilen rätselhaft. Zum Beispiel, warum der Fluss im Ungarischen Donauknie „hängen geblieben“ ist, obwohl er die Ungarische Tiefebene weitgehend ohne Hindernisse passieren könnte. Nicht nur um solche Geheimnisse zu lüften, sondern auch um zu verstehen, wie sich die Lebensräume und damit die

Lebensgemeinschaften der Donau entwickelt haben, ist ein Blick in die Entstehungsgeschichte des Gewässersystems erforderlich. Dabei ist der genaue Hergang gar nicht so klar, wie man es aufgrund der Literatur zur Geologie der Donau vermuten könnte. Auch heute noch ist das Wissen zu bruchstückhaft, um eine allgemein anerkannte Entwicklungsgeschichte zu erzählen. Auf Basis geologischer Befunde lassen sich regional zwar fachlich fundierte Rückschlüsse ziehen, diese aber zu einer einzugsgebietsweiten Donaugeschichte zusammenzufassen, ist ein schwieriges und umstrittenes Unterfangen. In diesem Sinne ist auch die nachfolgend skizzierte Genese des Donausystems als „eine“ von mehreren Interpretationsmöglichkeiten der unzähligen geologischen Indizien zu verstehen.

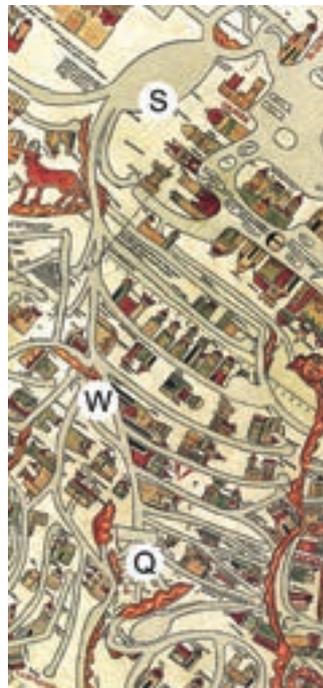


Abb. 1.14
Detail der rund 13 m² großen
Weltkarte des Klosters Ebstorf
Donaulauf von den
(Q) Quellen über
(W) Wien bis zum
(S) Schwarzen Meer

Die Geburt der Donau

Für die Entstehung der Donau waren zwei großräumige geologische Entwicklungen ausschlaggebend: an der Oberen Donau die Entstehung der Alpen, ausgelöst durch das Nordwärts-Triften der afrikanischen Kontinentalplatte, und an der Mittleren und Unteren Donau das Zurückziehen des Urmeeres Richtung Osten. Klarerweise ist der Rückzug des Urmeeres auch im Zusammenhang mit der Hebung der Alpen zu sehen.

Die Auffaltung der Alpen begann bereits vor etwa 135 Millionen Jahren und hält bis heute in abgemilderter Form an. Die intensivste Hebungsphase erfolgte aber erst im Tertiär vor 30 bis 35 Millionen Jahren (Schuster et al. 2013). Durch die nordwärts drängende afrikanische Platte wurde der damals über 1 000 km breite Meeresboden zwi-

schen Afrika und Europa auf die Breite der heutigen Alpen zusammengefaltet (Abb. 1.15 und 1.16). Durch die emporgeschobenen Alpen wurde das Urmeer, die sogenannte Tethys, in zwei Meeresbecken unterteilt: Südlich der Alpen entwickelte sich in späterer Folge das Mittelmeer und nördlich davon verblieb zunächst ein Rest des Urmeeres, die Paratethys. Dabei handelte es sich um einen großen Meeresarm, dessen nördliches Ufer vom Juragebirge an der Grenze zwischen der Schweiz und Frankreich, der Schwäbisch-Fränkischen Alb in Deutschland und von der Böhmisches Masse gebildet wurde. In diesem Meeresbecken, dem heutigen Alpenvorland, sammelten sich die bei der Gebirgsbildung entstandenen Sedimente. Über den Rheingraben war die Paratethys zeitweise auch mit der Nordsee verbunden. Dies gestattete Meerestieren aus dem Norden einzuwandern (Harzhausen & Rögl 2005). Zur Geburt des

Abb. 1.15 Entstehung der Alpen zwischen der Tethys (T) im Süden und der Paratethys (P) im Norden vor ca. 25 Millionen Jahren. Die dargestellte heutige geographische Situation dient als relativer Ortsbezug. Tatsächlich lagen Teile Afrikas und Europas viel weiter südlich als heute, wodurch sich im Meer Korallenriffe entwickeln konnten und im europäischen Bereich ein subtropisches Klima herrschte. Die markierten Bereiche zeigen die Lage der Abbildungen zur Entwicklung der Oberen Donau (Abb. 1.17) und der Mittleren sowie Unteren Donau (Abb. 1.31).



ersten Donausystems kam es, als vor rund 30 Millionen Jahren die Schwarzwaldregion und das Molassebecken in der Westschweiz emporgehoben wurden, wodurch das Urmeer allmählich nach Osten abgedrängt wurde (Kuhle- mann & Kempf 2002). Rund zwei Millionen Jahre später war das Meeresbecken zwischen Genf und München trocken gefallen, das österreichische Alpenvorland war hingegen noch überflutet. Die aus den Alpen nach Norden strömenden Flüsse vereinigten sich in dem trocken gefallenen Becken zu einem größeren Flusssystem, das als Prädonau bezeichnet wird (Abb. 1.17a).

Wie kann man sich diese erste Donau nun vorstellen? Da es im Becken noch keine ausgeprägte Tal- landschaft gab, entstanden zwischen den abgelagerten alpinen Schuttmassen zahllose kleinere und größere Süßwasser- seen, die miteinander durch verschiedenen Wasserläufe in Verbindung standen. Dem großräumigen West-Ost-Gefälle folgend strebten die Gewässer dem Delta nahe München zu. Man kann also noch nicht von einem Flusssystem im eigentlichen Sinn sprechen, eher von einem System mitei- nander kommunizierender Gewässer. Mit dem von Westen und direkt aus den Alpen zuströmenden Wasser breitete sich zunächst das Brackwasser-, dann das Süßwassermilieu im Restmeer immer weiter nach Österreich aus. Damit ge- langten auch riesige Mengen an alpinen Sedimenten in den Meerestrog, welche die marinen Ablagerungen über- deckten oder sich mit diesen vermischten. Allmählich ver- landete das Becken und wurde immer schmaler (Abb. 1.17a).

Natürlich gab es auch größere Zubringer aus dem Norden im Bereich der Schwäbisch-Fränkischen Jura und der Böhmisches Masse. Diese waren teilweise sogar älter als die Prädonau selbst. So nimmt man an, dass einzelne Talstücke der Donau im Regensburger Raum oder im Obe- ren Donautal flussab von Passau auf solche uralten Fluss- systeme zurückgehen (Fink 1967). Auch finden sich Über- reste eines funktionslos gewordenen, über 23 Millionen Jahre alten Gewässers ausgehend vom Greiner Donauknie Richtung Nordosten. Der damalige Fluss umrundete den heutigen Ostrong im westlichen Waldviertel und floss wei- ter bis Spitz, wo er wieder auf das heutige Donautal in der Wachau traf (Abb. 1.18; Kohl 1966). Auch bei der Wachau



Abb. 1.16 Das Kalkgestein des Watzmanns im Berchtesgadener Land entstand vor 215 bis 235 Millionen Jahren unter subtropischen Bedingungen im Schelfbereich der westlichen Tethys. Während der Alpenbildung wurden die Gesteinsmassen weit nach Norden an ihre heutige Position verfrachtet.

wird angenommen, dass sie auf so ein altes „prämiozänes“ Talsystem zurückgeht. Man darf dabei aber nicht vom heu- tigen Höhenunterschied zwischen Alpenvorland und dem Böhmisches Kristallin ausgehen. Einerseits wurde auch das Kristallin im Laufe der Millionen Jahre emporgehoben, andererseits lag der Meeresspiegel zeitweise um hunderte Meter höher als heute, wodurch sich in Oberösterreich marine Ablagerungen auf über 500 m Seehöhe wiederfin- den (Kohl 1966).

Es wäre nun gut vorstellbar, wie aus der Prädonau im weiteren Verlauf die heutige Donau entstanden ist. So einfach war es aber nicht, da vor rund 20 Millionen Jahren der Meeresspiegel erneut anstieg. Dadurch drang die Para- tethys wieder weit nach Westen vor und zugleich weitete sich auch das Mittelmeer über die heutige Rhone bis in die Schweiz aus (Kuhle- mann & Kempf 2002). Damit versank

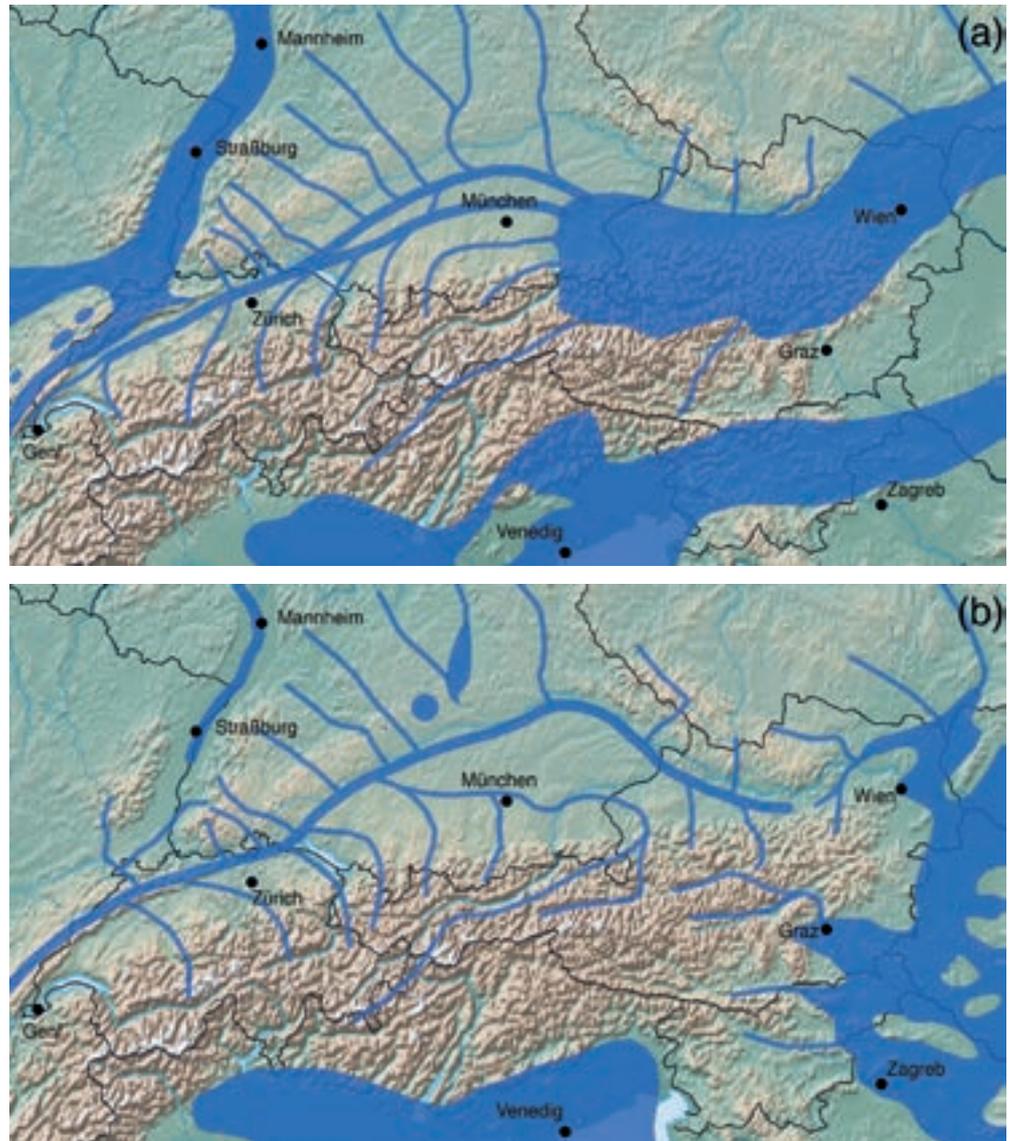


Abb. 1.17 Entwicklung der Oberen Donau seit 24 Millionen Jahren
(mit heutiger Topografie im Hintergrund)

- (a) Prädonaue vor 24 Millionen Jahren
- (b) Prähone vor 14 Millionen Jahren
- (c) Urdonau vor 9 Millionen Jahren
- (d) Aare-Donau vor 4,5 Millionen Jahren
- (e) Feldberg-Donau vor 3 Millionen Jahren



Legende:

- Hauptflüsse 
- Zubringer 
- Hauptflüsse fraglich 
- flächige Gewässer 



Abb. 1.18 Ehemaliges Urstromtal nördlich vom Ostrong im Waldviertel (heutiges Yspertal)

das Gewässersystem der Prädona im Meer und es entstand ein durchgehender Meeresarm nördlich der Alpen. Durch die ungehinderte Meeresströmung vom Äquator bis nördlich der Alpen stiegen die Temperaturen an, wodurch auch tropische Organismen vordringen konnten. Seichte Buchten und schroffe Felsküsten entlang der Böhmisches Masse boten einer Vielzahl von Organismen, wie zum Beispiel Seekühen, Lebensraum (Abb. 1.19; Harzhausen & Rögl 2005). Eine neuerliche Ablagerung alpin-mariner Sedimente im Alpenvorland war die Folge. Die feineren Anteile dieser „Molasse“ trieben bis ins Innere des Meerestrogas, wo sie sich heute in Österreich als „Schlier“ wiederfinden (Abb. 1.20; Schönenberg & Neugebauer 1997; Faupl 2003). Das „wasserbauliche Versuchslabor“ der Natur wurde auf diese Weise wieder in den Ausgangszustand zurückversetzt. Dieser Zustand währte drei Millionen Jahre, dann schuf eine neuerliche Hebung des Meerestrogas – dieses Mal im Mostviertel zwischen St. Pölten und Amstetten – völlig neue Rahmenbedingungen für die Entwicklung der Donau.

Ein neuer Anlauf

Das Molassemeer zog sich langsam wieder zurück und durch die emporgehobene „Schwelle von Amstetten“ entwickelte sich ein neues Gewässersystem, das nun einem Ost-West-Gefälle folgend in Richtung Schweiz verlief. Vor 16 bis 17 Millionen Jahren mündete das neue Flusssystem zusammen mit dem Urmain und dem Uralpenrhein noch in der Westschweiz ins Meer. Mit dem weiteren Rückzug des Meeres verlängerte sich der Lauf über das heutige Aaretal entlang der schweizerisch-französischen Grenze und das Rhonetal bis zum Mittelmeer. Deshalb wird dieses Gewässersystem nicht als Donau, sondern als Prärhone bezeichnet (Abb. 1.17b; Bürgisser 1981; Tollmann 1986). Die alpinen Zubringer westlich der Enns mündeten somit alle in die Prärhone, wodurch deren Sedimente in Richtung Mittelmeer abtransportiert wurden. Das damalige Flusssystem war aber noch nicht mit den heutigen Flüssen vergleichbar, da im Alpenvorland noch keine ausgeprägten Täler, sondern nur kleinere Geländeeintiefungen vorlagen. Die Flussarme pendelten in mehreren Armen über die im Alpenvorland angehäuften Sedimente. War ein Arm durch das liegen gebliebene Material blockiert, so suchte sich der



Fluss ein neues Bett. Zwischen den Armen lagen auch zahlreiche Seen und Kleingewässer, die je nach Wasserstand miteinander in Verbindung standen (Blühberger 1996).

Der Inn und die Salzach sind vermutlich schon damals zunächst Richtung Osten und auf Höhe von Bischofshofen weiter Richtung Norden geflossen, wo sie sich vor ihrer Mündung in die Prärhone vereinigten. Anfangs floss auch die Urenns der Prärhone zu, wodurch sie möglicherweise deren größter Quellfluss war. Dann änderte die Enns jedoch ihre Fließrichtung plötzlich. Es gibt Hinweise darauf, dass dies durch eine kosmische Katastrophe verursacht wurde: ein 1,5 km großer Meteorit, der vor 14,6 Millionen Jahren nördlich von Augsburg im Nördlinger Ries einschlug. Dabei entstand ein 25 km großer und rund 500 m tiefer Krater. Durch den Einschlag wurden schätzungsweise 150 km³ Gestein bis zu 70 km weit wegge-

schleudert (Stöffler et al. 2002; Buchner et al. 2010). Eventuell wurde durch die schweren Erschütterungen auch an der Enns im Bereich des Pyhrnpasses ein riesiger Bergsturz ausgelöst (Tollmann 1986). Dadurch war der alte Lauf nach Nordwesten blockiert und die Enns musste einen neuen Lauf über die Palten-Schober-Furche und das Murtal zum Urmeer im Grazer Becken finden.

Der Meteoriteneinschlag hatte vor allem aber große Auswirkungen auf das Gewässersystem im Süden Deutschlands. Durch das ausgeworfene Material, Bergstürze und Hangrutschungen wurden Täler teilweise verfüllt und Gewässerläufe blockiert. Dadurch mussten sich einige Flüsse neue Wege suchen. Auch die nahe am Nördlinger Ries gelegene Prärhone blieb nicht verschont. Sie verlief damals am nördlichen Rand des Alpenvorlandes ungefähr dort, wo der heutige Donaulauf liegt – nur hatte sie eine entgegengesetzte Fließrichtung. Durch das Auswurfsmaterial wurde das 8 bis 13 km breite Bett der Prärhone mit einem als „Graupensand“ bezeichneten Material verfüllt, weshalb hier das Gerinne auch „Graupensandrinne“ genannt wird (Abb. 1.21; Buchner 1998). Der Prärhone blieb somit nichts anderes übrig, als auszuweichen oder die Graupensande wieder abzutragen.



Abb. 1.19 Ähnliche landschaftliche und klimatische Verhältnisse wie im Alpenvorland vor 17 bis 20 Millionen Jahren finden sich auch an heutigen Meeresstränden: Granitfelsenküste auf den Seychellen nordöstlich von Madagaskar

Zeitgleich mit der Prärhone entwickelte sich vor ca. 17 Millionen Jahren vermutlich auch östlich der Geländeschwelle von Amstetten/St. Pölten ein kleines Gewässersystem, das man als Ursprung der heutigen Donau bezeichnen könnte (Blühberger 1996). Dieses wurde zunächst nur von Zuflüssen aus der Böhmisches Masse über Krems und aus dem alpinen Raum über Hollenburg gespeist. Wahrscheinlich handelte es sich um ein sehr breit gefächertes Gewässernetz, das sich nach Osten zur Paratethys erstreckte. Ob das Delta dieses vergleichsweise kleinen Gewässernetzes in den tektonischen Becken von Korneuburg oder Mistelbach angesiedelt war, ist schwer zu beantworten. Jedenfalls befand sich um diese Zeit im Korneuburger Becken ein Mündungsgebiet mit Brackwasser, das Delfinen und Alligatoren Lebensraum bot. Die dichten Wälder zwischen den Flussarmen beherbergten damals unter anderem Nashörner und Flughunde (Harzhausen & Rögl 2005). Erst mit fortschreitender Absenkung des Wiener Beckens erhöhte sich das Talgefälle, wodurch sich ein Flusssystem entwickeln konnte, welches auch die Vorläufer von Erlauf, Melk, Krems und Kamp miteinschloss (Pia 1939).

Doch nach Osten

Möglicherweise beschleunigten der Einschlag des Ries-Meteoriten und das damit verbundene Beben die tektonische Hebung der westlichen Schweizer Jura und des Südschwarzwaldes in den folgenden paar Millionen Jahren. Durch die zeitgleich verstärkte Auffaltung der Nordalpen wurden zunehmend mehr Sedimente im Alpenvorland abgelagert, wodurch sich die Rahmenbedingungen für eine großräumige Umkehr der Fließrichtung verbesserten. Entweder senkte sich die als Wasserscheide fungierende Schwelle bei Amstetten ab, oder sie wurde beiderseits durch die dort entspringenden Gewässer rückwärts eingeschnitten. Jedenfalls gelang es dem Gewässersystem vor 10 bis 11 Millionen Jahren diese Schwelle zu überwinden. Da der Alpenrhein, die Uraare und der Oberlauf der Rhone in der heutigen Schweiz infolge der Hebungen nicht mehr nach Westen abfließen konnten, waren sie gezwungen, einen neuen Lauf zum Meer zu finden (Fink 1967). Mit zunehmender tektonischer Hebung im Westen erhöhte sich das Talgefälle, wodurch sich im Laufe einiger Millionen Jahre ein neues, größeres Flusssystem Richtung Osten entwickeln konnte. Damit tritt die Urdonau als direkter Ahne der heutigen Donau in Erscheinung. Unklar ist jedoch, wie das Gewässersystem in der Übergangsphase von der Prärhone zur Urdonau ausgesehen hat. Der Weg nach Westen zur Rhone war bereits blockiert, es gab aber auch



Abb. 1.20 Zeitlich zwischen Prädonau und Prärhone im Meer vor rund 18 Millionen Jahren abgelagert: Schotenmuschel (6 cm groß) im Schlier nahe Wels



Abb. 1.21 Letzte Reste der Prärhone: Graupensand mit darüber abgelagertem Konglomerat, das als „Nagelfluh“ bezeichnet wird, in der Nähe von Schaffhausen am Rhein



noch kein durchgehendes Gerinne Richtung Osten. Demnach müssten die westlichen Zubringer vor 8 bis 10 Millionen Jahren in den abgelagerten Sedimenten des schweizerisch-deutschen Alpenvorlandes versiegt sein (Abb. 1.17c; Kuhlemann & Kempf 2002).

Die Urdonau gewann vor 10 Millionen Jahren zunächst die Enns als Zubringer, die nach ihrer Umlenkung ins Grazer Becken wieder einen neuen Weg nach Norden gefunden hatte. Etwas später folgten die Salzach und der Inn. Vor 7 Millionen Jahren reichte das Einzugsgebiet bereits bis westlich von Ulm. Ihre größte Ausdehnung erreichte die Urdonau schließlich vor rund 4,5 Millionen Jahren (Kuhlemann & Rahn 2013). Damals erstreckte sich ihr Einzugsgebiet bis in die Nähe des Genfer Sees, wobei die Aare der größte Quellfluss war. Daher wird dieses Stadium der Urdonau auch als „Aare-Donau“ bezeichnet (Abb. 1.17d). Der Urneckar und der Urmain waren ebenso größere Zubringer wie die Obere Moldau und der Oberlauf der Rhone. Der Alpenrhein mündete erst viel weiter östlich in die Urdonau. Er verlief über den damals noch nicht existenten Bodensee und möglicherweise über das Tal der Iller bis zu seiner Mündung flussauf von Ulm (Hantke 1993). In den von der Urdonau geprägten Flusslandschaften entstanden artenreiche Auwälder, die Krallentiere, Nashörner

und Hauer-Elefanten Lebensraum boten. In den Wäldern wuchsen neben heute noch vorkommenden Baumarten auch Zerkow, Flügelnuss und Amberbaum, die heute in Mitteleuropa nicht mehr vertreten sind (Harzhausen & Rögl 2005).

Aber auch nach Osten weitete sich der Lauf der Donau langsam aus. Vor ungefähr 12 Millionen Jahren hatte sich die Paratethys zu einem Binnenmeer verwandelt, das vom Wiener Becken bis an den Karpatenbogen in Rumänien reichte. Durch die Zuflüsse wandelte sich dieser sogenannte „Pannon-See“ zunächst in einen Brackwasser- und schließlich in einen riesigen Süßwassersee. Mit dem Rückzug des Meeres beziehungsweise Sees verschob sich auch das jeweilige Donaudelta ausgehend von Krems flussabwärts über Hollabrunn nach Mistelbach. Dort, am nordwestlichen Ende des Pannon-Sees, existierte eine große, tektonisch abgesenkte Bucht, in der größere Zubringer bereits seit Millionen Jahren große Schotterfächer abgelagert hatten. Vor ungefähr 10 Millionen Jahren begann hier auch die Urdonau ihr Material abzulagern, wodurch eine ausgedehnte Deltalandschaft entstand (Abb. 1.22 und 1.23; Tollmann 1986). Hundsfische, Wolfsbarsche und Brassen drangen aus dem Pannon-See bis ins Delta vor (Harzhausen & Rögl 2005). Mit dem vor 9,5 Millionen Jahren beginnenden Rückzug des Pannon-Sees aus dem Wiener Becken verlängerte die Donau sehr rasch ihren Lauf von Mistelbach Richtung Süden und schuf in den Schotterfächern weitläufige



Abb. 1.22a und b Von der Urdonau und anderen Zubringern im Donaudelta in der Paratethys bei Hollabrunn-Mistelbach abgelagerte Sedimente (8 bis 11 Millionen Jahre alt)

Abb. 1.23 Zeuge der Urdonau: im damaligen Delta bei Hollabrunn-Mistelbach abgelagertes Kieselholz

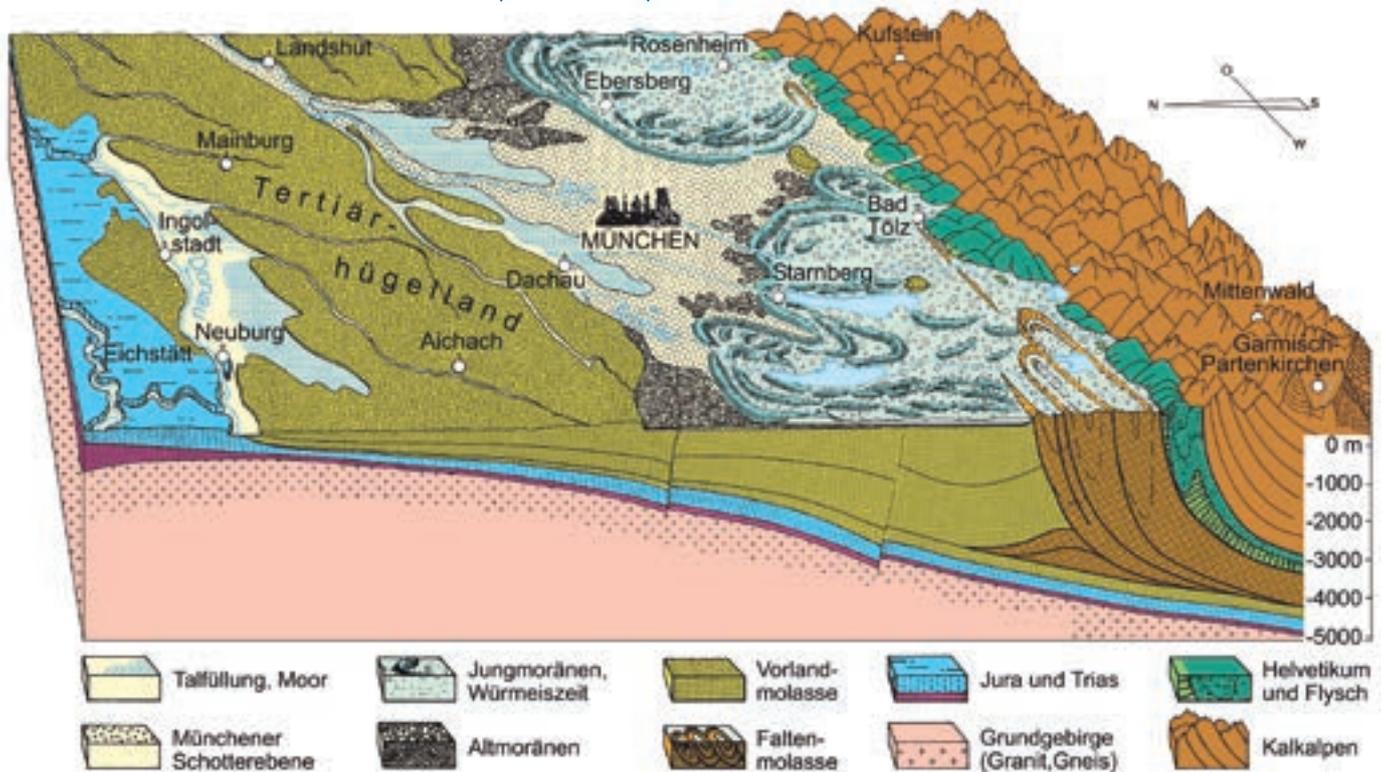
Auen mit Süßwasserseen und Tümpeln. Nach dem völligen Austrocknen des Pannon-Sees im Wiener Becken vor rund 9 Millionen Jahren dehnte sich der Donaulauf in breit gefächerten Armen bis nach Ungarn aus (Abb. 1.17c; Magyar et al. 1999). Damals floss die Donau noch nicht durch die Thebener Pforte bei Hainburg, sondern zunächst über den Raum Eisenstadt/Sopron. Erst später wechselte sie zur Thebener Pforte, wobei sie zeitweise auch über die Brucker Pforte nach Osten floss (Lóczy 2007). Aber nicht nur der Austritt aus dem Wiener Becken veränderte sich mit der Zeit, auch der Eintritt in das Becken. Der Zeitpunkt, wann die Donau vom Donaodelta im Raum Mistelbach zur Wiener Pforte wechselte, ist allerdings bis heute unklar: wahrscheinlich bereits vor dem Eiszeitalter, also vor ca. 3 bis 7 Millionen Jahren (Brix 1970).

Fluss mit Verirrungen

Betrachtet man die heutigen Donautäler in Deutschland und Österreich, so geben diese einige Rätsel auf. Warum zum Beispiel schuf die Donau in einigen Abschnitten enge Durchbruchstäler, obwohl sie viel einfacher einige Kilometer weiter südlich im Alpenvorland fließen könnte?

Am Ende des sogenannten Miozäns, vor 5 bis 8,5 Millionen Jahren, müssen wir uns das ganze Gebiet der Oberen Donau als weitgehend von abgelagerten Sedimenten verfüllt vorstellen. Die Alpen waren zudem noch um einiges niedriger als heute. Nördlich der Alpen breitete sich eine weite Ebene mit Seen und verzweigten Flüssen aus. Das Alpenvorland war mit den Schuttmassen soweit aufgefüllt, dass es annähernd niveaugleich mit der südlichen Schwäbisch-Fränkischen Alb und der Böhmisches Masse war (vgl. heutiges Tertiärhügelland in Abb. 1.24; Fink

Abb. 1.24 Im Profil durch das bayerische Alpenvorland sind die Reste der geologischen Vergangenheit der letzten 5 Millionen Jahre gut erkennbar. Die Urdonau wurde von den Sedimentmassen zur Schwäbisch-Fränkischen Jura (Alb; in blau) gedrängt und hinterließ dort Urstromtäler (linker Bildrand).



1967; Blühberger 1996). Schotterreste im Sauwald auf über 500 m Seehöhe oder die mächtigen Schotterlandschaften im Hausruck und Kobernauserwald gehen auf diese Zeit zurück (Kohl 1966). Das bedeutet aber nicht, dass die Schotterebenen tatsächlich bis auf diese Seehöhe reichten. Die nördlichen Randgebirge lagen damals teilweise noch tiefer als heute, wodurch sich darauf leichter Sedimente ablagern konnten. Die anhaltende Hebung der Alpen drängte das teilweise südlich der heutigen Donaudurchbrüche entstandene Flusssystem weiter nach Norden. So zum Beispiel beim Strudengau, wo die Donau vor 5 bis 6 Millionen Jahren vermutlich etwas südlicher im Alpenvorland floss (Lóczy 2007). Die Donau tiefte sich in die auf dem Juragebirge beziehungsweise Kristallin liegenden Lockergesteine (gepresste Sedimente) solange ein, bis sie auf das harte Gestein darunter stieß. Dabei wurden auch Reste von Tälern aus der Zeit der Prädonau oder noch ältere Talfragmente freigelegt und vom neuen Gewässersystem okkupiert. Da der Lauf aber bereits durch die oberen Gesteinsschichten fixiert war, tiefte sich die Donau allmählich ins Festgestein ein. Diesen Vorgang bezeichnet man als Epigenese. Verstärkt wurde der Prozess noch durch lokale Antezedenz, das heißt, dass sich die umgebende Landschaft durch tektonische Kräfte allmählich emporhob (Kohl 1966; Gruber 1994). Dadurch war die Donau gezwungen, sich seit ungefähr 2 Millionen Jahren immer weiter in den Untergrund einzutiefen (Abb. 1.25 und 1.26). Es trugen auch härtere Gesteinsformationen und tektonische Störungslinien dazu bei, den Flusslauf in eine andere Richtung abzulenken. Das heutige Donautal besteht somit aus verschiedenen alten Talabschnitten, die letztlich zu einem durchgängigen Talzug zusammengefasst wurden – ein sogenanntes „polygenetisches Tal“ (Abb. 1.27; Kohl 1966).

Es kam aber auch vor, dass sich die Donau später wieder aus den engen Durchbruchstätern befreite und seither weiter südlich am Rand des Alpenvorlandes fließt. Am bekanntesten sind hier die großen Urdonautäler in der Schwäbisch-Fränkischen Alb zwischen Sigmaringen und Regensburg, die heute nur mehr von kleineren Gewässern durchflossen werden, wie zum Beispiel das Tal der „Altmühl-Donau“. Bei Ulm erfolgte der Wechsel vom



Abb. 1.25 Die Eintiefung der Donau erfolgte so schnell, dass einige Zubringer nur schwer Schritt halten konnten. Daher fallen diese heute in engen Schluchten steil zur Donau hinab. Der Gießenbach in der Stillensteinklamm (Strudengau) überwindet dabei 170 m Höhe.

alten Donautal an den heutigen Südrand der Alb erst vor ca. 150 000 Jahren in der vorletzten Eiszeit, der sogenannten Riß-Kaltzeit. Grund dafür war eine tektonische Hebung der Alb.

Durch das riesige Einzugsgebiet vergrößerte sich der Abfluss der Urdonau erheblich und folglich auch deren Transportkapazität. Wo sich die Donau nicht in den Durchbruchstätern „verfangen“ hatte, begann sie nach dem Abtransport der Schuttmassen langsam entlang des nach Süden geneigten Grundgebirges abzugleiten. Damit gelangte sie wieder ins Alpenvorland, wo sie breitere Auegebiete ausformen konnte (Blühberger 1996).



Abb. 1.26 Die Talflanken der Stillensteinklamm rutschten ab und begruben den Bach. Seither fließt dieser durch ein mehr als 100 m langes und bis zu 8 m hohes Höhlensystem.



Abb. 1.27 Rund 2 Millionen Jahre andauernde Donau-Verirrung mit kompliziertem Ausweg: In der Schöngener Schlinge wich die Donau härteren Gesteinsformationen nach Norden aus (aufgenommen vor dem Einstau im Jahr 1964).

Der Rhein war stärker

Die weitere Entwicklung der Oberen Donau wurde primär durch einen ungleichen Zweikampf dominiert: jenem zwischen der alten Donau und dem jungen, tektonisch wesentlich aktiveren Rhein. Am Ende sollte die Donau weite Teile ihres oberen Einzugsgebietes verlieren. Es begann vor 4,2 Millionen Jahren mit einer verstärkten Hebung der westlichen Schweizer Jura, wodurch der Oberlauf der Aare-Donau blockiert wurde. Die abgetrennte Aare fand einen neuen Weg in Gegenrichtung und schloss sich daraufhin im Westen über den Fluss Doubs der Rhone an (Abb. 1.17e; Kuhlemann & Rahn 2013). Obwohl nun der Alpenrhein der größte Quellfluss war, nennt man dieses Stadium der Urdonau „Feldberg-Donau“, da der vom Schwarzwälder Feldberg kommende Quellfluss schon weitgehend dem Lauf der heutigen Donau entsprach.

In der folgenden Zeit erweiterte sich das Grabenbruchsystem des Oberrheins, wodurch sich dieser stärker eintiefte. Daraufhin tiefen sich auch die Zuflüsse des Rheins durch rückschreitende Erosion so weit ein, bis die ersten Zubringer der Donau erreicht und diese ins Rheinsystem eingegliedert wurden. So verlor die Donau auch den Oberen Neckar und Teile des Mains. Vor ungefähr 2,8 Millionen Jahren war der Rhein bereits soweit in die

Schweiz vorgedrungen, dass auch die Aare erreicht wurde. Diese wechselte nun vom Gewässersystem der Rhone in jenes des Rheins. Aber auch der Alpenrhein blieb von dieser Entwicklung nicht verschont: wahrscheinlich vor 2,2 Millionen Jahren wurde auch dieser vom Oberrhein angezapft (Kuhlemann & Rahn 2013). Damit war die Entwicklung jedoch noch nicht abgeschlossen. Zuletzt wurde von der Wutach, einem Zubringer des Rheins, durch rückschreitende Erosion vor 20 000 Jahren auch der Oberlauf der Feldberg-Donau ins Rheinsystem eingegliedert (Morel et al. 2003). Wie wir im Kapitel 1.3 sehen werden, ist damit der Zweikampf zwischen Rhein und Donau jedoch noch nicht beendet.

Kalte Zeiten

Zeitgleich mit der Abtrennung der Quellflüsse am Oberlauf veränderte sich auch das Erscheinungsbild der Urdonau in ihrem gesamten Lauf. Grund dafür war eine längere Klimaphase mit signifikanten Temperaturschwankungen. Der markante Temperaturabfall in Mitteleuropa wird heute neben global wirksamen Einflussfaktoren auch der Heraushebung der Alpen zugeschrieben, welche die Zufuhr warmer Luftströme in die nördlichen Gebiete behinderte. Zusätzlich dürfte das Verschwinden des Molassemeeres (Paratethys) nördlich der Alpen eine Rolle gespielt haben, da mit der fehlenden Meeresströmung auch eine Verringerung des Temperatursausgleichs einherging (Blühberger 1996). Nach heutigem Stand des Wissens gab es statt der ursprünglich angenommenen vier Eiszeiten Günz, Mindel, Riß und Würm insgesamt 52 Kältephasen, die sich über 2,7 Millionen Jahre erstreckten (Abb. 1.28; Gibbard & Cohen

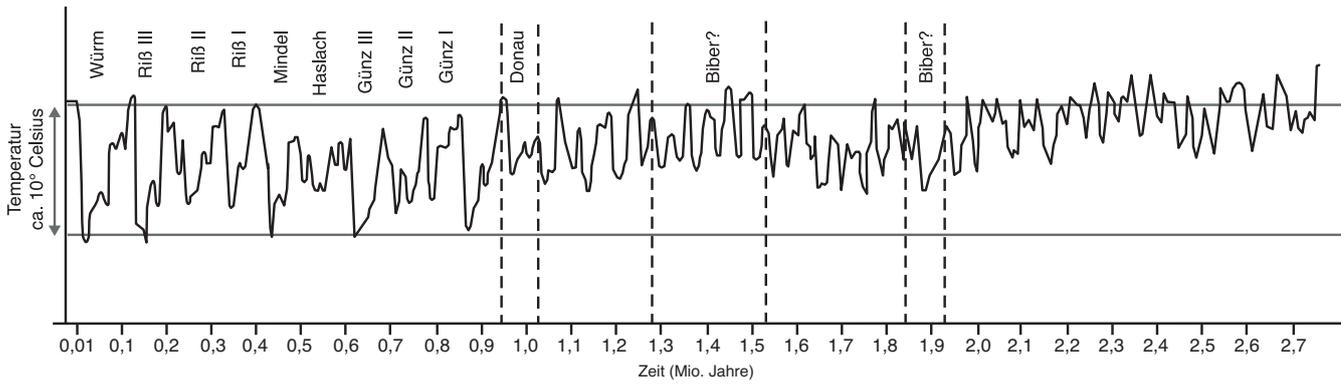


Abb. 1.28 Eiszeiten und Warmzeiten in Mitteleuropa in den letzten 2,7 Millionen Jahren (der schematische Temperaturverlauf beruht auf der Entwicklung des Sauerstoff-Isotopgehaltes ¹⁸O in Eisbohrkernen). Jene Eiszeiten, die im Alpen- oder Donauroaum sichtbare Spuren hinterlassen haben, sind angeführt.

Abb. 1.29 Ausdehnung der Gletscher während der Würm-Eiszeit vor 12 000 bis 115 000 Jahren. Aufgrund des niedrigeren Meeresspiegels (ca. 120 m) fielen weite Bereich der Adria trocken.



2008). Kalt- und Warmzeiten wechselten einander in einem Rhythmus von 40 000 bis 100 000 Jahren ab, wobei die mittleren Jahrestemperaturen um ca. 10° Celsius schwankten (Meyer & Schmidt-Kaler 2002). Während der Kaltzeiten waren weite Bereiche südlich der Donau vergletschert (Abb. 1.29). Die Gegenden von Salzburg und Bregenz wurden von 600 m mächtigen Gletschern bedeckt, Innsbruck war sogar unter 1 600 m dickem Eis begraben (Van Husen 1987). Durch den Eispanzer und den im Alpenvorland liegenden gebliebenen Verwitterungsschutt war der Donau wieder einmal eine Verlagerung nach Süden verwehrt, wodurch sie an die nördlichen Randgebirge gedrängt wurde. Die letzten beiden Eiszeiten Riß und Würm vor 12 000 bis 600 000 Jahren sind auch für die europäische Menschheitsgeschichte von Relevanz. Damals lebten Menschen bereits nördlich der Alpen: der *Homo heidelbergensis*, aus dem später der Neandertaler hervorging (Wagner et al. 2010).

In den kälteren Phasen entstanden zwar riesige Mengen an Verwitterungsschutt, das Material blieb aber großteils in den Alpen oder im Alpenvorland liegen, da die Flüsse zu wenig Wasser zum Abtransport führten (vgl. Altmoränen und Schotterebene in Abb. 1.24). Erst in den Warmzeiten, den sogenannten Interglazialen, hatten sie genügend Transportkapazität, um das im Alpenvorland liegende gebliebene Material auszuräumen. Dieser Zyklus hat sich seit 2,5 Millionen Jahren mehrmals wiederholt, würde aber zu keiner Flussterrassen-Landschaft führen, wenn nicht zeitgleich eine Anhebung des Untergrundes erfolgt wäre. Durch diese waren die Flüsse gezwungen, sich immer tiefer in die sich hebende Landschaft einzugraben (siehe Antezedenz und Epigenese oben). Da sich die Gewässer aber zwischen den Eiszeiten seitlich verlagerten, blieben Reste früherer Terrassen bis heute erhalten (Abb. 1.30). In den Donauweitungen sind aber nicht mehr die Terrassen aller Eiszeiten vorhanden. Jene vor der Günz-Kaltzeit vor über 900 000 Jahren wurden in Österreich in späteren Warmzeiten großteils wieder ausgeräumt oder überlagert (Piller et al. 2004). Auch Terrassen kleinerer, dazwischen liegender Eiszeiten sucht man heute vergeblich. Die Entstehung solcher Flussterrassen war aber nicht nur auf den Oberlauf der Donau beschränkt. Auch weiter flussab kann-

ten solche, an die Eiszeiten erinnernden Landschaften, entstehen. Ein besonders schönes Beispiel dafür ist das Ungarische Donauknie nördlich von Budapest.

Durch die tektonischen Hebungen und die Ablagerung von Erosionsschutt in den Gebirgstälern war es für manche Zubringer schwer, einen Weg zur Donau zu finden. So etwa auch für die Ybbs, die ursprünglich von Hollen-

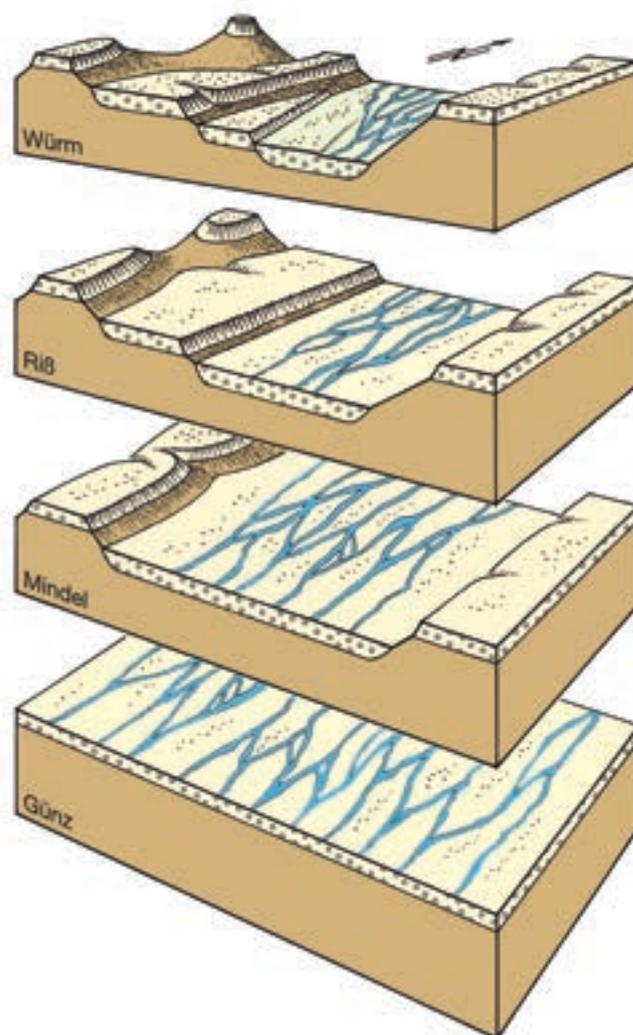


Abb. 1.30 Entwicklung einer Landschaft mit Flussterrassen in den letzten vier Eiszeiten seit ca. 900 000 Jahren (vgl. Abfolge der Eiszeiten in Abb. 1.28)

stein Richtung Weyer ins heutige Ennstal floss. Als der Lauf der Ybbs von Schuttmassen blockiert wurde, wich sie vor ca. 200 000 Jahren über einen kleinen Zubringer Richtung Waidhofen/Ybbs aus (Nagl 1970). Bei Amstetten okkupierte sie dann das Tal, durch welches die Enns bis vor 800 000 Jahren Richtung Melk geflossen war (im heutigen Tal der Url). Seither zeigt die Ybbs ihren seltsamen, im Uhrzeigersinn gewundenen Lauf (Oberhauser & Bauer 1980).

Austoben im ehemaligen Pannon-See

Der Rückzug des Pannon-Sees erfolgte sehr rasch. Kurz nachdem das Wiener Becken trocken gefallen war, lag die Uferlinie des Binnenmeeres vor 9 Millionen Jahren bereits auf einer Linie zwischen Zagreb und Budapest (Abb. 1.31a und 1.32; Magyar et al. 1999). In den folgenden 4,5 Millionen Jahren verwandelte sich der riesige Brackwassersee zu einem wesentlich kleineren Süßwassersee, der nur mehr die östlichen Bereiche Kroatiens und Nordserbiens bedeckte. Neben tektonischen Hebungen waren dafür auch die von der Donau aus dem Alpenraum antransportierten Sedimente ausschlaggebend. Die Donau verlagerte ihr Delta immer weiter Richtung Südosten und gewann immer mehr an Länge. Doch so richtig weiterentwickeln konnte sich das Donausystem in der Ungarischen Tiefebene erst seit ca. 4 Millionen Jahren, nachdem eine längere Trockenphase von feuchterem Klima abgelöst wurde (Lóczy 2007). Der neue Lauf schob sich zunächst entlang der ungarisch-österreichischen Grenze verstärkt nach Süden bis zur Drautal-Senke vor. Dort traf die Donau vor ca. 3 Millionen Jahren in Kroatien zwischen der Drau und der Save auf den letzten Rest des Pannon-Sees (Abb. 1.31b; Sümeghy 1953). Parallel zur Donau flossen etwas weiter östlich auch die Waag, die Gran und andere Zubringer in diesen See. Das Gewässersystem der Theiß verlief zwar auch in Nord-Süd-Richtung, jedoch viel weiter östlich als heute. Ob die Theiß ebenfalls in den See mündete oder östlich davon einen direkt Weg zum östlichen Restmeer einschlug, bleibt Gegenstand von Vermutungen.

Wie sich die Donau in der Ungarischen Tiefebene zu ihrem heutigen Lauf hinverlagerte, ist bis dato ebenso

unklar. Zu Beginn des Eiszeitalters vor ca. 2 Millionen Jahren finden wir sie jedenfalls auf einmal mehr als 200 Kilometer weiter östlich wieder. Damals folgte sie ziemlich genau dem heutigen Lauf der Unteren Theiß (Abb. 1.31c). Flussauf von Budapest zeigte die Donau bereits annähernd ihren heutigen Verlauf. Aufgrund der großen Sedimentfracht entwickelte sie ein breit gefächertes, stark verzweigtes Gewässersystem. Nun wurde auch die Durchbruchstrecke beim Ungarische Donauknie von der Donau durchflossen, wobei das Tal aber bereits viel früher, vor über 9 Millionen Jahren, angelegt worden war (vgl. Abb. 1.46 in Kapitel 1.3; Lóczy 2007). Die eigenwillige Form des Tales geht nach neuesten Erkenntnissen auf eine vulkanische Caldera zurück, die von einem größeren Fluss und später schließlich von der Donau beansprucht wurde. Dieses Tal fungierte lange Zeit als Verbindung zwischen verschiedenen Teilen des Pannon-Sees, der die Kleine und Große Ungarische Tiefebene bedeckte. Zur Überwindung der Strecke zwischen Budapest und der heutigen Theiß folgte die Donau damals dem Lauf des kleineren Zubringers Eipel (Borsy & Félegyházi 1983).

Während des Eiszeitalters wurde die Ungarische Tiefebene zwischen der österreichischen Grenze und der heutigen Theiß vollständig mit Ablagerungen von Flüssen aufgefüllt. Die Sande dieses riesigen Schwemmkegels wurden in trockeneren Perioden teilweise vom Wind ausgeblasen und andernorts wieder abgelagert, wodurch die heutigen Löss-Landschaften entstanden. Auf diesem Sedimentfächer wanderte die Donau in mehreren Armen bis zur letzten Eiszeit vor ca. 100 000 Jahren allmählich nach Westen zu ihrer heutigen Lage (Abb. 1.31d). Dabei erodierte sie die Löss-Bedeckung der Tiefebene, weshalb der Löss heute zwischen der Donau und der Theiß großteils fehlt. In den letzten 10 000 Jahren tiefte sich der Strom in die alten Sedimentlagen ein und wandelte sich von einem verzweigten zu einem gewunden-mäandrierenden Fluss. Die Theiß hingegen übernahm den alten, östlich gelegenen Donaulauf.

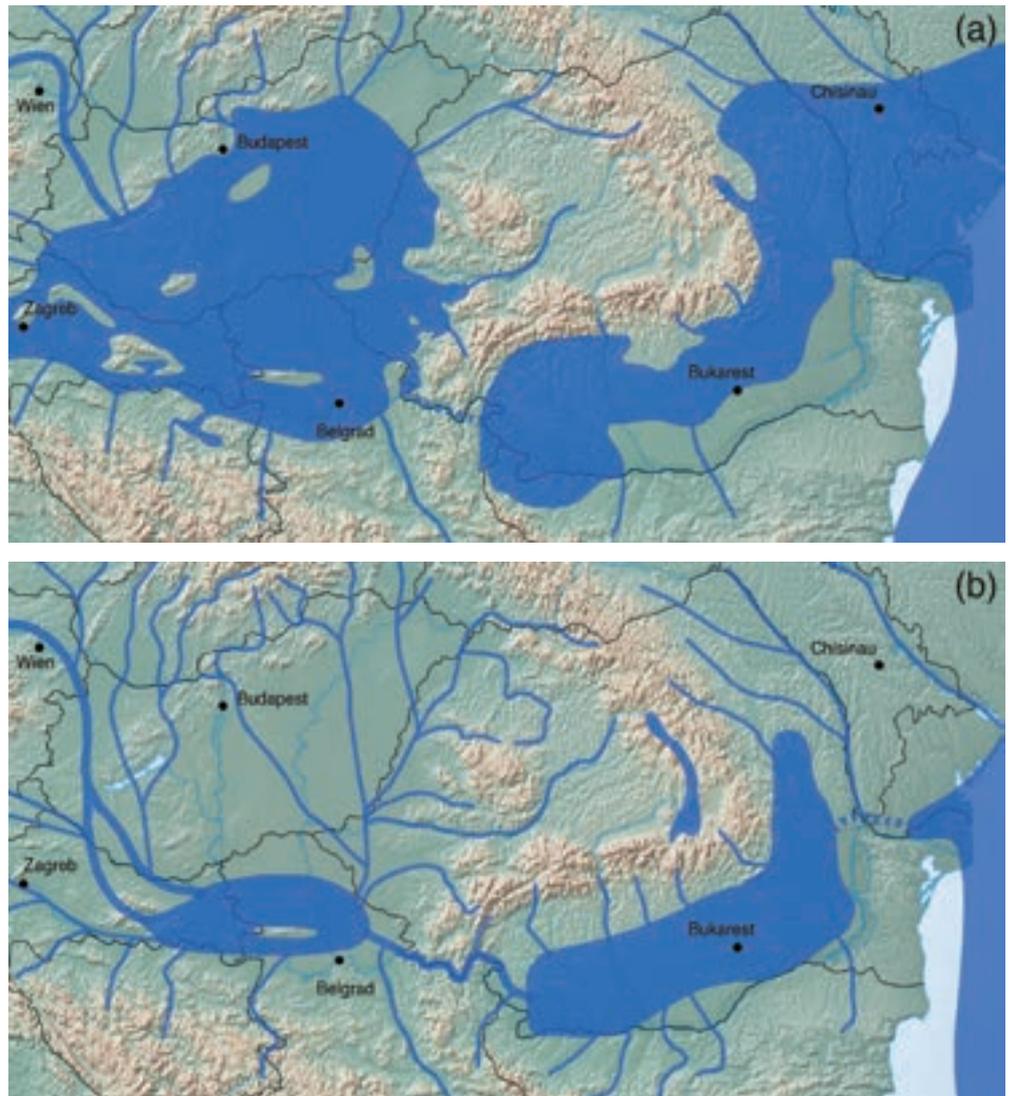
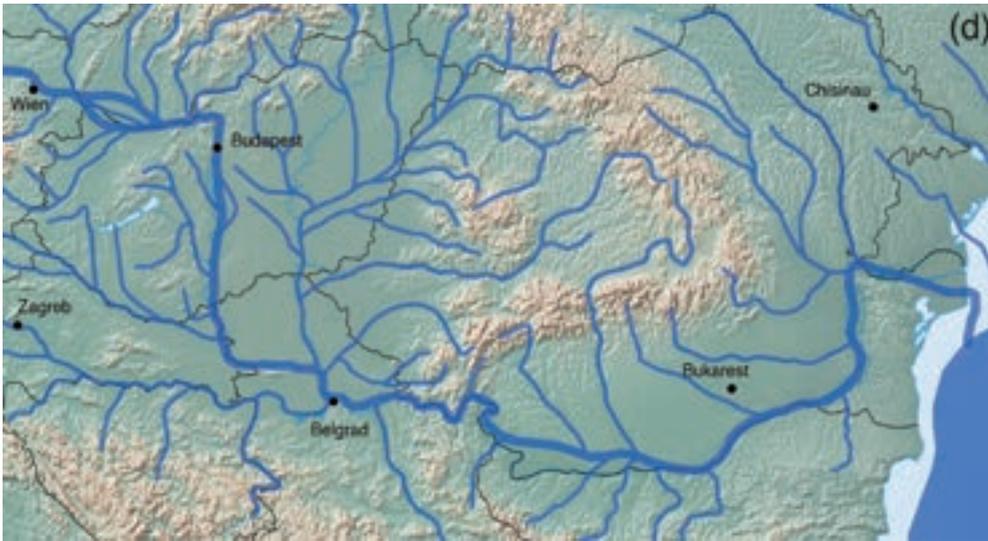
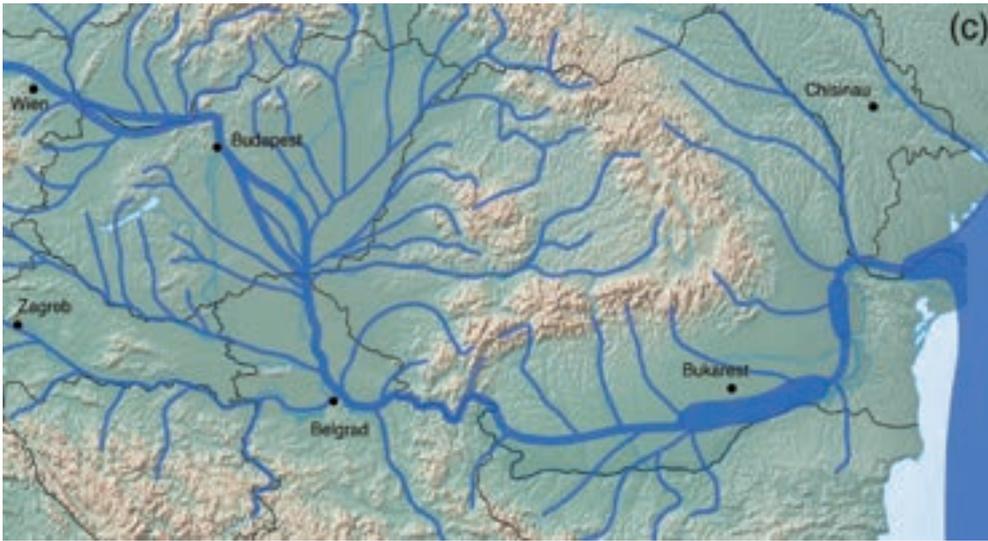


Abb. 1.31 Entwicklung der Mittleren und Unteren Donau seit 9 Millionen Jahren
(mit heutiger Topografie im Hintergrund)

- (a) Pannon-See vor 9 Millionen Jahren
- (b) Pannon-See vor 3 Millionen Jahren
- (c) Urdonau vor 2 Millionen Jahren
- (d) Donau während der letzten Eiszeit vor 50 000 Jahren



Legende:

- Hauptflüsse 
- Zubringer 
- Hauptflüsse fraglich 
- flächige Gewässer 



Abb. 1.32 An der Nordküste des Pannon-Sees vor 8 Millionen Jahren: Mangrovenwälder mit Sumpfcypressen, die Hominiden Lebensraum boten (2007 entdeckt im Braunkohlebergwerk Bükkábrány im Nordosten Ungarns; Rekonstruktion und heutige Situation).

Höhenprobleme

Ähnlich wie bei den österreichischen Durchbruchstätern wird heute auch beim Eisernen Tor angenommen, dass dieses in den letzten 2,5 Millionen Jahren durch die Eintiefung des Flusses in eine sich emporhebende Landschaft entstand („Antezedenz“; Abb. 1.33 und 1.53 in Kapitel 1.3). Wahrscheinlich begünstigten ältere Talreste das Einschneiden des Flusses in den Untergrund (Lóczy 2007; Leever et al. 2006). Wie das Vorläufertal genau aussah, ist aber nach wie vor Gegenstand von Diskussionen. Durch die Auffaltung der Karpaten wurde der Pannon-See vom Pontischen See in der Walachischen Tiefebene (Rumänien/Bulgarien) bereits vor 12 Millionen Jahren getrennt. Vermutlich gab es seither zeitweise eine Verbindung zwischen den beiden Becken, über welche das Wasser zwar Richtung Osten abfließen konnte, aufgrund des Höhenunterschiedes war aber ein entgegen gesetzter Wasseraustausch nicht mehr

möglich (Abb. 1.31a). Damit fungierte das Eisernen Tor lange Zeit als Erosionsbasis, durch die der Wasserspiegel, die Ablagerungsprozesse und damit die Entwicklung des Gewässersystems in der Ungarischen Tiefebene kontrolliert wurden. Hätte diese Verbindung nicht bestanden, wäre dort vermutlich trotz der Süßwasserzuflüsse der einmündenden Zubringer ein riesiger Salzsee entstanden (Fink 1967). Den Ausschlag für die Entstehung des Eisernen Tores könnte nach neuesten Erkenntnissen das Mittelmeer gegeben haben. Während der „Messinischen Salinitätskrise“, als das Mittelmeer vor 5 bis 6 Millionen Jahren bei Gibraltar vom Atlantik abgetrennt wurde und bald darauf austrocknete, lag der Meeresspiegel um über 1000 Meter tiefer als heute. Um den immensen Höhenunterschied zwischen dem Pannon-See und dem östlich gelegenen Rest-

meer (Pontischer See) auszugleichen, tiefte sich die Donau verstärkt ein (Clauzon et al. 2005; Leever et al. 2006). Anzunehmen ist, dass seit dem Ende der Messinischen Salinitätskrise vor ca. 5 Millionen Jahren eine permanente Verbindung zwischen beiden Becken besteht. Dadurch senkte sich der Wasserspiegel im Pannon-See erheblich ab und größere Mengen an Sedimenten konnten weiter flussabwärts ins nächste Becken transportiert werden (Abb. 1.31b). Seither ist auch eine ungehinderte Migration der aquatischen Fauna möglich.

Die jüngste Donau

Mit dem Verlassen des Eisernen Tores kommen wir nun zum jüngsten Abschnitt der Donau. Wie in den anderen Becken und Tieflandebenen ist auch im Walachischen Becken eine Ablösung der marinen Phase durch eine limnische mit zahlreichen Seen erfolgt, die dann von einer ter-

restrischen Phase mit Flussablagerungen abgelöst wurde. Während die Ungarische Tiefebene vom Pannon-See bedeckt wurde, entwickelte sich hier vor 7 Millionen Jahren ebenfalls ein großer Brackwassersee, der phasenweise auch aussüßte. Dieser „Pontische See“ erstreckte sich bis zum heutigen Schwarzen Meer und war zeitweise, je nach Höhenlage des Meeresspiegels, an das östliche Meer angebunden (Abb. 1.31b). Die eigentliche Verschotterung setzt im Walachischen Becken erst mit der Heraushebung des umrahmenden Hügellandes vor 2,5 Millionen Jahren ein. Durch den mit dem Eiszeitalter einsetzenden Klimawandel entstand mehr Erosionsschutt, der in den Kaltphasen nicht abtransportiert werden konnte (Fink 1967). Die Donau folgte dem sich nach Osten zurückziehenden Restmeer beziehungsweise See, musste dabei aber marine Ablagerungen und vor allem die 350 m mächtigen eiszeitlichen Sedimente ausräumen, die sie und andere Flüsse zuvor im Becken abgelagert hatten (Abb. 1.31c; Popp 1974). Zeitgleich wanderte die Donau immer weiter nach Süden, wobei sie sich schrittweise eintiefte. Zurück blieben zumindest fünf breite Stufen früherer Flussterrassen, die teilweise mit eiszeitlichen Flugsanden bedeckt wurden (Abb. 1.34 und 1.35; Popp 1974).

Abb. 1.33 Durch das Einschneiden der Donau in das Kalkgestein des Eisernen Tores wurden auch einige Karsthöhlen freigelegt. Die 1700 m lange Poncova-Höhle wurde bei der Staulegung des Kraftwerkes Eisernes Tor teilweise miteingestaut.



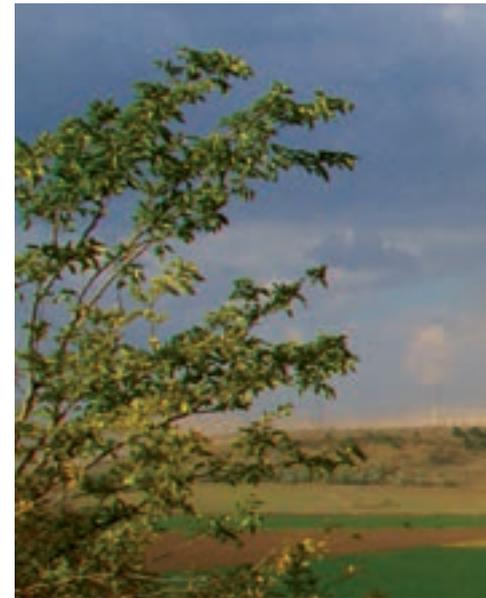


Abb. 1.34 Von der Donau erodierte Lössterrasse nahe des Schwarzen Meeres

Die weitere Entwicklung der Unteren Donau ist eng verknüpft mit dem Wechsel des Meeresspiegels im Schwarzen Meer. Dieser lag in den Kaltzeiten um 100 bis 150 m tiefer als heute. Zeitweise dürfte das gesamte Schwarze Meer sogar trocken gefallen sein. In den dazwischen liegenden Warmzeiten stieg der Meeresspiegel wieder an. Dementsprechend verlängerte sich der Lauf der Donau in den kälteren Phasen und verkürzte sich in wärmeren Perioden. Dadurch verschob sich auch das Donaudelta, das je nach Lage unterschiedliche Sedimentationsniveaus aufwies (Abb. 1.31d). Während der letzten Eiszeit senkte sich das Schwarzmeer-Becken noch einmal verstärkt ab, wodurch die Donau in ihrem untersten Abschnitt gezwungen war, sich mehr als 60 m tief in die Sedimente einzugraben, um sich dem neuen Sedimentationsniveau anzupassen (Fink 1967). Das Ende der letzten Eiszeit kündigte sich an, als vor ca. 17 000 Jahren immer größere Men-

gen an Süßwasser freigesetzt wurden, die sich im Becken des Schwarzen Meeres sammelten. Damals war dieses noch ein Binnenmeer ohne Anbindung an das Mittelmeer. Durch den permanenten Anstieg des Meeresspiegels nach der Eiszeit kam es schließlich um 7000 v. Chr. zu einem Durchbruch des Mittelmeeres durch den Bosphorus in das Schwarze Meer (Giosan et al. 2012). In kurzer Zeit stieg der Wasserspiegel um mehr als 100 m an und setzte damit das eiszeitliche Donaudelta unter Wasser.



Abb. 1.35 Wie in der Eiszeit:
vom Wind verwehter Löss
an der Unteren Donau



Donau und größere Zubringer zwischen Novi Sad und Eisernem Tor (Theodor 18. Jahrhundert)

1.3

Durch halb Europa – die Landschaften der Donau

„Es ist dieser Strom viel tiefer als der Nilus in Egypten, ... Nebst dem ist er an manchen Orten von einer ungemeinen Breite, und je weiter er fließet, je breiter er wird. ... und der Geschichtsschreiber Dio sagt, daß an dem Orte, wo die große trajanische Brücke gestanden, er gar eine Meilwegs breit seyn soll, und an andern Orten noch zwei- oder dreimal so breit wäre, sonderbar, wo er sich an das Meer erstreckte, welches ... aber auch unglaublich zu seyn scheint.“*

(Geographia Universalis von Pierre Duval 1685)

An den Rand gedrängt und eingepfercht – die Obere Donau

An der berühmten Donauquelle im baden-württembergischen Donaueschingen weist die allegorische Steinskulptur der nach der dortigen Landschaft benannten „Mutter Baar“ ihrer Tochter, der „jungen Donau“, den Weg nach Osten. Die junge Donau scheint sich noch zu zieren – zu ungewiss ist ihre weite Reise (Abb. 1.36). Und tatsächlich: Die Donau kommt nicht gerade weit! Etwa 20 bis 30 km flussab versickert ihr Wasser nahe Immendingen im Untergrund und das Flussbett fällt mehr als die Hälfte des Jahres trocken. Das Donauwasser verschwindet in einem riesi-

* 1 Deutsche Meile = ca. 7,5 km

gen Karsthöhlensystem unter der Schwäbischen Alb und taucht rund 12 km weiter südlich im Aachtopf, Deutschlands größter Quelle, wieder auf (Hötzl 1996). Von dort gelangt das Wasser in den Bodensee und schließlich in den Rhein. Im geologischen Wettlauf des Rheins mit der Donau hat wieder einmal der Rhein die Oberhand gewonnen und bereitet schon den nächsten Schritt zur weiteren Einverleibung des Donauebietes vor. Und dieser Prozess beschleunigt sich durch die zunehmende Auswaschung der unterirdischen Karsthöhlen so schnell, dass wir Menschen beinahe zuschauen können. Während die erste vollständige „Donauversinkung“ im Jahr 1874 dokumentiert wurde, steigerte sich die Zahl der Tage mit vollständiger Austrocknung des Flussbettes bis Ende des Zweiten Weltkrieges auf 270 Tage (Knop 1878; Hötzl 1996). In geologisch gesehen gar nicht langer Zeit werden die obersten 20 bis 30 km des Donaulaufes samt den beiden Quellflüssen



Abb. 1.36
Die Donauquelle, eine in Stein gefasste Karstquelle, im Fürstlich Fürstenbergischen Schlosspark zu Donaueschingen mit der Skulptur der „Mutter Baar“ und der „jungen Donau“

Brigach und Breg wohl vollständig in das Flusssystem des Rheins umgeleitet sein. Dann würden die heute unbedeutenden Zubringer Krähenbach und Elta die neuen Quellflüsse der Donau.

Hatte der italienische Gelehrte Luigi Ferdinando Marsigli davon bereits Kenntnis, als er in seinem 1726 erschienen Werk *Danubius Pannonico-mysicus* anhand einer Höhenniveau-Karte ernsthaft nachzuweisen versuchte, dass die Donau bei Donaueschingen mit Wasser aus der Quellregion des Inn gespeist wird? Immerhin – in geologischen Zeiträumen gedacht ist dieser Gedanke gar nicht so abwegig (Marsigli 1726d; Knoll 2013; vgl. Kapitel 1.2). Das Rätselraten der Antike über den wahren Donau-Ursprung wurde von Gelehrten im 16. Jahrhundert wieder neu entfacht. Seither lässt sich lustvoll darüber streiten, wenn gleich aus hydromorphologischer Sicht die Sachlage klar erscheint: Die Breg ist der längste und zugleich wasserreichste Quellfluss der Donau (Abb. 1.37).

Flussab der Donauversinkungen fängt die Donau wieder neu an (abgesehen von einem 1,6 km langen Stollen, der heute einen Teil des Wassers an den Versinkungsstellen vorbeischleust). Wasser gelangt über kleinere Zubringer und Hangwässer in die Donau und fließt weiter durch das Mittelgebirge der Schwäbischen Alb (vgl. Abschnitt Nr. 1 in Abb. 1.38). Diese vor 140 bis 170 Millionen Jahren im Jura-Meer entstandene karstige Hochebene wurde durch zahlreiche Erosionseinflüsse zerfurcht. So auch von der Donau, die sich vor 5 bis 6 Millionen Jahren infolge tektonischer Hebungen des Umlandes allmählich canyonartig bis zu 240 m tief in die Alb eingeschnitten hat. Dabei entwickelte sie auch ausgeprägte Talmäander (Strasser 2011; Abb. 1.39). Die heutige Donau hätte wohl kaum die Kraft gehabt, so ein großes Tal auszuschürfen. Es war die Urdonau, genauer gesagt die Aare-Donau, die vor rund 4,5 Millionen Jahren ein gewaltiger, mäandrierender Strom war. Obwohl die Urdonau auch noch weiter östlich Talmäander mit schön ausgeformten Umlaufbergen

Abb. 1.37 Die beiden Donau-Quellflüsse Breg und Brigach und die Donauquelle bei Donaueschingen, dargestellt von Luigi Ferdinando Marsigli 1726. Die in Donaueschingen entspringende Quelle wird in diesem Werk als „Quellflüsschen, welches sie vulgo Donau nennen“ bezeichnet. Nach der Zusammenmündung von Breg und Brigach wird hingegen der vereinte Fluss als „Donau, wie alle ohne Kontroverse sagen“ dargestellt.





Abb. 1.38 Der Donaulauf mit seinen zehn unterschiedlich ausgeprägten Flussabschnitten, festgelegt im Rahmen des UNDP/GEF Danube Regional Projects (vgl. Beschreibung der Abschnitte in Tab. 1.1)

Nr.	Abschnitt	Strom-km	Lage	Flusstyp vor Regulierung	Gefälle (‰)	mQ (m³/s)
1	Oberlauf der Donau	2 786–2 581	Donauessingen–Neu Ulm	Durchbruchstäler, gewunden, mäandrierend, verzweigt	0,75–1,4	55
2	Donau des westlichen Alpenvorlandes	2 581–2 225	Neu Ulm–Passau	Durchbruchstäler, anabranched, mäandrierend	0,2–1,1	700
3	Donau des östlichen Alpenvorlandes	2 225–2 001	Passau–Krems	Durchbruchstäler, anabranched	ca. 0,43	1 880
4	Donau des unteren Alpenvorlandes	2 001–1 790	Krems–Gönyü	kurze Durchbruchstäler, anabranched, mäandrierend	0,1–0,43	2 140
5	Ungarisches Donauknie	1 790–1 497	Gönyü–Baja	Durchbruchstal, gestreckt, gewunden, mäandrierend	0,07–0,1	2 420
6	Donau der Pannonischen Tiefebene	1 497–1 071	Baja–Bazias	mäandrierend, gewunden, gestreckt, anabranched	0,04–0,07	5 600
7	Eisernes Tor	1 071–931	Bazias–Turnu Severin	Durchbruchstal	0,04–0,25	5 610
8	Westpontische Donau	931–378	Turnu Severin–Silistra	gewunden, gestreckt, anabranched, mäandrierend	0,04	6 000
9	Ostwallachische Donau	378–100	Silistra–Isaccea	verzweigt, anabranched, mäandrierend	0,04	6 200
10	Donaudelta	100–0	Isaccea–Sulina	generell anastomos, Hauptarme: anabranched, mäandrierend	0,001	6 460

Tab. 1.1 Hydromorphologische Charakteristika der zehn im UNDP/GEF Danube Regional Project festgelegten Donauabschnitte nach Sommerhäuser et al. (2003), ICPDR (2005) und anderen, zum Teil historischen Quellen. Die Ausweisung der Abschnitte basiert primär auf einer Kombination von Ökoregionen, Gefälle des Mittelwasserspiegels, Geomorphologie, Zusammensetzung der Sedimente und Wassertemperatur

(mQ) Abfluss bei Mittelwasser
 (anabranched) Mischtyp verzweigt/mäandrierend
 (anastomos) stark verzweigter Flusstyp mit geringer Fließgeschwindigkeit



Abb. 1.39 Talmäander der Donau nahe Beuron im Kalkgestein der Schwäbischen Alb

schuf, verlässt der heutige Strom bereits bei Sigmaringen die Schwäbische Alb.

Kaum zu glauben ist heute, dass sich hier nach dem Übertritt ins Alpenvorland vor Jahrtausenden eine der bedeutendsten „Metropolen“ nördlich der Alpen befunden hat. Auf einer eiszeitlichen Terrasse mit gutem Ausblick über die Donau-Auen bis hin zu den Alpen entstand bereits um 1300 bis 1600 v. Chr. eine größere Siedlung, die von den Kelten zu einer Stadt mit bis zu 10 000 Bewohnern ausgebaut wurde. Jüngste Grabungen unterstützen die These, dass es sich dabei um die vom griechischen Geschichtsschreiber Herodot überlieferten Stadt Pyrene nahe dem Donau-Ursprung handelt (heute als „Heuneburg“ bezeichnet; Fernandez & Krausse 2012). Die einzigartige Ziegelbauweise der Stadtmauer und der Grundriss der Stadt deuten darauf hin, dass hier schon damals griechische Festungsbauer am Werk waren. Am Fuße der Heuneburg vorbei pendelte die Donau bis zur Regulierung in hunderten Mäanderschleifen an der Alb entlang bis nach Ulm, wo sie wieder auf das verlassene Tal der Urdonau trifft (Abb. 1.40).

Ab Ulm erhält die Donau erstmals ihren alpinen Charakter. Dies ist der Iller zu verdanken, die nicht nur reich an Sedimenten ist, sondern auch mehr Wasser als die Donau mit sich führt (bei Mittelwasser $70 \text{ m}^3/\text{s}$ bzw. $55 \text{ m}^3/\text{s}$). Durch den Zufluss der Iller konnte die Donau stromab von Ulm auch als Wasserstraße genutzt werden. Doch in historischen Zeiten war die Reise Richtung Wien ein langwieriges Unternehmen. Wo die Donau heute großteils geradlinig reguliert ist, wies sie bis zur Einmündung des Lechs ehemals zahlreiche Mäander mit einem Gefälle von nur 0,2 bis 0,3 ‰ auf (Nr. 2 in Abb. 1.38). Generell würde man solche Mäander am Unterlauf eines Flusses erwarten, nicht jedoch so nahe beim Ursprung. Hier zeigt sich der Einfluss regional unterschiedlicher geologisch-fluvialer Prozesse auf den Donaulauf. So führte die Abfolge von breiten Auegebieten und engen Durchbruchstrecken zu abschnittsweise unterschiedlichen Aufschotterungs- und Erosionsvorgängen (Buch & Heine 1988). Zudem gelangten über die rechtsufrigen alpinen Zubringer infolge der Eiszeiten riesige Mengen an Sedimenten ins nördliche Alpenvorland. Dadurch wurde der Donaulauf nach Norden an den Rand der Schwäbisch-Fränkischen Alb gedrängt (Löscher 1976; Jerz 1995). Die große Sedimentzufuhr des einmündenden Lechs veränderte die Donau: nun kamen zu den Flussbögen zahlreiche Verzweigungen mit großen, dazwischen liegenden Inseln hinzu (Riedl et al. 1806/08). Einen solchen Flusstyp bezeichnet man in Ermangelung einer adäquaten deutschen Bezeichnung am besten als „anabranched river“ (Nanson & Knighton 1996). Flankiert von riesigen Sumpfgebieten, dem Donaumoos, verlief die geschiebereiche Donau auf diese Weise bis zum Donaudurchbruch bei Stepperg-Neuburg und weiter bis kurz vor Kelheim. Dort fließt sie durch das 5,5 km lange Durchbruchstal der Weltenburger Enge, das jedoch nicht von der Donau selbst ausgeschürft wurde. Diese Arbeit hatte bereits ein kleinerer Nebenfluss erledigt, der sich während der Eiszeiten rückschreitend durch das Kalkgestein eingetieft hatte. Die Urdonau („Altmühl-Donau“) floss bis vor ca. 200 000 Jahren

durch das untere Altmühltal, welches bei Kelheim in das Tal der Donau mündet (Lagally 2006). Im Altmühltal befindet sich heute der Rhein-Main-Donau-Kanal, weshalb die Donau ab Kelheim als internationale Wasserstraße für die Großschifffahrt genutzt wird.

Erst nach Regensburg konnte sich die Donau wieder freier in den Sedimenten des Alpenvorlandes bewegen und größere Flussbögen sowie Mäanderschleifen entwickeln (Riedl et al. 1806/08). Der Lauf folgt der südlichen Grenze des Bayerischen Waldes bis zur Mündung der Isar nahe Deggendorf. Trotz der Geschiebezufuhr durch die Isar war die Donau auf den letzten 30 Kilometern bis zum Eintritt in die Böhmisches Masse weniger stark verzweigt als zu erwarten wäre: vielmehr entwickelte sie ausgeprägte Mäander. Das anschließende vergleichsweise geradlinige Durchbruchstal folgt einer tektonischen Störungslinie bis zur Mündung des Inn bei Passau.

Mit dem Zufluss des Inns wandelt sich der Gewässertyp der Donau erheblich. Der Inn hat nicht nur eine größere Wassermenge als die bayerische Donau, sondern führte vor Errichtung von Kraftwerken mit 330 000 m³ Geschiebe und ca. 5 Millionen t Schwebstoffen pro Jahr auch die weitaus größere Sedimentmenge mit sich (HZB 1937; Schmutz et al. 2000). Das hydrologische Regime der Donau ändert sich dadurch von einem durch Niederschläge dominierten pluvio-nivalen zu einem durch Gletscher geprägten glazio-nivalen Regime (Lászlóffy 1967).

Der anschließende, rund 350 km lange österreichische Donaulauf ist durch die Abfolge von engen Durchbruchstrecken durch das Böhmisches Kristallin beziehungsweise die Ausläufer der Alpen und tektonischen Becken mit breiten Auegebieten geprägt (Abschnitte Nr. 3 und Nr. 4 in *Abb. 1.38*). Flussab von Passau folgt die Donau ähnlich wie in Bayern einer tektonischen Störungslinie. Das als „Oberes Donautal“ bezeichnete, rund 300 m tiefe Durchbruchstal verlässt die Störungslinie bei der Schlägener Schlinge und wendet sich in einem markanten doppelten Talmäander abrupt nach Norden. Wie konnten sich derartige Mäander im harten Kristallin entwickeln? Nach heutigem Verständnis waren dafür primär zwei Prozesse verantwortlich: Epigenese und Antezedenz, auf die bereits im *Kapitel 1.2* näher eingegangen wurde (Kohl 1966; Gruber 1994).

Flussab des Oberen Donautales folgt als erste österreichische Donauniederung das Eferdinger Becken. Für die österreichischen Donaubecken gilt analog zu den

Abb. 1.40 Zeuge der Vergangenheit: Der „Blautopf“ im Urdonautal nahe Ulm, Deutschlands zweitgrößte Karstquelle. Im Zuge der Eintiefung der Urdonau in die Schwäbische Alb schnitt sie ein riesiges Karsthöhlsystem an, durch das heute – nachdem der Fluss das Tal verlassen hat – noch immer zwischen 0,3 und 30 m³ Wasser pro Sekunde an die Oberfläche gelangen (Mörke Dom mit Lageplan des Höhlensystems).



bayerischen, dass sie je nach Ausformung der flussab liegenden Engtäler, sowie abhängig von Abfluss und Sedimentzufuhr der großen Zubringer, unterschiedliche Ablagerungs- und Erosionsvorgänge aufwiesen. Anders als in Bayern oder weiter flussab, existieren in den drei oberösterreichischen Donauniederungen Eferdinger Becken, Linzer Becken und Machland keine Hochterrassen der Riß-Kaltzeit (vor 120 000 bis 350 000 Jahren) oder noch ältere Terrassensysteme (Kohl 1973). So schließt in diesen Becken gleich die Flussterrasse der letzten Eiszeit, der Würm-Kaltzeit (vor 12 000 bis 115 000 Jahren), an die umgebende Hügellandschaft an. Diese als „Niederterrasse“ oder auch als „Wagram“ bezeichnete Geländestufe liegt ca. 8 bis 14 m über dem Mittelwasser der Donau. Typischerweise kommen in den oberösterreichischen Becken noch bis zu drei nacheiszeitliche Flussterrassen vor: das Obere Hochflutfeld (vor 2 400 bis 5 100 Jahren entstanden), das Untere Hochflutfeld (wahrscheinlich vor 500 bis 1 800 Jahren gebildet) und die rezente Auenstufe als niedrigster und jüngster Schotterkörper (Kohl 1973, 1999). In letzterem schuf die Donau bis zur Regulierung ein Gewässernetz, das sowohl Elemente eines mäandrierenden als auch eines verzweigten Flusses aufwies („anabranched river“; Hohensinner 2008).

Der an das Machland anschließende Strudengau stellt nicht nur die engste Durchbruchstrecke der österreichischen Donau dar, sondern mit der Kachletstrecke – dem Strudel und dem Wirbel – flussab von Grein für die Schifffahrt auch nach wie vor die gefährlichste. Dabei hatte die Donau nicht immer diesen verwinkelten Lauf, sondern verlief vor ein paar Millionen Jahren geradliniger im Süden des Strudengaus vorbei (vgl. Kapitel 1.2; Fink 1967). Nach dem engen Strudengau folgt das breitere Tal des Nibelungengaus, das bei Melk in ein weiteres Durchbruchstal, die Wachau, übergeht. Die Laufverlagerung ins heutige Donaual wurde wohl durch geologische Störungslinien und Reste älterer Flusssysteme im Bereich der Wachau begünstigt.

Während die Donau noch vor mehr als 3 Millionen Jahren am Ende der Wachau Richtung Hollabrunn

und Mistelbach abzweigte, verläuft sie heute durch das weite Tullnerfeld (Fink 1967). Mit den bei größeren Hochwässern bis zu 10 km weiten Überschwemmungsflächen ist das Tullnerfeld wesentlich breiter als die flussauf liegenden Becken (Abb. 1.41). Anders als in Oberösterreich konnten sich nördlich vom Tullnerfeld noch ältere Terrassen früherer Eiszeiten erhalten. So zum Beispiel der „Wagram“, eine hohe Geländestufe, die aus der Mindel-Kaltzeit vor 400 000 bis 460 000 Jahren stammt (Oberhauser & Bauer 1980). Weite Teile dieser alten Flussterrassen sind mit Löss (Schluff und Sand) bedeckt, welcher während der Eiszeiten vom Wind hierher verfrachtet und abgelagert wurde.

Der Eintritt der Donau in das Wiener Becken erfolgt vermutlich seit zumindest 3 Millionen Jahren über die Wiener Pforte, einen kurzen Durchbruch durch die letzten Ausläufer der Alpen (Brix 1970). Das Wiener Becken müsste theoretisch eigentlich Schwechater Becken heißen, da hier die tiefste Stelle liegt. Seit 17 Millionen Jahren hat sich bei Schwechat der alpine Untergrund um mehr als 5 000 m abgesenkt und das neu entstandene Becken wurde zuerst mit marinen und später mit fluvialen Sedimenten wieder aufgefüllt (Grupe & Jawecki 2004). Die Donau schuf darin ein bis zu 8,5 km breites Auegebiet, die sogenannte „Zone der rezenten Mäander“. Rechtsufrig wird das Donau-Alluvium durch die Stadt-Terrasse der vorletzten Eiszeit (Riß) begrenzt, über die sich treppenartig die Terrassen der älteren Eiszeiten bis hin zur 100 m höheren, 1 bis 2,5 Millionen Jahre alten Laaerberg-Terrasse anordnen (Fink & Majdan 1954; Brix 1970). Da linksufrig höhere Terrassen fehlen, erscheint die Wiener Terrassenlandschaft vereinfacht dargestellt wie ein halbrundes Amphitheater. Die Donau durchquert das Wiener Becken im Bereich des heutigen Nationalparks Donau-Auen und erreicht schließlich an der österreichisch-slowakischen Grenze mit der Thebener Pforte eine weitere kurze Durchbruchstrecke – dieses Mal durch die Kleinen Karpaten (Kohl 1966).

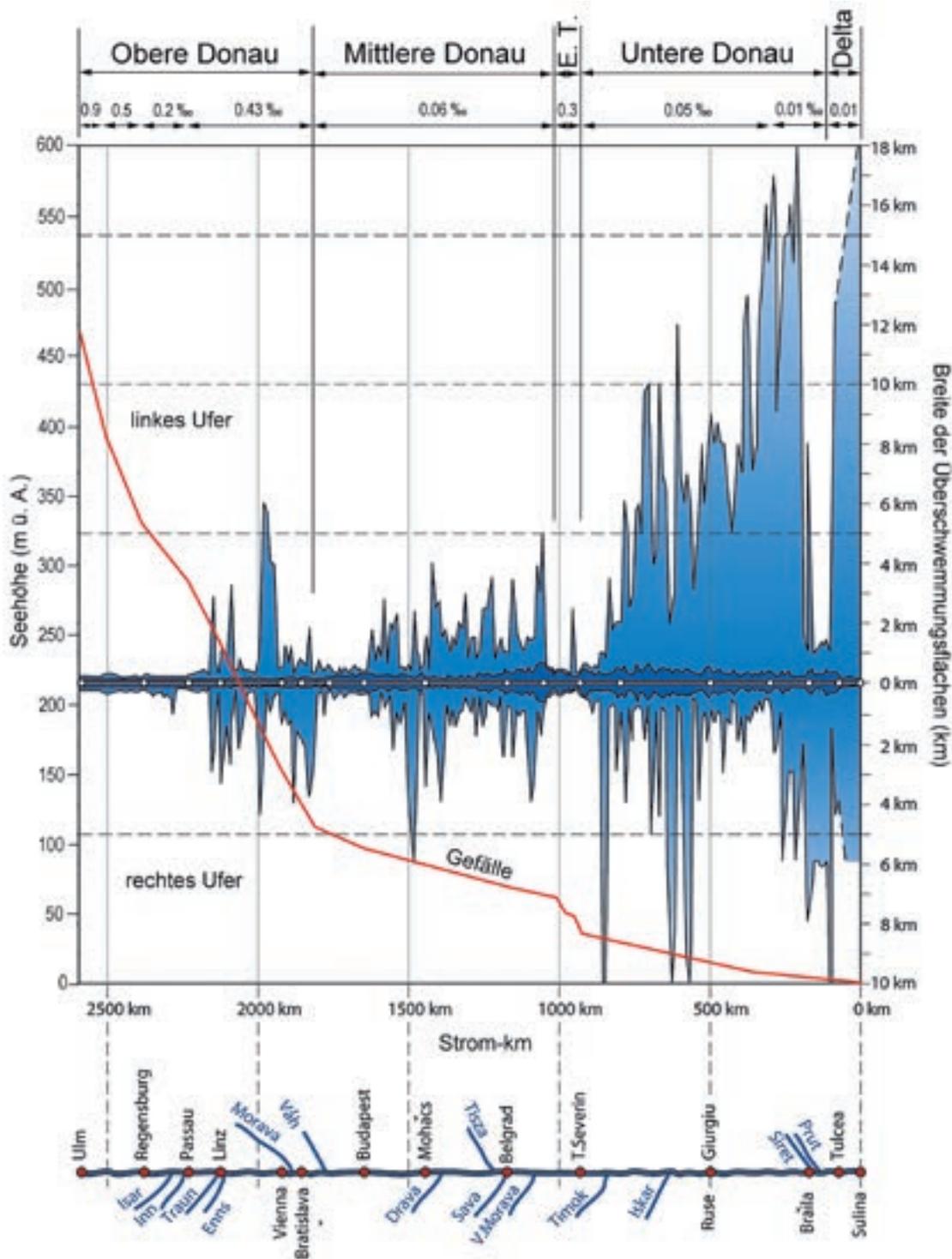
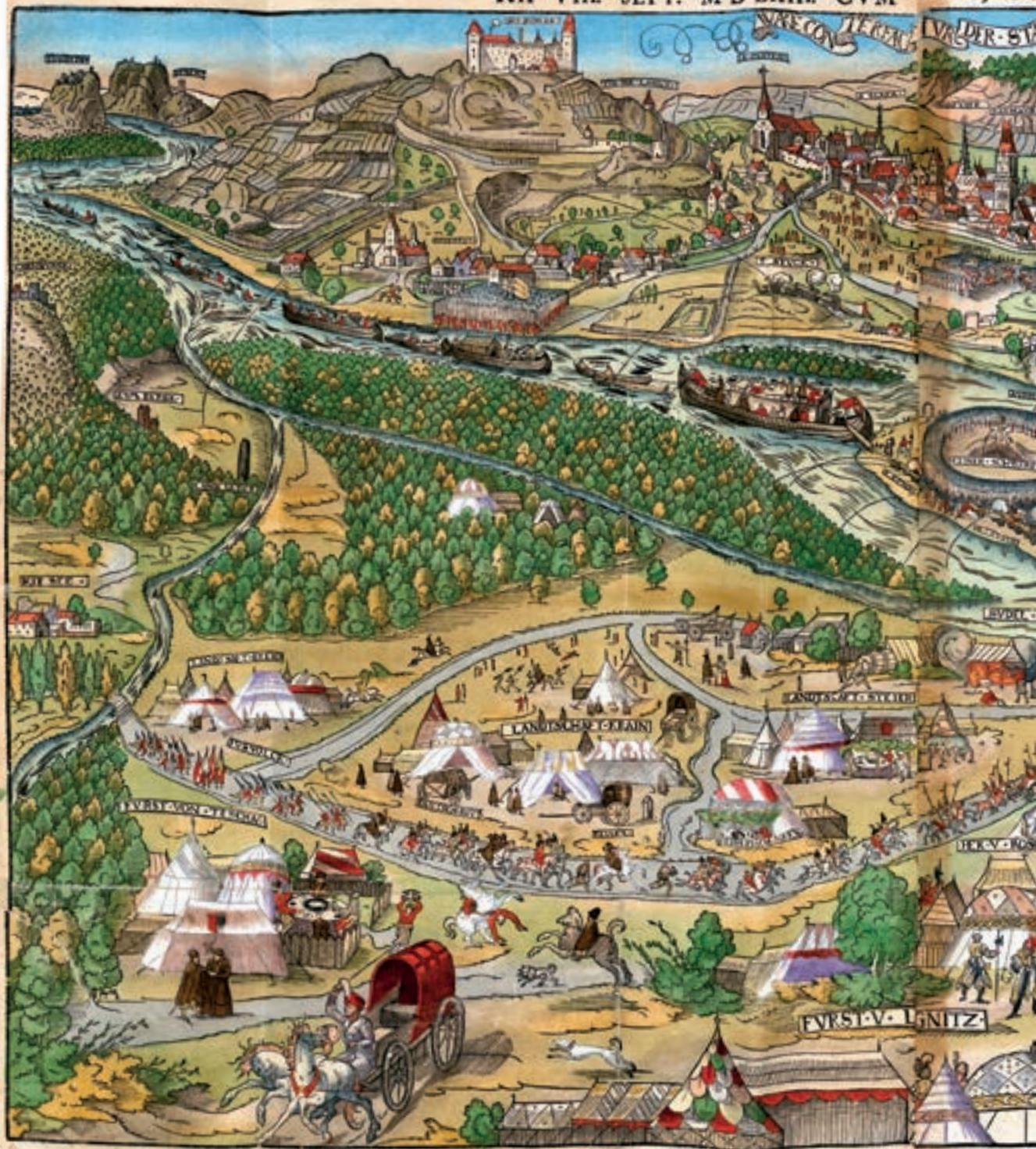


Abb. 1.41 Breite der Überschwemmungsflächen bei größeren Hochwässern entlang des Donaulaufes von Ulm bis zur Mündung in das Schwarze Meer in den 1960ern (hellblau), mittlere Breite der Donau bei Niederwasser (dunkelblau) und Gefälle der Donau (rot). Nicht dargestellt sind die linksufrigen, breiten Überflutungsflächen flussab von Wien, die bereits beim Bau des Hubertus-/Marchfeld-Schutzdammes im späten 19. Jahrhundert von der Donau abgetrennt wurden.

E. T. = Eisernes Tor

CORONATIO MAXIMILIANI

NII VIII SEPT. MDLXIII CVM LOCI, CO



SAMBVCVS AD LECTOREM.

NI II. FACTA POSO:
OMITATVS; PICTVRA, &c.



S VMMA CORONATIONIS.

Abb. 1.42

In der Darstellung der Feierlichkeiten zur Krönung von Kaiser Maximilian II. zum König von Ungarn in Bratislava 1563 ist der Übergang von der Oberen Donau zur Mittleren Donau gut zu erkennen. Am linken oberen Bildrand ist die Thebener Pforte zu sehen; flussab schließt daran das weit verzweigte Gewässersystem der Kleinen Ungarischen Tiefebene an (Holzschnitt vermutlich von Hans Mayr, hrsg. von Caspar Stainhofer 1566).





Abb. 1.43
Große und Kleine Schüttinsel zwischen Bratislava und Komárno (rechte Bildhälfte) dargestellt von Nicolò Angiolini in seinem Werk *Mappae geographicae regni Hungariae et terrarum adjacentium a ...* um 1565/70. Der Vergleich mit den Wiener Donau-Auen am linken Bildrand verdeutlicht die große Ausdehnung des Donausystems in der Kleinen Ungarischen Tiefebene.

Fort mit der schweren Last – die Mittlere Donau

Die weitläufigen Landschaften der Mittleren Donau spiegeln eindrucksvoll die großräumig wechselnden tektonischen Senkungen (Kleine und große Ungarische Tiefebene) und Hebungen (Ungarisches Mittelgebirge) wider. Flussab von Bratislava verringert sich das Gefälle der Donau von 0,43 auf 0,1‰ (Abb. 1.41). Damit reduziert sich auch die Fließgeschwindigkeit so stark, dass der Großteil des mitgeführten Geschiebes nicht mehr weiter transportiert werden kann (Abb. 1.42). Bis ins 19. Jahrhundert wurden daher von der Donau auf der rund 80 km langen Strecke zwischen Bratislava und Győr jährlich zwischen 400 000 und 600 000 m³ an Geschiebe (Kies und Sand) abgelagert (Pécsi 1959). Je nach klimatischen Verhältnissen und speziell kurz nach der Eiszeit war die Sedimentfracht zeitweise auch größer. Seit der letzten Eiszeit häuften sich auf diese Weise nach vorsichtigen Schätzungen rund 5 bis 10 Milliarden m³ an Sedimenten an. Die Donauarme wanderten über diese riesigen Sedimentanhäufungen, die auch

als Binnendelta bezeichnet werden. Einige rutschten auf dem aufgewölbten Schotterkörper allmählich seitlich ab und bildeten in historischer Zeit die Kleine Donau im Norden (ehemals als „Neuhäusler Arm“ bezeichnet) und die heutige Moson-Donau im Süden. Der dazwischen liegende Schotterkörper wurde von einem dritten Hauptarm, der heutigen Szigetköz-Donau, durchströmt. Dadurch entstanden zwei riesige Inseln: die Große Schüttinsel im Norden und die Kleine Schüttinsel im Süden (Abb. 1.43). Während die beiden äußeren Arme aufgrund des geringeren Gefälles und des nachlassenden Abflusses zu mäandrieren begannen, entwickelte der mittlere Hauptarm zeitweise je nach Abflussregime und Geschiebefracht entweder vermehrt Verzweigungen oder Mäander. Heute würde man diesen Donauabschnitt kaum wieder erkennen. Zwischen 1978 und 1992 wurde das slowakische Donaukraftwerk Gabčíkovo mit 15 m Fallhöhe und einem 38,5 km langen Ausleitungskanal errichtet (Abb. 1.44). Seither werden rund 80%



Abb. 1.44
Bau des Donaukraftwerkes Gabčíkovo
(links: Turbinen-Einlässe vor Einstau 1990; rechts: Ausleitungskanal vor Einstau 1991)

des ehemaligen Abflusses der Donau in den neuen Kanal ausgeleitet (Joint-SEA 2010). Schon wenige Jahre nach dem Kraftwerksbau wurden die Folgen dieses Eingriffes sichtbar: Dynamische Umlagerungsprozesse kamen zum Erliegen und dicke Schichten an Feinsedimenten lagerten sich auf den Kiesbänken ab, die bald von Gehölzen besiedelt wurden. Der aquatische Lebensraum wurde dadurch um rund 40% verringert (Abb. 1.45). All diese Veränderungen wirkten sich sehr negativ auf die gesamte Fauna und Flora der Donau-Auen aus. Besonders beeinträchtigt wurde auch die Fischfauna (Kapitel 1.4).

Nicht weit flussab von der Stadt Komárno, wo die Kleine Donau wieder in den Hauptstrom mündet, betritt die Donau das einzige Durchbruchstal Ungarns. In der als „Ungarisches Donauknie“ bekannten pittoresken Strecke windet sich die Donau in einem Talmäander durch das Visegráder Gebirge, welches die Kleine von der Großen Ungarischen Tiefebene trennt (Abb. 1.46; vgl. Kapitel 1.2). Sieben abgetreppte Flussterrassen sind hier Zeugen der eiszeitlichen Vergangenheit. Beim Donauknie wendet sich die Donau nun direkt nach Süden und fließt seit Jahrhunderten in zwei beinahe geradlinigen Armen entlang des Ungarischen Mittelgebirges auf Budapest zu, wo sich die Arme wieder vereinen. Flussab von Budapest gab es ebenfalls zwei große, leicht gewundene Arme, die rechtsufrig von einer hohen Löß-Terrasse flankiert wurden. Die Buda- pester Thermenlinie ist der Grund dafür, dass die Donau- arme vergleichsweise geradlinig nach Süden verlaufen, obwohl die Tiefebene genug Raum zum Auspendeln Richtung Osten bieten würde. Wie bereits im Kapitel 1.2 aufge- zeigt, war das nicht immer so. Erst nachdem die Donau die eiszeitlichen Ablagerungen ausgeräumt hatte, konnte sie sich dem Einfluss dieser tektonischen Störungslinie nicht mehr entziehen und bekam ihren heutigen Lauf.

Je weiter man der Donau nach Süden folgt, umso stärker war die Tendenz Mäander auszubilden (Nr. 6 in Abb. 1.38). Heute ist der Donaulauf bis auf wenige Fluss- bögen begradigt. Neben der mäanderartig verschlungenen



Abb. 1.45 Nach der Umleitung der Donau in den neuen Aus- leitungskanal wurde das trocken gefallene Donaube- tte innerhalb kurzer Zeit von Pioniervegetation besiedelt (oben: vor der Ausleitung 1991; mittig: dieselbe Stelle direkt nach der Ausleitung 1992; unten: 2009)



Abb. 1.46 Das Donauknie im Visegráder Gebirge wird auch als „Ungarische Wachau“ bezeichnet.

Grenze zwischen Kroatien und Serbien geben heute noch die großen Altarme im Ramsar-Schutzgebiet Gemenc im südlichen Ungarn und im Naturpark Kopački rit bei der Drau-Mündung nahe Osijek Zeugnis vom alten Flusssystem (Abb. 1.47). Neben stark mäandrierenden Haupt- und Seitenarmen waren auch großflächige Sumpfgebiete und



größere Auseen typisch (Abb. 1.48). Bis zum Bau von Hochwasserschutzdämmen im 19. Jahrhundert konnten sich die Hochwässer über riesige Flächen ausbreiten, wodurch weite Teile Ungarns über mehrere Wochen oder sogar Monate hinweg überschwemmt waren (Abb. 1.49; Guti 2001). Wiederholte Ablagerungen bei Hochwässern formten sich über die Zeit zu natürlichen Uferwällen. Sobald das Wasser hinter diese Wälle ins Auegebiet gelangte, konnte es nach dem Hochwasser nicht mehr so rasch in die Donau zurückfließen. Dadurch verlängerte sich die Überflutungsdauer zusätzlich. Über natürliche oder von Menschen errichtete Durchlässe in den Uferwällen war nicht nur der Austausch von Wasser und Nährstoffen zwischen Flussarmen und Auegebieten möglich, sie wurden auch von verschiedenen Fischarten zur Wanderung genutzt. Die Bevölkerung nutzte seit Jahrhunderten dieses „Fok-System“ gezielt zur fischereilichen Bewirtschaftung der weitläufigen Auegebiete (Marsigli 1726a). Solche Gewässersysteme waren hoch produktiv. Je länger die Überschwemmungen andauerten, desto größer war auch der Reproduktionserfolg der Fischfauna (Holcik et al. 1981).

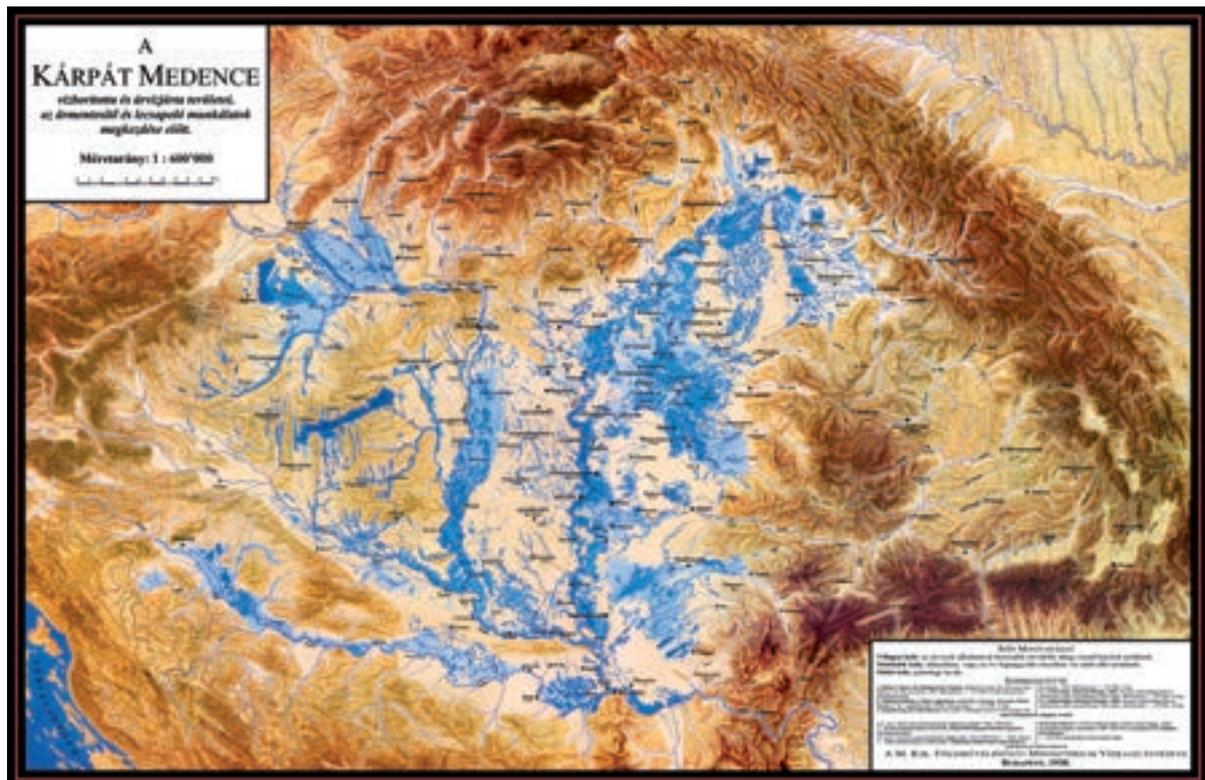
Abb. 1.47 Relikte aus der Flussgeschichte des Kopački rits: Die „zwiebelschalenartige“ Strukturierung des Auegebietes bei Hochwasser verweist auf die ehemaligen, sich schrittweise ausweitenden Mäanderschleifen der historischen Donau.



Abb. 1.48 Die Donau im Bereich des heutigen Ramsar-Schutzgebietes Gemenc im Süden Ungarns, dargestellt von Luigi Ferdinando Marsigli 1726



Abb. 1.49 Überschwemmungsflächen in Ungarn vor der Errichtung von Hochwasserschutzanlagen
 (hellblau) zeitweise überflutet
 (mittelblau) im Großteil des Jahres überflutet
 (dunkelblau) bestehende Gewässer



Kampf auf dem Wasser – Die Donau als Kriegsschauplatz

In einer im Jahr 348 oder 349 gehaltenen Lobrede auf die Kaiser Constantius II. und Constans sprach der berühmte Redelehrer Libanios aus Antiochia über die Siege, die die beiden über die Goten errungen hätten. Die Goten, so berichtet er, wären während des Winters über die zugefrorene Donau in die römische Provinz Dakien im heutigen Serbien und Rumänien eingedrungen.

Die Donau war nicht nur römische Militärgrenze. Das mittelalterliche ungarische Reich reichte bis an Donau und Save, die Donau wurde zur Grenze zwischen osmanischem Reich und Habsburgermonarchie und ist bis heute Grenzfluss, etwa zwischen Rumänien und Bulgarien. Immer wieder war die Donau als Grenzfluss umkämpft, sei es in der Schlacht um Belgrad, die von Prinz Eugen für die Habsburger entschieden wurde, sei es die Obere Donau im Spanischen Erbfolgekrieg. Bei den Belagerungen von Wien fungierte das nördlich der Stadt ausgebreitete, veränderliche Geflecht aus Flussarmen, Inseln und Auen als Teil der Stadtbefestigung.

Die witterungsbedingte Dynamik der Donau beeinflusste den Ausgang von Schlachten und spielte damit in Kriegen eine Rolle. Ob Niedrigwasser die Verteidigung einer Festung erschwerte oder Nebel die Angreifer zurückhielt, ob Hochwasser den Transport von Verpflegung und Kriegsmaterial verhinderte oder die wertvollen Geschenke eines Gesandten auf dem Weg zu Friedensverhandlungen in der Donau versanken, die schwer kontrollierbare Natur des

mächtigen Stromes musste berücksichtigt werden, wollte man in den Krieg ziehen.

Die Leitha war wenige Tage vor dem Jahresende 1704 zugefroren. Das erlaubte den Rebellen des ungarischen Magnatenaufstandes bis vor die Tore Wiens zu ziehen. 10 000 überquerten kurz darauf die Donau bei Komorn. Je später der Winter, desto riskanter ist das Begehen von Eis. 5 000 Rebellen überquerten erneut die gefrorene Donau am 26. Februar 1705. Dann taute das Eis und verhinderte ihren Rückzug; ähnliches passierte wenige Wochen später wieder. Im März 1710 wurde die ungarische Rebellenarmee daran gehindert, in Kroatien und in der Steiermark einzufallen, weil das Eis zu tauen drohte, das ihnen den Übergang über die Donau ermöglicht hätte.

Eisgeschichten ließen sich mühelos weitere erzählen, in der „Kleinen Eiszeit“ fror auch die Donau häufig zu. Am 5. Januar 1718 konnte der britische Botschafter, ein wichtiger Vermittler in den Verhandlungen zwischen dem Osmanischen und dem Habsburgerreich, nicht donauabwärts reisen, die gefrorene Donau hätte seine Sicherheit gefährdet. Die Kälte war in diesem Februar „so schlimm wie seit vielen Jahren nicht, sie zwingt die Wölfe aus den Wäldern, die an vielen Orten Untaten gegen Menschen und Vieh verüben“, wie der *Daily Courant* am 18. Februar 1718 zu berichten wusste. Den Februar über blieb der Transport von Material, um die Befestigungsanlagen von Belgrad wieder

herzustellen, unmöglich. Auch Ende Januar 1739 waren Donau und Save zugefroren, sodass die kaiserlichen Truppen in türkisches Territorium vordringen konnten.

Auch die Schlacht um Belgrad 1717 zeigt, wie sich die Natur auf die frühneuzeitliche Kriegsführung auswirkte. Brücken über die Donau zu schlagen war immer wieder nötig, um Truppenteile zu verbinden oder in Feindesland vorzudringen. Solche Schiffsbrücken wurden aus Booten gefertigt, die aneinandergereiht und mit Planken versehen, für die Überquerung taugten. Sie zu zerstören, war ein wichtiges Ziel der jeweiligen Gegner.

Schiffsmühlen lagen vielerorts am Ufer vertäut und eigneten sich als Waffe gegen solche Pontonbrücken. Am 22. Juni 1717 hatten die kaiserlichen Truppen oberhalb von Belgrad eine solche Brücke errichtet. Die Osmanen ließen drei brennende Schiffsmühlen auf die Schiffsbrücke zutreiben, doch konnten sie von den kaiserlichen Truppen abgefangen werden. Am 7. Juli versuchten es die Osmanen erneut. Gegen 10 Uhr abends ließen sie eine mit Balken verstärkte und mit Sprengstoff gefüllte Schiffsmühle gegen die Brücke treiben. Der Wind kam den kaiserlichen Truppen zu Hilfe: Ein plötzlicher Windstoß trieb das Schiff an Land, wo es unschädlich gemacht werden konnte. Doch manchmal funktionierte die Strategie: Die osmanischen Truppen schnitten wenige Tage später oberhalb Peterwardein liegende Schiffsmühlen los. Diese trieben, von einem starken

Wind beschleunigt, mit großer Gewalt gegen die kaiserliche Schiffsbrücke, die dadurch schwer beschädigt wurde.

Hochwasser war immer gefährlich. Auf dem reißenden Strom konnten dann keine Schiffe verkehren; Nachschub zu organisieren wurde schwierig. Napoleon verlor im Mai 1809 in der Nähe von Wien die Schlacht von Aspern, unter anderem da Hochwasser das Brückenbauen für die Überquerung der Donau erschwerte. Doch auch das Gegenteil konnte kriegswichtig werden. Die Kapitulation der Feste Orsova oberhalb des Eisernen Tores im Jahr 1783 wurde auf ein plötzlich einsetzendes Niederwasser zurückgeführt. Osmanische Truppen konnten über Sandbänke bis an die Festung gelangen. Zeitgenössische Zeitungen beklagten, dass nur zwei Tage nach der Eroberung das Wasser wieder answoll. Hätten die Belagerten nur ein wenig länger ausgehalten, so wäre die osmanische Armee ohne Chance gewesen.

War die Dynamik der Donau kriegsentscheidend? Diese Frage ist ex-post schwer zu entscheiden. Durch die Quellen aus den Kriegen wird die Dynamik des Naturraums deutlich sichtbar, der als Grenze weit stabiler imaginiert wurde, als er war. Eine Barriere, mit der man rechnete, die man sich zu Nutze machen, unter der man aber auch leiden konnte.

Belagerung von Belgrad durch die kaiserlichen Truppen im Jahr 1717



Die Drau ist der letzte große Zubringer aus den Alpen, der mit einem mittleren Abfluss von 580 m³/s nochmals die Hydrologie der Donau zu beeinflussen vermag. Ihr Geschiebe bleibt aber schon vor der Mündung in die Donau liegen. Anstatt von Kiesbänken tauchen nun zunehmend andere, aus Sand bestehende Sohlformationen und Uferstrukturen auf (Abb. 1.50).

Früher gelangten im Winter über die Drau große Mengen an Treibeis in die Donau, wo sie des Öfteren Eisstau-Hochwässer verursachten. Spätestens jedoch 170 km flussab, wo der große Tieflandfluss Theiß mit durchschnittlich 790 m³ Abfluss pro Sekunde einmündet, verliert die Donau ihren alpinen Einschlag und ist ab nun vom Regime der Zubringer aus den Karpaten und dem Dinarischen Gebirge geprägt. Am Weg nach Belgrad muss die Donau zuvor noch das über 500 m hohe Bergland des Nationalparks Fruška Gora östlich umrunden (südlich von Nr. 6 in Abb. 1.38). Ursprünglich eine Insel im Pannon-See und während der Eiszeiten mit dicken Lagen an Löss überdeckt, ist dieses Bergland nun die südliche Grenze der Ungarischen Tiefebene. Auf ihren „eiszeitlichen Wände-

rungen“ räumte die Donau die Lössbedeckung so weit aus, dass sie schließlich am Fuße der Fruška Gora strandete (Markovic et al. 2008). Heute kann man von den Anhöhen dieses Löss-Plateaus weit in die von der Donau gestaltete Tiefebene blicken.

Während die Theiß nur Feinsedimente (Schwebstoffe) in die Donau zu befördern vermag, hat die in Belgrad einmündende Save noch mehr Kraft. Mit rund 1 600 m³/s führt sie nicht nur mehr Wasser als die Donau bei Linz, sie transportiert auch noch immer nennenswerte Mengen an Geschiebe aus dem Dinarischen Gebirge zur Donau. Fraglich ist, wie lange noch. Es gibt Pläne für den umfassenden energiewirtschaftlichen Ausbau der Save (ISRBC 2010). Im Gegensatz zu Wien liegt das Zentrum von Belgrad noch direkt neben dem Auegebiet der Donau (Abb. 1.51). Zusammen mit der Theiß dominiert die Save das hydrologische Regime des weiteren Donaulaufes, wodurch nun zwei saisonal verschiedene Abflussmaxima typisch sind (Sommerwerk et al. 2009).



Abb. 1.50 Sandbank mit Dünen nahe des Kopački rits an der kroatischen Donau



Abb. 1.51 Vom vorgeschobenen, 50 m hohen Kalksporn, auf dem das historische Belgrad liegt, überblickt man gut die Mündung der Save in die Donau.

Ausbruch aus dem Karpatenbogen – das Eiserne Tor

Der Übertritt von der Ungarischen Tiefebene zur Walachischen Tiefebene und damit zur Unteren Donau ist mit Hindernissen verbunden. Rund 100 km flussab von Belgrad beginnt das Eiserne Tor, ein 140 km langes und bis zu 600 m tiefes Durchbruchstal durch die südlichen Karpaten an der Grenze zwischen Serbien und Rumänien (Nr. 7 in Abb. 1.38). Das Eiserne Tor kann wohl als einer der imposantesten Taldurchbrüche Europas bezeichnet werden. Für die Schifffahrt war es bis zum Einstau des Kraftwerkes Eisernes Tor I im Jahr 1972 auch der gefährlichste Abschnitt der Mittleren und Unteren Donau und durfte nur mit ortskundigen Lotsen befahren werden. Während aufragende Felsriffe für die Talfahrt sehr gefährlich waren, bereiteten die engen Flussbögen mit starker Strömung bei der Bergfahrt große Probleme (Abb. 1.52). Der Kartograf Ignaz von Lauter beschreibt dies im Jahr 1789 anschaulich:

„Selbst die türkischen Schiffe setzen beim Gegentriebe [Bergfahrt] hier ans banatische [österreichische] Ufer bis Bersaska, weil auf dem rechten Ufer ... der Gegenschwall zu heftig, und höher oben, wegen Mangel des Treppelweges, das Fortkommen unmöglich ist. Große Salzschiffe werden in dieser Gegend von 100 und mehr Menschen gezogen.“

Heute untergliedert sich das Tal in mehrere buchtartig ausgeweitete Abschnitte, die von sehr engen Durchbrüchen unterbrochen werden. Am engsten ist der sogenannte Kazan-Pass (deutsch „Kessel“) nahe Orsova, wo die Donau auf 160 m Breite eingeengt wird und 77 m tief ist (ein Teil der Tiefe ergibt sich aus dem Aufstau; Abb. 1.53). Die Donau hat hier das Tal so weit ausgeschürft, dass der tiefste Punkt der Sohle nur mehr 7 bis 8 m über dem Niveau des Schwarzen Meeres liegt (Lóczy 2007). Den Abschluss der Engtalstrecke bildet das eigentliche Eiserne Tor, wo zwischen 1964 und 1972 das größte Kraftwerk an der gesamten Donau errichtet wurde. Trotz der engen Schluchten gab es vor der Regulierung in breiteren Abschnitten mehrere Kiesbänke und kleinere Inseln. Bei Nieder- und Mittelwasser traten

hier zahlreiche Felsbänke zutage, welche die Schifffahrt massiv behinderten. So war diese Kachletstrecke um 1850 im Mittel an 155 Tagen im Jahr, manchmal aber auch bis zu 210 Tage lang, nicht befahrbar (Pasetti 1862). Nachdem die Römer unter Kaiser Trajan um 100 n. Chr. bereits eine Straße errichtet hatten, waren die österreichischen Ingenieure die ersten, die sich wieder an eine Verbesserung der Transportinfrastruktur wagten. Zwischen 1832 und 1834 wurden einige Felsen in der Donau gesprengt, es führte dies jedoch zu keiner Verbesserung (Abb. 1.54). Erst als die ungarische Regierung nach langer Diskussion zwischen 1890 und 1896 rund 650 000 m³ Felsmaterial herausprengen ließ, um den Sip-Schifffahrtskanal in den Stromschnellen zu errichten, waren die ärgsten Hindernisse beseitigt (Abb. 1.55; Brockhaus 1897). Dazu wurde am Ufer auch eine Treidelbahn errichtet, um die Schiffe gegen die schwere Strömung flussauf zu ziehen. Von all dem ist aber heute nichts mehr zu sehen. Seit der Inbetriebnahme des Kraftwerkes Eisernes Tor I liegen sowohl die Felsriffe als auch der Sip-Kanal 35 m tief unter dem aufgestauten Wasser. Der Rückstau des Kraftwerks, der Djerdap-Stausee, beginnt bereits 70 km flussab von Belgrad und erstreckt sich über eine Länge von insgesamt 150 km.

Endlich befreit – die Untere Donau

Nach dem Durchbruch durch das Eiserne Tor hat die Donau flussab von Turnu Severin endlich ausreichend Platz, sich wieder auszubreiten. In einem gewaltigen Mäander schwenkt sie noch einmal um 180 Grad in die Gegenrichtung auf das Karpatische Gebirge zu, um dann in mehreren großen Bögen weiter nach Süden in die Walachische Tiefebene zu fließen. In diesem Abschnitt wurde 1984 das Wasserkraftwerk Eisernes Tor II in Betrieb genommen. Nach diesem letzten Kraftwerk vor dem Schwarzen Meer verringert sich das Gefälle nun auf 0,04 ‰, das sind nur mehr 4 cm Höhenverlust auf einen Kilometer Flusslauf. Geschiebe ist bei diesen Bedingungen nur mehr lokal

Abb. 1.52 Bildmotiv in der Zeitung *The Illustrated London News* im Jahr 1871: die gefährliche Passage des Eisernen Tores



Abb. 1.53 Blick auf die Donau beim Kazan-Pass (Eisernes Tor)



Abb. 1.54
Sprengarbeiten am
Kazan-Pass im Jahr 1833



Abb. 1.55 Beginn der Bauarbeiten zur Regulierung des Eisernen Tores 1890.
Die bei Niederwasser trocken gefallen Felsbänke sind erkennbar.



Abb. 1.56 Die ehemals bedeutende Donau-Handelsstadt Nikopol an der Unteren Donau. Die nacheiszeitliche Eintiefung der Donau ist anhand der Geländestufe zum Niveau des Moesischen Hügellandes erkennbar.

auf die Einmündungen größerer Zubringer beschränkt. Stattdessen lagert die Donau am Weg zum Schwarzen Meer große Mengen an Feinsedimenten wie Sand, Schluff und Lehm ab (Lóczy 2007). Vor der Regulierung wies die Donau noch viele größere Inseln und Sandbänke auf, hatte aber schon einen ähnlich gestreckten bis leicht gewundenen Lauf wie heute (Marsigli 1726a; Lauterer et al. 1789). Auffällig ist hier, wie geradlinig die Donau über 400 km direkt nach Osten Richtung Schwarzes Meer verläuft. Bis zur Regulierung war das Flussbett hier zwischen 800 und ca. 1800 m breit. Bei zunehmender Tiefe und geringer Strömung konnten auch Segelschiffe die Donau befahren. So wurde die ehemalige, 600 km flussauf der Mündung gelegene Donau-Handelsstadt Nikopol von großen türkischen Segelschiffen aus Istanbul angesteuert. Während der Lauf der Donau am rechten Ufer durch die ungefähr 130 m hohe Geländestufe zum Moesischen Hügelland begrenzt ist, bietet das Tiefland am linken Ufer viel Raum für ausgedehnte Sumpfflächen und zahlreiche größere Altwässer, Reste nacheiszeitlicher Flussbögen (Abb. 1.56). Bis zum Bau

von Schutzdämmen dehnten sich die Überschwemmungen bis zu 10 km weit nach Norden aus. Einen Eindruck davon konnte man zuletzt bei einem Dammbbruch während des Hochwassers 2006 gewinnen. Nach Norden hin steigt die Walachische (oder Rumänische) Tiefebene, in der auch Bukarest liegt, langsam an, bis sie nach rund 100 km auf die Karpaten trifft. Trotz Regulierung ist die Donau aktuell abschnittsweise bis zu 1600 m breit und weist noch zahlreiche kleinere und größere Inseln sowie ausgedehnte Sandbänke auf (Abb. 1.57). Das aus der Oberen und Mittleren Donau begründete Sedimentdefizit macht sich aber auch hier zunehmend bemerkbar: Nicht regulierte Ufer und Inseln werden verstärkt erodiert und die Sohle tieft sich langsam ein (ICPDR 2005).

Zum Schwarzen Meer hin weitet sich die Tiefebene und das Auegebiet der Donau ist nun an die 20 km breit. Seit Jahrhunderten existieren hier zwei größere Nebenarme, die den Hauptstrom der Donau in 10 bzw. 15 km Entfernung begleiten. Die dazwischen liegenden, zusammen rund 130 km langen Inseln „Balta Ialomita“ und „Balta Braila“ waren einst von einem Gewirr aus durchströmten Armen, Altarmen und Auseen durchzogen (Sommerhäuser et al. 2003). Es war dies der Prototyp eines „anastomosen“ Flusssystem: stark verzweigt, aber anders als in Österreich fast ohne Strömung. Heute werden diese Inseln landwirtschaftlich genutzt, vom ehemaligen Marschland sind nur mehr Reste vorhanden. Obwohl die Donau bei Cernavoda nur mehr 50 km vom Schwarzen Meer entfernt ist, wendet sie sich überraschenderweise Richtung Norden, um parallel zur Küste weiterzufließen. Grund dafür sind die bei Cernavoda liegenden Dobrudscha Granit- und Kalkhügel, denen die Donau noch einmal ausweichen muss (Lóczy 2007). Warum aber gleich 130 km weit in den Norden? Die Donau wurde durch eine tektonische Absenkung im Norden quasi „magisch“ angezogen. Dies ist wohl auch der Grund, warum hier noch zwei große Zubringer, der Sereth und der Pruth mit 240 bzw. 110 m³/s, in die Donau münden. Damit hat die Donau einen mittleren Abfluss von rund 6500 m³/s erreicht. Von hier sind es noch 60 km bis sie bei der Stadt Tulcea das Delta erreicht.



Abb. 1.57 Sandbänke in der Donau bei Tutrakan, Bulgarien



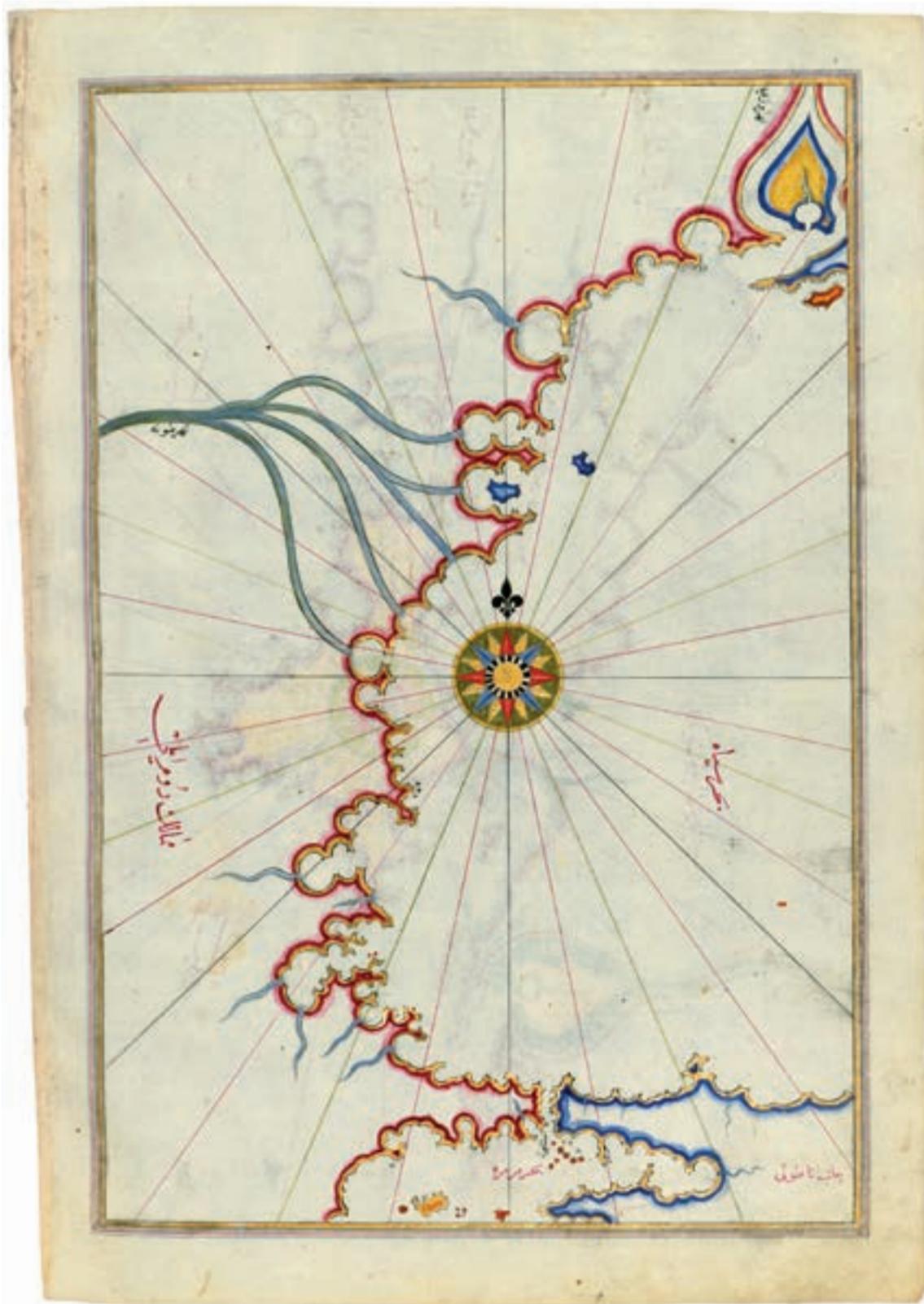


Abb. 1.58
Osmanisches
Kartenkunstwerk:
das Donaudelta
um 1525 mit fünf
Hauptarmen aus der
Sicht des Geografen
Piri Reis

Ein Fluss baut sich seinen Lauf – das Donaudelta

Die Stadt Tulcea wurde bereits im 8. Jahrhundert v. Chr. gegründet und war in der Antike eine bedeutende Hafenstadt. Da sich hier die Donau in mehrere, durch das Delta zum Meer verlaufende Arme verzweigt, konnte man von den Anhöhen der Stadt ideal die Einfahrt in die Donau kontrollieren. Griechische Geschichtsschreiber berichteten noch von fünf bis sieben großen Armen, die dem Meer zuliefen (Lôczy 2007). In der Ebstorfer Weltkarte wurden um 1300 noch sieben Arme im Donaudelta angeführt, die jedoch nicht bildlich dargestellt wurden (vgl. Abb. 1.14 in Kapitel 1.2). Die älteste uns verfügbare Karte vom legendären osmanischen Geografen Piri Reis aus dem Jahr 1525 zeigt noch fünf größere Arme, welche sich bis heute auf nur mehr drei größere Arme reduzierten (vgl. Abb. 1.58 und 1.59). Was geschah im Laufe der Jahrhunderte mit den ande-

ren Armen? Klar ist, dass Verlandungen in einem Flussdelta typische natürliche Vorgänge sind. Das Gefälle der Donau beträgt nur mehr einen Millimeter pro Kilometer Flusslauf (0,001%). Das bedeutet, dass sich hier auch die kleinsten im Wasser schwebenden Sedimentteilchen ablagern. Dementsprechend wuchs das Donaudelta seit der Antike weit in das Schwarze Meer hinaus. Wie schnell dieses Wachstum vor sich geht, zeigt sich daran, dass fast das gesamte, 4350 km² große Delta erst in den letzten 8500 Jahren entstanden ist. Zur Zeit der Gründung von Tulcea lag diese Stadt vielleicht wirklich noch sehr nah am Meer, da

Abb. 1.59 Das Donaudelta im Jahr 1867 dargestellt auf Basis von Vermessungen der britischen Marine zwischen 1856 und 1865, österreichischer und russischer Generalstabskarten, der Europäischen Donaukommission und geologischer Untersuchungen



Abb. 1.60 Mündung des Donauarmes bei Sulina nach Fertigstellung der Wasserbauten durch die Europäische Donaukommission im Jahr 1861



Abb. 1.61 Im Delta werden nicht nur Sedimente aus dem gesamten Einzugsgebiet der Donau abgelagert, am Kilija-Arm, dem jüngsten und zugleich wasserreichsten Arm, wird älteres Schwemmland auch wieder erodiert.

40 % des Deltas alleine in den letzten 2 000 Jahren entstanden sind. Heute liegt die Stadt 70 km vom Meer entfernt. Jüngste Studien zeigen, dass neben Klimaschwankungen auch zunehmende Rodungen im gesamten Einzugsgebiet der Donau zu einem verstärkten Sedimenttransport und damit höheren Ablagerungsraten im Delta geführt haben (Giosan et al. 2012). So sammelten sich bis heute schätzungsweise 215 Milliarden Tonnen an Sedimenten an. Im Laufe der Zeit entstanden unterschiedliche Arme, die jeweils einen größeren Bereich des Deltas schufen. Nach dem ältesten Deltabereich bei Tulcea entwickelte vor 3 600 bis 5 500 Jahren der St.-Georgs-Arm im Süden ein neues Delta, welches vor 2 000 bis 3 600 Jahren vom zentral gelegenen Sulina-Arm abgelöst wurde. Seit 2 000 Jahren ist wieder der St.-Georgs-Arm aktiver und seit über 1 000 Jahren kam als jüngster Arm der Kilija-Arm im Norden dazu. Dieser Arm bildete drei zeitlich aufeinander folgende Delta-gebiete aus. Der Kilija-Arm ist mit 3 800 m³/s Abfluss auch der wasserreichste Mündungsarm. Obwohl der Sulina-Arm die geringste Wasserführung aufweist (1 250 m³/s), dient er als kürzester der Schifffahrt als Verbindung zum Schwarzen Meer (Abb. 1.60 und 1.61). Wenig spektakulär ist die Mündung bei der Stadt Sulina. Das war anscheinend vor über 200 Jahren nicht anders:

„Sulina oder Sunia ist ein elender Ort am linken Ufer, allwo sich nur einige Kaffeehäuser nebst dem Kommendanten Hause, alle von Holz, befinden. Am rechten Ufer befindet sich ein Leuchtturm.“ (Ignaz von Lauterer 1789)

Das im Laufe der Jahrtausende entstandene Delta weist vielfältige Gewässerhabitate auf. Mäandrierende Flussarme existieren ebenso wie stark verzweigte und gestreckte Arme. Daneben gibt es eine Vielzahl an verschiedensten Altarmen, Auseen und im Süden des Deltas auch riesige Süßwasser- und Salzwasserlagunen. Ausgedehnte Feuchtgebiete bieten vor allem der Vogelfauna, darunter auch Pelikane und Störche, vielfältige Lebensräume (Abb. 1.62 und 1.63).



Abb. 1.62 Die Landschaftsformen des Donau-Deltas spiegeln die unterschiedlichen Entwicklungsstufen beim Übergang vom Wasser- zum Landlebensraum wider.

Die Rolle der Schutzgebiete zur Erhaltung der Donau als Europäisches Naturerbe

Als im Dezember 1984 tausende Menschen die Donau-Auen bei Hainburg besetzten, um den Bau des dort geplanten Donaukraftwerks zu verhindern, sahen sich die Au-Schützer als Retter der „wahrscheinlich letzten großflächig noch naturnahen und urtümlichen Auegebiete Mitteleuropas“ oder gar des ganzen Kontinents. Für die meisten endete damals der Horizont an der March, die Teil des Eisernen Vorhangs war. Es gab kaum ein Bewusstsein für die Donau als Ganzes, als gemeinsames Europäisches Naturerbe, als die wir sie heute sehen.

Tatsächlich sind die Donau-Auen zwischen Wien und Bratislava die letzten großflächig naturnahen Auen des alpin geprägten Oberlaufs der Donau. Aber auch am Mittel- und Unterlauf des Stromes liegen große und wertvolle Schutzgebiete, von denen die meisten – so wie der österreichische Nationalpark Donau-Auen – aber erst nach 1989 entstanden (vgl. *Abb. 5.1*).

Die großen Auegebiete der Schüttinsel, unmittelbar an den Nationalpark Donau-Auen anschließend, sind heute durch das 1992 fertig gestellte slowakische Ausleitungskraftwerk Gabčíkovo grundlegend beeinträchtigt. In den letzten Jahren wurden sowohl auf der slowakischen als auch auf der ungarischen Seite Schutzgebiete eingerichtet. Das donauabwärts geplante zweite Kraftwerk Nagymaros, mitten im ungarischen Donauknie gelegen, wurde 1988/89 durch die ungarische Ökologie-, Demokratie- und Freiheitsbewegung verhindert. Heute liegt dort der Nationalpark

Donau-Ipoly. Das ökologisch reichste zusammenhängende Auegebiet der Mittleren Donau aber erstreckt sich heute über drei Staaten: Teile des südungarischen Nationalparks Duna-Drava, der kroatische Naturpark Kopački rit und das serbische Naturreservat Gornje Podunavlje bilden einen 70 000 ha großen gemeinsamen Lebensraum.

Unterhalb von Belgrad beginnt schon der Einfluss des größten Donaukraftwerks am Eisernen Tor, wo die Donau in einer immer noch eindrucksvollen Schluchtlandschaft durch den Karpatenbogen bricht. Über 100 Flusskilometer erstreckt sich dort der serbische Nationalpark Djerdap und der rumänische Naturpark Portile de Fier.

Die Untere Donau, die über eine lange Strecke die bulgarisch-rumänische Grenze bildet, ist ein wenig verbauter Sandfluss, mit großen, sich heute noch dynamisch verändernden Sandinseln. Die größte bulgarische Donauinsel bei Belene war früher ein gefürchtetes Gefängnis für Regimegegner und ist heute ein Kerngebiet des Naturparks Persina.

Das größte Schutzgebiet der Donau ist das Biosphärenreservat Donaudelta, mit über 4 000 km² größer als das Burgenland. Es liegt zu mehr als 80% in Rumänien, die jüngsten Anlandungsgebiete nördlich des Kilija-Armes gehören zur Ukraine. Die Errichtung des Biosphären-Reservats 1990 war eine klare Absage an die (auch ökonomisch fehlgeschlagene) Politik Ceausescus, das Delta durch Ein-

deichungen, Trockenlegung, Schilfzucht und Aufforstungen, oder durch Umwandlung von Seen in Fischzuchtanlagen umfassend auszubeuten.

Die Schutzgebietsflächen an der Mittleren und Unteren Donau sind für österreichische Verhältnisse groß. Strenger Schutz, wie man ihn zum Beispiel vom Nationalpark Donau-Auen kennt, gilt jedoch meist nur für die besonders wertvollen und schwer nutzbaren Teile. Hybridpappelkulturen und Jagdtourismus findet man auch in den Schutzgebieten, der Widerspruch zwischen staatlichen Naturschutzzielen und gewinnorientierter staatseigener Forstwirtschaft ist oft nicht gelöst. Wertvolle Wiesen- und Weideflächen können nur bewahrt werden, wenn traditionelle Tierhaltungsformen erhalten oder wiederbelebt werden. In den ärmeren Regionen kämpfen die Schutzgebietsverwaltungen auch mit Schwarzfischerei und Wilderei. Das langfristig größte Problem aber sind Veränderungen durch Flussregulierungen, Kraftwerke und Deiche.

Nationalparke, Naturparke, Naturschutzgebiete und Biosphärenreservate von der bayerischen Donau bis ins rumänische Delta arbeiten heute in dem vom Nationalpark Donau-Auen initiierten Netzwerk DANUBEPARKS eng zusammen. Die EU-Förderprogramme für Südost-Europa ermöglichen gemeinsame Projekte und eine aktive Kooperation über die Staatsgrenzen hinweg.

Störe, Seeadler und Schwarzpappel gelten als donauweite „Flagship“-Arten. Flussregenpfeifer und Uferschwalben werden als Indikatorarten für dynamische Flusslebensräume donauweit kartiert. Intensiver Erfahrungsaustausch, beispielhafte Pilotprojekte und länderübergreifende Konzepte zu den Themen Flussmorphologie, Renaturierung, Rückbau und Öffnung von Buhnen und harten Uferverbauungen sowie die Anbindung von abgetrennten Seitenarmen sollten langfristig Wirkung zeigen.

Große Hoffnung wird in die Entwicklung des Naturtourismus an der Donau gesetzt, kombiniert mit einem Kultur- und Ethnotourismus, der die vielfältige Geschichte der Flusslandschaft und die besondere regionale Volkskultur miteinschließt. Die Schutzgebietsverwaltungen haben Besucherzentren, Wander- und Themenwege eingerichtet, sie bieten Bootsfahrten, Ranger-Exkursionen, Bildungs-

programme, Camps für Jugendliche etc. an und arbeiten mit lokalen Anbietern zusammen.

Die naturnahen Abschnitte der Donau sind heute Teil des europäischen Netzwerks Natura 2000. Überall (außer in der Ukraine) gelten die gleichen europäischen Rahmengesetze, wie die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie oder die Wasserrahmenrichtlinie. Doch die wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Verhältnisse unterscheiden sich zum Teil grundlegend und haben auf diese Weise enorme Konsequenzen für den Naturschutz. Wo seit langer Zeit Wohlstand herrscht, sind vom natürlichen Reichtum der Flusslandschaft vielfach nur mehr Bruchstücke übrig, die meist mit hohem finanzielle Aufwand erhalten und „renaturiert“ werden. Wo noch Scharen von Pelikanen, Reiher, Kormoranen oder Seeadler ihre Nahrung finden, liegen hingegen meist auch die ärmsten Regionen der EU. Kann es gelingen, diese Regionen zu entwickeln, ohne das zu verlieren, was vom Reichtum der Natur noch geblieben ist?

Im Nationalparkzentrum in Schloss Orth an der Donau steht das naturgetreue Modell eines Hausens (*Huso huso*), angefertigt von einem rumänischen Künstler. Diese bis zu 6 m langen und bis zu einer Tonne schweren Donaustöre wanderten früher vom Schwarzen Meer zum Laichen bis in den Inn hinauf und spielten auf dem Wiener Fischmarkt eine wichtige Rolle. Das gleiche Hausen-Denkmal steht auch vor dem Eingang zum Verwaltungsgebäude des Biosphärenreservats Donaudelta in Tulcea (Rumänien). Die Internationale Kommission zum Schutz der Donau und auch die Europäische Donaoraumstrategie befassen sich heute mit diesem Leitfisch der Donau. Dass Störe vom Delta wieder bis nach Wien ziehen, ist eine neue europäische Vision.

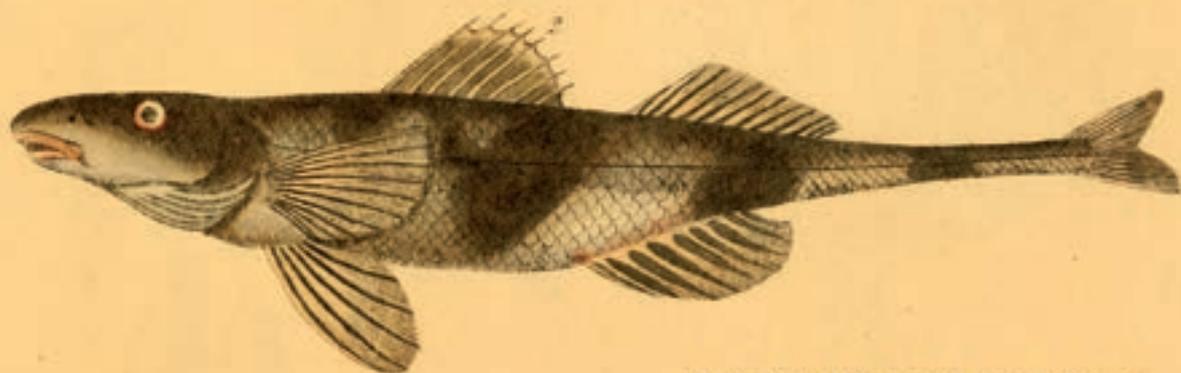
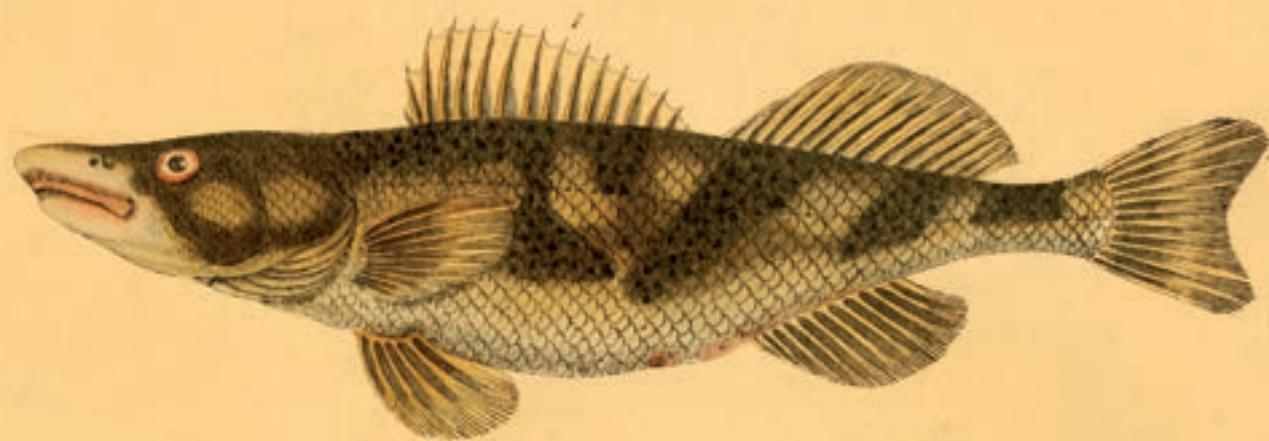
So entlegen man sich die Gegend nahe des Donaudeltas heute auch vorstellen mag, sie war einmal eine Wiege der europäischen Zivilisationen. Bei Grabungen für den Donau-Schwarzmeer-Kanal von Cernavoda nach Constanta wurden zwischen 1949 und 1987 Relikte einer rund 7 000 Jahre alten Zivilisation gefunden, die sogar älter als jene der Sumerer, Ägypter oder Griechen sein soll (Haarmann 2011). Diese „Donauzivilisation“ erstreckte sich über große Teile Südost-Europas bis ins heutige Ungarn und das nördliche Griechenland. Den Funden nach hatten die Menschen hier bereits Kenntnisse über Metallverarbeitung und Keramikproduktion. Auch gibt es Hinweise auf einen Vorläufer einer eigenen Schrift. Diese Kultur brachte auch befestigte Siedlungen mit mehreren tausend Einwohnern hervor.

Heute finden im Delta insgesamt 5 200 Tier- und Pflanzenarten adäquate Lebensbedingungen, weshalb zwischen 1990 und 1998 das Biosphärenreservat Donaudelta geschaffen wurde. Anlass dafür war nicht zuletzt der Umstand, dass seit den 1960er Jahren weite Teile der Sumpflandschaft für landwirtschaftliche Nutzung trockengelegt wurden. Dadurch ging bis 1986 rund ein Fünftel des natürlichen Lebensraums im Delta verloren. Im Jahr 2000 verpflichteten sich die Anrainerstaaten zur Renaturierung degradierter Feuchtgebiete. Jedoch droht dem Delta nun von ganz anderer Seite Gefahr: Aufgrund des Sedimentrückhaltes in den Stauräumen im Donau-Einzugsgebiet schrumpft das Delta im Mittel um 20 m pro Jahr. Zusätzliche Verluste bewirkt das langsame Ansteigen des Meeresspiegels um ca. 2,5 mm pro Jahr (McCarney-Castle 2011). Neben dem Flächenverlust gehen dadurch aber auch großflächig Süßwasserhabitate verloren, da das Meerwasser immer weiter landeinwärts dringt. Beide Probleme – Sedimentdefizit und Ansteigen des Meeresspiegels – lassen sich jedoch nur einzugsgebietsweit beziehungsweise global lösen.



Abb. 1.63 Rosapelikane (*Pelecanus onocrotalus*) fühlen sich im Delta sichtlich wohl – zumindest während der Brutzeit. Im Winter ziehen sie das afrikanische Klima vor.





1. Der Singel. *Perca zingel*. le cinglé. the singel.
2. Der Ströben. *Perca asper*. Esprom.

1.4

Die Fischfauna des Donausystems

Auf dem Weg der Donau vom Schwarzwald zum Schwarzen Meer begegnen wir einer faszinierenden Vielfalt an Lebensraumtypen – im Fluss, in den Auen aber auch in den angrenzenden Landschaftsräumen. Das ist die Grundlage für die Entwicklung besonders artenreicher Pflanzen- und Tiergesellschaften. Das Spektrum an Wasser- und Feuchtlebensräumen reicht von permanent durchströmten Haupt- und Seitenarmen, über lange Zeit stagnierende Augewässer, nur zeitweise wasserbedeckte Autümpel und Überflutungsflächen bis hin zu den Seen des Deltas. Hinsichtlich Hydromorphologie und Konnektivität sehr spezielle, ja zum Teil extreme Standorte, werden von hoch angepassten und daher oft seltenen Pflanzen- und Tierarten besiedelt.

Insgesamt leben circa 2 000 Gefäßpflanzenarten und mehr als 5 000 Tierarten in der Donau und deren Zubringersystemen. Die Donau gilt damit als ein „hot spot“ der Biodiversität, was sowohl auf ihre geographische Orientierung als auch auf die langfristige geologische und morphologische Entwicklung zurückzuführen ist. Der West-Ost-Verlauf machte das Donausystem vor allem während der Eiszeiten zu einem der wichtigsten Rückzugsgebiete für die Warmwasserfauna und nach beziehungsweise zwischen den Eiszeiten zu einem Wanderkorridor für die Wiederbesiedlung von zentral-, west- und teils auch nordeuropäischen Flüssen.

Die aktuelle Fischfauna der Donau zu beschreiben, ist schwieriger als man vermuten würde. Schon ein kurzer Blick in die einschlägige Literatur macht deutlich, dass unter den Autoren kaum Einigkeit über die Anzahl der historisch oder aktuell tatsächlich vorkommenden heimischen Arten besteht. Dies beruht u. a. auf der Tatsache, dass sich die Wissenschaftsdisziplin Biologie dynamischer entwickelt als allgemein vermutet. So ändern sich zum Beispiel Systematik und Taxonomie aufgrund neuer Erkenntnisse regelmäßig. Gerade in den letzten Jahren wurde das diesbezügliche Fachwissen durch genetische Studien stark erweitert. In den unterschiedlichen Fischartenlisten zur Donau tauchen zudem neben reinen Süßwasserarten oft auch Fischarten des Brackwassers auf, die im Delta vorkommen. Ebenso ist das Wissen um das Vorkommen beziehungsweise das Verbreitungsgebiet und dessen zeitliche Entwicklung und Hintergründe für manche Arten noch unklar. Daher gibt es Fischarten, die in nationalen oder regionalen Artenlisten mitunter als heimisch gelten, in anderen wiederum nicht.

Ein solches Beispiel ist der Giebel (*Carassius gibelio*), dessen natürliche Verbreitung in Europa noch immer unklar ist (Kottelat & Freyhof 2007). Als Fisch der Donau wird

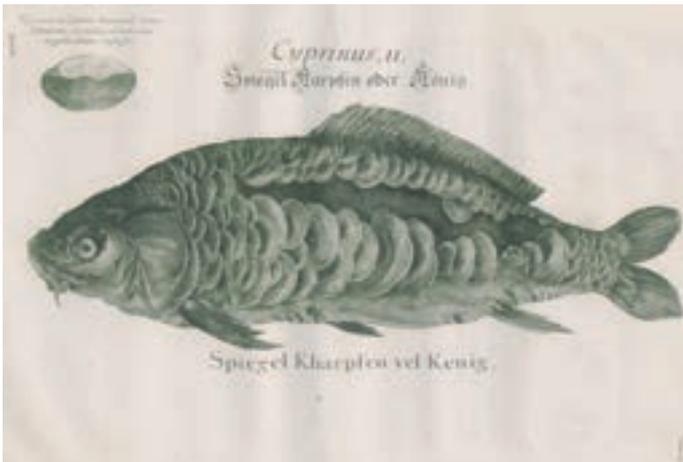


Abb. 1.64 Marsigli zeigt in seinem 1726 erschienenen Werk über die Donau für die Gattung *Cyprinus* drei Arten: den Karpfen, den Spiegelkarpfen und die Halbkarausche oder Sittich-Karpfen, bei dem es sich – auch unter Berücksichtigung des Textes – um den Giebel zu handeln scheint.

er in der Literatur des 18. und 19. Jahrhunderts beschrieben (z.B. Heckel & Kner 1858). Marsigli (1726b) erwähnt den „Sittichkarpfen“, in seinem Text auch Halbkarausche genannt, und bezieht sich damit höchstwahrscheinlich ebenfalls auf den Giebel (Abb. 1.64). Eindeutig bestimmen lässt sich die Art anhand der Beschreibung und Zeichnung aber nicht. Explizite Hinweise auf Giebelvorkommen in der Unteren Donau gibt es aus den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts. Bis in die 1970er Jahre war er allerdings selten. Um diese Zeit kam es zu einer Invasion der Mittleren und Oberen Donau. Wissenschaftlich fundierte Begründungen dafür stehen aus. In der rumänischen Donau machten die Fänge des Giebels im Zeitraum 1970 bis 2001 schließlich sogar zwischen 40 und 60% der gesamten Fänge aus (Schiemer et al. 2004).

Auch das Schicksal der Marmorierten Grundel (*Proterorhynchus semilunaris*) ist äußerst schwierig nachzuvollziehen. Belege für deren Vorkommen im Schwarzen Meer und im Delta gibt es erst aus dem frühen 19. Jahrhundert. Hinweise aus der Donau selbst beziehungsweise einzelnen Zubringern liegen seit den 1840ern vor und erstrecken sich zunächst auf Ungarn und die heutige österreichisch-slowakische Grenzregion im Bereich der Marchmündung (Kölbel 1874). Erst nach 1900 fand man die Marmorierte Grundel beispielsweise in Rumänien. In Österreich häuften sich ab den 1980ern die Hinweise sowohl für eine sukzessive Verbreitung in der gesamten Donau als auch für ein Ansteigen der Häufigkeit. Fischökologen diskutierten die Funde und die Ausbreitungsgeschichte dieser Fischart intensiv und kamen zunächst zu keinem klaren Ergebnis: Konnte man hier einen natürlichen Ausbreitungsprozess von Ost nach West beobachten? Kam die Marmorierte Grundel schon immer vor, war aber so selten, dass sie übersehen wurde, wenn man sie nicht gezielt suchte (Ahnelt 1988)? In jedem Fall wurde die in weiterer Folge meist als heimische Fischart behandelt. Erst seit der invasiven Ausbreitung von vier weiteren Arten aus der Familie der Neogobiidae wird auch die Geschichte der Marmorierten Grundel in neuem Licht betrachtet und die Art ist in Österreich von der Liste der heimischen Fischarten wieder verschwunden (siehe weiter unten und Kapitel 3.2 zu den Neogobiidae).

Bemerkenswert ist auch die eingehend erforschte und kontrovers diskutierte Verbreitungsgeschichte des Karpfens (*Cyprinus carpio*). Sein natürliches Vorkommen in der Unteren und Mittleren Donau gilt zwar als unumstritten. Zeit und Verlauf der Ausbreitung in andere Flusssysteme und seiner Kultivierung sind aber noch immer umstritten, vor allem auch aufgrund der unklaren Rolle von asiatischen Arten in diesem Prozess (siehe z.B. Balon 1995a, 1995b, 2006; Hoffmann 1994, 1995; Copp et al. 2005).

Aktuell geht man davon aus, dass es in der gesamten Donau 78 natürlich vorkommende Süßwasser-Fischarten gibt (Schotzko & Wiesner 2007). Im Delta kommen viele Arten des Brackwassers dazu, die einen gewissen Salzgehalt des Wassers tolerieren beziehungsweise an diesen angepasst sind. Berücksichtigt man auch noch die Seen und Zubringer der Donau, so kann man für das gesamte Einzugsgebiet gesehen von einer Fischartenzahl von 115 ausgehen (Kottelat & Freyhof 2007; Sommerwerk et al. 2009). Innerhalb Europas hat nur der zentrale mediterrane Raum eine höhere Anzahl an Fischarten (siehe Reyjol et al. 2007).

Solche Werte sind freilich im Vergleich zu afrikanischen Flüssen verschwindend gering. Dort machen in einzelnen Flussgebieten unter Umständen oft mehrere 100 endemische Fischarten das gesamte Artenspektrum aus (z.B. Tedesco et al. 2012; Oberdorff et al. 2011). Nach Leveque et al. (2005) besitzt Europa nur einen Anteil von weniger als 3% der global nachgewiesenen Süßwasserfischarten, von denen es weltweit mehr als 13 000 gibt (Abb. 1.65).

Der Fischartenreichtum der Donau – die Spuren des Pleistozäns

Der durch das Schwarze und Kaspische Meer und deren wichtigste Zuflüsse gebildete sogenannte „ponto-kaspische Raum“ ist eine der artenreichsten Regionen Europas beziehungsweise Eurasiens. Die beiden Meere haben eine Vielzahl an gemeinsamen Arten, deren Vorkommen auf eine bis zum Ende der letzten Eiszeit bestehende Verbindung über die sogenannte Manytschniederung zurückgeht. Die Untere Donau und das Schwarze Meer waren während der Eiszeiten neben dem Balkan, Süditalien und der Iberischen Halbinsel ein wichtiger Rückzugsraum für viele Tier- und Pflanzenarten, die für ihr Überleben höhere Temperaturen benötigten. In Nord- und Zentraleuropa konnten dagegen nur Kaltwasserarten überdauern (vergleiche dazu z.B. Banarescu 1991). Nach dem Abschmelzen der Gletscher und der nachfolgenden Erwärmung am Ende der Eiszeit, mitunter aber auch in den dazwischenliegenden Warmphasen, breiteten sich einige dieser Tierarten wieder in Richtung Westen aus. Wiederbesiedlung und Ausbreitung der aquatischen Organismen erfolgten vor allem über das Netzwerk der Flüsse und waren durch dessen morphologische und hydrologische Entwicklung bestimmt. Sie verliefen damit aber wesentlich eingeschränkter als jene von terrestrischen Organismen (Avice 2000). Eine wichtige Rolle spielten auch großflächige, versumpfte Zonen, die entstanden, wenn Permafrostböden auftauten. In manchen Fällen nimmt man auch eine „passive“ Verbreitung von Fischeiern durch Wasservögel an. Die Spuren und Folgen dieser langfristigen Entwicklung sind heute noch in der Verteilung der Fischfauna auf dem europäischen

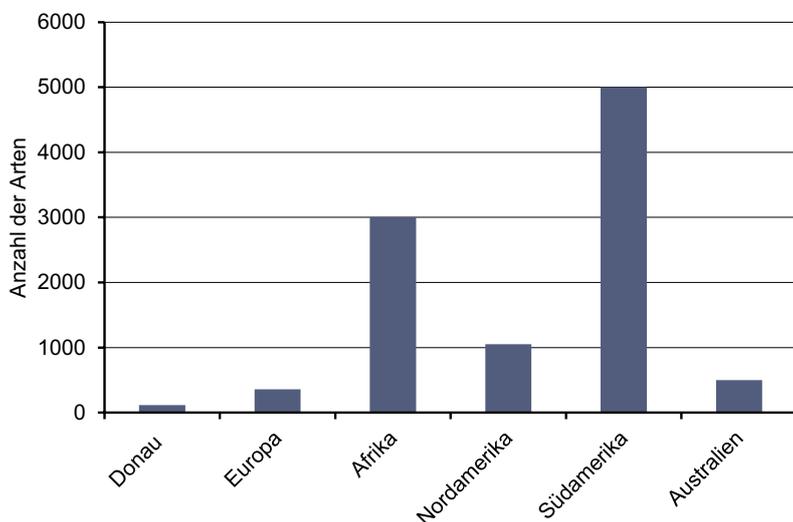


Abb. 1.65 Fischartenzahl der Donau im Vergleich mit verschiedenen Kontinenten

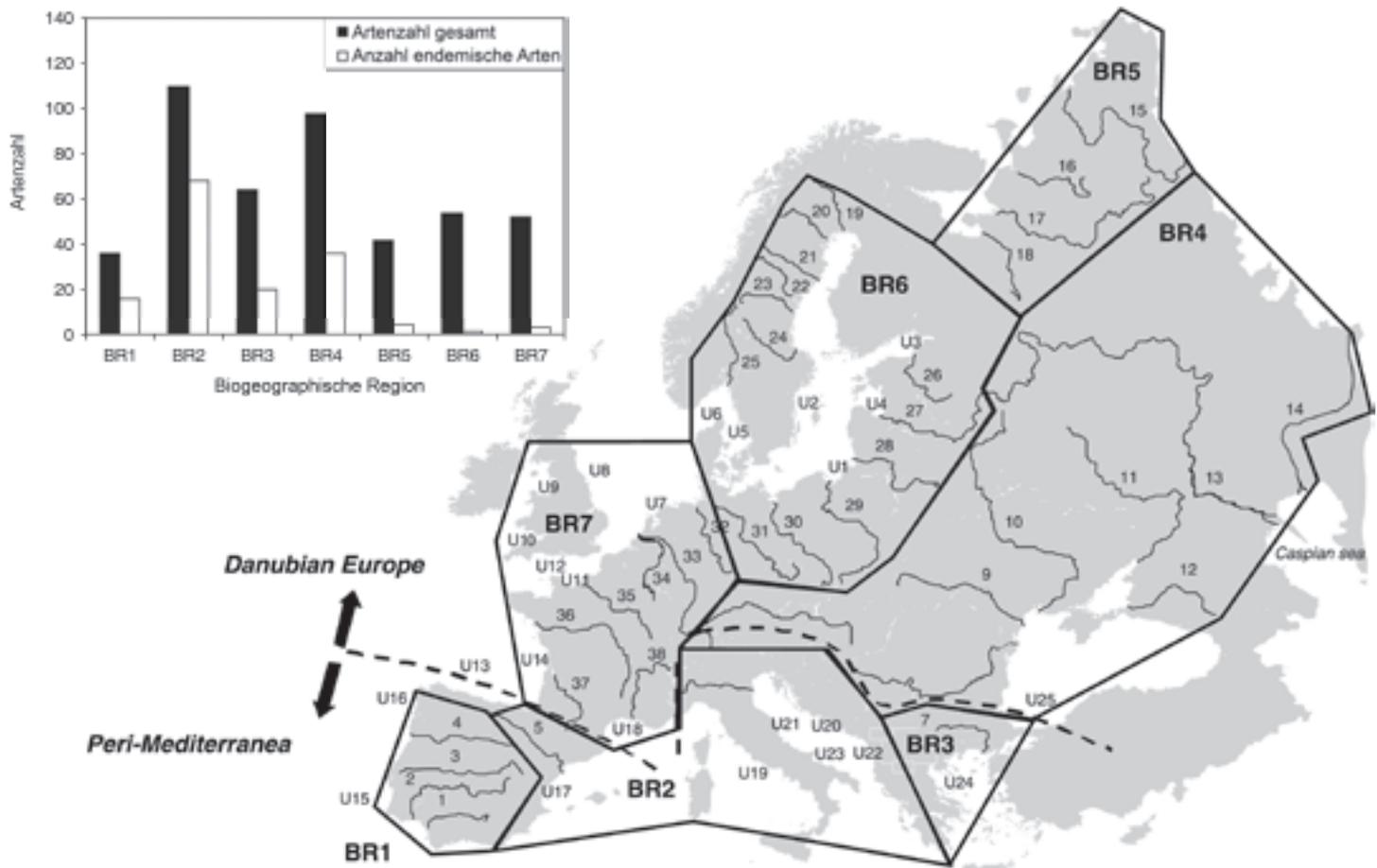


Abb. 1.66 Fischverbreitungsregionen in Europa (Reyjol et al. 2007):

- (BR 1) Westmediterrane Region
- (BR 2) Zentralmediterrane Region
- (BR 3) Ostmediterrane Region
- (BR 4) Ponto-kaspische Region
- (BR 5) Nordeuropa
- (BR 6) Zentraleuropa
- (BR 7) Westeuropa
- (Strichlierte Linie) Trennlinie zwischen Donau/Europa und mediterranem Raum

Die Karte zeigt 38 große Flüsse:

- | | | |
|------------------|--------------------|------------------------------|
| (1) Guadalquivir | (15) Pechiora | (29) Wisla |
| (2) Guadiana | (16) Mezen | (30) Oder |
| (3) Tagus | (17) Dvina | (31) Elbe |
| (4) Douro | (18) Onega | (32) Weser |
| (5) Ebro | (19) Torneälven | (33) Rhein |
| (6) Po | (20) Luleälven | (34) Meuse |
| (7) Evros | (21) Umeälven | (35) Seine |
| (8) Donau | (22) Angermanälven | (36) Loire |
| (9) Dniestr | (23) Indalsälven | (37) Garonne |
| (10) Dniepr | (24) Dalälven | (38) Rhône |
| (11) Don | (25) Gota älven | |
| (12) Kubanj | (26) Narva | Kleinere Zubringer wurden 25 |
| (13) Volga | (27) Daugava | marinen Regionen zugeordnet |
| (14) Ural | (28) Nemunas | (gekennzeichnet mit u). |

Kontinent sichtbar. Mit Ausnahme des zentralen mediterranen Raums gibt es nirgendwo sonst eine derart große Artenvielfalt und zugleich eine so hohe Anzahl an endemischen Arten wie im Einzugsgebiet der Donau (Reyjol et al. 2007; Abb. 1.66).

Zur langfristigen Geschichte einiger Fischarten während der Zwischenwarmzeiten und nach der letzten Eiszeit konnten in den letzten Jahren durch genetische Studien wichtige neue Erkenntnisse gewonnen werden. Mehrfach wurden einzelne phylogenetische Stämme einer Art bestimmt, die auf die eiszeitlichen Refugien und die nachfolgende Ausbreitung hinweisen.

Für die europäische Barbe (*Barbus barbus*) wurde durch genetische Untersuchungen beispielsweise festgestellt, dass es in Europa unterschiedliche phylogenetische Stämme gibt, die sich wahrscheinlich vor 840 000 bis 890 000 Jahren während einer Zwischenwarmzeit aufgetrennt haben. Der erste Stamm wird heute vor allem im südostbulgarischen und nordanatolischen Raum gefunden. Innerhalb des zweiten Stamms können anhand der Haplotypen nochmals zwei getrennte Substämme unterschieden werden. Die Kolonisierung von Rhein oder Rhone erfolgte wahrscheinlich über einen Stamm, der noch vor der Würmeiszeit vom Donau-Stamm getrennt wurde und die nachfolgende Kaltphase in Flüssen Südfrankreichs überdauerte. Dagegen werden die Donau sowie die ebenfalls untersuchten Flüsse Elbe und Weichsel vom Donau-Stamm besiedelt. Auch der Dniestr-Stamm der Barbe weist den gleichen Haplotyp wie der westeuropäische auf, was darauf hindeutet, dass es keine nacheiszeitliche Vermischung der Stämme gab (Kotlik & Berrebi 2001; Abb. 1.67). Ein ähnliches Szenario einer zweistufigen Expansion wurde für das Aitel (*Squalius cephalus*) beschrieben (Durand et al. 1999). Auch diese Fischart wurde während der Eiszeiten aus den meisten europäischen Flüssen verdrängt und überdauerte in vier unterschiedlichen Rückzugsgebieten: in adriatischen Flüssen des Balkans, in ägäischen Flüssen Ostgriechenlands, in südlichen Donauzuflüssen sowie im Schwarzen und Kaspischen Meer. Die Wiederbesiedlung Europas erfolgte in zwei Schritten über die beiden letztgenannten Refugien aus den südlichen Donauzuflüssen und aus dem Schwarzen Meer sowie aus der Unteren Donau. Ein erster

Stamm gelangte in der Riß-Würm-Zwischenwarmzeit in das Rhein-, Rhone- und Loiregebiet, wo er die letzte Eiszeit überdauerte und im Anschluss z.B. die Garonne, aber auch Großbritannien oder die Elbe besiedelte. Ein zweiter Stamm gelangte aus der Unteren Donau erst nach der Würmeiszeit weiter flussauf bzw. in die Ostseeflüsse. Die beiden Stämme kamen wahrscheinlich in der Elbe miteinander in Kontakt, zeigen hier aber keine Spuren einer genetischen Vermischung (Durand et al. 1999).

Genetische Studien bringen auch falsche Annahmen bezüglich der nacheiszeitlichen Wiederbesiedlung europäischer Flüsse aus der Donau ans Licht. Als ein Beispiel sei eine Untersuchung europäischer Steinbeisser-Stämme angeführt. Diese ergab, dass die Donau eine eigene Art besitzt (*Cobitis elongatoides*, Donausteinbeisser), die sich deutlich vom in Europa am weitesten verbreiteten Steinbeisser (*Cobitis taenia*) unterscheidet (Durand et al. 1999).

Aufgrund der Isolation während der Eiszeiten gibt es in der Donau ebenso wie im mediterranen Raum eine hohe Anzahl an endemischen Fischen, das heißt an Arten, die entweder nur in der Donau oder aber nur im Einzugsgebiet des Schwarzen und Kaspischen Meers vorkommen. Zur Zeit werden basierend auf der aktuellen Systematik und Taxonomie in der Donau und in ihren Zuflüssen circa 30 endemische Arten gezählt, darunter der Huchen (*Hucho hucho*), der bulgarische Goldsteinbeißer (*Sabanejewia bulgarica*), der rumänische Goldsteinbeißer (*S. romanica*), die österreichische Coregonenart des Atter- und Wolfgangsees (*Coregonus austriacus*), das Donauneunauge (*Eudontomyzon*

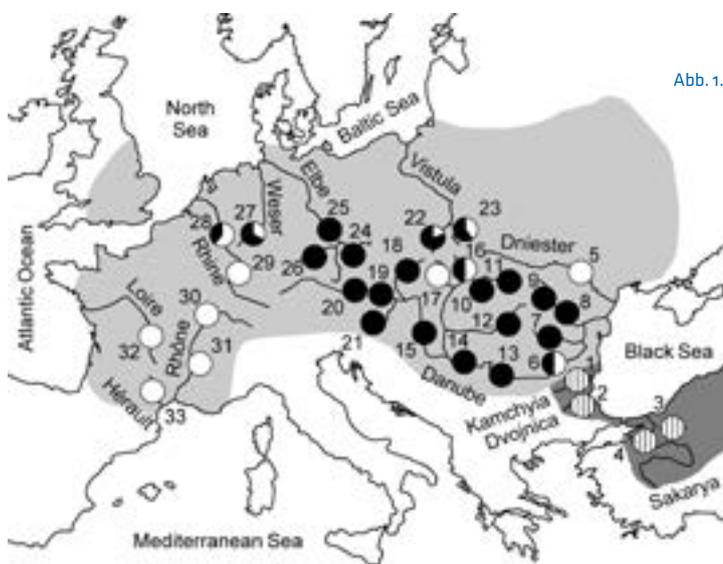


Abb. 1.67 Geographische Verbreitung von unterschiedlichen Stämmen der Barbe. Die Wiederbesiedlung europäischer Flüsse nach der Eiszeit lässt sich heute mit genetischen Untersuchungen rekonstruieren (Kotlik & Berrebi 2001)

(volle Kreise) Diese Barbenstämme haben sich vor 840 000 bis 890 000 Jahren von jenen abgetrennt, die durch gestreifte Kreise dargestellt sind.

(weiße Kreise) Hier lebende Barben haben sich vor der Würm-Eiszeit von den anderen abgespalten.

danfordi), der karpatische Gründling (*Gobio carpathicus*) und der Donau-Weißflossengründling (*Romanogobio vladykovi*). Manche der endemischen Arten sind auf ganz spezifische Zubringer oder Gewässer beschränkt (Kottelat & Freyhof 2007; Sommerwerk et al. 2009). Andere Arten, wie z. B. der Zingel (*Zingel zingel*), kommen neben der Donau auch im Dnjestr-Einzugsgebiet vor; der Steingressling (*Gobio uranscopus*) auch im Vardar und den südlichen Flüssen von Thessalien. Ebenfalls mit dem Dniestr-Gebiet gemein hat die Donau den Hundsfisch (*Umbra kamei*). Dieser gilt als echtes Tertiärrelikt und ist im gesamten Donaulauf flussab von Wien verbreitet, wenngleich auch nur selten vorkommend. Zum Streber (*Zingel streber*) gibt es unterschiedliche Ansichten. Während manche Autoren meinen, er sei eine endemische Fischart der Donau, gibt es auch Hinweise auf das Vorkommen im Vardar-Gebiet (Banarescu 1991).

Von der Quelle bis zur Mündung – räumlicher Wandel der Fischfauna im Längsverlauf

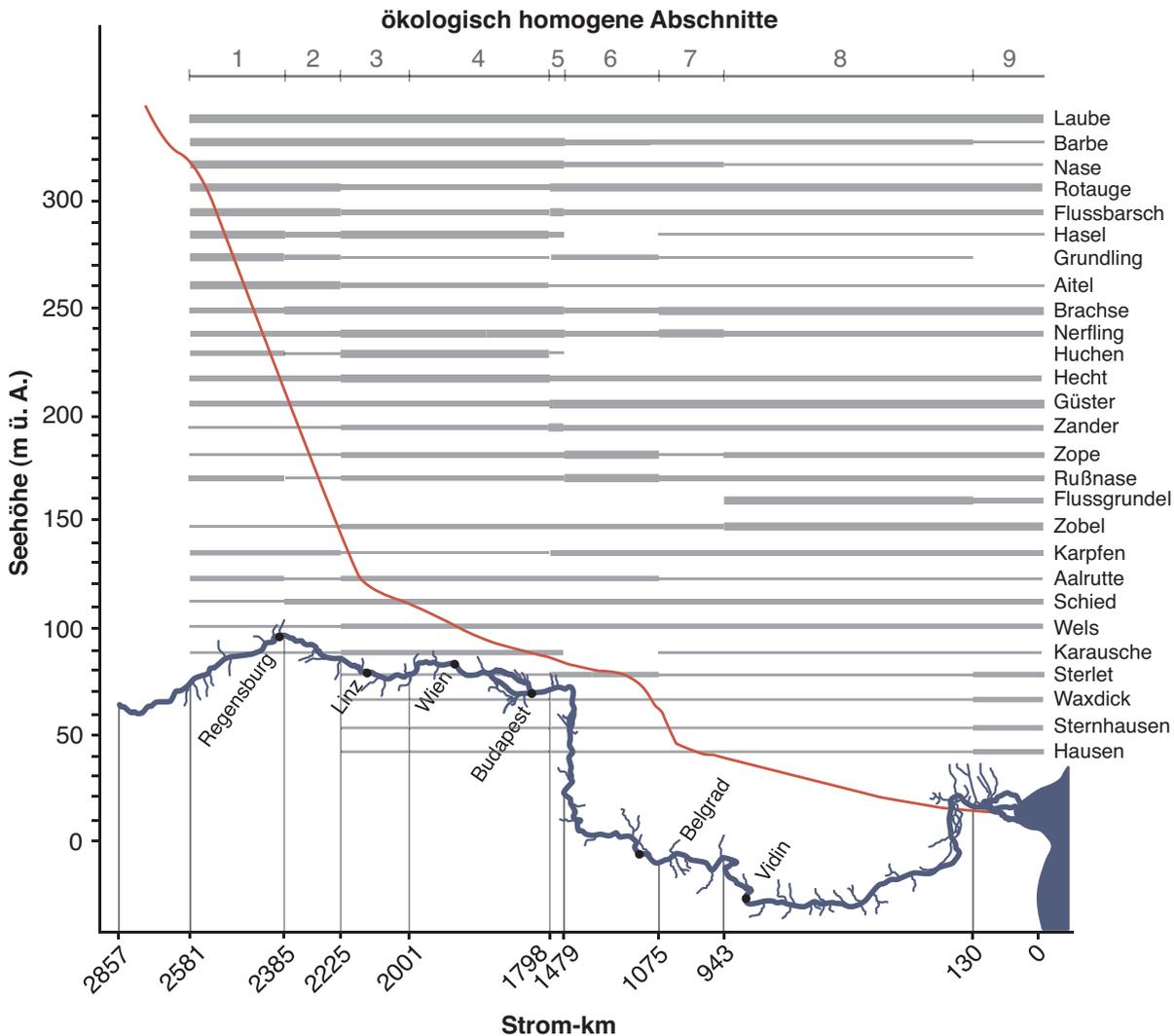
Die Anzahl vorkommender Fischarten unterscheidet sich in den geographisch, klimatisch und vor allem hydro-morphologisch unterschiedlichen Abschnitten der Donau und steigt tendenziell aufgrund der zunehmenden Gewässergröße und Habitatvielfalt gegen den Unterlauf hin an (Abb. 1.68). Grundlage für die folgende Beschreibung der räumlichen Verbreitung der Donaufische sind die natürlich vorkommenden Arten. Berücksichtigt werden auch Fischarten, die in manchen Abschnitten schon seit längerem oder teilweise erst jüngst nicht mehr vorkommen. Es handelt sich also um eine historische Fischgemeinschaft, die aktuell häufig auch als Vergleichsmaßstab bzw. Leitbild für die Bewertung des fischökologischen Zustands einzelner Donauabschnitte herangezogen wird.

Die Anzahl der Donaufischarten beträgt im obersten Abschnitt Deutschlands 42 und steigt bis zur ungarischen Donau auf 57. Im Donaudelta erreicht sie schließlich mit 62 ihr Maximum (Schotzko & Wiesner 2007). Hohe Artenzahlen sind vor allem im Übergangsbereich zwischen zwei unterschiedlichen ökologischen Großregionen typisch, zum Beispiel dort, wo der alpin geprägte Fluss-

lauf in einen Tieflandfluss übergeht sowie im Bereich des Donaudeltas im Übergang zur marinen Zone. Dieses ökologische Konzept findet sich somit auch in der Donau bestätigt (Ökotonkonzept, Schiemer et al. 1995).

Viele der natürlich vorkommenden Arten sind weit verbreitet (Abb. 1.69). Insgesamt 25 Arten kommen sogar über den gesamten Donaulauf vor. Dazu gehören typische und häufige Flussfischarten wie die Laube (*Alburnus alburnus*), die Barbe, die Nase (*Chondrostoma nasus*) oder der Schied (*Aspius aspius*), aber auch Fische, die ruhig strömende Bereiche oder Stillgewässer bevorzugen, wie beispielsweise die Güster (*Blicca björkna*), der Flussbarsch (*Perca fluviatilis*) oder die Schleie (*Tinca tinca*). Nicht zuletzt zählen dazu aber auch fischereiwirtschaftlich attraktive Arten wie Hecht (*Esox lucius*), Wels (*Silurus glanis*) und Zander (*Sander lucioperca*). Auch der Huchen (*Hucho hucho*) hat eine vergleichsweise großräumige Verbreitung. Er kam historisch nicht nur in Österreich, sondern auch in Zubringern der Unteren Donau vor. Hier besiedelte er bis vor circa 30 Jahren unter anderem Mures, Times, Cerna, Olt, Arges oder Ialomita (Witkovski et al. 2013). Natürlich haben die einzelnen Arten meist klare räumliche Verbreitungsschwerpunkte, während sie in anderen Abschnitten entsprechend den verfügbaren Habitaten seltener sind.

Daneben gibt es auch Fischarten, die nur in einzelnen Flussabschnitten vorkommen. Der Perlfisch (*Rutilus meidingeri*) ist mehr oder weniger auf die österreichische Donau beschränkt. Ebenso besiedelt der Strömer (*Leuciscus soufia*) aufgrund seiner ökologischen Ansprüche nur den österreichischen Donauabschnitt. Das seltene Auftreten des Bachneunauges (*Lampetra planeri*) wiederum erstreckt sich lediglich auf die deutsche Donau. Andere Arten finden sich nur in der Unteren Donau. Dazu gehören die beiden Donau-Heringsarten (*Alosa tanaica*, *Alosa immaculata*), die ebenso wie die meisten Donaustörarten diadrom sind. Das heißt, sie leben als adulte Tiere im Schwarzen Meer und wandern zum Laichen flussauf. Im Fall der Heringe reichen diese Wanderungen bis über das Eiserne Tor hinaus in die Mittlere Donau (Dudich 1967).



Die longitudinale Verbreitung einzelner Donaufischarten ist das Resultat aus deren ökologischen Ansprüchen sowie den jeweils zur Verfügung stehenden Habitaten. Ändern sich die Qualität oder die Quantität der vorhandenen Habitate – oder sogar beides – so ändern sich auch die Verbreitung und Häufigkeiten der Arten. Somit ergibt sich eine typische Längsverteilung der Fischfauna von der Quelle bis zur Mündung, obwohl diese Unterschiede in der unregulierten Donau aufgrund der großen Habitatvielfalt über den gesamten Verlauf vermutlich gar nicht so stark ausgeprägt waren. Deutlicher werden die Diskrepanzen zwischen den ökologischen Ansprüchen und der vorhandenen Habitatqualität hingegen, wenn morphologisch stark

Abb. 1.68 Verbreitung wichtiger Leit- und Begleitarten der historischen Referenzfischfauna im Längsverlauf der Donau

(dicke Balken) Verbreitungsschwerpunkt
(rot) Gefälle

veränderte oder verschmutzte Gewässer(strecken) der jüngeren Vergangenheit und Gegenwart mit den historischen Fischbeständen verglichen werden (siehe dazu Kapitel 2.2 und 3.2).



Abb. 1.69 Natürlich vorkommende Fischarten der Donau in Stichen aus dem frühen 19. Jahrhundert

- | | | | |
|---------------------|------------------|----------------|------------------|
| (1) Flunder | (10) Barsch | (19) Rotauge | (28) Sterlet |
| (2) Hausen | (11) Kaulbarsch | (20) Aitel | (29) Schrätzer |
| (3) Schleie | (12) Güster | (21) Nerfling | (30) Zingel |
| (4) Karausche | (13) Rußnase | (22) Huchen | (31) Streber |
| (5) Rotfeder | (14) Brachse | (23) Schneider | (32) Nase |
| (6) Wels | (15) Schied | (24) Laube | (33) Schmerle |
| (7) Zander | (16) Hecht | (25) Gründling | (34) Äsche |
| (8) Schlammpeitzger | (17) Steinbeißer | (26) Elritze | (35) Koppe |
| (9) Bitterling | (18) Barbe | (27) Aalrutte | (36) Bachforelle |



Freilich lassen sich auch in der historischen Referenz-Fischfauna der Donau grundsätzliche Trends erkennen, die entsprechend der Hydrologie und Wassertemperatur, dem Gefälle, dem Sohlsubstrat oder der Ausdehnung von Augewässern meist einen longitudinalen Verlauf von der Quelle zur Mündung zeigen. So steigt zum Beispiel die Zahl der rheophilen (strömungsliebenden) Kieslaicher bis zum Beginn der Mittleren Donau an und sinkt dann wieder etwas ab, während die eurytopen (ökologisch breit angepassten) Arten sowie in geringerem Ausmaß auch die limnophilen (vorwiegend in stagnierenden Gewässern vorkommenden) Krautlaicher zunehmen. Dies gilt sowohl für die gesamte Artengemeinschaft als auch für die dominierenden und häufigen Arten. Hinsichtlich der bevorzugten Nahrung wiederum ist gegen den Unterlauf vor allem eine Zunahme planktivorer (Plankton fressender) Fischarten typisch. Das lässt sich damit erklären, dass das sogenannte Fluss- oder Potamoplankton als Nahrungsressource in der fließenden Welle des Stromes selbst erst im Unterlauf hohe Dichten erreicht. In Ober- und Mittelläufen hingegen ist das Plankton vorwiegend auf Augewässer und großflächig überstaute Inundationsflächen beschränkt. Bei insektivoren Fischarten schließlich, die sich vorwiegend von Insekten ernähren, ist in der Unteren Donau eher eine Abnahme zu verzeichnen.

Klima und Mensch als rezente Akteure – zeitlicher Wandel der Fischfauna

Die Fischfauna der Donau wandelte sich nicht nur in den lange zurück liegenden Epochen während, zwischen und nach den Eiszeiten. Regelmäßige Änderungen traten auch in den letzten Jahrtausenden und Jahrhunderten auf. Nicht zuletzt vor dem Hintergrund der globalen Erwärmung der jüngsten Zeit und fortdauernder menschlicher Eingriffe in den Fluss und seine Auen kann man auch für die Zukunft von solchen Entwicklungen ausgehen.

In den letzten Jahrhunderten wurden bedeutende Veränderungen vor allem durch zwei Einflüsse hervorgerufen: zum einen durch die regelmäßigen historischen Klimaschwankungen, die auch nach dem Ende der letzten

Eiszeit noch auftraten, wenngleich in wesentlich geringerem Ausmaß. Als Folge stiegen oder fielen die Wassertemperaturen, aber auch die Abflüsse, was dazu führte, dass sich die Verbreitungsgebiete einzelner Fischarten verlagerten oder deren Bestände zunahmen oder schrumpften (vgl. zur Klimageschichte des Donaauraums vor allem Luterbacher et al. 2004; Brazdil et al. 2006; Pauling et al. 2006). In großen Flüssen wie der Donau, mit ihrer durchaus beträchtlichen Pufferkapazität bezüglich der Wassertemperatur, wirkten sich aber letztlich die vielen verschiedenen Beeinflussungen durch den Menschen wesentlich stärker aus. Neben der Fischerei und dem fischereilichen Management, die die Fischbestände unmittelbar beeinflussten, sind hier vor allem jene Aktivitäten zu nennen, die tiefgreifende Änderungen der Gewässerhabitate verursachten. Dazu gehören an großen Flüssen seit Jahrhunderten Regulierungen für wasserbezogene Transporte (Holz, Flöße etc.) und Schifffahrt sowie indirekte Einflüsse geänderter Landnutzung und – speziell ab Mitte des 20. Jahrhunderts – Maßnahmen zum Hochwasserschutz, Wasserkraftwerke und Abwässer.

Von geschätzten Biomasselieferanten zu unerwünschten „alien species“

Fische wurden über viele Jahrhunderte über Einzugsgebietsgrenzen hinweg transportiert und besetzt. Aber erst in den letzten 150 Jahren waren diese Maßnahmen so umfassend, dass sich die Fischfauna vieler Gewässer komplett wandelte. Bewusst besetzt wurden Fische entweder zur Steigerung der Produktivität eines Gewässers, oder aber um Anglern höhere Fänge an bevorzugten Edel- und Raubfischen zu ermöglichen. An der Donau wurden im 20. Jahrhundert zumindest 14 Arten, die ursprünglich im Einzugsgebiet nicht vorkamen, besetzt oder ausgebracht. Davon gelten heutzutage zumindest zwei als weitgehend angepasst und damit als Bestandteil der etablierten Fischfauna (Blaubandbärbling *Pseudorasbora parva*, Sonnenbarsch *Lepomis gibbosus*). Für das gesamte Einzugs-

gebiet wird die Zahl der neuen Fischarten mit 30 angegeben (Sommerwerk et al. 2009). Der Sonnenbarsch wurde ebenso wie die Regenbogenforelle bereits Ende des 19. Jahrhunderts aus Nordamerika nach Europa gebracht (Miksch 2002). Der Blaubandbärbling, eine in Ostasien heimische Fischart, fand in Österreich wahrscheinlich unbeabsichtigt im Zuge von Besatzmaßnahmen mit Graskarpfen Verbreitung und wird seit 1982 regelmäßig gefangen (Miksch 2002). Den herbivoren Graskarpfen (*Ctenopharyngodon idella*) führte man 1962 in Teichwirtschaften ein, um die Fischproduktivität zu erhöhen, aber auch um Wasserpflanzen am übermäßigen Aufkommen zu hindern. Aktuell besitzt der Graskarpfen in der Unteren Donau bereits natürlich reproduzierende Populationen. Letzteres gilt auch für den Silberkarpfen oder Tolstolob (*Hypthalmichthys molitrix*) sowie für den Marmorkarpfen (*Aristichthys nobilis*; Schiemer et al. 2004). In der ungarischen Donau waren der Sonnenbarsch, der Forellenbarsch (*Micropterus salmoides*) und der Zwergwels (*Ameiurus melas*) bereits in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts akklimatisiert (Toth 1960). Der Zwergwels zeigte um 1960 vor allem flussab von Paks in den Nebengewässern und Totarmen bei Mohacs und Baja ein Massenvorkommen (Abb. 1.70).

Blinde Passagiere und eventuelle Klimaflüchtlinge

Abgesehen von den fast durchwegs absichtlich besetzten Fischarten gibt es in der Donau seit einigen Jahrzehnten mehrere invasive Arten, die zwar im Fluss grundsätzlich heimisch sind, deren Ausbreitung sich aber rasch und massiv geändert hat. Die bekanntesten und zugleich markantesten rezenten Beispiele sind Arten der Familie Gobiidae. Auf die Marmorierete Grundel wurde oben bereits hingewiesen. Es gibt aber auch andere Arten dieser Familie, die vor 1970 kaum flussauf des Eisernen Tores belegt waren. Eine der wenigen Ausnahmen ist die Kesslergrundel (*Ponticola kessleri*), die 1910 bei Banatska Palanka dokumentiert wurde (Vutskits 1911 in Ahnelt et al. 1998). Die Ausbreitungsgeschichte dieser Fischart und dreier weiterer (Flussgrundel *Neogobius fluviatilis*, Nackthalsgrundel *Babka gymnotrachelus*, Schwarzmaulgrundel *Neogobius*



Abb. 1.70
Einige im Donau-Einzugsgebiet nicht heimische Fischarten (1-6) sowie in der Oberen Donau invasive Arten (7-9):

- (1) Zwergwels
- (2) Sonnenbarsch
- (3) Stichling
- (4) Forellenbarsch
- (5) Graskarpfen
- (6) Tolstolob
- (7) Marmorierete Grundel
- (8) Kesslergrundel
- (9) Schwarzmaulgrundel

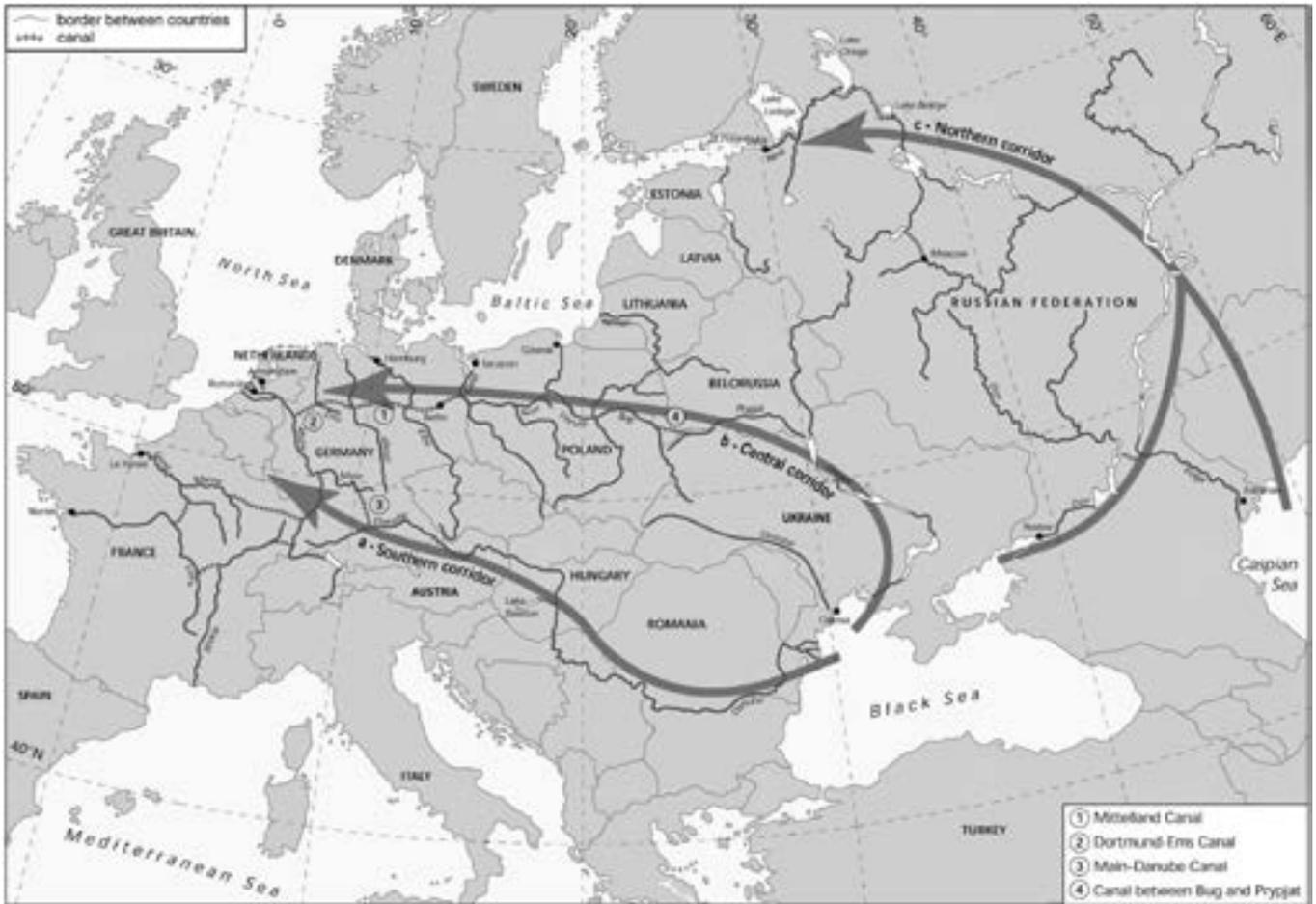


Abb. 1.71 Die Ausbreitung invasiver Fischarten aus dem Schwarzen Meer führt über den Rhein-Main-Donau-Kanal sowie über eine zentraleuropäische Route in die Nordsee (a, b) und über eine weiter nördlich gelegene Route zur Ostsee (c).

melanostomus) wird in Kapitel 3.2 im Detail erläutert. Heute kommen zumindest zwei Arten über fast den gesamten Donaulauf vor und dominieren mittlerweile die Fischfauna zwischen Kelheim und dem Eisernen Tor (Schotzko & Wiesner 2007). Die wahrscheinlichste Ursache für ihre Ausbreitung ist die ungewollte Verschleppung mit dem Ballastwasser von Schiffen. Darauf deutet unter anderem hin, dass die Fische häufig in oder bei Häfen erstmals nachgewiesen wurden. Fischökologen gehen auch davon aus, dass die Schwimmleistung dieser Arten oft nicht ausreicht, um stärkere Strömungen zu überwinden und so ihr Verbreitungsgebiet über weite Strecken aus eigener Kraft in kur-

zer Zeit massiv auszudehnen. Anzunehmen ist, dass die beschriebenen Ausbreitungen zumindest teilweise auch eine Folge des Klimawandels sind (siehe u. a. Harka & Biro 2007).

Die invasiven Donaufischarten breiten sich über Kanalverbindungen rasch auch in andere Flusseinzugsgebiete aus. Im Jahr 2004 wurden im niederländischen Rhein die ersten Schwarzmaulgrundeln festgestellt, 2007 die Kesslergrundel. Im Jahr 2009 wurden schließlich die ersten Exemplare der Flussgrundel gefunden, die allerdings nicht über die Donau und den Rhein-Main-Donau-Kanal in den Rhein gelangten, sondern über andere Ausbreitungskorridore (Kessel et al. 2009; Abb. 1.71).

Auch für andere Fischarten wird angenommen, dass rezente Klimaschwankungen zumindest mitverantwortlich dafür sind, dass diese ihre Verbreitungsgebiete oder -schwerpunkte veränderten. In den 1980er Jahren wurde in den Flüssen der Ungarischen Tiefebene eine Zunahme des Weißflossengründlings festgestellt (*Gobio albinatus*; aktuell als *Romanogobio vladykovi* als spezifische Art des Donau-Einzugsgebiets ausgewiesen; siehe Kottelat & Freyhof 2007). Dieser wurde in der Folge zur dominierenden Gründlingsart, während der gemeine Gründling (*Gobio gobio*) nahezu verschwand (Harka & Biro 2007). Im österreichischen Donauabschnitt wurde der Weißflossengründling erst 1989 gefunden (Wanzenböck et al. 1989). Auch das deutet darauf hin, dass sich der Lebensraum dieser Art verlagert.

Ähnliche Tendenz flussauf zu wandern wird für den Wolgazander (*Sander volgensis*) beschrieben. Heckel & Kner (1858) und Siebold (1863) geben die Art weder für die Mittlere noch für die Obere Donau an. Ganz im Gegenteil, verweisen Heckel & Kner (1858) sogar darauf, dass sie vom Wolgazander bisher nur Exemplare aus dem Dniestr erhalten hätten. Siebold (1863) fügt dagegen am Ende seiner Fischmonographie eine Ergänzung an, in der er auf die Funde des Wolgazanders durch Jettteles (1862) verweist. Letzterer schreibt, dass die Art bis dato nur im Dniestr gefunden wurde und ihm ein erstes Exemplar erst 1861 von der Theiß unterkam. Im November und Dezember fand er schließlich wiederholt einige Individuen auf dem Wiener Fischmarkt, von denen laut Auskunft des Händlers einige aus der March bei Marchegg stammten. Für einige Jahrzehnte war es dann um den Wolgazander in der Oberen Donau relativ ruhig. In den letzten Jahren ist aber offensichtlich, dass eine deutliche Wanderung in Richtung Westen erfolgt (C. Ratschan mündliche Mitteilung). In den 1980er Jahren lagen die westlichsten Fundstellen noch in der Wachau, mittlerweile reichen sie bis zu einem Altarm bei Wallsee. Seit den 1990er Jahren wird der Wolgazander auch für den Südosten Tschechiens beschrieben (Lusk et al. 2000).

Die genauen Mechanismen und treibenden Kräfte für die Änderungen des Verbreitungsgebiets einer Tierart zu bestimmen ist auch heute oft noch schwierig. Für historische Ereignisse trifft das natürlich umso mehr zu. Während bei den Neogobiiden vor allem die Schifffahrt für die Ausbreitung verantwortlich zu sein scheint, diskutiert man beim Auftreten des Wolgazanders nach den 1860ern den möglichen Einfluss des Klimawandels. Inwieweit in den 1860er Jahren das Ende der Kleinen Eiszeit für eine Verlagerung des Verbreitungsgebietes dieser Art maßgeblich sein könnte, muss Gegenstand weiterer Untersuchungen bleiben. Andrea Kiss rekonstruierte jedenfalls für das Közeg-Weinbaugebiet an der österreichischen Grenze einen Temperaturanstieg nach 1850. Für Wien wurde dies nur in einem abgeschwächten Ausmaß bestätigt (Kiss 2009).

Wandel der Donau als Fischlebensraum

Ähnlich wie für die österreichische Donau in Kapitel 3 beschrieben, hat sich das gesamte Flusssystem der Donau seit der intensiveren menschlichen Nutzung und speziell seit der Industrialisierung im 19. Jahrhundert massiv gewandelt. Neben den Regulierungen für die Schifffahrt und den Hochwasserschutz zählen für die Fische mit Sicherheit die in der Donau und deren Zubringern errichteten Kraftwerke zu den abträglichsten Eingriffen. Die Anzahl der Anlagen ist zwar an der Oberen Donau wesentlich höher als flussab, dennoch haben aus fischökologischer Sicht die Kraftwerke bzw. Stauabschnitte an der Unteren und Mittleren Donau, nämlich Eisernes Tor und Gabčíkovo, die massivsten Auswirkungen.

Am Eisernen Tor ging der erste Staudamm 1972 in Betrieb. Der Rückstau reicht über 150 km und bildet den Djerdap-Stausee. Im Jahr 1984 wurde die zweite Anlage eröffnet. Die beiden Kraftwerksstufen sind die leistungsstärksten Stromproduzenten in der Donau. Sie erleichterten zudem die über Jahrhunderte trotz zahlreicher Regulierungsmaßnahmen schwierige Schifffahrt durch diese gefährliche und rasch fließende Schluchtstrecke der Donau. Aus ökologischer Sicht hatten die genannten Kraft-



Abb. 1.72 Die Kraftwerke am Eisernen Tor erzeugen einen riesigen Stausee. Sie veränderten den Flusslebensraum völlig und blockieren die Fischwanderung.

werke drastische Folgen, da sie einen langen Rückstau bewirken und die erste Wanderbarriere darstellen. Die durchschnittlichen Fischereierträge sanken unmittelbar nach dem Einstau in Serbien beziehungsweise im früheren Jugoslawien um 63%, erholten sich danach aber wieder und lagen in den 1980ern sogar teilweise darüber (Bacalbasa-Dobrovici 1989). Störe aber auch Donauheringe konnten freilich seit dem Beginn der 1970er Jahre nicht mehr in die Mittlere Donau wandern. Neben den fischereilichen Auswirkungen mussten wegen des Kraftwerkbaus und der damit verbundenen Einstauung auch Orte abgesiedelt werden. Eines der spektakulärsten Beispiele war Ada Kaleh, eine über Jahrhunderte besiedelte Insel flussauf des Eisernen Tores auf der Höhe von Orschowa (Abb. 1.72 und 1.73).

So wie beim Eisernen Tor veränderte auch das Ausleitungs-Kraftwerk Gabčíkovo die Flusslandschaft deutlich (Abb. 1.74; vgl. dazu Kapitel 1.3). Die sich ergebenden fischökologischen Folgen sind dramatisch und spiegeln sich in den weiter unten behandelten Fischereifangstatistiken deutlich wider.

Drastische Veränderungen der Fischfauna verursachte auch die Beeinträchtigung der Wasserqualität durch die Verschmutzung mit organischen Substanzen und toxischen Verbindungen. Zwischen den 1950ern und 1970ern war auch die Obere Donau so verschmutzt, dass die Gewäs-



Abb. 1.73 Ada Kaleh (auch Neu-Orschowa) war eine besiedelte Festunginsel in der Donau, deren Besitz über Jahrhunderte zwischen dem osmanischen und dem Habsburgerreich wechselte. Im Jahr 1923 kam die Insel zu Rumänien. Im Zuge der Errichtung der Kraftwerke am Eisernen Tor wurde die Ortschaft abgesiedelt. Das Bild oben zeigt die Insel um 1900, unten um 1970 kurz nach der Absiedlung bzw. vor Flutung.

sergüte flussab größerer Städte mit Klasse III – IV, zeitweilig sogar Klasse IV, eingestuft wurde (vgl. Kapitel 1.1 und 3.1). Ab den 1980er Jahren verbesserte sich hier die Situation wieder, da die Abwässer in Kläranlagen entsprechende Reinigung erfuhren.

In der Mittleren und Unteren Donau verschlechterte sich die Gewässergüte vor allem nach den 1970ern aufgrund des Ausbaus der Industrie. Die zunehmende Verschmutzung führte immer wieder zu Fischsterben, vor allem nach Industrieunfällen. Beim Dammbbruch von Baia Mare am 30. Jänner 2002 nach heftigen Regenfällen traten 100 000 m³ an mit Schwermetallen vermischter Natriumcyanidlauge aus. Diese Schadstoffwelle gelangte über Zubringerflüsse in die Theiß und schließlich in die Donau. Nach vier Wochen erreichte sie das Donaudelta. Bei dieser Umweltkatastrophe verendeten 1 400 t Fische.

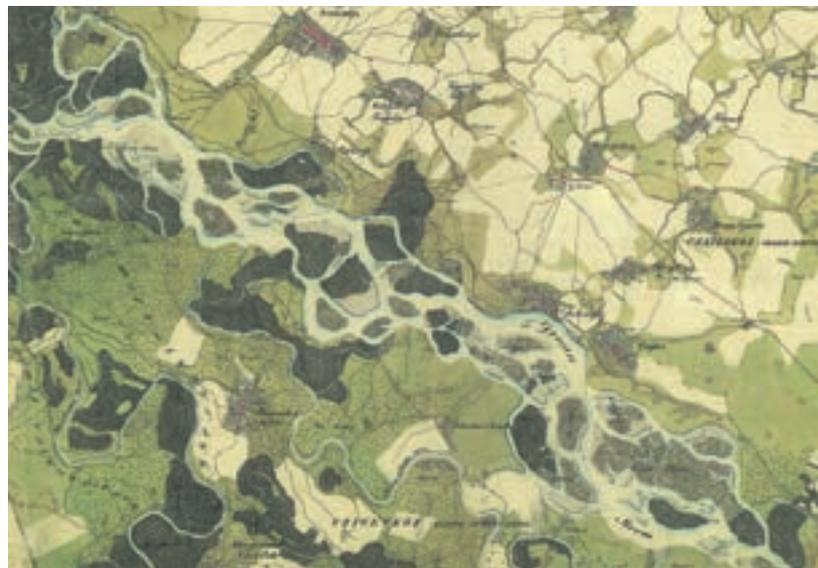
Der aktuelle fischökologische Zustand der Donau – eine Zwischenbilanz

Der aktuelle Zustand der Donaufischfauna wurde im Zuge des zweiten Joint Danube Survey (JDS) zum ersten Mal mit systematischen und vergleichbaren Befischungsmethoden erhoben (Jepsen et al. 2007; Schotzko & Wiesner 2007). Bei der dritten gemeinsamen Donau-Messfahrt erfolgte eine neuerliche Aufnahme der fischökologischen Verhältnisse, deren Ergebnisse derzeit noch nicht veröffentlicht sind. Die Befischungen fanden vorwiegend mit Elektrofanggeräten statt, deren Einsatzmöglichkeiten freilich beschränkt sind. Netze, mit denen auch tiefere Zonen der Flussmitte untersucht werden könnten, kamen bei dieser Studie aus Zeit- und Kostengründen kaum zum Einsatz.

Beim JDS wurden entlang des Längsverlaufes der Donau an 45 Probestellen zwischen Kelheim und Tulcea insgesamt 66 Fischarten gefunden. Davon gelten 58 als heimisch, acht gelangten durch Besatz in den Fluss. Die einzige Art, die über den gesamten Flusslauf gefangen wurde und gleichzeitig auch den höchsten Anteil aller Arten besaß, war die Laube. Fast jeder zweite Fisch zählte zu dieser Art. Neben der Laube kamen auch noch weitere typische Donaufischarten, wie Schied, Nerfling, Zander und

Rotauge in fast allen Strecken vor, als Folge der umfangreichen Habitatänderungen durch Regulierung und Kraftwerke allerdings meist nur in sehr geringen Dichten. Nach der Laube waren Giebel und Schwarzmaulgrundel die zweit- und dritthäufigste Fischart. An vierter Stelle tauchte in den Fängen mit dem Rotauge wieder eine typische Donaufischart auf, wenngleich deren Häufigkeit nur mehr bei ca. 5 % lag (siehe Schotzko & Wiesner 2007).

Abb. 1.74 Die Donau im Bereich der (Kleinen) Schüttinsel im 19. Jahrhundert und aktuell mit dem Stau des Kraftwerks Gabčíkovo



Beim JDS konnten nicht alle der als heimisch geltenden Arten nachgewiesen werden. Man geht aber davon aus, dass einige dieser Arten in Stillgewässern der Au oder in solchen Habitaten des Flusses leben, die bei der Beprobung nicht erfasst wurden. Fehlende Nachweise einzelner Arten bedeuten in diesem Zusammenhang keineswegs, dass diese zwischenzeitlich ausgestorben sind. Unter den insgesamt dreizehn seit 1700 in Europa ausgestorbenen Fischarten sind allerdings vier, die im Donau-Einzugsgebiet vorkamen. Dabei handelt es sich um zwei Arten der Unteren Donau (*Alburnus danubicus*, *Romanogobio antipai*), eine endemische Art sub-alpiner Seen (*Salmo schiefermuelleri*) und eine Art, die in Seen nahe der Schwarzmeerküste lebte (*Gasterosteus creonobiontus*). Insgesamt gelten aktuell ca. 25 Donaufischarten nach den Kriterien der International Union for Nature Conservation (IUCN) als gefährdet.

Reiche Erträge der Donaufischerei

Die Fischerei ist eine der ältesten menschlichen Nutzungen, die sich an der Donau nachweisen lässt. Sie reicht bis in eine Zeit zurück, wo Informationen ausschließlich in Form archäologischer Überreste vorliegen (siehe Beitrag von A. Galik). In den meso- und neolithischen Siedlungen am Eisernen Tor (Schela Cladovei) und aus der späten Kupferzeit (bei Győr, Radiocarbonatierung ca. 4500 vor heute) wurden Überreste von 17 Fischarten gefunden (Bartosiewicz & Bonsall 2004). Die Siedler um Győr aßen vor allem Karpfen, aber auch beträchtliche Mengen an Hecht und Wels (Bartosiewicz et al. 1994). Außerdem konnten Fischknochen von Schleie, Karausche, Rotaugen und Brachse identifiziert werden. Auch bei Schela Cladovei wurden Wels, Hecht und Karpfen in großen Mengen gefunden. Zusätzlich gab es hier auch Funde von Sterlet und Hausen. Die Fischfunde spiegeln wahrscheinlich nicht nur soziale Präferenzen wider, sondern auch die Habitatbedingungen in der Donau. Sie verweisen auf eher stagnierende Gewässerzonen im Bereich von Győr und mehr rasch fließende, epipotamale Verhältnisse beim Eisernen Tor. Natürlich kann man davon ausgehen, dass Hausen auch im Be-

reich von Győr vorkamen, doch wurden diese entweder nicht gefangen oder sie blieben in den Siedlungen nicht erhalten. Letzteres erscheint nicht sehr wahrscheinlich, da die Knochen von Störartigen so wie die Fische selbst sehr groß sind. Daher scheint eher das erste Argument plausibel. Dabei ist sicherlich zu berücksichtigen, dass der Fang von großen Fischen, wie Hausen, komplexe und entwickelte Fischereitechniken der Fischergemeinschaften erforderte, die möglicherweise nur in den Kulturen bei Schela Cladovei existierten. Die Vielfalt der Techniken zum Fang der Donaustöre und die Fangplätze zeigen historische Gemälde, Stiche und Karte (Abb. 1.75 bis 1.78). Für die österreichische Donau kann man davon ausgehen, dass die Störfischerei bis zum Spätmittelalter durchaus regelmäßig betrieben wurde. Wahrscheinlich kam es aber bereits im 16. Jahrhundert zu einem Rückgang der Fische, die davor bis in die Obere Donau gewandert waren. Fangzahlen dazu fehlen bedauerlicherweise, die Intensivierung des Hausenfangs in der ungarischen Donau deutet aber durchaus darauf hin (Balon 1968, siehe dazu auch Kapitel 2.2).

In den 1960er Jahren war die Fischerei auf Donaustöre nur mehr im rumänischen Abschnitt bedeutend (Busnita 1967a, 1967b). In Bulgarien lagen die jährlichen Fänge in den 1940ern bei 63,5 t und fielen im Zeitraum 1995 bis 2002 auf 25,3 t. In Rumänien sanken die Erträge von 1 144 t im Jahr 1940 auf weniger als 8 t im Jahr 1995 (inklusive Delta; Vassilev & Pehlivanov 2003; Navodaru 1999 in Blösch et al. 2005). Aktuell ist der Fang der Donaustöre entsprechend dem CITES-Abkommen ausgesetzt. Aufgrund des großen ökonomischen Werts, den vor allem Hausen und deren Kaviar darstellen, kommt es allerdings immer wieder zu illegalem Fang und Verkauf.

Die Frage um die Zukunft der Donaustöre ist ein exzellentes Beispiel für die schwierige Abstimmung zwischen gesellschaftlichen Bedürfnissen und Naturschutz. Die einer jahrhundertelangen Tradition folgenden Donaustörfischer sind durchaus auch an einer Hebung des Bestandes interessiert, wenngleich vorwiegend aus ökonomischen Gründen.

Abb. 1.75 Hausenfischerei mit Netzen im Bereich von Komorn im späten 17. Jahrhundert



Abb. 1.76 Die 1738 von einem unbekanntem Verfasser gezeichnete Donaukarte „Nev Accurat, Vnd Noch Niemalen In Offentlicher Expression Heravs Gegebener Practicirter Donav Strohm“ zeigt unterschiedliche Methoden des Hausenfangs entlang der Mittleren und Unteren Donau.

Beschreibung links: 1. Wan ein fisch in netz ist, so wath einer hinein und legt ein glang an fisch, 2 so wird er an das land gezogen, extrs strick farl ma in hals u bey der flos wider hinaus mit knopl, biu disse strick werens angehenck 3. Bis sie gebraucht were.

Beschreibung rechts: 1 wird ein korbus genomē an de hengel das lueder mit de anker und wan der hauffe das keter schliget, so bekomet er die angel mit, an de ist ein strick, sobald der korbus zuget, so heget der fisch an angel, bey No 2 ist ein Irweg gemacht, zuens hengel das keter wie gemelt ist obe, an No 1 wiet der fisch an das land gezogen No 2 wird mit Paille an ihrweg erschlage, all hir wird der hauffe gesalzen verkaufft u weit vervürdt.



Abb. 1.77 Darstellung von Hausenzäunen in der Sammlung von Donaustichen von Jakob Alt und Ludwig Ermini, circa 1840. Links: Hausenzaun in der wallachischen Tiefebene; darunter: bei Wirbitza. Im Wasser sieht man die Schwimmer, an denen die Fangleinen befestigt waren.



Abb. 1.78 Hausenfangplätze in der 1789 angefertigten Donaukarte von Lauterer & Mansfeld (Fangplätze sind durch ein „V“ markiert). Oben: In der Durchbruchsstrecke am Eisernen Tor. Der Fangort bei Schela Cladova wurde bei archäologischen Grabungen gefunden. Rechts: flussab des Eisernen Tores



Vom Fischfang lebten früher ganze Orte an der Mittleren und Unteren Donau (Abb. 1.79 und 1.80). Die Produktivität des Flusses mit seinen Überschwemmungszonen und folglich auch die Ausbeute der Fischer hingen stark von der Hydrologie des Flusses ab. Der untere Teil der Braila Inseln in Rumänien hatte vor der Regulierung eine Fläche von 63 190 ha, von denen 11 629 ha permanente Wasserfläche darstellten und der Rest nur während höherer Wasserstände überflutet war (siehe Kapitel 1.3). Die Fischbiomasse und -produktivität erhöhte sich mit der Anzahl der Überflutungstage und -höhe. Im Zeitraum vom 1. April 1904 bis zum 31. März 1905 gab es keine Überschwemmung. Insgesamt wurden 920 t Fisch gefangen. Im Jahr 1907 erreichte der Wasserstand 5,4 m und die Überflutung dauerte 128 Tage an, während der 6 448 t Fisch gefangen wurden (Antipa 1912).

Die enormen Fischbestände der Mittleren Donau und vor allem der Theiß sind legendär. In der flachen Ungarischen Tiefebene gab es riesige Flächen, die jedes Jahr im späten Frühjahr zur Laichzeit vieler Donaufische überflutet wurden. Entlang der Ufer lagen durch Sedimentation häufig kleine natürliche Uferwälle vor. Das Wasser wurde dadurch auf den seicht überstauten Überschwemmungsflächen oft über Wochen rückgehalten. Unter sommerlichen Bedingungen waren hier die Fische vor allem wegen hoher Wassertemperaturen und niedrigen Sauerstoffgehaltes gefährdet. Deshalb gruben die Menschen über Jahrhunderte von diesen Überflutungsgebieten Kanäle zur Donau. Nicht zuletzt, weil auf diese Weise die zum Fluss ziehenden Fische leicht gefangen werden konnten. Manche dieser Kanäle wurden so angelegt, dass Fische ins Überschwemmungsgebiet hineinzogen. Andrasfalvy (1989) beschreibt im Detail, wie intensiv das Überschwemmungsgebiet der ungarischen Donau genutzt und gemanagt wurde. Es gab ein komplexes System von Kanälen für die Zu- und Ableitung von Wasser, ungarisch Fok genannt, die nicht nur dem Fischfang und der Fischzucht dienten, sondern insgesamt der Landwirtschaft.

Die Zusammenhänge zwischen Hydrologie und Fischbestand bzw. Fischertrag sind für die Theiß bei Szeged für den Zeitraum 1834 bis 1900 überliefert, wenngleich lei-



Abb. 1.79 Fischerhütten an der Unteren Donau in der Sammlung von Donaustichen von Jakob Alt und Ludwig Ermini, circa 1840

der keine genauen Zahlen zu den Ausfängen zur Verfügung stehen (Abb. 1.81). Die fischökologischen Verhältnisse in der Theiß änderten sich durch die Regulierungsmaßnahmen, die zwischen 1846 und den 1880ern ausgeführt wurden, grundlegend. Als Folge gingen 1,6 Mio. ha Flussauen verloren, lediglich 0,2 Mio. ha verblieben (Repassy 1906).

Während an der Oberen Donau in den letzten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts die traditionelle Berufsfischerei durch die Sportfischerei abgelöst wurde, erhielt

Abb. 1.80 Fischerei im Schilfgürtel eines Zubringers zur rumänischen Donau bei Cernica, um 1868



sich diese vor allem in der Unteren Donau bis in jüngere Zeit (Abb. 1.82). Dennoch war auch hier die Berufsfischerei durch die Veränderungen der Fischgemeinschaft deutlich betroffen. In der gesamten Donau wurden in den 1960er Jahren im Hauptfluss ca. 4 400 t und in den Augewässern ca. 45 000 t Fische gefangen (Busnita 1967b). In beiden Fällen stammte der Hauptteil aus der Unteren Donau und dem Donaodelta. Aber auch hier gingen die Fänge im Verlauf des 20. Jahrhunderts stark zurück: Zwischen 1921 und

1924 wurden 11 000 t pro Jahr im Delta und 8 000 t pro Jahr in der rumänischen Donau erbeutet. Zwischen 1953 und 1957 betrug die jährlichen Fänge sogar circa 12 000 t bzw. 11 000 t. Im Zeitraum 1977 bis 1986 waren sie dagegen im Delta auf 7 000 t pro Jahr und in der Unteren Donau auf 2 000 t pro Jahr gesunken. Nach 1990 betrug sie schließlich in der Unteren Donau nur mehr 1 000 t jährlich (Schiemer et al. 2004).

Der Wandel der Fischereierträge wurde auch für Teile der ungarischen Donau untersucht (Toth 1960).* Nach den offiziellen Fangstatistiken betrug der jährliche Fang zwischen 1951 und 1958 im Mittel 680 t. Die Gesamtfänge blieben in diesem Zeitraum vergleichsweise stabil. Die genauere Analyse zeigte allerdings einen deutlichen Wandel hinsichtlich des Anteils einzelner Arten. Bemerkenswert war zum Beispiel der Rückgang des Sterlets von mehr als 10 000 kg im Jahr 1950 auf lediglich 1 230 kg im Jahr 1958, mit einem Minimum von 545 kg im Jahr 1956. Ebenso markant sanken die Erträge bei Zingel, Streber, Koppe, Marmorierter Grundel, Gründling, Steingressling und Barbe. Als wahrscheinlichste Ursache gilt die Errichtung des Eisenwerks Dunaujvaros im Jahr 1949 beziehungsweise die daraus in die Donau abgeleiteten Abwässer. Die Phenolkonzentration wurde 800 m flussab dieses Werks mit 3 mg/l gemessen. Sterlet und Barbe waren dabei in besonderem Ausmaß von der Verschmutzung betroffen, da sich ihre besten Laichplätze vor allem um Paks befanden, das im Einflussbereich der Verschmutzung durch das Eisenwerk lag (ca. 50 km flussab). Karpfen und verschiedene andere Cypriniden machten weiterhin die höchsten Anteile aus und nahmen sogar zu, ebenso wie zum Beispiel der Zwergwels und der Sonnenbarsch sowie interessanterweise auch der Hecht.

Die Erträge der Fischerei gingen in der Mittleren und Unteren Donau auch in den letzten Jahrzehnten weiter zurück. Auf den Fang der Störe in der Unteren Donau wurde oben bereits eingegangen. Die negativen Auswirkungen der Errichtung von Gabčíkovo lassen sich anhand der Fischereistatistiken deutlich nachvollziehen. Zwischen

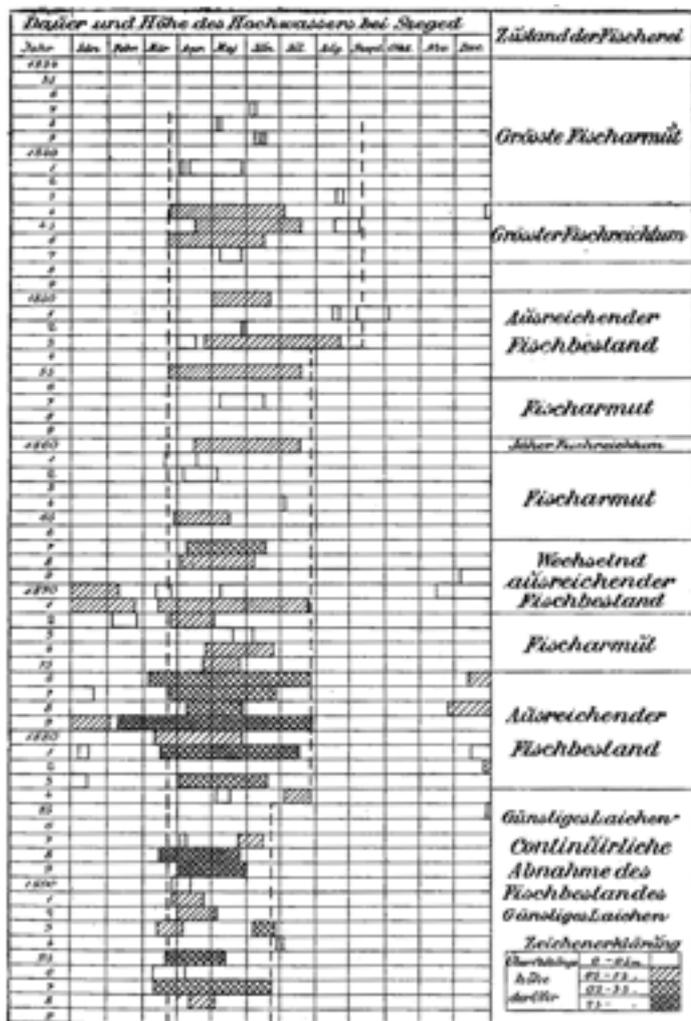


Abb. 1.81 Wirkung von Überschwemmungsdauer und Überflutungshöhe auf den Fischbestand und die Fischerträge aus der Theiß, dargestellt um 1900



Abb. 1.82 Fischfang mit Handdaubeln in Rumänien, um 1937

1961 und 1979 lagen die durchschnittlichen jährlichen Ausfänge bei 102,7 Tonnen, wobei donautypische Arten wie Karpfen, Hecht, Schied, Schleie, Wels, Zander und Wolgazander 46% ausmachten. Von 1993 bis 1996, nach der Inbetriebnahme des Kraftwerkes, sanken die Erträge auf lediglich 27 t. Im Szigetköz, der kleinen Schüttinsel, fielen die Werte von 1976 bis 1992 von 207,5 auf 77,4 t, obwohl die Befischungintensität der Sportfischer in diesem Zeitraum gestiegen war (Guti 1993).

* Die Daten beziehen sich auf alle Seiten- und Altarme der Donau, die Moson-Donau, Abschnitte der Raab und Rabca, den Donauarm bei Soroksar, den „Szelider“ See, Donauarme bei Fadd Tolna und Beda sowie auf den ungarischen Teil des Großen Bačka-Kanals.



2

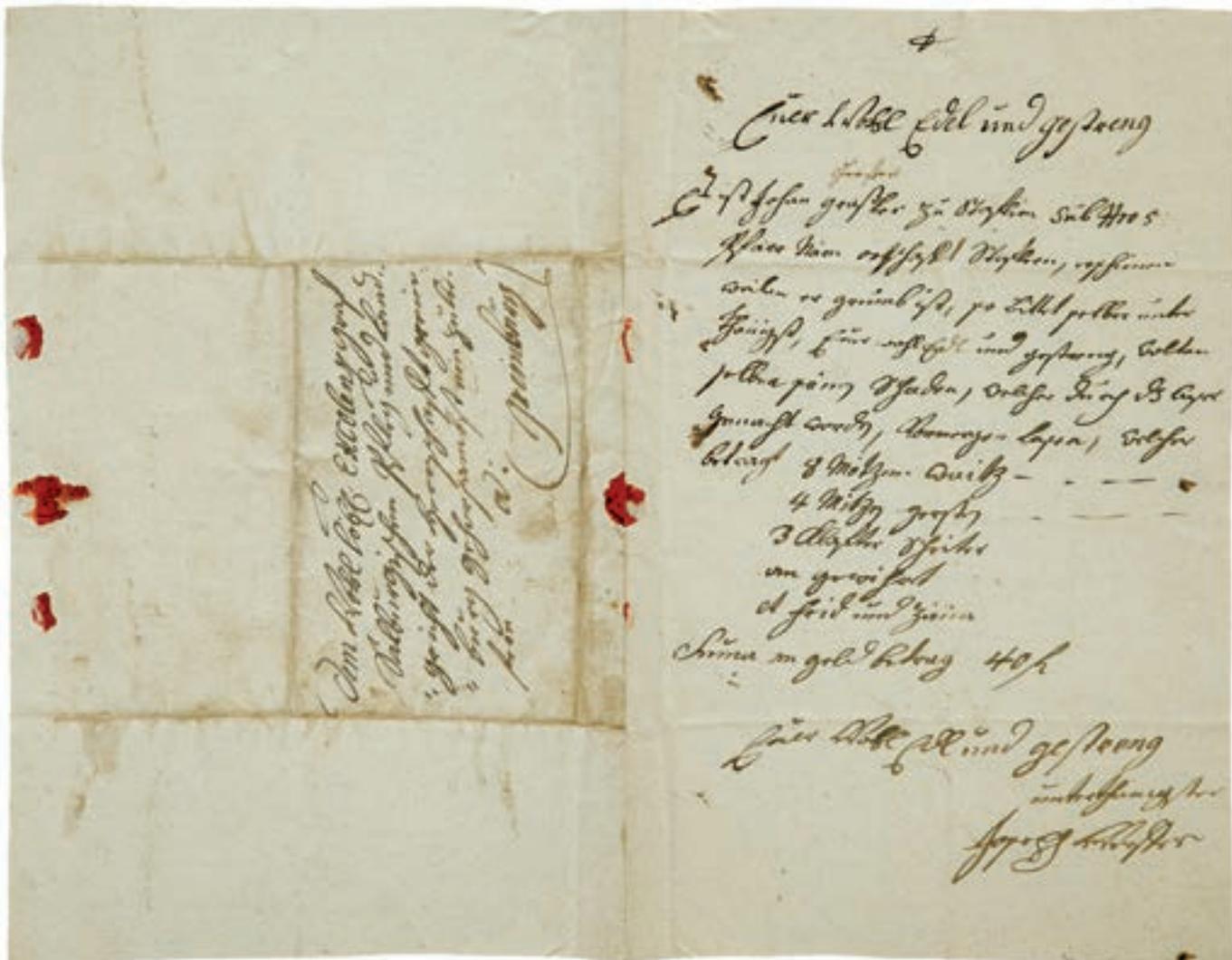
Österreichische Donau – historische Entwicklung

2.1

120 **Donau-Metamorphose – von der naturbelassenen
Flusslandschaft zur Wasserstraße**

2.2

178 **Die Fische der Donau – ein Spiegel des Wandels
der Flusslandschaft**



Dem Wohl Edl. Excellenzgräf
 Rathsverordneten Pfalz und Landt.
 in Greinburg
 in dem Hochstift Bamberg
 Joh. Grob.

4

Euer Wohl Edl und gestreng
 Joseph Grob zu Stafflern Sub Nro 5
 kläre dem obersichtlichen, erschienen
 weilen er grumb ist, so Bittet selber unter
 thanigst, Euer wohl Edl und gestreng, wolten
 selben seinen Schaden, welcher durch Wasser
 gemacht worden, Vermergen lasen, welcher
 betragt 8 Mötzen Waitz
 4 Mötzn Gerste
 3 Clafter Scheiter
 an gewahrt
 et Frid und Zaine
 Summa an geld betrag 40 fl

Euer Wohl Edl und gestreng
 unterthanigster
 Joseph Grob

An die Herrschaft Greinburg gerichtetes Bittgesuch eines Untertanen um Hilfe nach dem Hochwasser 1786 oder 1787

Euer Wohl Edl und Gestreng

Es ist Johan Grob zu Stafflern Sub Nro 5: Pfarr Narn ortschaft Stafflern, erschienen weilen er grumb ist, so Bittet selber unter thanigst, Eur wohl Edl und gestreng, wolten selben seinen Schaden, welcher durch Wasser gemacht worden, Vermergen lasen, welcher betragt 8 Mötzen Waitz
 4 Mötzn Gerste
 3 Clafter Scheiter
 an gewahrt
 et Frid und Zaine
 Summa an Geld betrag 40 fl.

Euer Wohl Edl und Gestreng
 unterthanigster
 Joseph ...

2.1

Donau-Metamorphose – von der naturbelassenen Flusslandschaft zur Wasserstraße

Die (fast) menschenleere Donaulandschaft nach der Eiszeit

Was seit dem Ende der letzten Eiszeit vor rund 12 000 Jahren, dem Beginn des Holozäns, bis zum Hochmittelalter an der österreichischen Donau geschah, konnte bis heute nicht restlos geklärt werden. Dies ist einerseits darin begründet, dass erst seit ungefähr 1 000 Jahren bruchstückhafte Überlieferungen zur Entwicklung der Donau vorliegen, andererseits auch dadurch, dass die meisten Überreste vergangener Donaulandschaften durch die intensive Flussdynamik wieder ausgeräumt wurden. Eigentlich war die Donau von der letzten Eiszeit nicht direkt betroffen, das heißt, sie war nicht unmittelbar vom Eis bedeckt. Aus den Alpen kommende Gletscher und Zubringer lagerten jedoch riesige Mengen an Schutt im nördlichen Alpenvorland und in den Donauebene ab. Diese glichen in weiten Bereichen einer baumlosen Tundra. Die folgende Klimaerwärmung ermöglichte die Ausbreitung von Baumarten aus dem östlichen Raum. Zuerst waren es verschiedene Weiden-, Birken- und Kieferarten, gefolgt von der Haselnuss. Zu Beginn der Jungsteinzeit, vor 5 000 bis 6 000 Jahren, wanderten dann Eiche, Ulme und Linde ein, die in den älteren und stabileren Bereichen der Auegebiete adäquate Bedingungen vorfanden. Am längsten benötigten

Esche, Erle und Ahorn für die Wiederbesiedelung Mitteleuropas. Sie tauchten erst vor 4 000 bis 5 000 Jahren auf (Bleicher 2010). Heute wissen wir, dass das Ende der Eiszeit doch wesentlich rascher ablief, als bisher angenommen (IPCC 2001).

Die relativ abrupte Klimaerwärmung hatte dabei natürlich auch gravierende Auswirkungen auf die österreichische Donau. Schmelzende Gletscher und vermehrte Niederschläge in Form von Regen führten gegen Ende der Eiszeit zu steigenden Abflüssen. Da die Böden und damit auch die Vegetationsdecke im Einzugsgebiet noch nicht gut entwickelt waren, war auch das Wasserrückhaltevermögen der Böden wesentlich schwächer ausgeprägt als heute. Daher ist anzunehmen, dass sprunghaft anschwellende Hochwässer an der Wende von der Eiszeit zum Holozän typisch waren. Durch die verstärkten Abflüsse dürfte es für die Donau einfach gewesen sein, das Schuttmaterial in den Beckenlagen auszuräumen, zumal sich auch die Uferbereiche durch die fehlende Gehölzvegetation als wenig stabil erwiesen. Mit dem Abtransport des Materials tiefte sich die Donau rasch in das Niveau der eiszeitlichen Ablagerungen ein und schuf somit neue Auegebiete auf einem tieferen Niveau. Die dadurch entstandene,

mehrere Meter hohe Geländestufe wird heute entlang der Donau als „Wagram“ oder „Niederwagram“ bezeichnet (Abb. 2.1). Mit zunehmender Eintiefung verringerte sich allmählich auch die Anzahl der Flussarme, die zuvor auf der eiszeitlichen Niederterrasse über die gesamte Talbreite gependelt waren.

Hätte sich die Entwicklung der Donau-Auen wirklich so einfach zugetragen wie oben beschrieben, dann wären heute in der österreichischen Donaulandschaft noch viele Relikte aus der Zeit kurz nach der Eiszeit auffindbar. Tatsächlich liegen jedoch nur mehr wenige Spuren davon als „stumme Zeugen“ vor. Grund dafür ist, dass das Klima und damit in Verbindung die Abflussverhältnisse der Donau auch noch nach der Eiszeit deutlichen Schwankungen unterlagen. So gab es in den Donaubecken Phasen mit verstärkter Akkumulation von Feststoffen, gefolgt von solchen, in denen wieder Erosionsprozesse dominierten. In Zeiten der Akkumulation konnte sich die Auenvegetation auf den frisch abgelagerten Sedimenten über weite Bereiche der Becken ausbreiten. Die Ablagerungen und die Auwälder wurden in späterer Zeit jedoch wiederholt von der Donau abgetragen und fortgeschwemmt. Aufschluss über diese „Paläo-Auen“ der Donau geben heute vor allem Baumstammfunde (meist Eichen) an der Basis des

heutigen Donau-Alluviums, die meist beim Bau der Donaukraftwerke im Untergrund aufgefunden wurden. Eine erste größere Umlagerungsphase ist im Tullner Becken durch Kiefern- und Birkenfunde für den Zeitraum vor 7 400 bis 8 700 Jahren belegt (Tollmann 1986). Vor 5 100 bis 5 800 Jahren kam hingegen die Dynamik der Donau beinahe zum Erliegen und Sedimentationsprozesse herrschten vor. Um diese Zeit wiesen die Donau-Auen allerdings noch vergleichsweise ungünstige Bedingungen für die Entwicklung dichter Waldbestände auf. Über weite Bereiche war der Grundwasserspiegel so hoch, dass es zur Vermoorung kam und in weiterer Folge großflächige Anmoore entstanden (Becker 1978).

Auf diese stabilere Periode folgte eine bis vor 2 400 Jahre andauernde Phase, in der drei Sedimentationszyklen mit Zeiten verstärkter Erosion abwechselten. Daraus gingen an der oberösterreichischen Donau die als „Oberes Hochflutfeld“ bezeichneten Flussterrassen hervor, deren Höhen zwischen der eiszeitlichen Niederterrasse und dem aktuellen Auenniveau liegen (Abb. 2.2; Kohl 1999). Analog dazu entstand im Tullnerfeld das sogenannte „Donaufeld“, das in späterer Zeit teilweise von Donauarmen wieder umgelagert wurde (Piffel 1971). Im Wiener Raum und im Marchfeld sind hingegen nach aktuellem Kenntnisstand über-

Abb. 2.1 Bei Hochwässern fungiert der „Wagram“, die Böschung zwischen dem Auegebiet und der eiszeitlichen Niederterrasse, als Ufer des Überschwemmungsgebietes (links im Bild: die eiszeitliche Terrasse mit der bereits großteils abgesiedelten Ortschaft Eizendorf im Machland 2009).



haupt keine postglazialen Terrassenkörper vorhanden. Allerdings wurde die jüngste eiszeitliche Terrasse, die sogenannte Prater-Terrasse, später vor allem im donaanahen Bereich intensiv überformt.

Zur Zeit der Entstehung des Oberen Hochflutfeldes während der Jungsteinzeit und der Bronzezeit lebten bereits zahlreiche Menschen im österreichischen Donauraum. Heute wird angenommen, dass für die wechselnde Dynamik der Donau nicht nur Klimaveränderungen verantwortlich waren, sondern auch größere Rodungen. Dadurch wurde nicht nur das Abflussverhalten der Gewässer verändert, vielmehr führte die verstärkte Bodenerosion im Einzugsgebiet auch zu vermehrter Ablagerung von Aulehm in den Talböden der größeren Flüsse. Neben der natürlichen, im Laufe der Zeit zunehmenden Bodenreife der Auegebiete trug damit der Mensch vermutlich dazu bei, die Fruchtbarkeit der Aueböden zu steigern. Dies lässt sich auch anhand der Zuwachsleistung fossiler Eichenstämme gut belegen (Becker 1982; Tollmann 1986). Es könnte dabei auch eine Rolle gespielt haben, dass die großflächigen Anmoore mit ihren ungünstigen Standortsbedingungen im Lauf der Zeit immer weniger wurden.

Der Donaauraum hatte zur Zeit der Ausbreitung der neolithischen Revolution in Mitteleuropa vor ca. 5 500 Jahren, beim Wechsel des Menschen von der Lebensweise als Jäger und Sammler zu Ackerbau und Viehzucht, eine ganz wesentliche Bedeutung. Die Ausbreitung erfolgte nämlich von der Schwarzmeer-Region entlang der Donauachse Richtung Westen und Norden (vgl. dazu Donauzivilisation in Kapitel 1.3; Haarmann 2011). Nach jüngsten Erkenntnissen waren vor 4 000 Jahren bereits 15 % der Landbedeckung im Einzugsgebiet der Oberen und Mittleren Donau vom Menschen verändert (Abb. 2.3; Giosan et al. 2012). Mit der fortschreitenden Landnahme einhergehend stieg seither die Sedimentation im Donaudelta von ungefähr 15 Mio. t pro Jahr auf rund 70 Mio. t zu Beginn des 20. Jahrhunderts.

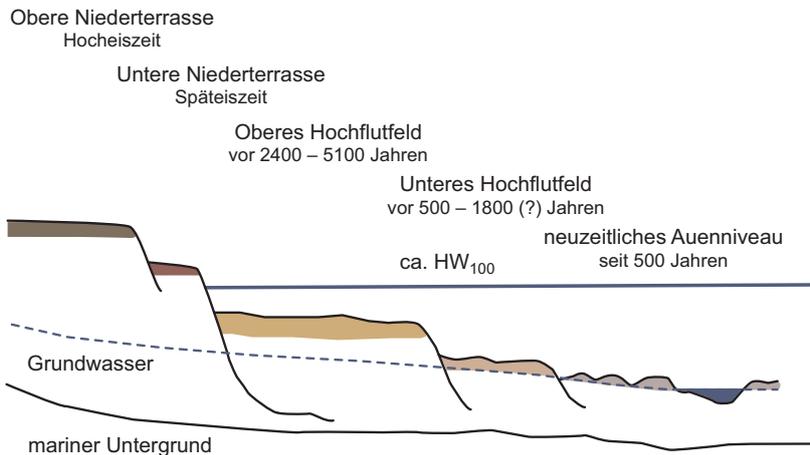
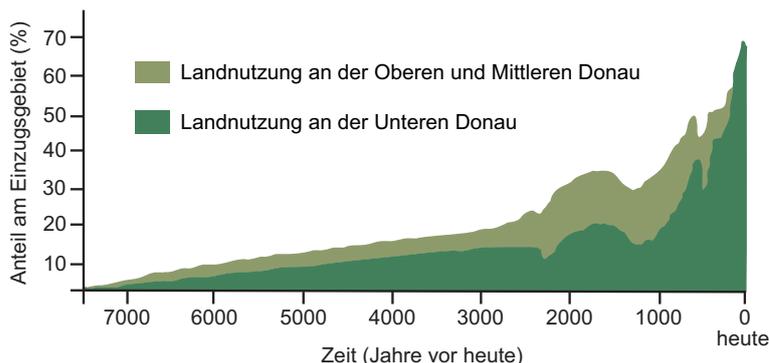


Abb. 2.2 Flussterrassen der Donau in Oberösterreich seit der letzten Eiszeit

Die Donau von der Römerzeit bis Ende des Mittelalters

Dass die Donau zur Zeit der Römer eine bedeutende Rolle als Limes spielte, ist hinlänglich bekannt. Aber wie sah die römertzeitliche Donau eigentlich aus?

Nach der Entstehung des Oberen Hochflutfeldes kam es zu einer neuerlichen Eintiefungsphase, welche sich kurz vor oder während der Römerzeit zugetragen haben muss (Kohl 1991). Funde fossiler Baumstämme an der deutschen Donau und die teilweise Erosion römischer Siedlungen wie in Vindobona, Carnuntum oder im südlichen Tullner Becken deuten auf eine verstärkte Dynamik der Donau hin, die mit der erwähnten Eintiefungsphase in Zusammenhang stehen könnte (Tollmann 1986; Gietl et al. 2004). So wurde auch das größte Legionslager in Österreich, in Albing nahe der Ennsmündung, um 190 n. Chr. aufgelassen, um auf der höheren Niederterrasse bei Lorch als neues Lager Lauriacum wieder errichtet zu werden.

Abb. 2.3 Entwicklung der Landnutzung durch die Menschen im Donauraum seit 7 500 Jahren (in % des Einzugsgebietes). An der Oberen und Mittleren Donau wurde die natürliche Vegetationsdecke seit Jahrtausenden großflächiger verändert als an der Unteren Donau.

Die fortschreitende Landnahme durch die Römer im Einzugsgebiet südlich der Donau könnte die Hochwässer der Donau zusätzlich verstärkt haben. Unter der Annahme einer intensiveren hydromorphologischen Dynamik der Donau wäre für diesen Zeitraum ein ähnliches Erscheinungsbild der Flusslandschaft anzunehmen, wie dies im späten 18. Jahrhundert der Fall war (Abb. 2.4). Damals war die Donau stark verzweigt und wies neben ausgedehnten Kiesbänken zahlreiche kleine und große bewachsene Inseln auf. Ein derartig dynamischer Grenzfluss kann von Feinden nicht so leicht überschritten werden wie ein mäandrierender Strom. Das Gewirr aus Flussarmen und Inseln war von den Römern aber auch schwerer zu kontrollieren.

Der Beginn einer neuerlichen Phase mit verstärkter Sedimentation wird für die späte Römerzeit oder gegen Ende der Völkerwanderung um 500 n. Chr. angenommen (Kohl 1991, 1999). Dadurch entstand im Verlauf mehrerer Jahrhunderte eine neue, in Oberösterreich als „Unteres Hochflutfeld“ genannte Flussterrasse. Im Tullnerfeld und

im Marchfeld gibt es diese Aufschüttung hingegen offenbar nicht mehr. Laut Piffel (1971) könnte sie in der aktuellen neuzeitlichen Auenzone aufgegangen sein. Das Untere Hochflutfeld dürfte bis gegen Ende des Hochmittelalters um 1300 n. Chr. dem Auenniveau der Donau entsprochen haben. Mit der einsetzenden bayerischen Landnahme des österreichischen Donaaraums ab etwa 1000 n. Chr. wurden entlang größerer Donauarme zahlreiche Siedlungen gegründet, da der Strom eine wichtige Wirtschafts- und Verkehrsader war. Lage, räumliche Ausrichtung und Namen dieser Neugründungen geben wertvolle Aufschlüsse über den ehemaligen Verlauf der größeren Donauarme (Slezak 1948). Demnach bildete die Donau im frühen Mittelalter im Tullnerfeld und im Marchfeld große Mäanderbögen aus, die weit nach Norden reichten. Südlich der Donau existierten vermutlich ebenfalls größere Mäanderschleifen, die aber von der Donau wieder erodiert wurden. Die Flussbögen wanderten dabei über die angrenzenden, Jahrtausende alten Flussterrassen und überformten deren obere Schichten. Später wurden diese Bereiche noch lange von Altarmen eingenommen und im Tullnerfeld allgemein als „See“ bezeichnet, was sich noch heute in einigen Flurnamen wiederfindet (Slezak 1948). Mit der Besiedlung wurde der Auwald zurückgedrängt und auf den solcherart freigewordenen Flächen Ackerbau betrieben. Dabei waren wegen der weiterhin häufigen Überschwemmungen viele Felder nach der Theresianischen Fassion um 1750 als „Freyfeldt“ von Steuern und Dienstbarkeiten befreit (Piffel 1971). Im Wiener Raum dürften die bis ins 19. Jahrhundert existierenden, mäanderförmigen Hochwassermulden im Norden der Stadt bis hin nach Leopoldau aus dieser Zeit stammen. Der heute noch bestehende Großenzersdorfer Mäander dürfte hingegen jüngeren Ursprungs sein. Ebenfalls gut erkennbar ist ein alter Mäander östlich von Wien entlang der Linie Oberhausen – Wittau – Probstdorf. Von hier aus zog sich die Grenze des Mäandergürtels im Marchfeld über Wagram und Kopfstetten bis Engelhartstetten. Eventuell reichten einige Mäander sogar noch weiter nach Norden (Slezak 1948; Abb. 2.5). Was genau der Grund für die Ausbildung großer Mäander gewesen sein könnte, bleibt Gegenstand von Vermutungen. Bei gleichbleibendem Gefälle



Abb. 2.4 So in etwa könnte die Donau während der Römerzeit ausgesehen haben (Rekonstruktion der Römerstadt Carnuntum bei Petronell/Bad Deutsch-Altenburg).



Abb. 2.5 In der Josephinischen Landesaufnahme sind um 1775/80 die Reste des mittelalterlichen Mäandergürtels östlich von Wien noch erkennbar (Bildmitte). Ein kleines Gewässer markiert den ehemaligen Mäanderverlauf entlang der Ortschaften Sachsengang (heute Oberhausen) – Wittau – Probstdorf (der Großenzersdorfer Mäander am linken Bildrand ist vermutlich erst später entstanden).

könnte eine Verringerung des Abflusses solche Effekte hervorgerufen haben. Eine Reduktion des Sedimentaufkommens wäre ebenso denkbar. In diesem Zusammenhang könnte auch die zwischenzeitlich eingetretene Wiederbewaldung nach der Auflassung römischer Siedlungen im Zuge der Völkerwanderung eine Rolle gespielt haben.

Im Spätmittelalter und in der frühen Neuzeit, zwischen 1300 und 1600 n. Chr., kam es zur letzten Eintiefungsphase in der nacheiszeitlichen Geschichte der Donau. Durch die zunehmenden Hochwässer wurde das Untere Hochflutfeld in den Donaubecken teilweise oder zur Gänze wieder abgetragen und das heutige Auenniveau

geschaffen. Es ist daher vermutlich kein Zufall, dass dieser Zeitraum mit dem Übergang von der Mittelalterlichen Warmzeit zur Kleinen Eiszeit zusammenfällt. Gut denkbar, dass die hydromorphologischen Veränderungen der Donau mit diesem Klimawandel in Zusammenhang stehen. Dabei darf aber jedenfalls nicht außer Acht gelassen werden, dass im selben Zeitraum auch die Rodungs- und Siedlungstätigkeit im Einzugsgebiet intensiv vorangetrieben wurde, die sicherlich ebenfalls erhebliche Auswirkungen auf das Abflussregime der Donau hatte (Bork et al. 1998).





Abb. 2.6 Fundstück aus den Klosterneuburger „Streitakten“: die Wiener Donau-Auen um 1570/80 rekonstruiert im Jahr 1632 zur Dokumentation des früheren Zustandes

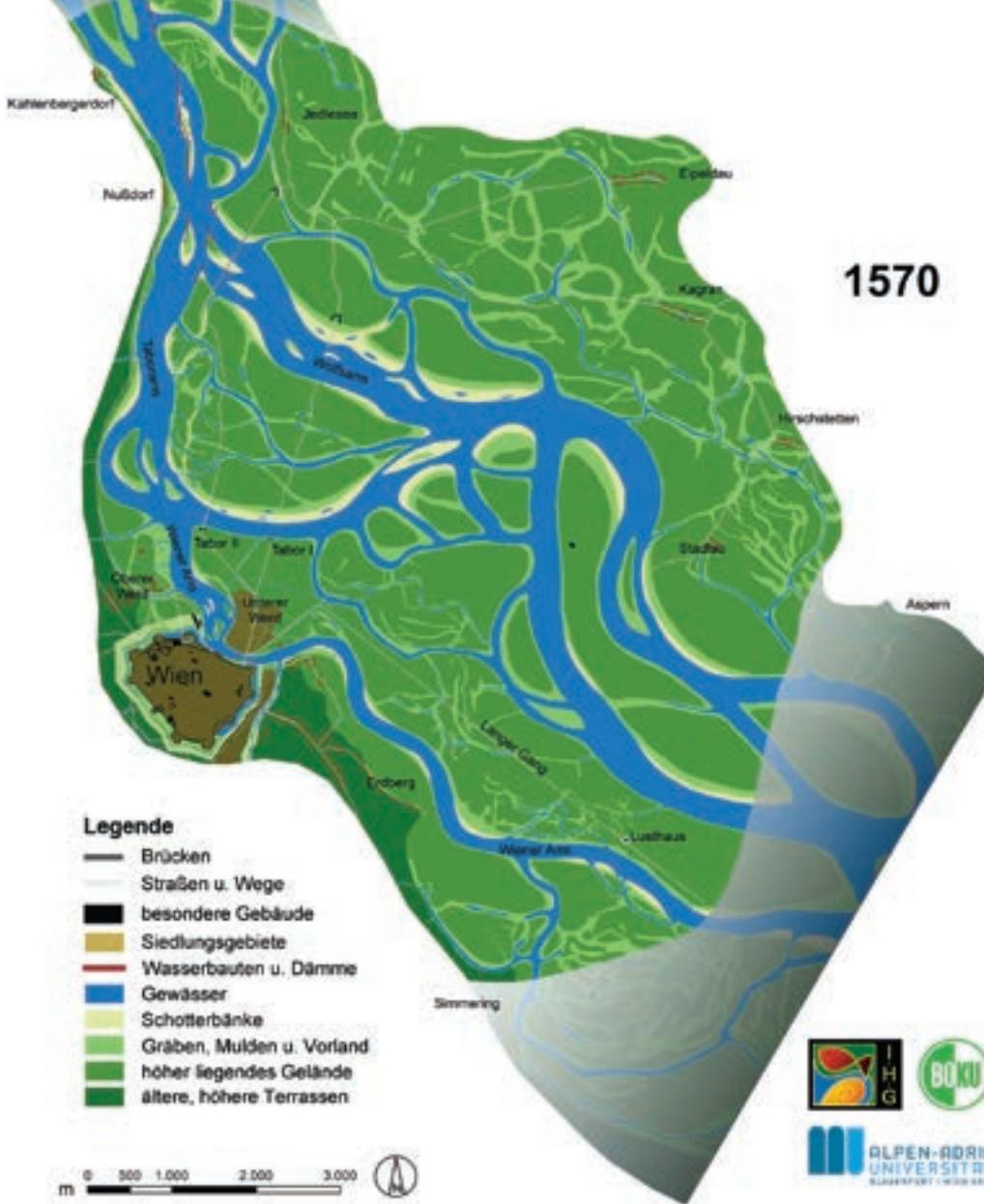
Im Zuge dieser Umbruchphase fällt auf, dass die Donau ab dem 13. Jahrhundert verstärkt ans rechte Ufer nach Süden drängte, wie sie dies schon in spätrömischer Zeit getan hatte. Diesem Umstand fielen zuerst das Kloster St. Georgen bei der Traisenmündung, Teile von Tulln, mehrere Siedlungen im Tullnerfeld und in der Wiener Pforte, sowie flussab von Wien das ehemalige Poigen zum Opfer (Slezak 1948). Im Gegenzug zog sich die Donau vom nördlichen Augebiet allmählich zurück, die ehemals durchströmten Mäander entwickelten sich zu Altarmen oder verlandeten vollständig. Von dieser Entwicklung war etwa die Stadt Krems betroffen, die dadurch seit dem 14. Jahrhundert nicht mehr direkt an der Donau lag. Stattdessen gewann der Ort Stein für die Schifffahrt und als Handelsplatz an Bedeutung. Die Ursachen für das wiederholte Ausweichen der Donau nach Süden sind bis heute nicht geklärt. Eine mögliche Erklärung anhand des Baerschen Gesetzes, demzufolge die Corioliskraft in der nördlichen Hemisphäre generell eine stärkere Erosion der rechts liegenden Ufer begünstigt, ist bis heute umstritten. Die intensive Umlagerungsdynamik kulminierte in dem als „Himmelfahrtsgieß“ bekannten 1000-jährlichen Hochwasser im Jahre 1501. In der Chronik des Klosters Melk, den Melker Annalen, werden die Auswirkungen dieses Hochwassers eindringlich geschildert:

„In diesem Jahr trat eine sehr starke Überschwemmung der Gewässer ein, die am Tage vor Mariä Himmelfahrt begann und fast zehn Tage dauerte. Durch alle Stellen der Städte und festen Plätze an der Donau floss die Wasserflut so reichlich, dass sie schiffbar schienen. Sie stürzte Häuser von Grund aus um, zwei trug sie, als sie bei Melk vorüber floss, mit der Bewohnerschaft nach Osten davon. Die Wiesen und Maueranger bedeckte sie mit Sand, warf Bäume um und entwurzelte die Weinstöcke; unbeschädigte Gehöfte mit den Scheunen und dem Hausrat jeder Art führten sie bei Nacht und bei Tag davon. Schließlich wütete die Donau in den großen Städten und Dörfern so sehr, dass man kaum ein Haus unbeschädigt sah. Ein Teil des Volkes lachte, ein anderer weinte. Hier und in Teilen von Böhmen ging ein großer Teil der Menschen bei Nacht in den entstandenen Morästen zugrunde, und die Menschen wurden, nach Habakuks Weissagung, zu Meeresfischen.“ (Wattenbach 1851)

Die verheerenden Hochwässer im 15. und 16. Jahrhundert führten zum Untergang zahlreicher Siedlungen entlang der Donau. So zum Beispiel in Wien die Orte Ringelsee, Alt-Stadlau, Wulzendorf und Deindorf, in Oberösterreich die Ortschaft Rosdorf. Bis Ende des 16. Jahrhunderts hatte sich die Donau das neuzeitliche Fluss-Auensystem geschaffen, das im Wesentlichen bis zur systematischen Regulierung im 19. Jahrhundert existierte. Damit kommen wir zu jener Zeitperiode, aus der es bereits erste schriftliche und kartografische Aufzeichnungen zur Gestalt der Donau gibt.

Die frühneuzeitliche Donau

Man kann es schon erahnen – die intensive Flussdynamik führte zu zahlreichen Streitereien über die Grenzen von Grundeigentum, Jagd- und Fischereirevieren in den Donau-Auen. Denn es war keineswegs so, dass die Auen niemandem gehörten. Im Gegenteil, die Eigentums- und administrativen Zuständigkeiten waren auch schon im späten Mittelalter genau festgelegt, sofern die Donau die gewohnte Ordnung nicht immer wieder neu durcheinander brachte. Und so sind unter den ersten genaueren historischen Informationen zur Ausformung der Donaulandschaft viele Akten und Karten, die aus solchen Streitereien hervorgingen. Die Streitparteien ließen dabei die Flusslandschaft in Karten festhalten, um ihre jeweiligen Besitzansprüche zu dokumentieren. Solche frühen Kartierungen sind zum Beispiel für das östliche Machland ab dem 16. Jahrhundert nachweisbar, als zwischen der Herrschaft Wallsee und dem Kloster Baumgartenberg ein Konflikt um die Auen entbrannte. Detailliert belegt ist ein Streit an der Wiener Donau zwischen dem Wiener Bürgerspital und dem Stift Klosterneuburg, welcher von 1547 bis 1659 andauerte (Sonnlechner et al. 2013). Im Zuge des Streits erschien nach einem Eisstoß im Mai 1580 sogar der Probst des Klosters fluchend und mit einem Gewehr bewaffnet auf einer Insel in der Donau (Abb. 2.6). Es wurde damals auch auf eine Urkunde aus dem frühen 13. Jahrhundert verwiesen, der zufolge jeder zu exkommunizieren wäre, der sich einer Insel des Klosters bemächtigt. Es



1570

Abb. 2.7 Rekonstruktion der Wiener Donaulandschaft um 1570

Abb. 2.8 Blick von Nussdorf flussabwärts Richtung Wien um 1570: Im Vordergrund sind ein mehrere Kilometer langes Leitwerk und die Wasserbauten zur Abdämmung des Wolfsarmes zu sehen (Geländemodell von Google Earth mit GIS-Rekonstruktion überlagert).





Abb. 2.9 Planunggrundlage für die Regulierung des oberen Donaukanals erstellt vom Wasser- und Brückenbaumeister Hoffmann von Anckherschron im Jahr 1700 (unten Mitte: Nussdorf mit dem damaligen Nussdorfer Sporn; Ausschnitt)

scheint, als hätte bis ins frühe 16. Jahrhundert eine stabile Ordnung in den Wiener Donau-Auen bestanden, die nunmehr auf einmal ins Wanken geriet. Aufgrund der Brisanz und Häufigkeit solcher Konflikte wurden spätestens im 17. Jahrhundert die Rechtsansprüche klar geregelt. Dabei wurde präzise unterschieden, auf welche Art der Verlust beziehungsweise Gewinn an Landflächen in den Auen von-statten gegangen war – etwa durch Ufererosion, Aufschüttung neuer Inseln oder durch Entstehung eines neuen Flussarmes im Auegebiet („*alveus novus*“; *Codicis Austriaci* 1704). Die Auwälder der Donau der damaligen Zeit waren aufgrund des hohen Nutzungsdrucks bei weitem keine Urwälder mehr. Vor allem die Gewinnung von Brennholz erforderte eine intensive forstliche Bewirtschaftung. Bereits Mitte des 16. Jahrhunderts gab es in den Auwäldern im Umland von Wien nicht mehr genügend Holz, um den Bedarf zu decken. Große, gut gewachsene Baumstämme, die für den Brücken- oder Festungsbau verwendet werden konnten, waren bereits damals Mangelware und mussten aus weit entfernten Gebieten in Ober- und Niederösterreich herangebracht werden (Sonnlechner et al. 2013).

Auch wenn man beim Streit um die Wiener Donau-Auen nicht davon ausgehen kann, dass die Flusslandschaft davor tatsächlich „stabil“ gewesen wäre, so scheint die damals festgestellte Zunahme der Flussdynamik nicht völlig aus der Luft gegriffen zu sein. Ab den 1540ern wurde eine Veränderung der Strömungsrichtung flussauf von Wien festgestellt, wodurch die Straße und Weingärten am rechten Ufer zwischen Klosterneuburg und Nussdorf erodiert wurden. In den folgenden Jahrzehnten verstärkte sich dieser Trend, bis sich die Donau um 1565 von Wien abwandte und mit dem Wolfsarm weiter nördlich einen neuen gestreckteren Lauf schuf (Hohensinner et al. 2013a). Bis dahin war der Hauptarm der Donau in einem ausgeprägten Flussbogen weit nach Süden Richtung Stadt verlaufen (Abb. 2.7). Die Entwicklung dieses Flussbogens begann vermutlich im Zeitraum zwischen 1400 und 1450 n. Chr. Um 1565 hatte er offensichtlich seine maximale Ausdehnung erreicht und die Donau kürzte den Bogen weiter nördlich wieder ab. Diese Laufverlagerung veränderte nicht nur das Gewässernetz der

gesamten Flusslandschaft, sie hatte auch eine Menge Probleme für die Wiener Bevölkerung zur Folge. Die Erreichbarkeit der Stadt über den alten verlandenden Hauptarm, den sogenannten Taborarm, war nicht mehr so einfach und damit war auch die wichtigste Versorgungsrouten der Stadt beeinträchtigt. Neue Donaubrücken mussten gebaut werden, ebenso neue Straßen über die Inseln, ein befestigter Brückenkopf nördlich der Donau und eine neue Mautstation (siehe Tabor II in Abb. 2.7). Alleine die Brücke über den neuen Wolfsarm war mit rund 800 m mehr als doppelt so lang, wie die heutige regulierte Donau breit ist. Daneben mussten zahlreiche andere Brücken und Hochwege im Auegebiet errichtet werden, deren Länge sich auf insgesamt 2,4 km belief. Abgesehen von den ungeheuren Kosten, war es gar nicht so einfach, die vielen dafür notwendigen Baumstämme aufzutreiben (Slezak 1980; Sonnlechner et al. 2013).

Interessanterweise fällt dieser gravierende Umbruch der Wiener Donau exakt mit dem Beginn einer extremen Phase der Kleinen Eiszeit, der sogenannten „Grindelwald Fluktuation“, zusammen, die von den 1560ern bis in die 1620er andauerte (Behringer 1999; Pfister 2007). An der österreichischen Donau äußerte sich dies klar mit einer Zunahme an kleineren und größeren Hochwässern. Kein Wunder also, dass solche besonderen Umstände zu Rechtsstreitigkeiten über die Zugehörigkeit von neu entstandenen Inseln führten. Die Wiener versuchten noch über Jahrzehnte, die Donau im alten Taborarm Richtung Stadt zu leiten. Dazu errichteten sie bei Nussdorf mehrere große Leitwerke und Abdämmungen (Abb. 2.8). Die Donau ließ sich jedoch nicht mehr ins alte Bett zurückdrängen und um 1610 gaben die Wiener schließlich auf. Ein Teil des ehemaligen Taborarms blieb bis heute als Oberlauf des Donaukanals erhalten. Um eine Verlandung dieser für Wien so wichtigen Versorgungslinie zu verhindern, musste die Stadt Jahrhunderte lang für eine ausreichende Durchströmung des Wiener Arms, der seit 1703 als Donaukanal bezeichnet wird, sorgen (Abb. 2.9).

Abb. 2.10
Wiener Donau
zwischen 1455
und 1870: Phasen
der Annäherung
an die Stadt mit
anschließender
Rückverlagerung
Richtung Norden

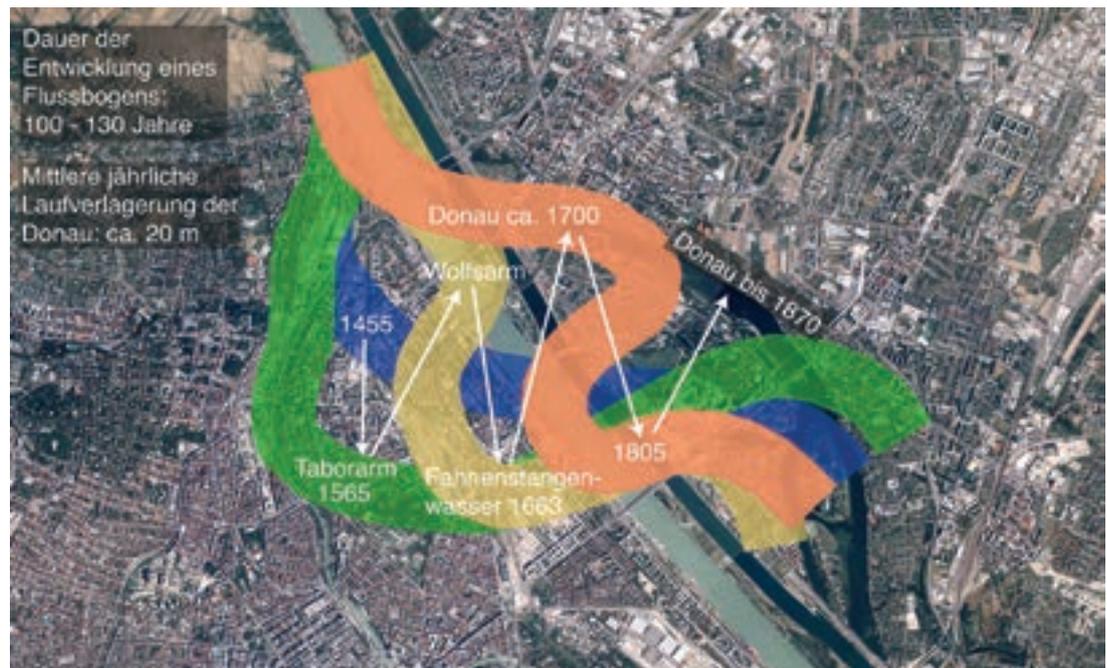


Abb. 2.11 Eine der frühesten Darstellungen des Strudels und Wirbels flussab von Grein, gezeichnet von Hans Lautensack um 1555 (links: Burg Werfenstein; Mitte: Strudel mit Insel Wörth und Wirbel im Vordergrund; rechts: der um 1860 gesprengte Hausstein)

Die bisherige Geschichtsschreibung ging von einem viel zu statischen Bild der Wiener Donau aus; hieß es doch, dass sich der Strom seit dem 12. Jahrhundert sukzessiv von der Stadt weg nach Norden verlagert hatte. In Wirklichkeit lassen sich für den Zeitraum zwischen 1450 und 1870, als die Donau reguliert wurde, drei Zyklen der Ausbildung eines Flussbogens Richtung Stadt mit anschließender Laufverkürzung identifizieren (Hohensinner et al. 2013a; Abb. 2.10). Ein Zyklus dauerte 100 bis 130 Jahre, wobei sich die Donau im Mittel mit ca. 20 m pro Jahr Richtung Stadt verlagerte. Dabei betrug die jeweils maximal erreichte Laufentwicklung (Sinuosität) zwischen 1,3 und 1,7. Das bedeutet, dass der Donaulauf um diesen Faktor länger war, als es der Luftlinie zwischen Anfangs- und Endpunkt entspricht. Interessanterweise wurde der größte Wert mit 1,7 um 1565 erreicht. Es ist somit durchaus denkbar, dass sich in den Jahrhunderten zuvor sogar noch etwas größere Mäander ausgebildet hatten.

Vermutlich lassen sich auch für andere Donauabschnitte ähnliche Beispiele umfassender Veränderungen der Donaulandschaft im 16. Jahrhundert finden. In Wien ermöglicht aber die gute historische Quellenlage detailliertere Analysen, als in ländlich geprägten Abschnitten. Zudem wurde damals abseits großer Städte kaum so viel Energie und Geld in den Wasserbau investiert. Jedoch mit einer Ausnahme: Wenig bekannt ist, dass im Greiner Struden bereits lange vor 1772 Regulierungsmaßnahmen in Angriff genommen wurden (Abb. 2.11). Im Jahr 1575 begannen hier Tiroler Bergknappen im Auftrag des Kaisers mit der Beseitigung von Felsen („Kugeln“) in dem für die Schifffahrt so gefährlichen „Strudel“ bei der Insel Wörth (Slezak 1975). Hier stand aber nicht das Wohl der lokalen Bevölkerung im Vordergrund, sondern vor allem die ungehinderte Versorgung der Hauptstadt Wien. Daher stießen die Arbeiter nicht nur bei der örtlichen Herrschaft auf Desinteresse, sondern mussten auch feststellen, dass die *„Strubmer und derselben Förgenknecht, deren viel sein und ihr meiste Nahrung mit Hilf und durch Reifung der Scheff allda haben, nit so gar gern sehen, wenn die Furt dies Orts geräumt, die Gefahr gewendet und ihnen dadurch ihre alte, lang hergebrachte Dienste und Nahrung abgestriekt würde“*. Aus diesem Grund zogen sie schließlich unverrichteter Dinge wieder ab.

Abgesehen von solchen Kachletstrecken, wie sie der Struden darstellte, drohte der Schifffahrt auch noch von ganz anderer Seite Gefahr: Von den Ufern ausgeschwemmte Bäume und im Flussbett liegen gebliebene Wurzelstöcke verursachten immer wieder Havarien. Nach einer im Jahr 1540 erlassenen Verordnung mussten daher die Uferbereiche von Gehölzen freigehalten werden, damit *„verderblicher Abbruch, Schaden und Gefährlichkeit fürkommen und verhütet wurde ... und befohlen haben, daß ihr in euren Auen das Holz auch grosse Stöck, Stämmen, rauhe Bäume an den Gestätten berührtes Wasser-Stroms abmaissen, hindan ziehen oder schleiffen und aushacken lassen“* (Codicis Austriaci 1704). Es waren damals somit nicht nur die Auegebiete hohem Nutzungsdruck durch Holzgewinnung und Weidewirtschaft ausgesetzt, auch die Ufer wurden schon bewirtschaftet. Die Entfernung der Gehölzvegetation in Uferstreifen mit einer Breite von etwa einer Baumlänge verringerte sicher-

lich die Erosionsresistenz der Ufer und trug damit indirekt zu einer verstärkten Umlagerungsdynamik der Donau bei. Der Umstand, dass dieselbe Vorschrift alleine zwischen 1540 und 1573 fünf Mal neu verordnet werden musste, legt die Vermutung nahe, dass dieser kaum Folge geleistet wurde. Wie wir im Weiteren noch sehen werden, waren aber die Donauufer schon seit ältester Zeit auch ganz anderen Belastungen ausgesetzt.

Wenig los im 17. Jahrhundert?

Gäbe es die Streitakten nicht, dann wüssten wir heute recht wenig über die Entwicklung der Donau im Laufe des 17. Jahrhunderts. Im östlichen Machland und in Wien gingen die Konflikte nach jedem größeren Hochwasser aufs Neue los, sicherlich aber auch in anderen Donaueggen, von denen wir heute keine genaueren Kenntnisse mehr haben (Abb. 2.12). Vielleicht gab es damals auch wichtigere Probleme, als sich um den Wasserbau an der Donau zu kümmern. Im Dreißigjährigen Krieg zwischen 1618 und 1648 wurde das Land verwüstet, feindliche Heere standen zwei Mal vor den Toren Wiens. Kaum war diese Gefahr gebannt, warf der Krieg gegen die Türken seine Schatten voraus und Wien war mit dem weiteren Ausbau seiner Befestigungsanlagen beschäftigt. Einmal herrschte aber dann doch auch akuter Handlungsbedarf an der Donau: Ein nördlich des Wiener Praters verlaufender Hauptarm der Donau formte einen Flussbogen Richtung Süden aus und erodierte dabei größere Bereiche des kaiserlichen Jagdreviers. Um einer weiteren Erosion des Praters vorzubeugen, wurden um 1645 Abdämmungen errichtet und im Jahr 1649 zwei bis zu 340 m lange Durchstiche ausgehoben (Abb. 2.13). Drei weitere Durchstiche und andere Wasserbauten waren geplant. Dieses Beispiel zeigt, dass selbst in einer Flusslandschaft, von der man bis vor kurzem glaubte, dass sie bis ins 19. Jahrhundert wasserbaulich weitgehend unberührt geblieben sei, sehr wohl umfangreiche Maßnahmen in höherem Interesse erfolgten. Nach

Acad
1032.



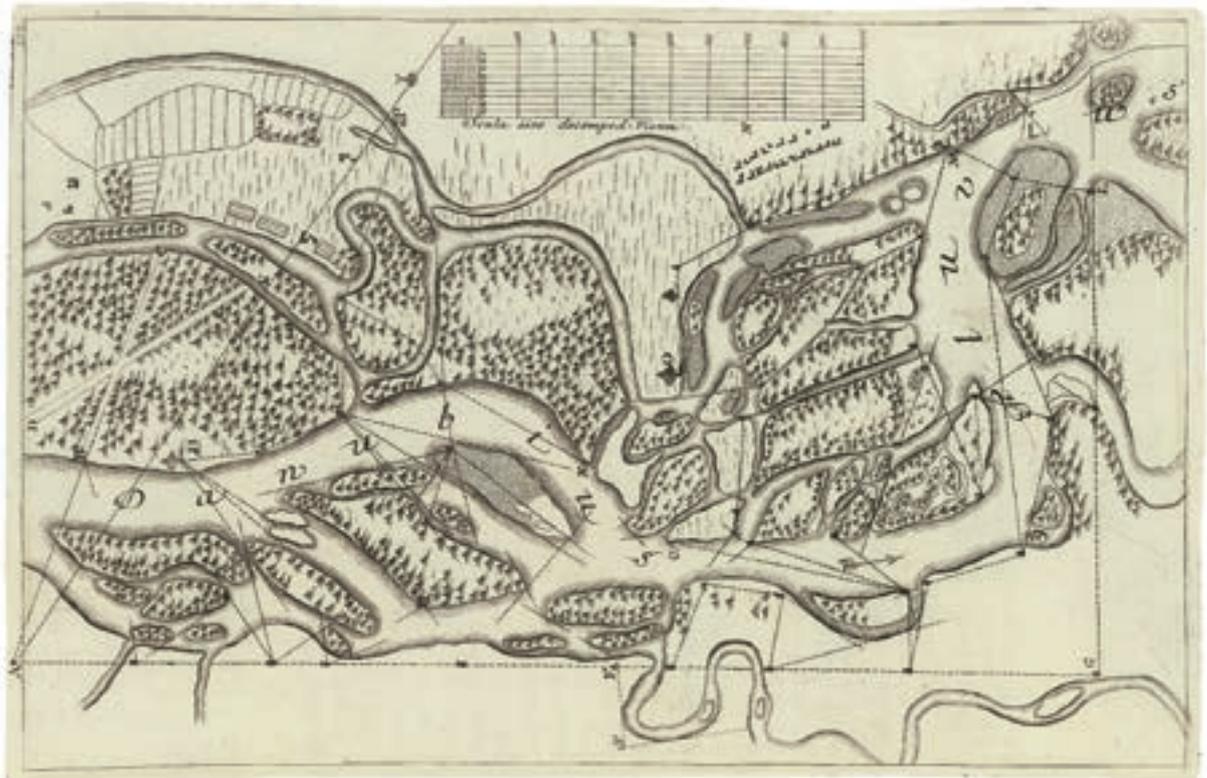


Abb. 2.12 Bis vor kurzem noch unbekannt: die älteste kartografische Aufnahme der Wiener Donau-Auen zwischen Nussdorf und Stadlau aus dem Jahr 1632



Abb. 2.13 Kampf gegen das Unvermeidliche: Plan der Wasserbaumaßnahmen nördlich vom Wiener Prater von Thomas Claußnitz um 1652
 (D/E) bereits vorgenommene Durchstiche
 (T) Langer Gang/Prater Hauptallee
 (V) Stadlau

Abb. 2.14 Die Vermessung der Donau im östlichen Machland 1714 dargestellt von J. J. Marinoni 1751 als Beispiel in seinem Lehrbuch der Vermessungskunde *De re ichnographica, cujus hodierna praxis exponitur ...*



zeitgenössischem Bericht wurde ein Drittel des gesamten Donauabflusses durch die beiden Durchstiche geleitet, was sicherlich erhebliche Auswirkungen auf die Entwicklung des unteren Wiener Donauabschnitts hatte. Dessen ungeachtet ließ sich die Donau aber nicht davon abhalten, weiter nach Süden vorzudringen und dabei einen Abschnitt des „Langen Gangs“, der heutigen Prater Hauptallee, abzutragen. Damit nicht genug, durchschnitt die Donau in den Jahrzehnten danach den gesamten Prater und erreichte schließlich um 1716 den Donaukanal. Dadurch drohte eine unkontrollierbare Umformung des gesamten Gewässersystems flussab von Wien, weshalb eiligst ein massiver Damm zum Schutz des Donaukanals errichtet wurde. Am Donaukanal selbst wiederum, dessen Mäanderschlingen der Donau gefährlich nahe gekommen waren, erfolgten ebenfalls zwei Durchstiche. Reste dieses gefährlichen Donauarmes sind heute noch im Prater als „Heustadelwasser“ erhalten.

Nachdem der Große Türkenkrieg zwischen dem Osmanischen Reich und dem Heiligen Römischen Reich Deutscher Nation mit dem Frieden von Karlowitz im Jahr 1699 beendet worden war, konnte man sich wieder vermehrt anderen Aufgaben widmen. In der Folgezeit wurden erste genauere Vermessungsarbeiten in den Donau-Auen durchgeführt und detaillierte Karten der Flusslandschaft erstellt. Während der italienische Gelehrte Luigi Ferdinando Marsigli den gesamten Donaulauf in einem mehrbändigen Werk umfassend beschrieb, fertigte der ebenfalls aus Italien stammende Astronom Johann Jakob Marinoni zahlreiche Kartenwerke von der österreichischen Donau an (Marsigli 1726a; siehe Karten von Marsigli in *Kapitel 1.1 Abb. 1.2 (Nr. 4)* und *Kapitel 1.3 Abb. 1.48*). Vor allem Marinonis Kartenwerke ermöglichen eine fundierte Beschreibung der österreichischen Donau lange vor Beginn größerer Regulierungseingriffe in das Gewässersystem (*Abb. 2.14*). Wie sah nun eine „typische“ österreichische Donau-Flusslandschaft zu dieser Zeit wirklich aus?



Abb. 2.15 Zweigeteilte Flusslandschaft: Donau und Au im Nationalpark Donau-Auen östlich von Wien

Die Donau-Auen – ein pulsierender Organismus

„Donau-Auen“ – dieser Begriff spiegelt unser heutiges Verständnis für eine von der Donau geprägte Flusslandschaft treffend wider. Die „Donau“ erscheint uns als ein räumlich klar abgrenzbares Gewässer, während die „Auen“ das beiderseits angrenzende, von Hochwässern geprägte Gebiet bezeichnen (*Abb. 2.15*). Nur selten – während größerer Hochwässer – erinnert uns die Donau daran, dass sie mehr Raum benötigt, als wir Menschen ihr eigentlich zugestehen möchten. Diese Zweiteilung in Fluss und Au existiert jedoch erst seit der einschneidenden Regulierung ab Mitte des 19. Jahrhunderts. Zuvor war die Frage „Was ist Fluss, was Au?“ nur schwer zu beantworten. Handelte es sich doch um ein Netzwerk aus sich ständig verändernden Flussarmen, welche über die gesamte Breite des Auengebietes wanderten und manchmal dabei sogar ganze Siedlungen wegerodierten. Im Gegensatz zum klassischen „verzweigten“ Flusstyp mit zahlreichen Kiesbänken und kleineren bewachsenen Inseln, wie er heute noch zum Beispiel am Lech vorliegt, wies die Donau in den Becken-

lagen auch mehrere sehr große Inseln auf, die zum Teil das gleiche Höhenniveau wie das angrenzende Umland hatten (Abb. 2.14). Einzelne Flussarme dieses Systems entwickelten sich weitgehend unabhängig mit gestrecktem, gewundenem oder sogar mäandrierendem Lauf. Einen Hauptstrom im heutigen Sinn gab es nicht, jedoch zumeist einen oder zwei größere, schiffbare Arme, die durch zahlreiche Kiesinseln unterschiedlicher Größe strukturiert waren. In Ermangelung eines passenden deutschen Begriffes wird ein solcher Flusstyp in der Fachliteratur als „anabranching“ bezeichnet. Nach der Flusstyp-Klassifikation von Nanson & Knighton (1996) ist die historische Donau demnach als „gravel-dominated, laterally active anabranching river“ einzustufen.

Heute denkt man bei Augewässern zumeist an von der Donau abgetrennte Stillgewässer, die in einem dichten Auwald eingebettet sind. Die historischen Quellen zeigen jedoch, dass solche Gewässer flächenmäßig nur von untergeordneter Bedeutung waren. Totarme und an den Hauptstrom angebundene Altarme machten damals abhängig vom untersuchten Donauabschnitt lediglich 5 bis 15% aller Gewässer aus. Hingegen stellten ständig durchströmte Haupt- und Nebenarme den weitaus größten Teil aller Gewässer dar. Demnach kam das Gewässersystem der Donau-Auen auch in erster Linie einer rheophil (strö-

mungsliebend) geprägten Gewässerfauna zugute (Abb. 2.16). Die Hauptarme der Donau waren vor der Regulierung nicht nur wesentlich breiter als heute, sondern auch erheblich seichter. Weitläufige, bis zu mehrere hundert Meter breite Kiesbänke prägten das Erscheinungsbild der größeren Arme. Einzelne Furten waren bei Niederwasser in der Strommitte sogar nur rund einen Meter tief. Das bedeutet, dass man damals die Hauptarme der Donau theoretisch an besonders seichten Stellen zu Pferd überqueren konnte. Tatsächlich war dies jedoch aufgrund der starken Strömung kaum möglich. Während der Hauptstrom heute von den Gewässern im Augebiet großteils durch Uferdämme und Pumpwerke getrennt ist, lag früher eine Vielzahl von Verbindungen vor (vgl. Abb. 2.42). Stieg der Wasserstand in den Flussarmen der Donau, breitete sich die Spiegelände rasch über die verschiedenen Gewässer im Augebiet aus. Bereits bei kleineren Hochwässern erweiterte sich der Wasserlebensraum nicht nur entlang der bestehenden Augewässer, sondern erfasste auch die alten, mittlerweile bewachsenen Gräben und Senken im Augebiet. Dadurch wurden auch jene Bereiche des Augebietes erreicht, die einige Kilometer vom Hauptstrom entfernt lagen. Dieses Expandieren des Wasserlebensraumes bei steigenden Wasserständen beziehungsweise das folgende Zusammenziehen beim Rückgang der Wasserführung ist einem pulsierenden

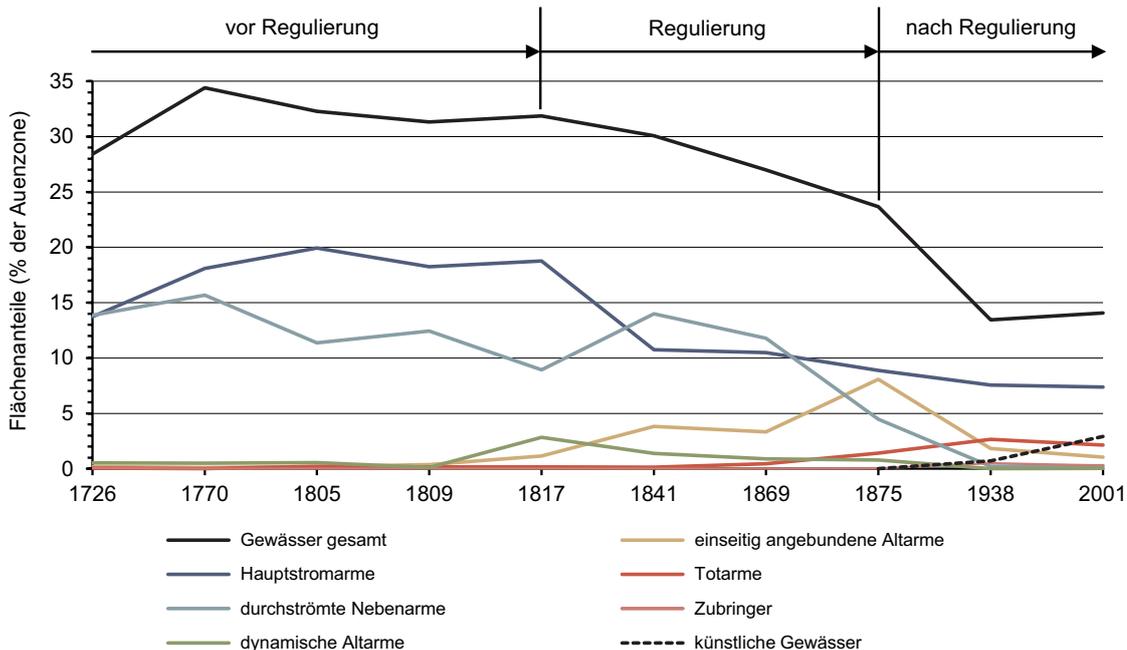


Abb. 2.16
Vom dynamischen Lebensraum zur stabilen Au: Gewässerentwicklung in der Lobau östlich von Wien (Werte bezogen auf die neuzeitliche Auenzone)

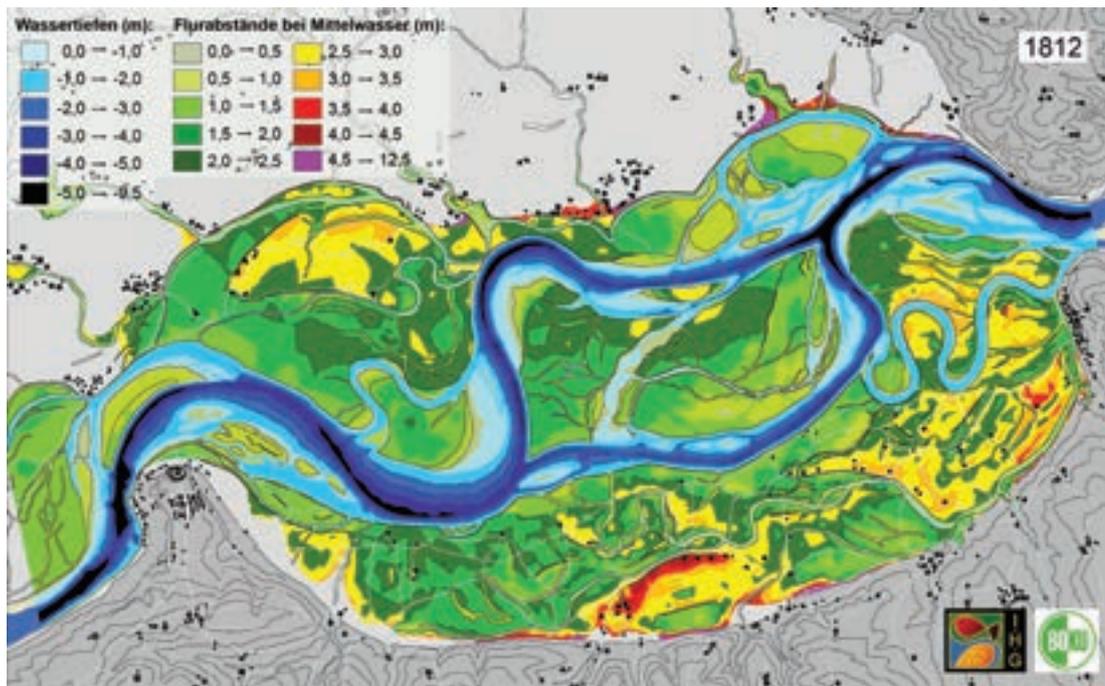


Abb. 2.17
Flurabstände und Wassertiefen bei Mittelwasser im östlichen Machland 1812. Der Großteil des Augebietes war durch Flurabstände von weniger als 2,5 m (grün) geprägt. Bauernhäuser waren zumeist auf trockeneren Stellen (orange und rot) angesiedelt.

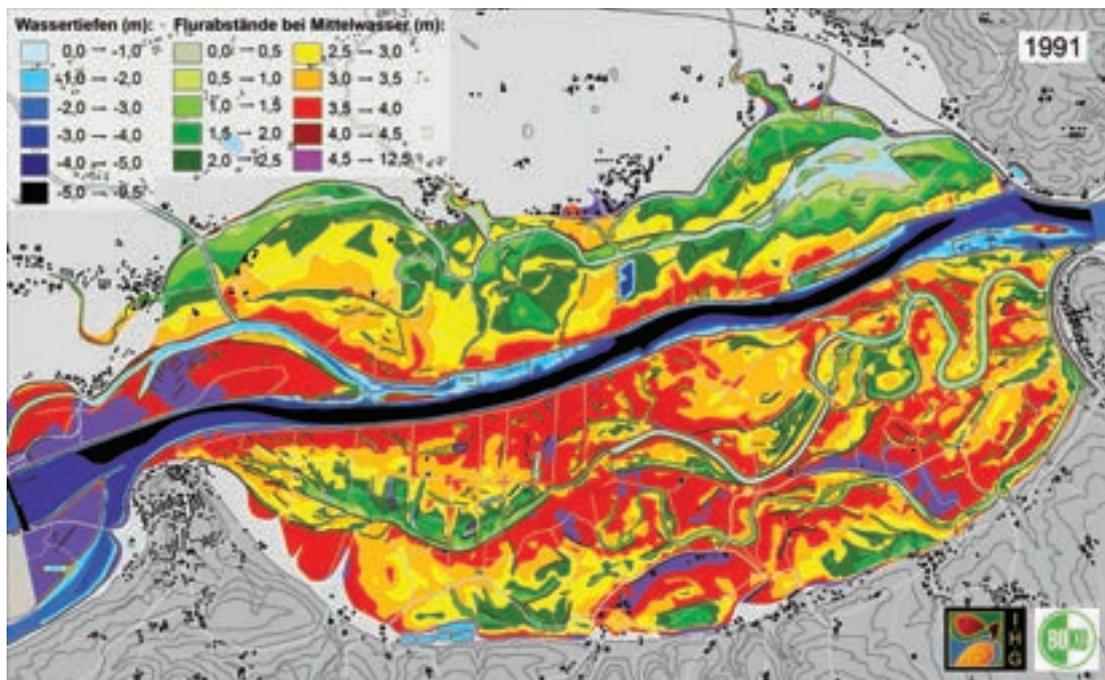


Abb. 2.18
Flurabstände und Wassertiefen bei Mittelwasser im östlichen Machland 1991. Der Vergleich mit der Situation im Jahr 1812 verdeutlicht die Austrocknung des Augebietes.

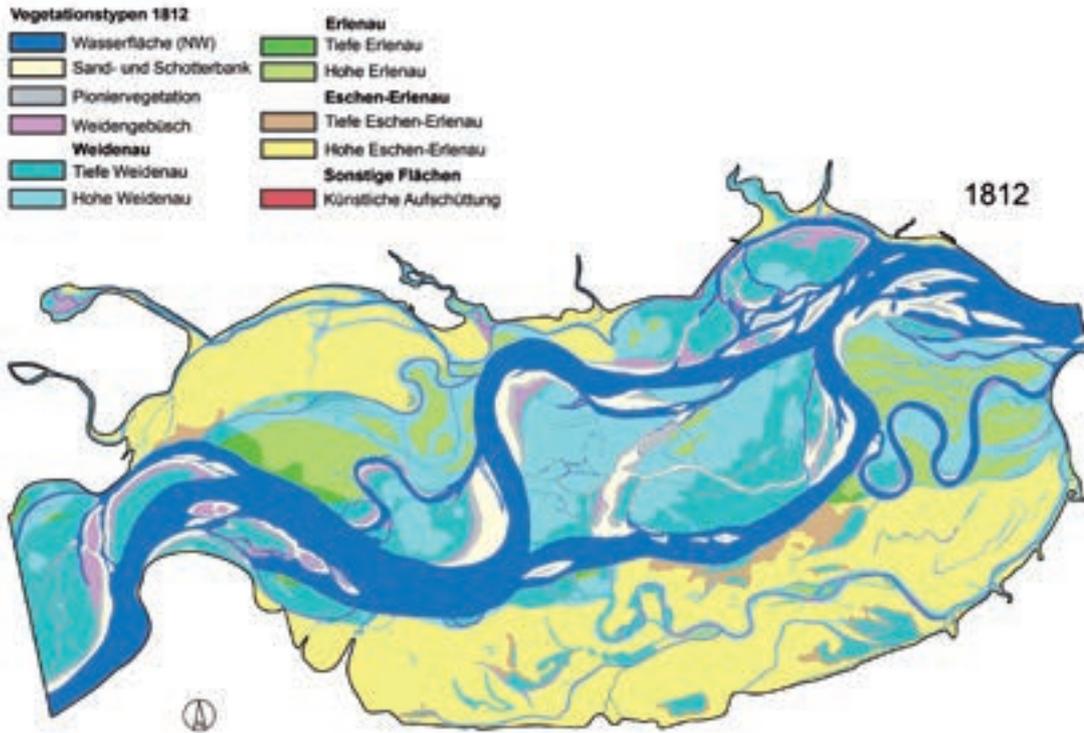


Abb. 2.19
Potenziell natürliche Auenvegetation im östlichen Machland 1812. Gut erkennbar ist der Unterschied zwischen neuzeitlichem Auenniveau (Weiden- und Erlenau) und den älteren Terrassen des Unteren Hochflutfeldes (Eschen-Erlenau).

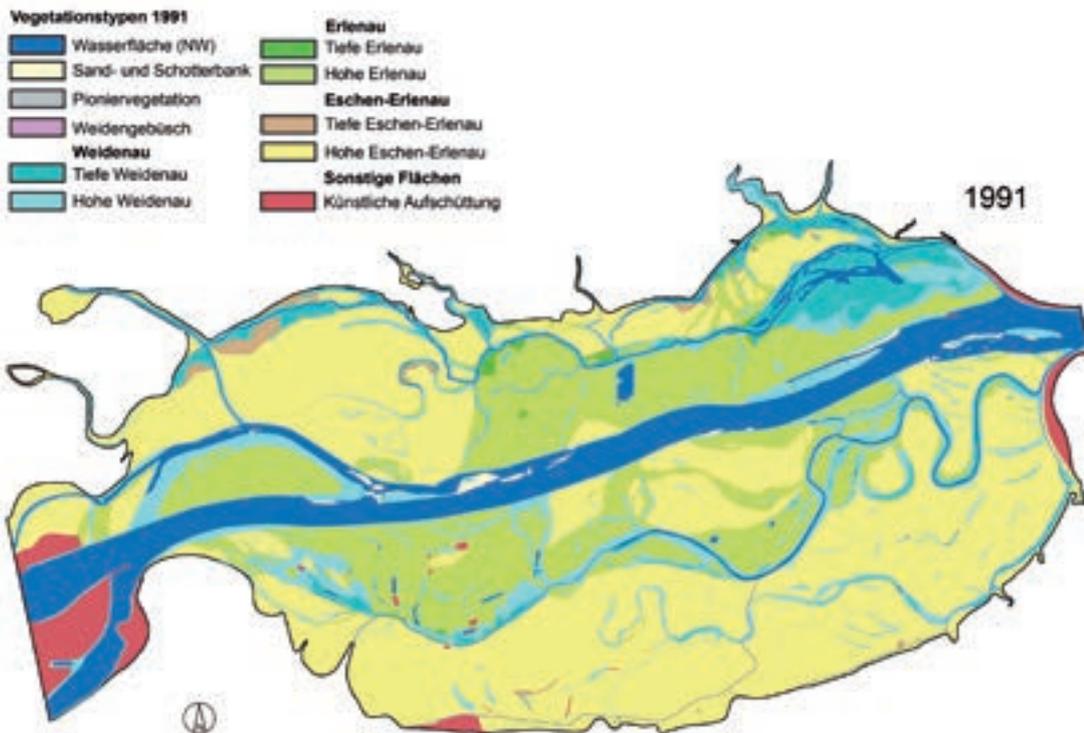


Abb. 2.20
Potenzielle Auenvegetation im östlichen Machland 1991 unter der Annahme, dass keine land- und forstwirtschaftliche Bewirtschaftung erfolgt: erhebliche Reduktion der Weiden Au und Ausweitung der Eschen-Erlenau auf das neuzeitliche Auenniveau

Organismus vergleichbar. Das Gewässernetz stellt dabei gewissermaßen die Blutgefäße des Auen-Ökosystems dar. Bei steigendem Wasserspiegel wurden auf diese Weise nicht nur vielfältige Austauschprozesse zwischen den Hauptarmen der Donau und den verschiedenen Teilgebieten der Au ermöglicht (Wasser, Nährstoffe, Plankton, Sedimente etc.), sondern für die Fischfauna auch wichtige Migrationswege zu Laich-, Aufwuchs- oder Nahrungshabitaten eröffnet. Dieser in der Fachliteratur als „flood pulse“ bezeichnete Effekt wird heute als essenzielle Grundlage für die langfristige Erhaltung der ökologischen Funktionsfähigkeit von Fluss-Auensystemen mit hoher Biodiversität und Produktivität angesehen.

Für das Ökosystem ist aber nicht nur das „Pulsieren“ der Oberflächengewässer relevant, sondern auch das des Grundwasserkörpers. Beide – Oberflächengewässer und Grundwasserkörper – hängen eng zusammen und sind durch zahlreiche Austauschprozesse miteinander verbunden (Nährstoffe, Sauerstoff, Wassertemperatur etc.). Für die Auenvegetation ist dabei die Erreichbarkeit des Grundwasserkörpers von zentraler Bedeutung – konkret der Höhenunterschied zwischen Geländeoberkante und Grundwasserspiegel, der als Flurabstand bezeichnet wird. In diesem Zusammenhang ist von Interesse, wie weit die heutigen Standortsverhältnisse der Auenvegetation von den ehemaligen abweichen. Auswertungen historischer Gelände- und Wasserspiegellagen deuten darauf hin, dass die Flurabstände in den Donau-Auen vor der Regulierung erheblich geringer waren. So betrug der mittlere Flurabstand bei Mittelwasser im östlichen Machland (Wallsee – Ardagger) im Jahr 1812 nur 1,6 m und in den bereits teilweise regulierten Wiener Donau-Auen 1849 rund 1,9 m (vgl. Abb. 2.17). Diese Grundwasserbedingungen förderten neben einer semi-aquatischen Fauna und Flora, mit zahlreichen spezialisierten Amphibien-, Wasservogel- und Pflanzenarten der Verlandungszone, auch die großflächige Entwicklung von feuchtigkeitsliebenden Auwaldtypen. So dominierten im neuzeitlichen Auenniveau vorwiegend verschiedene Arten von Weiden und Erlen, wobei letztere in den östlichen Donaubecken von der Pappel abgelöst wurden. Ältere Bereiche der Auegebiete, wie zum Bei-

spiel das Untere Hochflutfeld, wurden hingegen je nach Standortbedingungen von Esche, Ulme oder Eiche dominiert (vgl. Abb. 2.19 und 2.20; Egger et al. 2007; Drescher & Egger 2013).

Das „Gefäßsystem“ eines derartig komplexen „Fluss-Auen-Organismus“ tendiert dazu, sich durch Ablagerung von Sedimenten und organischem Material allmählich zu verschließen. Auf lange Sicht ist es daher erforderlich, dass immer wieder neue Augewässer beziehungsweise Gräben und Senken im Augelände entstehen, was wiederum regelmäßig wiederkehrende Verjüngungsprozesse durch die dynamische Gestaltungskraft der Donau voraussetzt.

Was war typisch? – Katastrophen bestimmen die Entwicklung

Betrachtet man die Geschichte der Donauhochwässer über die letzten 500 Jahre, so stellt sich die Frage, ob nicht der Ausnahmezustand das eigentlich „Typische“ in der Entwicklung der Flusslandschaft war. Die zeitweise sehr rasche Abfolge verheerender Überschwemmungen ließ oft kaum ausreichende Regenerationsphasen zu, in denen sich das System wieder auf einen wie auch immer gearteten „Normalzustand“ einpendeln hätte können. Kaum war der Fluss damit beschäftigt, die großen Ablagerungen des letzten Hochwassers abzutragen und wieder ein optimales Fließgefälle herzustellen, brach bereits das nächste Hochwasser herein.



Abb. 2.21 Hochwasserkatastrophe in Krems im Mai 1580

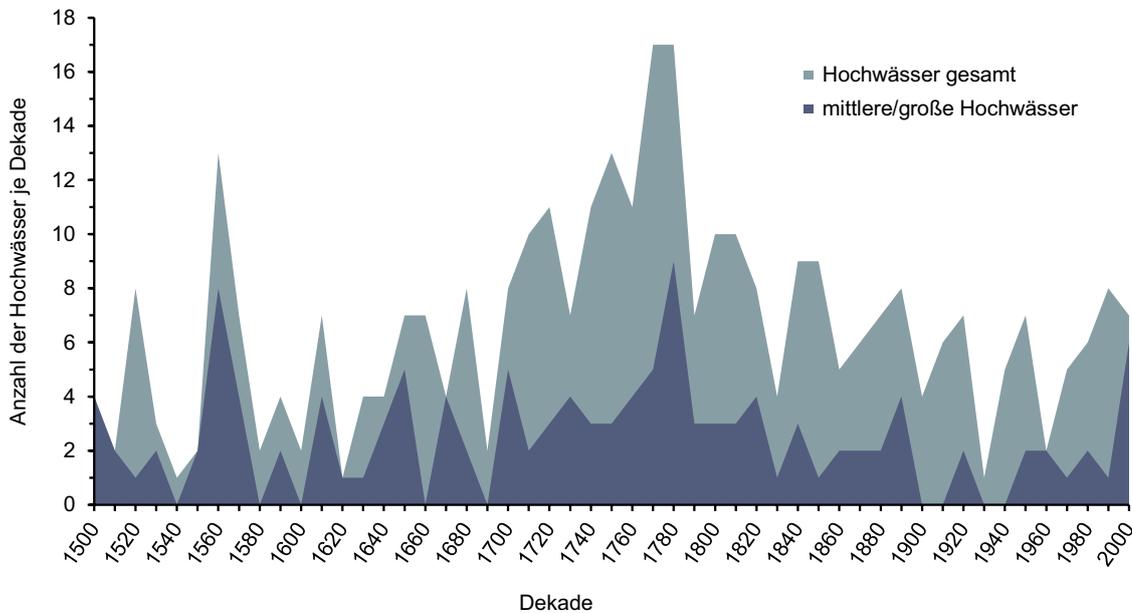


Abb. 2.22
Historisch dokumentierte Hochwässer bei Wien seit 1500 (Donau und größere Wiener Zubringer)

Das bereits erwähnte Beispiel der Wiener Donaulandschaft, die zu Beginn der Kleinen Eiszeit in den 1560ern großflächig überformt wurde, führt die Auswirkungen der phasenweise verstärkten Hochwasseraktivität der Donau eindrucksvoll vor Augen (Abb. 2.21). Die Auswertung historischer Quellen belegt für diesen Zeitraum sowohl eine Zunahme der Häufigkeit als auch der Intensität der Hochwässer (Abb. 2.22). Wenn es auch Unsicherheiten bei der Glaubwürdigkeit und der Interpretation der historischen Quellen gibt, so ist dennoch anzunehmen, dass die Hochwasseraktivität der Donau damals stärker war, als zu Ende des 20. Jahrhunderts. Eine zweite, sogar viel intensivere Hochwasserphase lässt sich für das gesamte 18. Jahrhundert, speziell für die Zeit zwischen 1768 und 1789, belegen. Aus diesem Zeitraum, gegen Ende der Kleinen Eiszeit, sind von der Wiener Donau 36 Hochwässer überliefert, davon sieben extreme Ereignisse (Hohensinner et al. 2013a). Solche Extreme wurden nicht nur an der Donau, sondern auch an vielen anderen europäischen Flüssen beobachtet. Dabei nahmen nicht nur die Sommerhochwässer drastisch zu, sondern auch die durch Eisstöße hervorgerufenen Überschwemmungen. Ab dem Jahr 1784 verschlechterte sich die Situation abermals: bis 1789 brachte die Donau jedes Jahr größere Hochwässer, darunter fünf als Katastrophenhochwässer einzustufende Ereignisse. Diese außerordentliche Häufung großer Hochwässer kulminierte schließlich

in der sogenannten „Allerheiligengieß“ des Jahres 1787, die in einigen Donauabschnitten, wie z.B. im Struden, noch höher war als das jüngste Ereignis von 2013.

Was war nun der Grund für die neuerliche Verschärfung der Hochwassersituation? Jüngere Forschungsergebnisse zeigen, dass daran der Ausbruch des Vulkanes Laki in Island 1783/84 einen wesentlichen Anteil hatte (Abb. 2.23). Dieser Ausbruch veränderte in den Jahren darauf das Klima der nördlichen Hemisphäre nachhaltig. Während die größten Überflutungen in Deutschland unmittelbar darauf im Jahr 1784 erfolgten, war dies an der Donau mit 1787 erst ein paar Jahre später der Fall. Als Grund dafür wird der stark alpin geprägte Charakter der Donau angenommen. Die am Ende der „Kleinen Eiszeit“ stark ausgeweiteten Gletscher im Donau-Einzugsgebiet

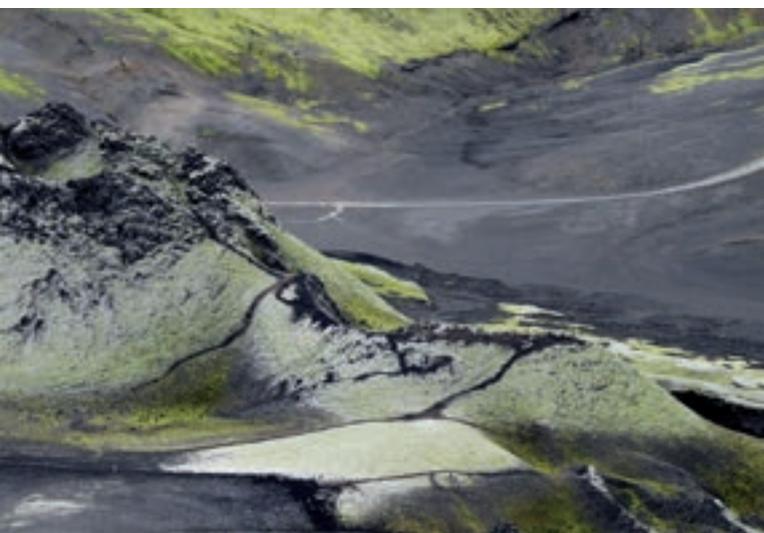
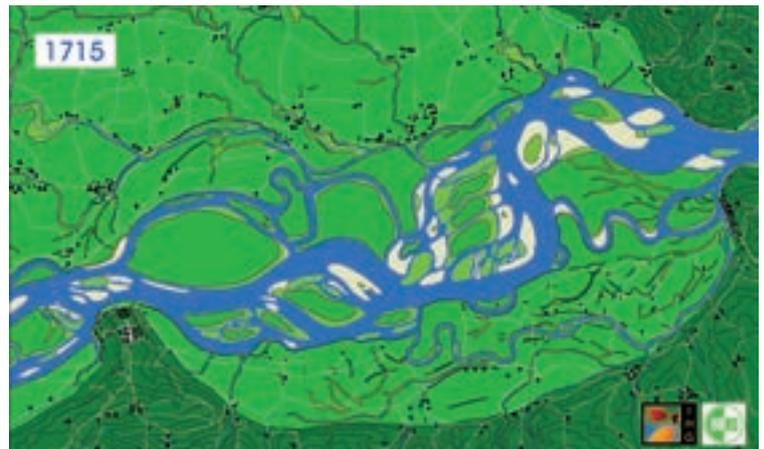
Abb. 2.23 „Móðuharðindin“ (Isländisch für „Not mit dem Nebel“) – so bezeichneten die Isländer die Laki-Katastrophe 1783/84 bei der etwa ein Viertel der Bevölkerung ums Leben kam. Das Bild zeigt einen von rund 130 Laki-Kratern, die damals zeitgleich ausgebrochen sind.



Abb. 2.24 Die Donau im östlichen Machland spiegelt die seit 1768 einsetzende verstärkte Hochwasserdynamik wider. Zwischen 1715 und 1775 weitete sich der Hauptstrom und bildete einen geradlinigeren Lauf aus. Nach Abklingen der Hochwasserphase entwickelte die Donau bis 1812 zwei stark gewundene Hauptarme, wobei die Intensität der Flussverzweigung zurückging.

dürften hierbei als zwischenzeitliche Puffer der vermehrten Niederschläge fungiert haben. Neben den vulkanisch und damit letztlich klimatisch bedingten hydrologischen Veränderungen ist anzunehmen, dass auch der zeitgleich stattfindende Wandel der Landnutzung eine Rolle spielte. Mit der Einführung neuer Feldfrüchte (z.B. Kartoffel) und damit einhergehend neuen Anbaumethoden kam es vermutlich zu großflächig verstärktem Oberflächenabfluss von Niederschlägen und damit auch zu erhöhter Bodenerosion.

Während der intensiven Hochwasserphasen musste sich die Durchflusskapazität der Flussarme an die erhöhte Wasserführung anpassen. Die Hauptarme der Donau verbreiterten sich signifikant und entwickelten einen weniger stark gewundenen Lauf. Zeitgleich entstanden neue Flussverzweigungen, wodurch der Vernetzungsgrad der Donaulandschaft insgesamt zunahm. Eine Neuausrichtung des gesamten Fluss-Auensystems auf die geänderten hydrologischen Bedingungen, verbunden mit einer stark erhöhten Umlagerungsdynamik, war die Folge (Abb. 2.24).



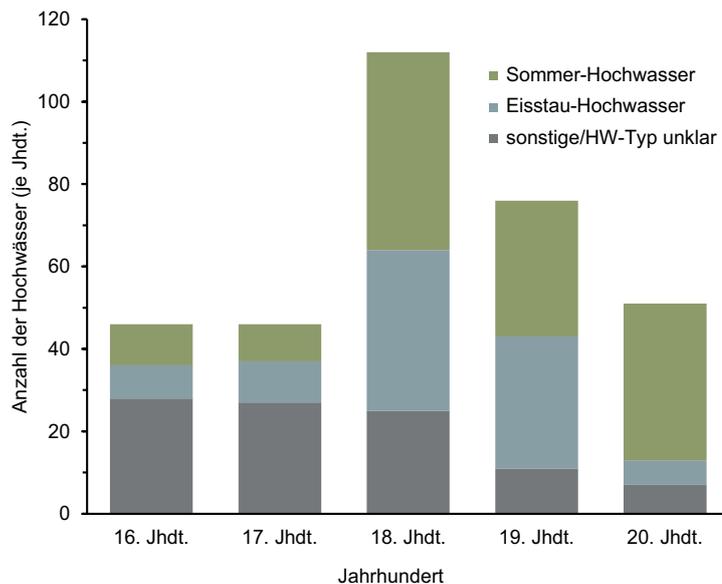


Abb. 2.25 Eisstöße waren ehemals eine wesentliche Ursache für Überschwemmungen an der Wiener Donau. Heute spielen sie hingegen kaum mehr eine Rolle.

Die starke Zunahme der Hochwässer am Ende des 18. Jahrhunderts prägte nicht nur das Erscheinungsbild der Fluss-Auensysteme erheblich, sie war auch mit großen Nöten für die Bevölkerung verbunden. Während in Wien der gerade neu errichtete Hubertus-Hochwasserschutz-

damm durch die „Allerheiligengieß“ 1787 wieder zerstört wurde, waren am Land – abgesehen von den Schäden durch die Überschwemmungen – viele Bewohner durch die Veränderungen des Flusses direkt betroffen. Durch die verstärkten Laufverlagerungen wurden mehrere Gehöfte und Teile von Siedlungen von der Donau abgetragen. So zum Beispiel der ehemalige Markt Hütting im Machland, dessen Bewohner einiges zu ertragen hatten:

„Hütting erscheint ... auf Vischer's Karte 1667 als ein Dorf mit einer Kirche, und bey Fuhrmann (1734) als ein Dorf ohne Kirche, ist aber [...] gegenwärtig ½ Stunde von der Donau entlegen. Sobald jedoch der Strom einen anderen Lauf nimmt, sind die Bewohner von Hütting eben jener großen Gefahr des Ertrinkens ausgesetzt, der sie bey Mannsgedenken schon dreymal nur durch schnelle Umsiedlung und weiteres Zurücksetzen der Wohnungen entgingen, dabei aber besonders 1786 einen großen Theil ihrer Aecker verloren.“
(Benedict Pillwein 1827)

Heute fast schon in Vergessenheit geraten sind die ehemals gefürchteten Eisstoß-Hochwässer, die ganz speziell zur Ausformung der Flusslandschaft beitrugen. In besonders kalten Wintern bildete sich sogenanntes Treibeis und Ufer-/Randeis, das sich zu großen, bis zu mehreren Meter hohen Barrieren „anschoppen“ konnte, wie dies etwa im



Abb. 2.26 Die Ortschaft Leopoldau im Norden Wiens nach dem Abgang des Eisstoßes am Morgen des 4. März 1830 (Guckkastenbild)



Abb. 2.27 Im Tullnerfeld war das Eisstau-Hochwasser 1830 ungefähr mit einem 100-jährlichen Hochwasser (HQ₁₀₀) vergleichbar (Bild oben). Im Marchfeld wurden hingegen wesentlich größere Flächen überflutet, die heute vom Hubertusdamm und vom Marchfeldschuttdamm vor Hochwässern geschützt sind (unten).

Abb. 2.28 Im Größenvergleich mit Menschen (siehe Markierungen) lassen die Eisschollen erahnen, welche Kräfte beim Abgang eines Eisstoßes wirken; ganze Gebäude aus Holz wurden vom Eis verschoben (seltene Aufnahmen vom Winter 1929 bei Klosterneuburg).

Jänner 1682 bei Mauthausen der Fall war. Angeblich erreichte der dadurch verursachte Aufstau des Wassers eine Höhe von über fünf Meter. Die Eisstöße traten zumeist gegen Ende Dezember bis März auf und konnten enorme Ausdehnungen annehmen. So war im Februar 1876 die gesamte Donau von Tulln bis flussab von Budapest auf einer Länge von 380 km „ausgeschoben und verschoppt“. Sofern die historischen Quellen wirklich eine exakte Rekonstruktion der Ursachen zulassen, wurden im 18. und im 19. Jahrhundert zwischen 45 und 50% der Hochwässer durch Eisstöße hervorgerufen (wenn man die Hochwässer unbekanntem Typs außer Acht lässt; Abb. 2.25). Das eigentlich Gefährliche an solchen Hochwässern war, wenn der Eisstoß bei eintretendem Tauwetter zu rasch „abging“ und das aufgestaute Wasser plötzlich abfließen konnte. Dabei wurden von den solcherart beschleunigten Eisschollen des Öfteren nicht nur Auwaldbestände schwer in Mitleidenschaft gezogen, es kam auch zu beträchtlichen Verwüstungen von Kulturland und Gebäuden. So zum Beispiel bei jenem denkwürdigen Eisstoß, der im Jahr 1830 zur Überflutung großer Teile Wiens führte (Abb. 2.26). Unter der Last der bereits abgegangenen Eisstöße bei Passau und Linz geriet schließlich am 26. Februar zu Mittag auch der Eisstoß flussab in Wallsee in Bewegung. Als die Eisflut fast zwei Tage später Wien erreichte, hatte sie bereits eine Spur der Verwüstung hinter sich gezogen (Abb. 2.27). Die hohe Erosionskraft der Eisstau-Hochwässer trug auch stark zur Verlagerung von Flussarmen in verzweigten Donauabschnitten bei. Dabei entstanden durch sogenannte „Avulsion“ nicht nur neue Gerinne im Auegebiet, es erfolgte auch eine natürliche Verjüngung der Auenvegetation. Neue Rohbodenhabitate entstanden, die in der darauffolgenden Vegetationsperiode von Pioniervegetation besiedelt wurden. Durch die Regulierung der Donau verringerte sich die Gefahr von Eis-



stau-Hochwässern wesentlich. Im 20. Jahrhundert traten zwar auch noch Eisstöße auf der Donau auf, diese verloren jedoch immer mehr an Schrecken (Abb. 2.28 und 2.29).

Neben den durch Überschwemmung und Ufererosion hervorgerufenen Schäden traten bei Hochwässern in besiedelten Gebieten aber auch noch andere schwerwiegende Probleme auf. In Zeiten, in denen das Trink- und Brauchwasser aus Brunnen gewonnen wurde und es noch keine geregelte Abwasserentsorgung gab, war das Wasser rasch durch die aus den Senkgruben ausgeschwemmten Fäkalkeime verseucht (Abb. 2.30). Der mit einem Regulierungsplan für die Donau bei Nussdorf beauftragte Wasserbautechniker Jacob von Hollstein bemerkte im Jahr 1666,



Abb. 2.29 Im 19. Jahrhundert konnten Eisstöße noch verheerende Schäden herbeiführen, im 20. Jahrhundert waren sie interessante Ereignisse für Schaulustige (im Vordergrund: Mitglieder des Vereines „Verköhle dich täglich!“).

„... auch die Prunnen Zu Wien große Noth leiden indeme bey großen Strömen dieselben in Grunde miteinander Gemeinschaft haben, ... das Wasser wierdt Unsauber, faullendt, stinckhent, also ungesundt dem Menschen Zu trinkhen, daraus enthlich Krankheiten khommen khönten.“ Beim großen Eisstau-Hochwasser von 1830 wurde diese Gefahr zur traurigen Realität, indem durch die darauf folgende Cholera-Epidemie rund 2 000 Menschen starben. Dies gab in Wien den Anstoß, das Kanalsystem in den Vorstädten auszubauen und die sogenannten Cholerakanäle zu schaffen.

Immer in Bewegung

Als im 19. Jahrhundert an der Donau die ersten genaueren Höhenvermessungen vorgenommen wurden, stellte man etwas Erstaunliches fest: Das Gefälle der Donau war in den meisten Beckenlagen größer als in den Durchbruchstrecken. Dabei würde man gefühlsmäßig genau das Gegenteil erwarten, da die Donau in den Auegebieten vielfach stark gewunden war. Beim Anblick des historischen Strudens mit seinen Stromschnellen würde man dies nicht vermuten (Abb. 2.11). Während das Wasserspiegelgefälle zum Beispiel im östlichen Machland im Zeitraum 1775 bis 1817 abhängig vom jeweiligen flussmorphologischen Zustand zwischen 0,47 und 0,59‰ ausmachte, betrug es im anschließenden Strudengau nur 0,33‰. Lediglich im Marchfeld wich die Donau von diesem Muster ab. Hier betrug das mittlere Gefälle vor der Regulierung zwischen 0,36 und 0,40‰, was vermutlich mit der besonderen Situation der stetigen Absenkung des Wiener Beckens

Abb. 2.30 Ziehbrunnen am Donaukanal in der Wiener Leopoldstadt um 1770



(„Schwechat Tief“) zusammenhängt. Bei näherer Betrachtung werden diese Gefällsverhältnisse aber durchaus erklärbar. Die Transportkapazität der Donau für Sedimente war nämlich in den kompakteren Gerinnen der Engtäler größer als in den breiteren, verzweigten und daher seichteren Flussarmen der Beckenlandschaften. Um eine im Großen und Ganzen ausgeglichene Transportkapazität entlang des gesamten österreichischen Laufes zu erreichen, musste sich in den Becken langfristig ein höheres Gefälle als in den Engtälern einstellen (Schmautz et al. 2002). Andernfalls würden sich die Becken immer mehr mit Sedimenten auffüllen, was freilich phasenweise durchaus auch der Fall war. Insgesamt gesehen entwickelte sich auf diese Weise nach der letzten Eiszeit bezüglich der Sedimente ein dynamisches Transportgleichgewicht zwischen alluvialen Abschnitten und Durchbruchstrecken.

Diese dynamischen Umlagerungsprozesse wurden noch zusätzlich durch besondere geologische Rahmenbedingungen verstärkt. Der Lauf der österreichischen Donau lässt sich mit einer „durchhängenden Kette“ vergleichen, die an mehreren Stellen (in den Durchbruch-/Engtalstrecken) aufgehängt und fixiert ist. Dazwischen

konnte sich die Donau relativ frei bewegen, wobei sie in den Beckenlagen zumeist nach Süden drängte („durchhängende Abschnitte der Kette“). Die engen Durchbruchstrecken stellten besonders vor der Regulierung Abflusshindernisse für die Hochwässer dar, wodurch es in den flussauf gelegenen Stromabschnitten zu Rückstauwirkungen kam. Historische Untersuchungen der Wasserstände belegen, dass diese Effekte besonders stark flussauf des Strudengauges, in geringerem Ausmaß auch flussauf von Theben, ausgeprägt waren (Streffleur 1851). Vor allem bei größeren Hochwässern entstanden flussauf der Engtäler natürliche „Stauseen“, in denen sich große Mengen unterschiedlicher Sedimente ablagerten. Floss das Wasser gegen Ende eines Hochwasserereignisses aus dem Becken wieder ab, so entstanden in den Ablagerungen neue Erosionsrinnen, wobei auch mitten im Auegebiet neue Flussarme entstehen konnten („Avulsion“). Die Donau schürfte dann allmählich die zuvor abgelagerten Sedimente wieder aus und transportierte sie weiter flussabwärts. Aber auch unabhängig von größeren Hochwässern war die Flusslandschaft ständigen Veränderungen unterworfen. So zeigen historische Karten, dass es im ehemaligen „Holler“ zwi-



Abb. 2.31 Die Reise des Donaukieses (Geschiebe) beginnt bereits hoch oben in den Alpen.



Abb. 2.32 Von der Donau erodiertes Abbruchufer bei Hainburg

schen Wallsee und Ardagger um 1815 zu einem doppelten Mäanderdurchbruch kam, im Zuge dessen sich der stark gewundene Lauf verkürzte. Dabei wurden ungefähr 15 Mio. m³ an Sedimenten erodiert und ca. 13 Mio. m³ erneut abgelagert. Rund 2 Mio. m³ Material wurden aus dem „Holler“ ausgetragen und flussabwärts weitertransportiert – vergleichbar mit der Nutzlast von 140 000 Sattelzügen, die zusammen eine Länge von ca. 2 400 km ergeben würden.

Damit solche Massenbewegungen überhaupt möglich waren, musste dem Donausystem ständig Material zugeführt werden. Während heute durch die Geschiebesperren in den alpinen Zubringern und flussab davon durch die Stauroumkaneten kaum noch grobes Geschiebe in Form von Kies bis zur Donau gelangt, war dies früher ganz anders. Vor der Regulierung und der Errichtung von Kraftwerken betrug das von der Donau transportierte Volumen an Grobgeschiebe rund 500 000 m³ pro Jahr (Abb. 2.31; Schmautz et al. 2000). Zusätzlich wurden alljährlich im Mittel 5,5 bis 7 Mio. t an Schwebstoffen („Letten“) mittransportiert (diese Menge entspricht einem Volumen von ca. 2,8 bis 3,5 Mio. m³). So wurden bis Mitte des 19. Jahrhunderts riesige Sedimentmengen durch die österreichische Donau geschleust. Aufgrund wechselnder Wasserführung der Donau und stetiger Veränderungen des Flussarmsystems wurde das mitgeführte Material in den verzweigten Donauabschnitten vorübergehend abgelagert. Im Gegenzug wurde älteres Bodenmaterial, das mittlerweile von der Auenvegetation besiedelt worden war, wieder erodiert und weitertransportiert.

Neben den aus den Alpen stammenden Sedimenten trugen aber auch andere Ablagerungen zur stetigen Veränderung der Flusslandschaft bei. Bäume, bei der Erosion von Uferbereichen durch den Fluss ausgewaschen, wurden entweder unter neu abgelagerten Sedimenten begraben oder bei einem der darauffolgenden Hochwässer wieder weggeschwemmt (Abb. 2.32). Wenn sich größere Mengen des Trifholzes in Nebenarmen abgelagerten, sich verklausen und solcherart eine Barriere bildend den Durchfluss des Wassers behinderten, konnte ein natürlicher Aufstau entstehen. Dies führte in weiterer Folge entweder zu einer Laufverlagerung oder zu einer Stilllegung des Armes. blieb

ein größerer Baum im seichten Wasser inmitten des Stromes liegen, lagerte sich in Folge im Strömungsschatten des Baumes Kies ab. In kurzer Zeit wurde der gestrandete Baum von Sedimenten überlagert und es entstand eine Kiesinsel. Daraus entwickelte sich schließlich durch die Auflandung von Feinsedimenten eine kleine bewachsene Insel. Im 19. Jahrhundert wurde beobachtet, dass auf diese Weise auch im Strom liegen gebliebene Schiffswracks zur Entstehung von Inseln führen konnten (Roidtner 1859). Die von der Donau mobilisierten Holzmengen, das sogenannte Totholz, waren ganz beträchtlich. Geht man von einem urwaldähnlichen Zustand der Donau-Auwälder aus, so wurden im österreichischen Stromabschnitt alljährlich schätzungsweise zwischen 44 000 und 62 000 Festmeter Holz erodiert. Dies entspricht 60 bis 90 rund 200 Jahre alten und 20 bis 25 m langen Weiden oder Pappeln, die je Kilometer Donaulauf anfielen. Legt man die tatsächliche Nutzung der Auen zugrunde, so waren es immerhin noch zwischen 34 000 und 47 000 Festmeter, die solcherart als Totholz dem Gewässersystem zugeführt wurden (Hohensinner et al. 2013b).

Durch die stetige Verlagerung der Flussarme erfuhren große Anteile der aquatischen und terrestrischen Habitate des Donau-Ökosystems eine immer wiederkehrende Regeneration (Verjüngung), wodurch sich auch ein breites Spektrum an Pionierstandorten ergab (Abb. 2.33 und 2.34). So waren im östlichen Machland 50% des gesamten neuzeitlichen Augeländes maximal nur 30 Jahre alt und boten somit ideale Bedingungen für Pionier- und junge Weidenau-Gesellschaften. Innerhalb von nur 46 Jahren, zwischen 1775 und 1821, wurden 76% der gesamten Flusslandschaft umgelagert. Demnach konnten nur 24% des Fluss-Auensystems eine Auenvegetation aufweisen, die älter als 46 Jahre war. In breiter ausgeformten Augebieten, wie jenem der Lobau östlich von Wien, existierten hingegen auch schon vor der Regulierung größere Bereiche, die über längere Zeiträume hinweg stabil blieben. Dies zeigt sich auch im Altersaufbau des Augeländes, das in

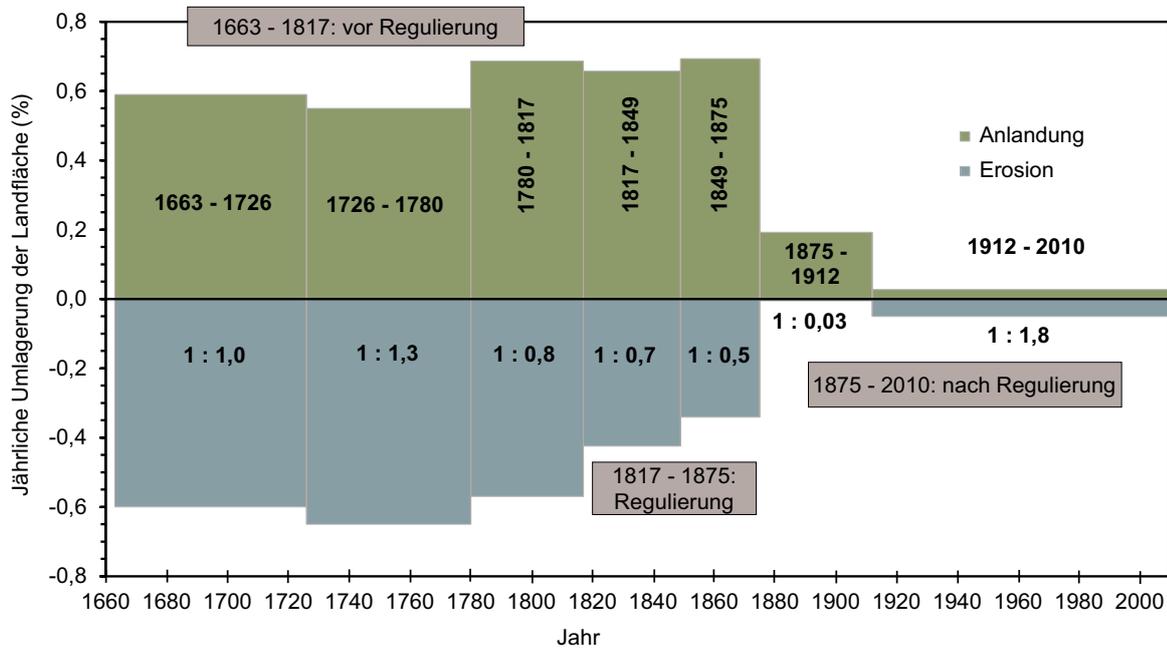


Abb. 2.33 Umlagerungsdynamik in den Wiener Donau-Auen 1663 bis 2010: Im langfristigen Mittel wurden vor der Regulierung bis 1817 jährlich sowohl 0,6% der Landflächen erodiert als auch wieder angelandet. Mit der zunehmenden Regulierung wurde dieses Gleichgewicht gestört und Verlandungsprozesse gefördert. Die im Zeitraum 1849 bis 2010 dargestellten Erosionswerte spiegeln die umfangreichen Baggerarbeiten bei der Donauregulierung und beim Bau des Entlastungsgerinnes wider (die Verhältnisse zwischen Anlandung und Erosion sind je Zeitabschnitt ausgewiesen).



Abb. 2.34 Natürliche Regeneration einer alten, von der Donau erodierten Weide

der Lobau mit durchschnittlich rund 200 Jahren erheblich älter war als im Machland zwischen Wallsee und Ardagger. Dadurch konnten sich in der Lobau potenziell auch größere Hartholz-Auwälder etablieren.

Die intensive Umlagerungsdynamik bedeutete nicht nur, dass die Landlebensräume sehr jung waren, sondern dass auch die verschiedenen Typen an Augewässern lediglich eine kurze Lebensdauer aufwiesen. Als Folge des stark ausgeprägten Vermögens zur „Selbsterneuerung“ der Donau-Flusslandschaft entstand ein komplexes Mosaik verschieden alter und damit auch unterschiedlich strukturierter Lebensräume. Solche Ökosysteme bieten ideale Bedingungen für eine artenreiche Flora und Fauna und gelten grundsätzlich als „hot spots“ der Biodiversität. Da diese Art von Habitat-Mosaik sowohl zeitlich als auch räumlich variabel war, wird ein solches System auch als „shifting habitat mosaic“ bezeichnet. Sofern die natürlichen Rahmenbedingungen, wie die Wasserführung oder

die Sedimentzufuhr, gleich bleiben und keine flussbau-lichen Eingriffe vorgenommen werden, befinden sich der-artige Fluss-Auensysteme trotz – oder vielmehr gerade wegen – der hohen Dynamik in einem „quasi-stabilen“ Zu-stand. Kurzfristig kann ein bestimmtes Habitat bei einem Hochwasser verloren gehen, dafür entstehen aber andern-orts im Auengebiet wieder neue Lebensräume. Über längere Zeiträume betrachtet und auf das Gesamtsystem bezogen bleiben dadurch die Anteile der unterschiedlichen Habitat-typen im Großen und Ganzen konstant.

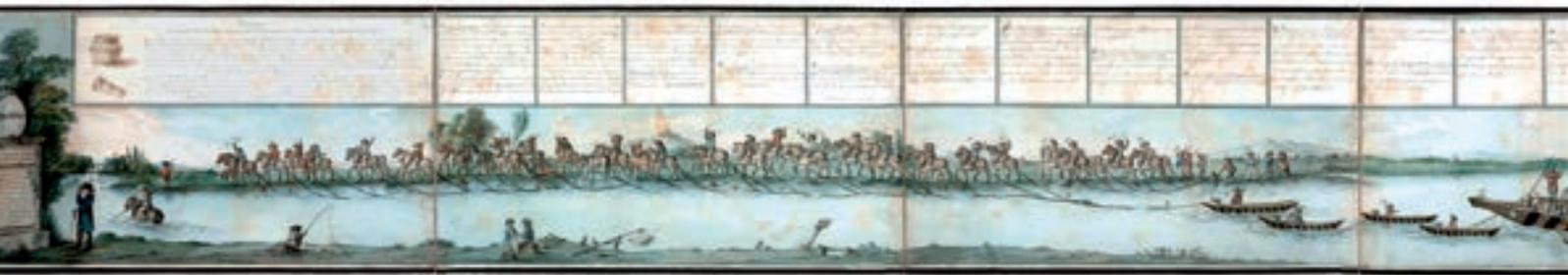
Unberührte Natur?

Bis auf wenige Ausnahmen existierten im Umfeld größe-erer Städte Anfang des 19. Jahrhunderts noch kaum Wasser-bauten, die den Strom tiefgreifend beeinflussten. Dennoch war die Donaulandschaft zu dieser Zeit keineswegs mehr eine unberührte Wildnis. Wie bereits an der frühneuzeit-lichen Wiener Donau gezeigt, wurden die Ressourcen der

Aulandschaften schon früh intensiv genutzt (Abb. 2.35). Die Auwälder wurden zur Gewinnung von Brennholz und Bau-holz ausgebeutet, größere Waldbestände für landwirt-schaftliche Zwecke gerodet und Nutztiere zur Weide in den Wald getrieben. Das alles wirkte sich nicht nur nach-teilig auf die Vegetationsbedeckung in den Auengebieten aus, die ausgedünnte Gehölzvegetation bot der erosiven Kraft des Stromes auch weniger Widerstand als dies ein dichter Urwald vermag. So ist anzunehmen, dass die zahlreichen menschlichen Nutzungen einer verstärkten Dynamik der Donau Vorschub leisteten. Dabei spielt vor allem die Stabi-lität der Uferbereiche eine Rolle, die an den größeren Fluss-armen seit Jahrhunderten großen Belastungen ausgesetzt waren. Die sogenannte „Hohenau“, das Ziehen der Ruder-schiffe flussaufwärts, erforderte entlang des Treppelweges kahle Uferzonen. Andernfalls hätte sich das Zugseil, der „Bursen“ oder „Faden“, zwischen den Pferden am Treppel-weg und den Schiffen im Uferbewuchs verfangen. Dazu kam, dass es meist gar keinen eigens errichteten Treppel-

Abb. 2.35 Bereits im 16. Jahrhundert gab es in weiten Bereichen der Donau-Auen keine solchen Urwälder mehr, wie sie im heutigen Nationalpark Donau-Auen noch anzutreffen sind.

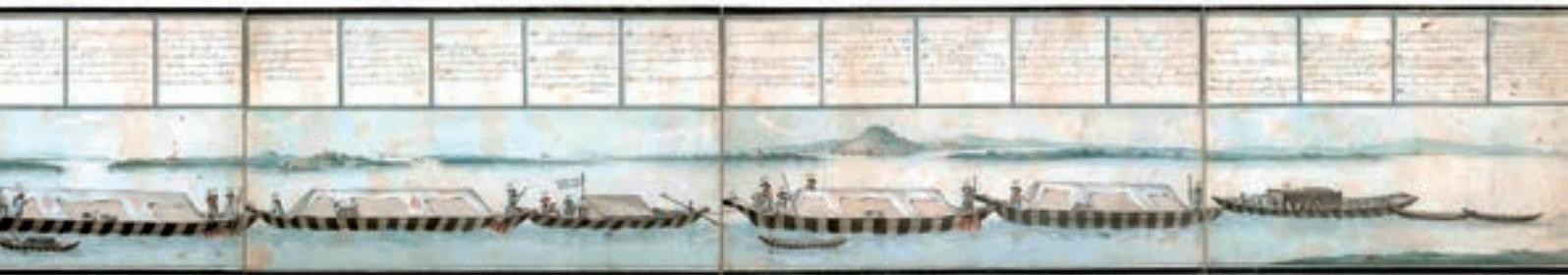




(A)



(B)



(c)

Abb. 2.36 *Prospect Eines kompletten Chur-Baierischen Salz-Zuges aus dem frühen 19. Jahrhundert*

(A) Ausschnitt Schiffspferde

- (3) Reitbuben oder Treiber
- (7) Stelzen- oder Steggenstrang zwischen Pferd und Hauptseil/Zugseil

(B) Ausschnitt Aufleger

- (6) Zwiesel (Teil des Hauptseiles/Zugseiles)
- (8) Faden oder Bursen (Hauptseil/Zugseil)
- (9) Vorausreiter (führt die Aufstricker an, die das Hauptseil so weit anspannen, dass es nicht am Wasser oder Boden streift)
- (9 ½) Marstaller (beaufsichtigt die Reitbuben)
- (10) Afterreiter (Aufstricker mit besonderer Funktion)
- (11) Afteraufleger (führt die Geschworenen/Aufleger an)
- (12) Geschworene oder gemeine Aufleger (mussten verhindern, dass sich das Seil am Ufer verhedderte)
- (13) Vorfahrer in der Furkelzille/Bursenzille (passt auf das Hauptseil auf)
- (13 ½) Kloben oder Aufstrickseil (Seil zum seitlichen Anspannen des Hauptseiles)

(C) Ausschnitt Hohenau

- (15 oben) Hauptschiff (Schiffstyp Kelheimer)
- (15 unten) Seilmutze
- (16) Reservevieseile
- (18) Sößstaller (Kommandant des Schiffszuges)
- (19) Seilträger
- (22) Müßiggeher („Mädchen für Alles“)
- (23) Stoierer oder Steierer (Steuermann der Hohenau)
- (24) Hilfsruderer
- (25) Nebenbei (zweites Schiff)

weg gab. Die Pferde marschierten an Gleituferbereichen über die flachen Kiesbänke und an Prallufeln direkt auf der Oberkante der Uferböschung. Ein großer Tabak- oder Getreideschiffszug erreichte eine Länge von bis zu 500 m. Er bestand zumeist aus drei bis vier großen Schiffen. An der Spitze lag das „Hohenau“ genannte Schiff, gefolgt vom „Nebenbei“, dem „Schwemmer“ und dem „Schwemmer-Nebenbei“. Dazu kamen bis zu zehn Beischiffe, darunter Seilmutzen zum Transport der Seile, Futterplätten und Ross- oder Einstellplätten für den Transport der Pferde (Abb. 2.36). Um einen solchen Schiffsverband flussaufwärts zu bewegen, brauchte es bis zu 60 kräftige Schiffspferde, die von 40 bis 60 Pferdeleuten getrieben wurden. Während der Schifffahrtssaison zogen jeden Tag mehrere kleinere und einige größere Schiffszüge donauaufwärts. Kein Wunder also, dass die Treppelwege entlang der Donau vor der Regulierung oft in schlechtem Zustand waren oder, wenn der Strom sie abgetragen hatte, bisweilen sogar komplett fehlten. Ohne Gehölze und Uferschutz waren die Böschungen der Erosion durch die Donau wesentlich stärker ausgesetzt – besonders wenn die schweren Schiffspferde das Erdreich aufwühlten. Auf diese Weise trugen Schiffszüge zur weiteren Verlagerung der Flussarme bei, zumal sogar Uferverbauungen unter der starken Beanspruchung litten. So erließ Kaiser Ferdinand I. am 14. Mai 1568 eine Verordnung, in der es hieß:

„Es wird streng untersagt die alten Leinpfade oder Treppelwege zu verlassen, die hohener Rosse und Schiffzüge über die neue Schlacht, auf der Holzbrücke herüber bei Nussdorf zu führen, um nicht dadurch Gehölz und Steinwerk des neuen Baues zu verderben, der dem immer weiteren Zurücktreten des Stromes wehren ... sollte.“ (Hormayer 1823)

Die zahlreichen Schiffszüge hinterließen an der Donau aber auch noch andere Spuren. An den Rastplätzen kam es durch Holzschlagen und Beweidung zu größeren Schäden in den Auen. Um der Beeinträchtigung der Auenvegetation Einhalt zu gebieten, verordnete Kaiserin Maria Theresia daher im Jahr 1777, dass nur ausgewiesene Treppelwege und Rastplätze zu verwenden seien.

Zaghafter Beginn der Donaubändigung

Während für die Donau bei Wien bereits ab 1715 Überlegungen für eine umfassende Regulierung angestellt wurden, blieb der ländliche Raum weitgehend unberücksichtigt (Abb. 2.37). Obwohl die Laufverlagerungen der Donau immer wieder mit dem Verlust an Bauernhöfen und Siedlungsflächen verbunden waren, erschien es den Behörden zu aufwändig und kostspielig, wasserbauliche Schutzmaßnahmen zu ergreifen. So wurden zum Beispiel zwischen 1635 und 1638 Teile von Tuttendorf oberhalb von Wien von der Donau zerstört und auch dem Rest des Ortes drohte der Untergang. Als sich endlich im Herbst 1641 eine Wasserbaukommission einfand, um die Schäden vor Ort zu besichtigen, sprach sich diese gegen die Errichtung von Schutzbauten aus, da es mehr kosten würde, als das ganze Dorf wert wäre. Daraufhin fielen noch weitere vier Häuser des Ortes der Erosion durch die Donau zum Opfer (Thiel 1903/04).

Die Notwendigkeit zur umfassenden Donauregulierung ergab sich aber allmählich aus einem ganz anderen Grund: Die Anforderungen der Schifffahrt hinsichtlich sicherer Transportwege mit ausreichender Fahrwassertiefe gewannen immer mehr an Bedeutung. Allen voran war die rasch anwachsende Hauptstadt Wien von Nahrungsmitteln und vielen anderen Gütern abhängig, die damals in den erforderlichen Mengen nur am Wasserweg transportiert werden konnten (Abb. 2.36). An größere Regulierungsarbeiten war aber erst nach Beendigung der Napoleonischen Kriege (1805–1815) zu denken. Beim Wiener Kongress wurde 1815 grundsätzlich die Freiheit der Schifffahrt für jedermann „in Rücksicht auf den Handel“ beschlossen. Hatten sich bisherige Wasserbauten außerhalb Wiens lediglich auf Uferschutzmaßnahmen beschränkt, so wurde nun erstmals in größeren Dimensionen gedacht. Als Planungsgrundlage für die Regulierungsarbeiten erfolgte in den Jahren 1816 und 1817 die bisher genaueste Aufnahme des Donautromes. Daraus entstanden zwei Kartenwerke, die heute von großem Wert für das Studium der unregu-

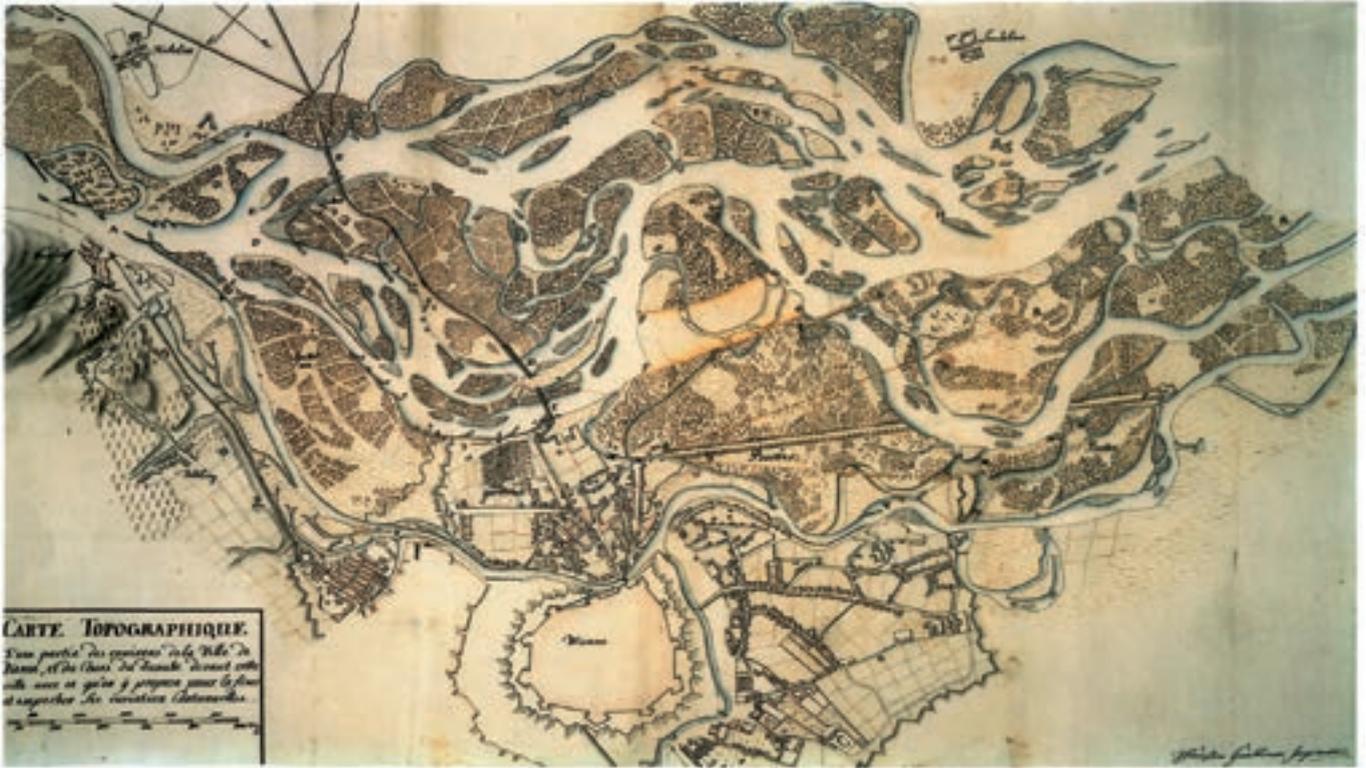


Abb. 2.37 Ein früher Vorschlag von Neumann Ritter von Spallart zur Regulierung der Wiener Donau mittels eines Durchstichs nördlich des Praters aus dem Jahr 1760



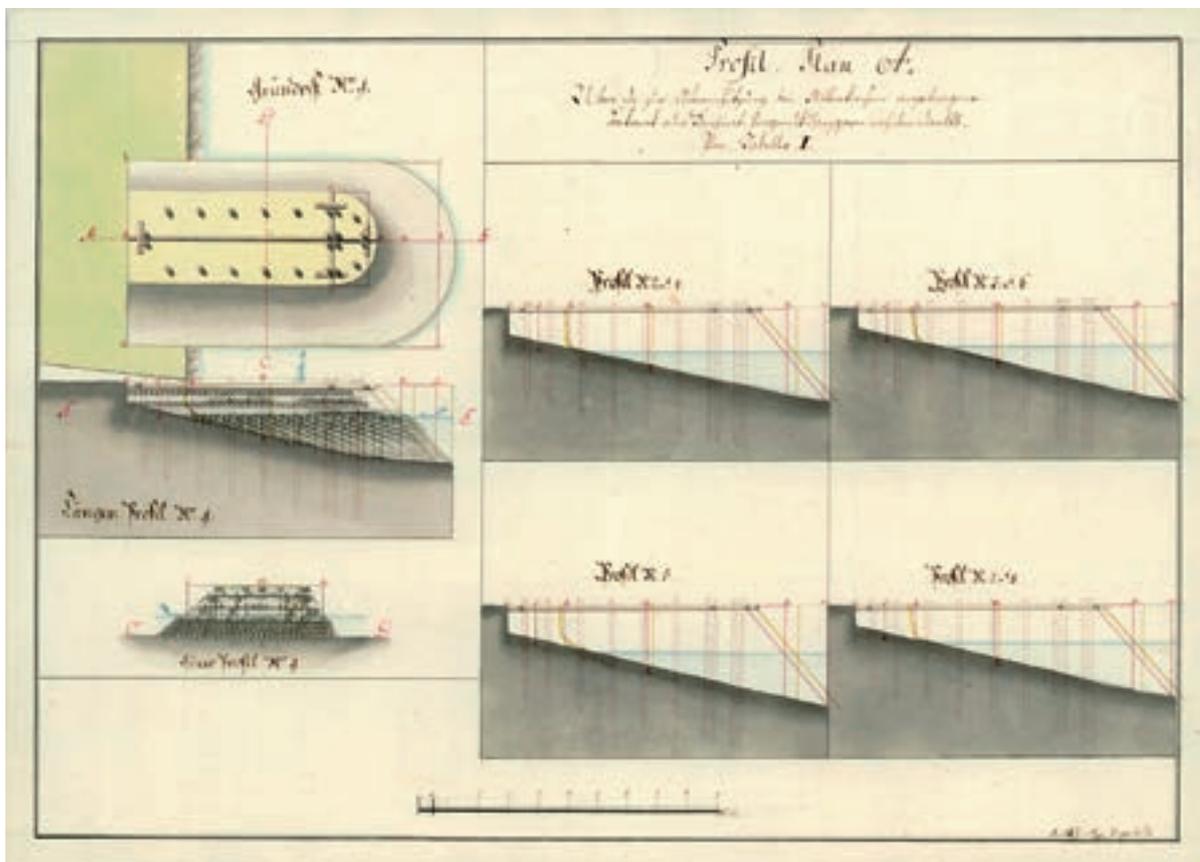
Abb. 2.38 Plan zur Verbesserung der Schiffbarkeit im „Holler“ zwischen Wallsee und Ardagger mithilfe eines 2,3 km langen Durchstichs durch den Weidenhaufen 1832 (Ausschnitt)

(links rosa) Einstromtrichter
 (parallele, punktierte Linien) händisch ausgehobene Künette
 (grün) geplante Uferlinie mit Schutzbauten

lierten Donau sind: die „Lorenzo-Karte“ für den niederösterreichischen Abschnitt (benannt nach dem Leiter der Aufnahme Christophorus de Lorenzo) und die „Allgemeine Donau-Aufnahme“ in Oberösterreich. Der erste Durchstich eines Flussbogens wurde interessanterweise im Jahr 1818 noch nicht an der Donau selbst, sondern an der Ausmündung der Enns vorgenommen. Zwischen 1823 und 1825 folgte dann der erste richtige Donaudurchstich bei Au an der Donau im Machland, welcher beinahe drei Kilometer lang war. Ein weiterer Durchstich wurde wenig später im Jahr 1832 im „Holler“ zwischen Wallsee und Ardagger vorgenommen und schließlich 1836/37 ein etwas kürzerer bei Fischamend flussab von Wien (Abb. 2.38). Da es unmöglich war, die Durchstiche händisch auszuheben, bediente man sich der Erosionskraft der Donau. Dazu wurden zumeist drei Gräben ausgehoben. In den mittleren, rund 20 m breiten Graben wurde die Donau eingeleitet. In den beiden Gräben links und rechts davon versenkte man Wasser-

bausteine, die das zukünftige Ufer schützen sollten. So brauchte man nur zu warten, bis die Donau das neue Flussbett soweit ausgeschürft hatte, dass sie die zuvor eingebauten Wasserbausteine erreichte. Was sich in der Theorie so einfach anhört, war mitunter aber mit großen Schwierigkeiten behaftet und bisweilen sogar äußerst gefährlich; vor allem dann, wenn sich die Donau gegen die aufgezwungene Laufveränderung sträubte. Dies war zum Beispiel der Fall, als man die Donau im Jahr 1857 im „Holler“ bei Ardagger Markt direkt flussauf vom Strudengau in den heutigen Lauf umzuleiten plante. Die Abdämmung des alten Hauptstromes wurde während der Bauarbeiten durch ein Hochwasser wieder durchbrochen und konnte in höchster Not nur mit Holzplätten gerettet werden, die mit Steinen gefüllt an der Durchbruchstelle versenkt wurden. Joseph Roidtner, der ehemalige Leiter des k. k. Donau-Baudistrikts in Grein, beschrieb die schlussendlich geglückte Aktion sehr anschaulich:

Abb. 2.39 „Die zur Uferschätzung bei Mitterkirchen angetragenen Backwerk oder Faschinat-Perpendikularsporn nach dem Direktiv“ – Plan der Uferschutzmaßnahmen beim ehemaligen, mittlerweile abgesiedelten Markt Hütting im Machland



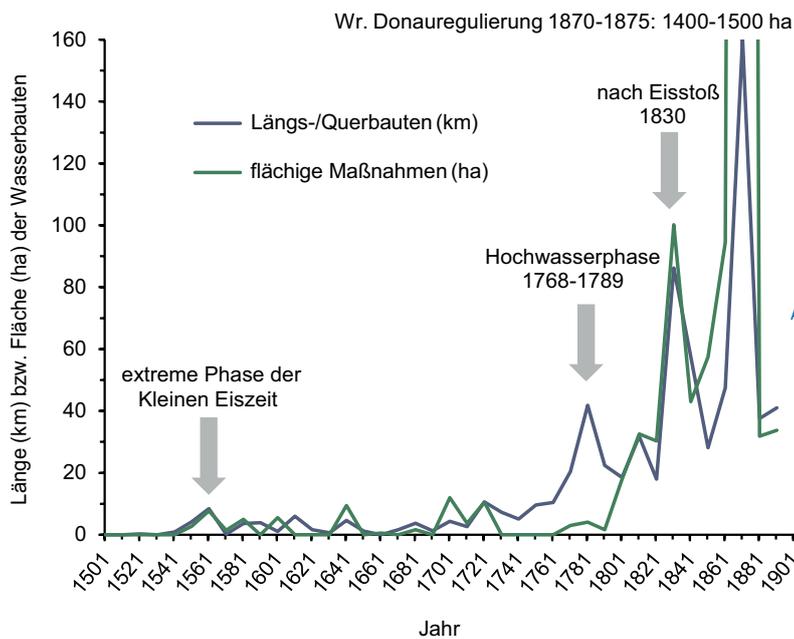


Abb. 2.40 Entwicklung der Wasserbaumaßnahmen an der Wiener Donau zwischen 1500 und 1900. Die Wiener reagierten auf zunehmende Hochwässer mit verstärkten Wasserbauaktivitäten (Längs-/Querbauten: Uferschutz, Hochwasserdämme, Leitwerke, Abdämmungen etc.; flächige Maßnahmen: Durchstiche, flächige Aufschüttungen, Baggerungen etc.)

„Der Schluß der Oeffnung war mit einer zauberartigen Wirkung verbunden, welche die seit Jahrhunderten unsichere Beschiffung des Hollers gänzlich aufhob. Mit drei Schuh hohen Wellen stürzte sich die Strommasse über die gelagerten Schotterschichten und trieb diese mit aller Wuth fort ... Nach und nach legte sich dieses Toben, eine ruhigere Strömung trat allmählich ein, und eine Fahrtiefe von wenigstens 10 Schuhen war nach Verlauf einer Woche erreicht.“
(3 Schuh = ca. 1 m, 10 Schuhe = ca. 3,2 m;
Roidtner 1859)

Ende des 18. Jahrhunderts waren noch Querbauwerke – sogenannte Sporne – zum Schutz der Ufer vorherrschend. Zudem wurde meist aus Gründen der leichteren Verfügbarkeit Holz als Baumaterial verwendet. Typisch waren Faschinenbauten, wobei zahlreiche Faschinen (walzenförmige Bündel aus Weidenästen) oder Steinwalzen (Faschinen gefüllt mit Steinen) zu einem Damm oder Uferdeckwerk aufgeschichtet wurden (Abb. 2.39). Die austreibenden Weiden sollten derart zu einer langfristig wirksamen Stabilisierung des Bauwerkes beitragen. Diese Bauweise war von anderen europäischen Flussgebieten übernommen worden, da es zu dieser Zeit noch an einer eigenständigen österreichischen Wasserbautradition mangelte. Es zeigte sich jedoch schon bald, dass die dynamische öster-

reichische Donau nur schwer mit den meisten Flüssen in Oberitalien, Frankreich oder Deutschland vergleichbar ist. Vor allem Eisstöße zogen neu errichtete Wasserbauten immer wieder in Mitleidenschaft. Zwischen 1818 und 1830 schwankte die Bauweise meist noch zwischen Sporn- und Längsbauten, wie Uferdeckwerken und Leitwerken. Neben Faschinen wurde zunehmend auch Steinmaterial verwendet (Pasetti 1862).

Aufgrund der knappen finanziellen Ressourcen war an eine durchgehende Regulierung der Donau vorerst noch nicht zu denken. Deshalb wurden nur die vordringlichsten Regulierungsarbeiten vorgenommen, dort wo entweder Gefahr in Verzug war oder mit geringen Mitteln ein verhältnismäßig großer Effekt erzielt werden konnte. Das außerordentliche Eisstau-Hochwasser im Jahr 1830 (siehe oben) machte die unbefriedigende Situation an der österreichischen Donau freilich mehr als deutlich. Ab nun änderte sich die Bauweise von Quer- zu Parallelbauten und von der Holz- zur Steinbauweise. Bis 1849 wurden auf diese Weise in Ober- und Niederösterreich Donauufer auf einer Länge von insgesamt 253 km fixiert (Abb. 2.40). Dazu kamen noch einige Kilometer an alten, zumeist unwirksamen

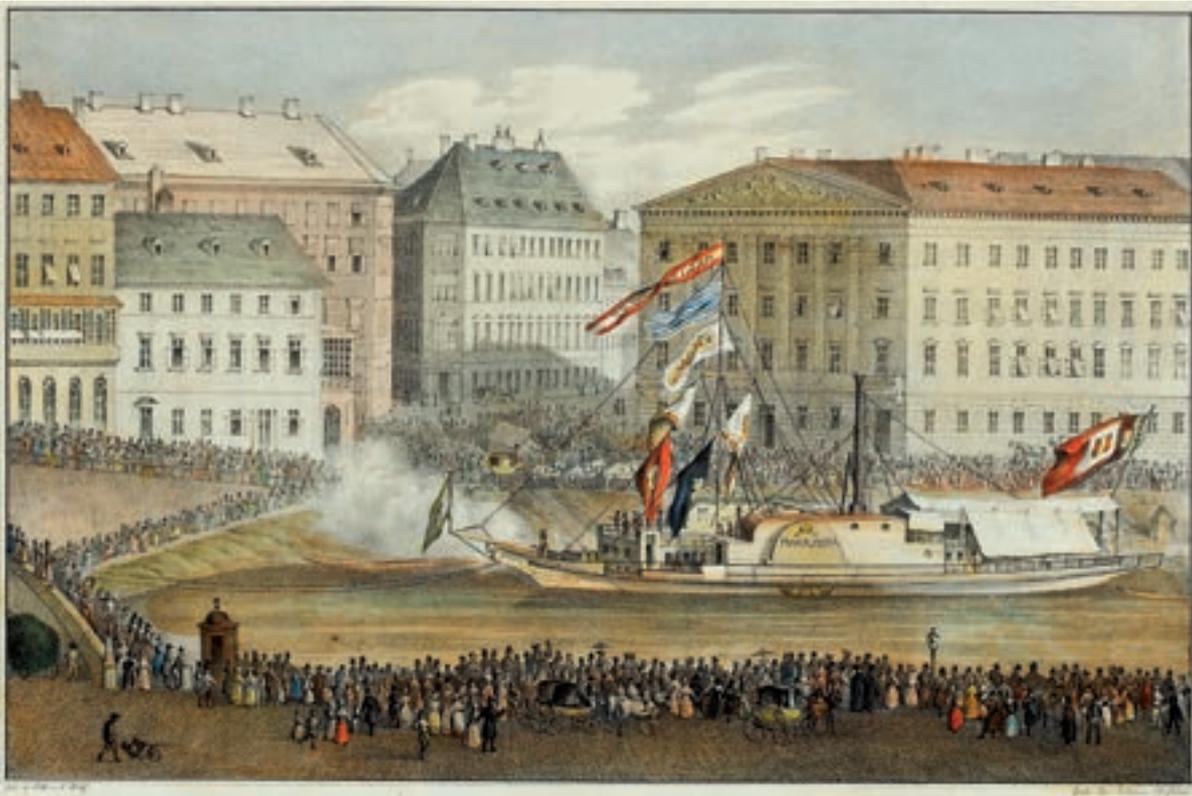


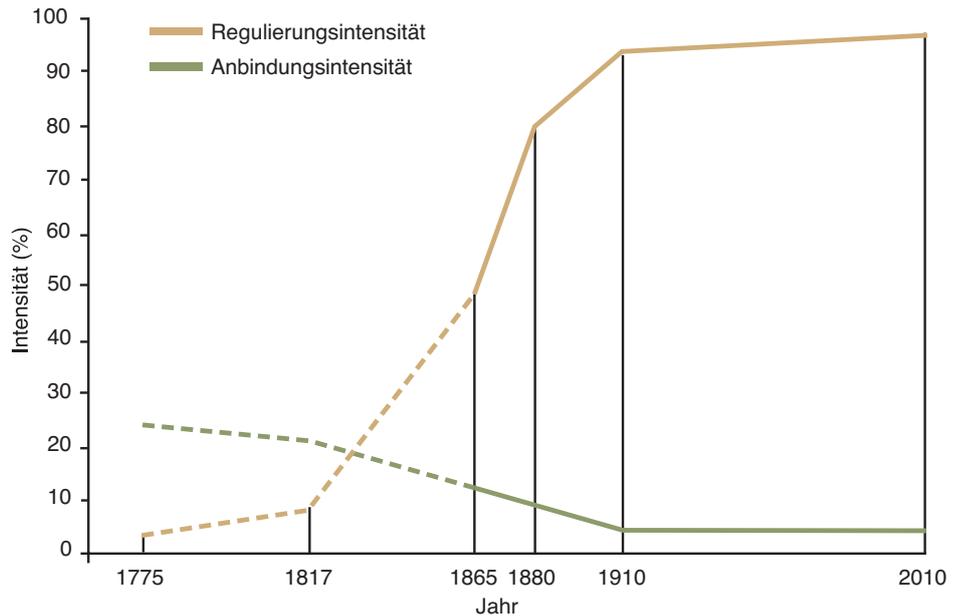
Abb. 2.41 Die „Maria Anna“ wurde am 13. September 1837 bei ihrem Aufbruch zur ersten Befahrung der Oberen Donau am Wiener Donaukanal enthusiastisch verabschiedet.

Wasserbauten (Pasetti 1862). Bezogen auf die Länge des heutigen Donaulaufes waren im Jahr 1849 somit rund 37% der Ufer befestigt. Damals war das Regulierungsprofil jedoch meist noch etwas breiter angelegt als es einige Jahrzehnte später die Norm war. Dadurch konnten sich im regulierten Flussbett noch breitere Kiesflächen und kleinere Inseln erhalten, die nach wie vor wertvolle Habitate für die Fischfauna boten.

Trotz der intensiven Bemühungen zur Regulierung des Stromes zeigten sich zufolge des mittlerweile rasanten Aufschwungs der Dampfschiffahrt immer mehr die vielfältigen schiffahrtstechnischen Probleme. Im Jahr 1829 wurde die Erste Donaudampfschiffahrtsgesellschaft (DDSG) gegründet und bereits im Jahr darauf fuhr das erste Dampfschiff „Franz I.“ in mehr als 14 Stunden von Wien nach Budapest. Zur Freude der Aktionäre meisterte

das Schiff auch die Bergfahrt, wofür es 48 Stunden und 20 Minuten benötigte (anonym 1853). Als nächstes musste geklärt werden, ob die Donau im Struden und in den sehr dynamischen Donauabschnitten in Oberösterreich überhaupt mit Dampfschiffen befahren werden konnte. Bei der Probefahrt der „Maria Anna“, die noch mit einem hölzernen Rumpf ausgestattet war und nur eine Leistung von 76 nominalen PS aufwies, stellte sich tatsächlich heraus, dass der Struden nur mit Hilfe von Zugochsen passiert werden konnte (Abb. 2.41). Nach vier Tagen kam die „Maria Anna“ endlich nach einer stürmischen Fahrt in Linz an. Somit war es klar, dass es für die Befahrung der Oberen Donau sowohl im Hinblick auf die Schifffahrtstechnik als auch bei der Regulierung noch einiger Anstrengungen bedurfte.

Abb. 2.42 Stabilisierung des Donaustromes in Österreich und damit verbundene Reduktion der Gewässervernetzung: Der Fortschritt der Regulierung seit 1775 (regulierte Ufer in % aller Hauptstromufer) spiegelt sich im Verlust von Anbindungsstellen zwischen Hauptstrom und Augewässern (Längen der Anbindung in % aller Hauptstromufer) wider. (strichliert) Extrapolation basierend auf Daten vom Abschnitt Tulln bis Theben



Trotz der noch bestehenden Hindernisse expandierte die DDSG sehr rasch. Im Jahr 1838 hatte sie bereits acht Dampfschiffe in Betrieb, mit denen 47 000 Passagiere befördert wurden. Jedoch verkehrten davon vorerst nur die wenigsten auf der Donau flussauf von Wien. Bis 1850 vergrößerte sich die Flotte der DDSG auf 49 Dampfschiffe und rund 150 Leichter (Bargen). Damit wurden flussauf von Wien ca. 130 000 Personen und 14 000 t an Gütern befördert (anonym 1853). Zusätzliche Transportkapazität boten Schiffe deutscher Betreiber, die bis nach Linz fuhren. Die DDSG entwickelte sich in kurzer Zeit zu einer ansehnlichen Wirtschaftsmacht, die vermehrt Druck auf die Entscheidungsträger im Hinblick auf den raschen Ausbau der Donau ausüben konnte. Da sich nicht nur die Anzahl der Schiffe, sondern auch deren Tiefgang vergrößerte, wurde das Problem der Donauregulierung immer dringlicher. Die DDSG erkannte dabei bereits früh, dass von den staatlichen Wasserbaubehörden wenig zu erwarten wäre und nahm daher notwendige Wasserbaumaßnahmen zunehmend in Eigenregie vor. So wurde unter anderem ab den 1830ern im Struden an der Beseitigung der Schifffahrtshindernisse gearbeitet.

Der Weg zur Vollregulierung

Der Anstoß zum zügigen Ausbau der Donau kam jedoch unerwartet von einer ganz anderen Seite. Nach dem Hungerwinter 1847/48 entlud sich der Volkszorn der leidenden Bevölkerung in der darauf folgenden Märzrevolution. Um die arbeitslosen Massen zu beruhigen, wurden zahlreiche staatliche Infrastrukturprojekte initiiert. Im Zuge dieser „Notstandsbauten“ nahm man auch an der Donau ein Bauprogramm in Angriff, das vor allem die Wiener Donau, aber auch andere Abschnitte umfasste. Anfang 1850 wurde dazu eine für die ganze Monarchie zuständige General-Baudirektion eingesetzt, die sich sogleich der Donauregulierung annahm. Zeitgleich wurde für die Wiener Donau eine eigene „Commission für die Donauregulierung“ ins Leben gerufen, welche eine optimale Regulierungsvariante ausarbeiten sollte. Neben neuen Durchstichen wurde nun versucht, die Donau mithilfe größerer Leitwerke in die gewünschte Richtung zu lenken. Zeitgleich wurden größere Donauarme mittels Abdämmungen abgetrennt, um das

SEITH OBER ÖSTERREICH IN :

GREINBURG

GREIN

Wasser Strasse nach der Reich die Schreyfftschiffen

Hofbrunn

PLAN EIN STICK VON DER DANAW WIE DISE FIGUR : ZEIGET SO GAR WOL. OBSERVIRT IST VND ABGEMESSEN SAMBT DARAN STEHENDEN PROSPECT VND STRASSEN. : So wohl zu Land als zu Wasser. wie ich hier also kugelschneit habe Anno 1724

SCALA

Scheit zu Fuß

Capitel

SEITH UNTER ÖSTERREICH.

Hydrograph N. 2. Paris. Leopold Franz von Kastenfeldt Haupt Ingenieur Capitän



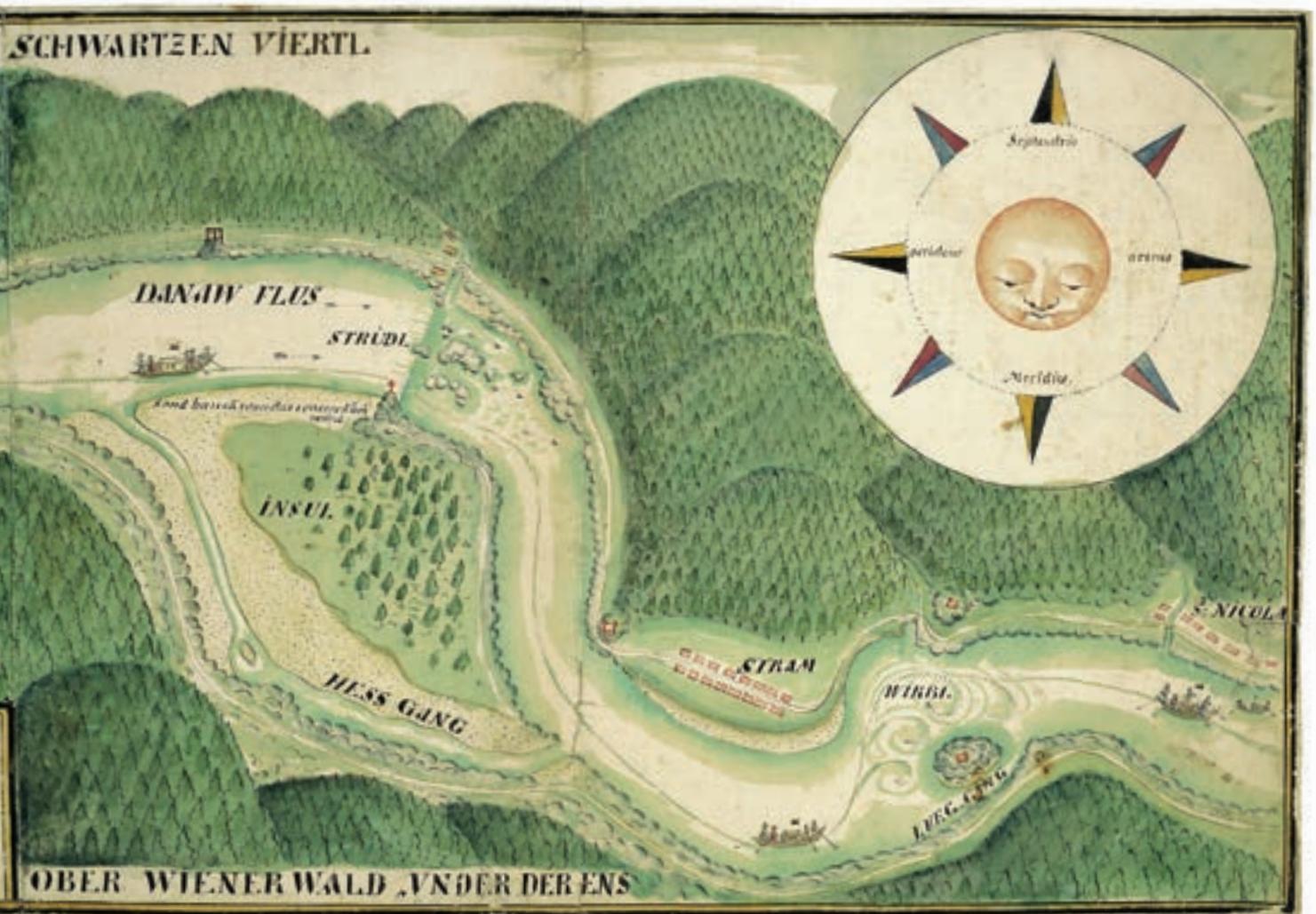


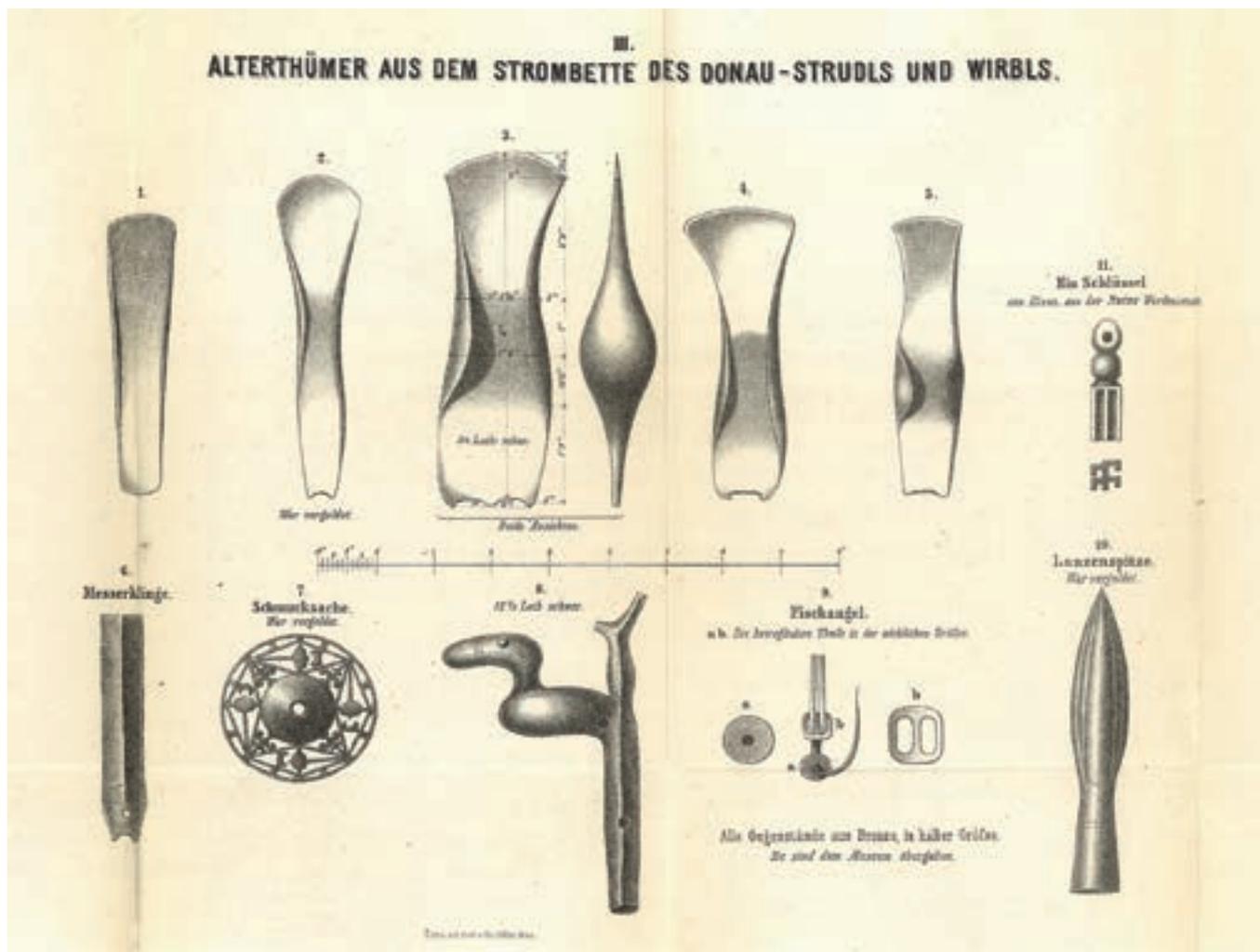
Abb. 2.43 Älteste kartografische Darstellung des Strudels und des Wirbels flussab von Grein (Rosenfelt 1721). Der Wirbel wurde durch die Insel Hausstein hervorgerufen, indem sie die Strömung zum linken, Friedhof genannten Ufer ablenkte.

Wasser im Hauptstrom zur Verbesserung der Schifffahrt zu konzentrieren. Das neue Flussbett sollte eine „Normalbreite“ zwischen 340 und 380 m erhalten, konnte aber auch fallweise davon abweichen. Aufgrund der begrenzten finanziellen Mittel war man dazu gezwungen, die bereits bestehenden Wasserbauten in die neue Trasse miteinzubeziehen. Die älteren Bauwerke waren jedoch noch nicht im Hinblick auf die neue Regulierungstrasse errichtet worden, wodurch sich nunmehr quasi ungewollt eine heterogene Linienführung der Donauufer ergab. Bis zum Jahr 1865 wurden letztlich auf diese Weise ca. 49% der Donauufer in Österreich reguliert (Abb. 2.42).

Diese „Mittelwasserregulierung“ hatte noch nicht den Schutz vor Hochwässern zum Ziel. Ihre Bezeichnung ist auf den ersten Blick etwas irreführend, da die Wasserbauten sehr wohl auch für kleine Sommerhochwässer – ungefähr einjährlichen Ereignissen entsprechend – ausge-

legt waren. Die Höhe der Regulierungsbauten orientierte sich in erster Linie noch an den Bedürfnissen der Ruderbeziehungsweise Zugschifffahrt. Als Höhenmaß diente dabei jener Höchstwasserstand, bei dem sich die Schiffszüge gerade noch flussaufwärts bewegen konnten. Dementsprechend wurden die Treppelwege etwas über diesem Wasserstand angelegt, was in etwa dem heutigen höchsten schiffbaren Wasserstand (HSW) entspricht. Während die Regulierungsvorschläge der Wiener „Commission für die Donauregulierung“ in weiterer Folge einer Umsetzung harhten, wurde im Struden schon eifrig gearbeitet. Kaiser Franz Joseph ordnete persönlich die Regulierung des Strudens an, worauf zwischen 1853 und 1866 umfangreiche Sprengarbeiten vorgenommen wurden. Dabei wurde auch die Insel Hausstein mit dem darauf befindlichen uralten Turm zur Gänze entfernt, wodurch der gefürchtete Wirbel verschwand (Abb. 2.43 und 2.44).

Abb. 2.44 Die ältesten bei der Struden-Regulierung um 1860 aufgefundenen Objekte stammen aus der späten Bronzezeit 1000 bis 1300 v. Chr. (Joseph Roidtner 1871, Leiter des k. k. Donau-Baudistrikts in Grein).



Trotz reger Betriebsamkeit der Wiener Donau-Regulierungskommission wurde keine der ausgearbeiteten Regulierungsvarianten umgesetzt. Erst als im Jahr 1862 ein weiterer großer Eisstoß zur Überflutung weiter Bereiche Wiens führte, kam wieder Schwung in diese Angelegenheit. Daher wurde 1864 eine neue Kommission bestellt, die allerdings erst zwei Jahre später das erste Mal zusammentrat (Donau-Regulierungs-Commission 1868). In der anschließenden, unter Einbeziehung internationaler Wasserbauexperten sehr heftig geführten Diskussion kristallisierte sich schlussendlich eine bevorzugte Variante heraus. Diese sah einen möglichst geraden neuen Donaulauf zwischen der Wiener Pforte und Fischamend vor. Der Hauptgrund für diese Linienführung war die Verhinderung weiterer Eisstöße. Man hatte nämlich erkannt, dass sich das Eis vor allem in verzweigten und stark gewundenen Flussabschnitten bildete. Durch ein möglichst geradliniges und monotones Gerinne sollte dies zukünftig verhindert werden. Nachdem der italienische Geograph Vincenzo Maria Coronelli bereits um 1715 die ersten Pläne für eine Regulierung der Wiener Donau vorgelegt hatte, dauerte es über 150 Jahre, bis schließlich im Jahr 1869 mit den Vorarbeiten zur großen Donauregulierung begonnen wurde.

Zwischen 1870 und 1875 wurden für die damalige Zeit unglaubliche Materialmengen bewegt, um in Wien zwei Durchstiche mit 6 640 m und 2 850 m Länge auszuheben und ein 470 m breites Inundationsgebiet zur Verbesserung des Hochwasserabflusses zu schaffen. Dafür mussten 16,4 Mio. m³ an Bodenmaterial abgetragen werden, welches großteils zur Aufschüttung der Stadterweiterungsgebiete in der Brigittenau und in der Leopoldstadt verwendet wurde (vgl. Bauvolumen in *Abb. 2.40*). Bereits Ende der 1850er hatte der im Projekt eingebundene Wiener Geologe Eduard Suess den Planer des Suezkanals, Alois Negrelli von Moldelbe, gebeten, er möge ihm die Baugeräte nach Fertigstellung des Kanals überlassen, um in Wien ein Hochwasser-Entlastungsgerinne auszuheben. Ein solches Gerinne wurde zwar erst 120 Jahre später in Angriff genommen, aber die Baumaschinen wechselten damals tatsächlich von Ägypten nach Wien (*Abb. 2.45*). Beim Aushub des neuen Flussbetts nahe Nussdorf machte man dann aber eine böse Überraschung: Die Sohle war über-



Abb. 2.45 Stationärer Eimerkettenbagger zum Umladen des Kieses von den Transportkähnen auf Loren

sät mit Resten unzähliger Wasserbauten der vergangenen Jahrhunderte. Seit dem 16. Jahrhundert wurden hier an der Sohle Piloten geschlagen und Steinkästen (mit Steinen gefüllte Holzkonstruktionen) eingebaut, um die Donau in den ehemaligen Wiener Arm, den heutigen Donaukanal, zu lenken. Jahrelang wurde mit Dampfbaggern versucht, diese Einbauten von der Sohle zu entfernen. Die damaligen Bagger waren aber teilweise zu schwach, um alle Bauten auszuräumen. Dennoch wurden insgesamt rund 163 000 m³ an alten Bauwerken entfernt. Dazu kamen tausende Holzpiloten aus verschiedenen Jahrhunderten und 18 400 Laufmeter an diversen Holzschwellen (*Abb. 2.46*; Prokesch 1876; Lederer 1876). Neben der Schaffung des neuen Donaubetts wurden noch zahlreiche andere Baumaßnahmen gesetzt: Errichtung von Hochwasserschutzdämmen, Austiefung und Regulierung des Donaukanals, Bau mehrerer neuer Brücken und vieles mehr. Als im April 1875 das neue Flussbett geflutet wurde, fiel das bestehende Bett – die heutige Alte Donau – trocken und riesige Kiesflächen kamen zum Vorschein (*Abb. 2.47*). Später wurde die Sohle der Alten Donau ausgeschürft, um bessere Bademöglichkeiten zu schaffen.

Schneller, höher, weiter? Die Verwandlung der Donau aus Sicht eines Umwelthistorikers

Vor etwa 200 Jahren begannen Menschen die Donau schneller, umfassender und tiefgreifender zu verändern als jemals zuvor in ihrer Geschichte. Verglichen mit dieser Industrialisierung des Flusses war der Wandel in den Jahrhunderten davor langsam und vergleichsweise unspektakulär. In bestimmten Abschnitten und Zeiten konnte sich auch die frühneuzeitliche Donau durchaus rasant und tiefgreifend verändern. Die Haupt- und Residenzstadt Wien ist dafür nur ein besonders gut erforschtes Beispiel. Schon im ausgehenden Mittelalter war die Schifffahrt das wichtigste Motiv, in die Dynamik der Donau manipulierend einzugreifen. Daneben waren an der vorindustriellen Donau eine Reihe weiterer Nutzungen wichtig. Menschen bezogen Protein aus den Fischbeständen, sie vermahlten Getreide in den unzähligen Schiffsmühlen, Holz wurde getriftet und nicht selten über viele hundert Kilometer geflößt. Die Jagd war lange ein Privileg des Adels, in die Auen wurde aber Vieh zur Weide getrieben und dort sammelte man auch Brennholz. Einige dieser vielen verschiedenen Nutzungen ließen sich schwer miteinander vereinbaren. So konnten Schiffsmühlen zu gefürchteten Hindernissen für Schiffe werden. Aber keine dieser Nutzungsformen wurde je so dominant, dass sie die anderen komplett verdrängt hätte. Immer wieder mussten Menschen miteinander und im Umgang mit der Donau Kompromisse schließen, einander widersprechende Interessen mussten ausbalanciert werden.

Etwa um die Mitte des 18. Jahrhunderts begann sich das zu ändern. Neue Experten, Beamte und Ingenieure arbeiteten im Geiste der Aufklärung unzählige Projekte für die Donau aus. Sie wollten in erster Linie die Schifffbarkeit verbessern. Sie sprachen davon, den Fluss zu zähmen und zu „zivilisieren“, ihn von Hindernissen zu „reinigen“. Viele, aber bei weitem nicht alle dieser Projekte wurden verwirklicht. In den folgenden Jahrzehnten und bis weit ins 20. Jahrhundert wurde die Donau vom Schwarzwald bis zum Schwarzen Meer beinahe nahtlos reguliert. In wenigen Jahrzehnten wurden so gigantische Regulierungsprojekte wie am Sulina-Arm im Delta durch britische Ingenieure, an der Donau bei Wien oder im „Eisernen Tor“ realisiert. Wie die rasch wachsenden Donaumetropolen der Gründerzeit wurde auch die Donau selbst in mehreren Abschnitten zu einer Großbaustelle.

Um 1900 war die Donau grosso modo eine ganz andere als jahrhundertlang davor. Ausgedehnte Feuchtgebiete waren verschwunden, regelmäßig überflutete Auen vom Hauptstrom abgeschnitten, auf ehemaligen Überflutungsgebieten hatten sich die Siedlungs-, Gewerbe- und Industriegebiete der rasch wachsenden Großstädte ausgebreitet. Kenntnisse und Fertigkeiten, die im Umgang mit der weitgehend unregulierten Donau wichtig gewesen

waren, gerieten in Vergessenheit: den Fluss „lesen“, um ein Schiff zwischen sich ständig verlagernden Sandbänken und Untiefen zu navigieren, Flösse über tosende Stromschnellen steuern, an bestimmten Orten und Zeiten mit speziellem Gerät gezielt bestimmte Fische fangen – all das und vieles mehr verschwand in wenigen Generationen. Die Donau, die wir heute kennen und mit der wir leben, diese in vielen Abschnitten uniformen und scheinbar endgültig stabilisierten Flusslandschaften, sind im Wesentlichen das Produkt dieser Ära.

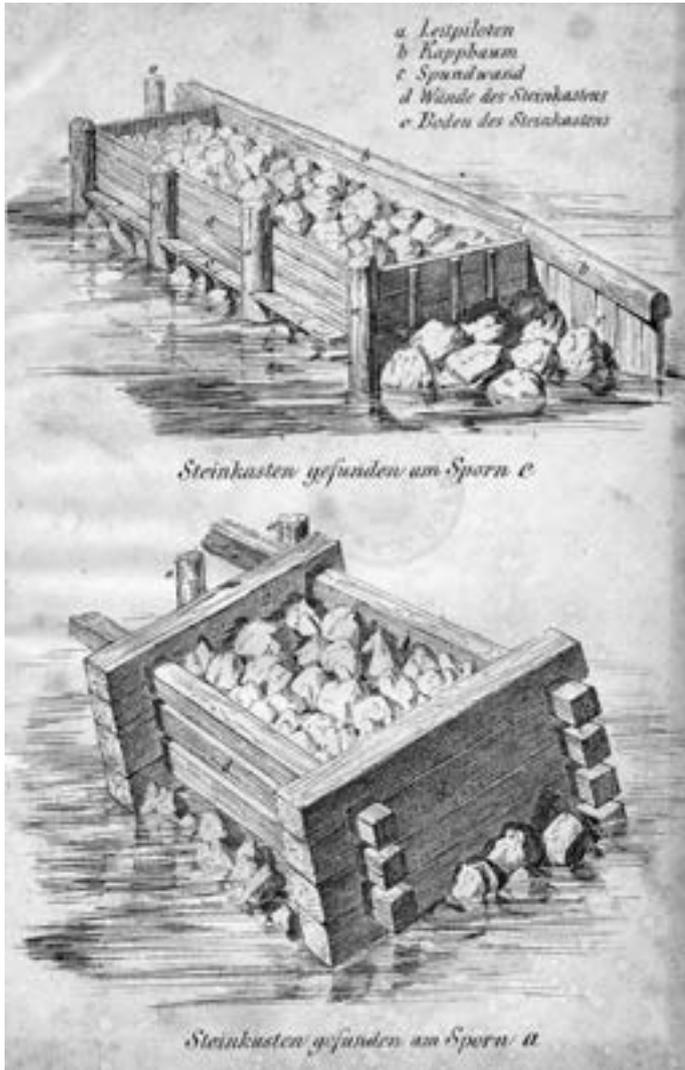
Nach dem Zweiten Weltkrieg beschleunigte sich die Verwandlung der Donau noch einmal enorm. Auf beiden Seiten des Eisernen Vorhangs schritt die „Modernisierung“ der Donau rapide voran. Den Bau gigantischer Kanäle wie des „Donau-Schwarzmeer-Kanals“ durch die rumänische Dobrudscha bezahlten Tausende Zwangsarbeiter und politische Gefangene mit ihrem Leben.

Der vermeintliche Fortschritt an der Donau hatte von Beginn an seine Feinde und Kritiker. Schon im ausgehenden 19. Jahrhundert verstärkte sich bei vielen Menschen der Eindruck, dass mit dem Fortschritt, seinen Dampfschiffen und Regulierungen etwas Wichtiges verloren ging. Der frühe Natur- und Heimatschutz nannte das die „Wildnis“ oder „Natur“ des Flusses. Spätestens Mitte der 1980er Jahre wurden die neuen sozialen Bewegungen, die sich gegen den weiteren Ausbau der Donau auflehnten, stärker. Auf beiden Seiten des „Eisernen Vorhangs“ kam es zu offenen Konflikten. Hainburg und Nagymaros wurden zu besonders wichtigen Erinnerungsorten dieser neuen Umweltbewegung.

Eine langfristige Umweltgeschichte der Donau zurück in die Jahrhunderte, bis in vorindustrielle Zeit, kann einen Eindruck davon geben, was für einen Fluss wir verloren haben. Sie kann zeigen, wer von der Verwandlung des Stromes profitiert und wer den Preis dafür gezahlt hat. Gewinner und Verlierer finden sich in Gesellschaft und Natur. So sind Arten verschwunden, aber in den veränderten Ökosystemen der Donau sind auch andere Tiere und Pflanzen heimisch geworden, oft im Schlepptau von weltweitem Handel und Transport.

Umweltgeschichte ist keine nostalgische Wissenschaft. Wer sehnt sich danach, dass sein Hab und Gut in einem der einst gefürchteten Eisstöße zerstört wird? Dass seine Lieben in einer Flut ertrinken? Oder wer kann sich heute ein Leben etwa ohne Kühlschränke, überhaupt ohne elektrischen Strom, der in Österreich großteils in Wasserkraftwerken produziert wird, vorstellen? In den letzten drei bis vier Jahrzehnten sind einige Kraftwerke verhindert worden. Mit Natur-, Nationalparks und anderen Schutzgebieten entlang des gesamten Stromes entstanden wertvolle Räume für Forschung, Bildung und Erholung. In Engstellen und den letzten „frei fließenden“ Strecken wird oft lange um einen Ausgleich widersprüchlicher Interessen gerungen. In manchen Abschnitten konnte der Fluss „rückgebaut“ werden. Urbane Flussabschnitte werden „renaturiert“, die Spuren ihrer industriellen Nutzung aus dem 19. und 20. Jahrhundert werden getilgt. Manche sprechen heute sogar von der „Deindustrialisierung“ von Flüssen wie der Donau.

Doch aus umwelthistorischer Sicht kann davon keine Rede sein. Die große Transformation, die vor etwa 200 Jahren begann, ist nicht am Ende. All die Aktivitäten im Sinne eines neuen, ökologisch bewussten Umgangs mit der Donau bleiben letztlich lokal und sind eingebettet in eine Welt, die weiter rasant auf dem Pfad der Industrialisierung voran schreitet. In Europa verfallen Industrieanlagen oder können abgebaut werden, weil die Produktion in andere Teile unserer globalisierten Welt ausgelagert ist. Wenn heute an der Donau ein Kraftwerk nicht gebaut wird, sei es ein Wasserkraftwerk wie Hainburg oder ein AKW wie das an der bulgarischen Donau in Belene, folgt daraus nicht, dass in den Donauländern weniger Strom verbraucht wird. So lange Strom- und Materialverbrauch steigen, folgt daraus bloß, dass dieser Strom von wo anders kommen muss.



Nach der Beendigung der Wiener Donauregulierung verlegte sich der Fokus auf die niederösterreichische Donau. In den Folgejahren wurden die Baumaßnahmen ausgehend vom Wiener Abschnitt flussauf- und flussabwärts vorangetrieben. Um die Lücken zwischen den Regulierungsbauten zu schließen und die aus verschiedenen Bauperioden stammende heterogene Linienführen der Donauufer zu vereinheitlichen, wurde an der niederösterreichischen Donau im Jahr 1882 ein neues Bauprogramm gestartet, das bis 1898 dauern sollte (Schrey et al. 1898). Dabei kam der Verlängerung des linksufrigen Wiener Inundationsdammes flussaufwärts (neuer Hubertusdamm) und flussabwärts (Marchfeldschutzdamm) besondere Bedeutung zu. Letzterer erreichte um 1890 Orth an der Donau, 1898 Stopfenreuth und wurde schließlich 1902/04 bei der Mündung der March fertiggestellt. Zeitgleich wurde die Regulierung im heutigen Nationalpark forciert, da die Donau hier immer mehr „verwilderte“. Die Dynamik der Donau machte aber den Planungen einen Strich durch die Rechnung und so konnte die Regulierung zum vorgesehenen

Abb. 2.46 Rekonstruktion der bei Nussdorf an der Donausohle aufgefundenen alten Wasserbauten (von Prokesch 1876 auf das 18. Jahrhundert datiert).

Abb. 2.47 Der „Rollerdamm“ an der Abzweigung des Wiener Donau-Durchstiches (links) vom alten Donaubett (rechts) wenige Tage vor Umleitung der Donau



Ende des Bauprogrammes doch noch nicht abgeschlossen werden. Daher wurde 1899 ein weiteres Programm für den Zeitraum bis 1912 genehmigt, das der Donau den letzten Feinschliff verpassen sollte. In diesen Zeitraum fällt auch die Niederwasserregulierung der österreichischen Donau. Im Laufe der Zeit wurden immer größere Schiffe konstruiert, die eine größere Fahrwassertiefe benötigten. Dabei stellte sich heraus, dass das regulierte Flussbett bei Niederwasser zu breit und dadurch die Donau zu seicht war. Zur Lösung dieses Problems wurde innerhalb des für Mittelwasser regulierten Flussbettes eine schmalere Fahrrinne für Niederwasser eingebaut. Dazu wurden hauptsächlich tiefliegende, vom Ufer senkrecht in den Strom reichende Bühnen und fallweise auch Längsbauten errichtet. Während diese Arbeiten in Wien zwischen 1898 und 1904 vorgenommen wurden, dauerten sie außerhalb Wiens bis 1914 an. In ähnlicher Weise erfolgte im späten 19. Jahrhundert auch der Ausbau der Donau in Oberösterreich. Da im Struden trotz der seit den 1770ern wiederholt vorgenommenen Sprengarbeiten keine ausreichende Fahrwassertiefe erzielt werden konnte, wurden zwischen 1890 und 1895 weitere Sprengungen an der felsigen Donausohle vorgenommen (Schrey et al. 1898).

Die Zählung der österreichischen Donau nahm rund 100 Jahre in Anspruch. Die Gesamtkosten für die Regulierung des Flusses zwischen Passau und Theben beliefen sich zwischen 1818 und 1900, als die Mittelwasserregulierung beendet wurde, auf etwa 77,2 Millionen Gulden (Baumann 1951). Pro Kilometer Stromlänge wurden somit rund 220 000 Gulden aufgewendet. Verglichen damit betragen die Baukosten für einen Kilometer Bahnstrecke Ende 1854 im Mittel nur rund 100 000 Gulden (Direction der administrativen Statistik 1855). Bei diesem Vergleich ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Regulierung der Donau nicht nur auf die Verbesserung des Transportweges ausgerichtet war, sondern auch andere Ziele, wie Landgewinnung und Hochwasserschutz, verfolgte. Zudem hatten die Regulierungsmaßnahmen vor allem für die städtische Bevölkerung einen weiteren angenehmen Nebeneffekt. Die neu entstandenen großen Altarme, wie zum Beispiel die Alte Donau in Wien oder das Klosterneuburger Strandbad, eigneten sich hervorragend als Freibäder.



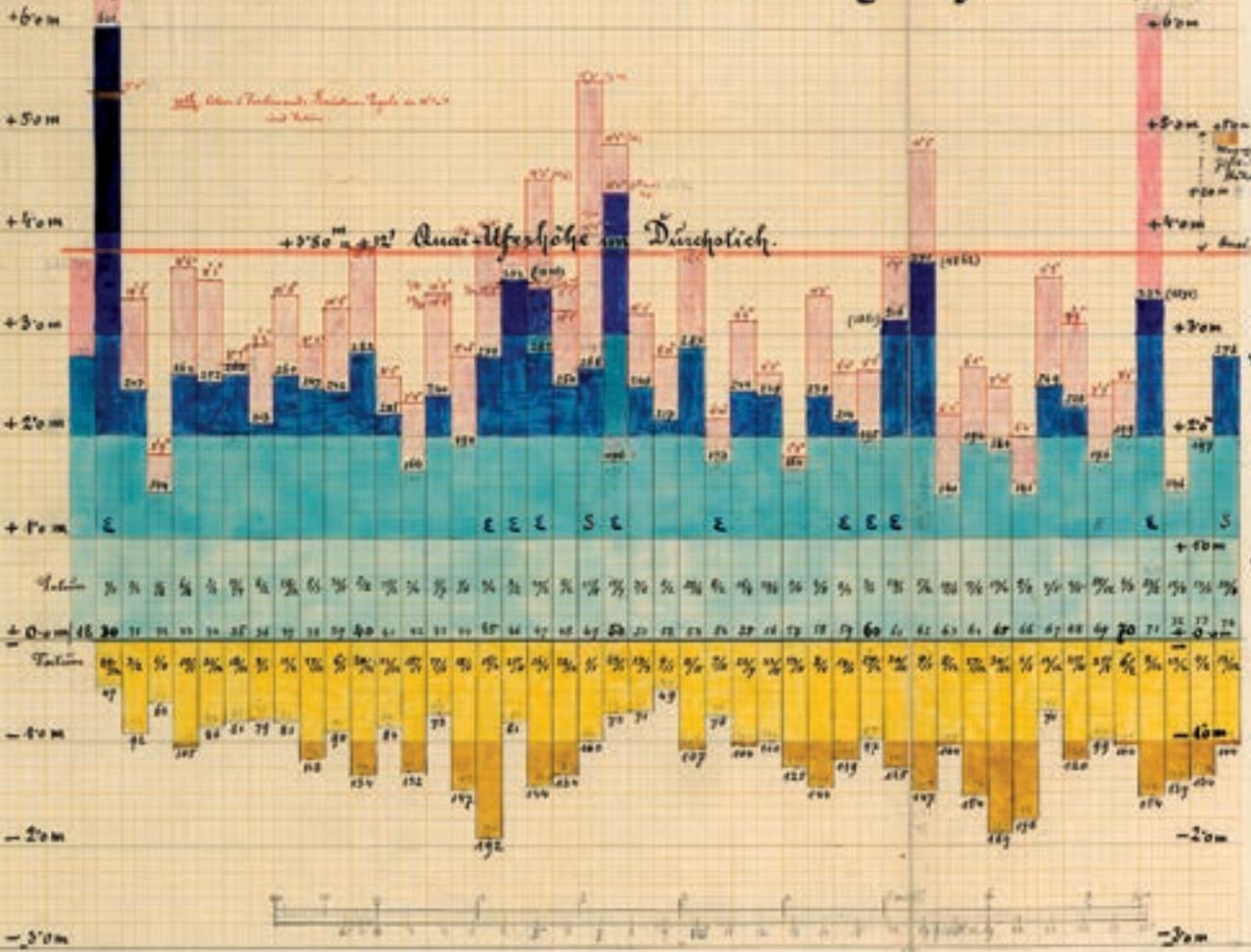
Abb. 2.48 Die angenehmen Seiten der Donauregulierung: neue Freizeitmöglichkeiten für die städtische Bevölkerung (Badeszene in der Klosterneuburger Au um 1920)

Abb. 2.49 In Kehrwasserbereichen ohne starker Strömung wurden auch direkt am Hauptstrom Badeanlagen errichtet, wie hier in Grein um 1910.

Hier trübten weder Schifffahrt, noch gefährliche Strömungen oder Schwebstoffe das Badevergnügen. Man musste nur darauf achten, dass die neuen Badeanlagen nicht in der Nähe von Abwassereinleitungen angesiedelt waren (Abb. 2.48 und 2.49).

Quadrates Papier mit Millimeterlinien

Schwankungen im Wasserstand der Donau bei Wien vor der Eröffnung des Durchfließes.



Durchfließung des Kolledammes am 14. April 1875. Eröffnung 30. Mai 1875.

Juli 1874
Juli 1875

Schwankungen im Wasserstand der Donau bei Wien nach der Eröffnung des Durchfließes

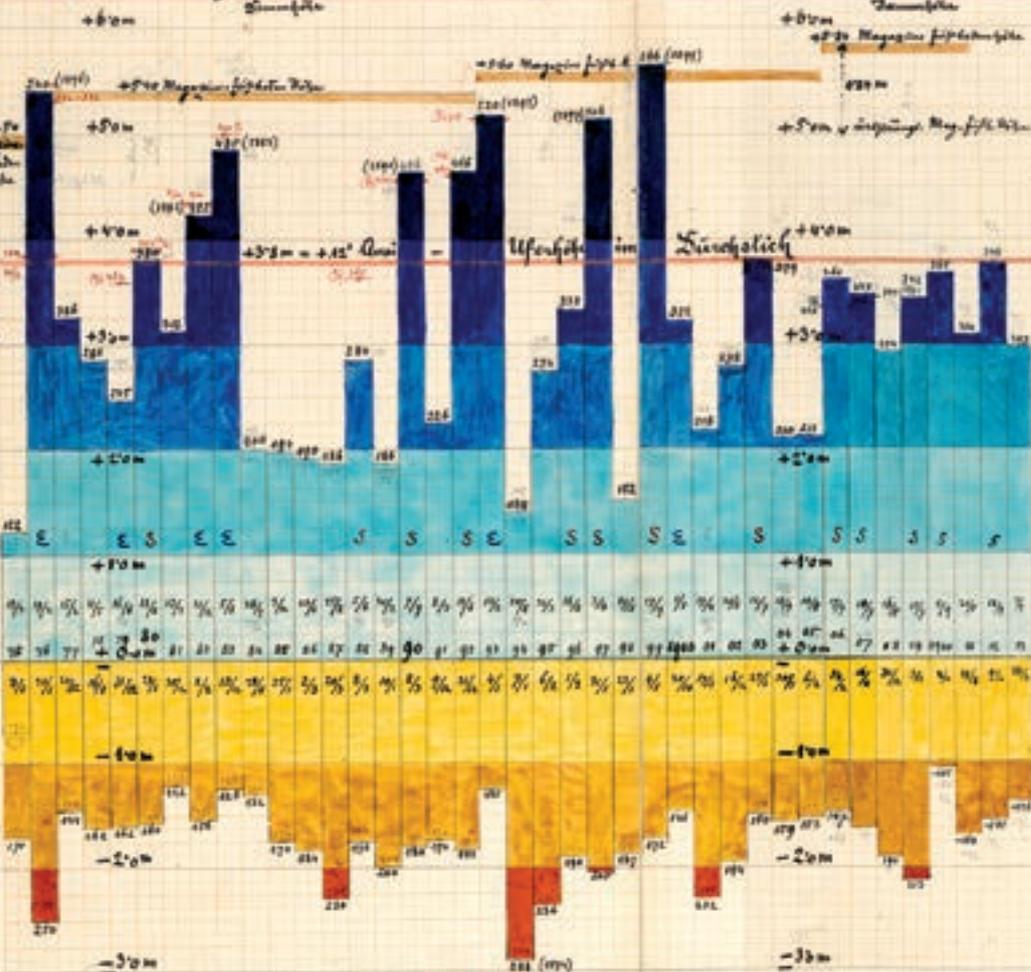


Abb. 2.50 Zunahme extremer Wasserstände an der Wiener Donau: vor der Regulierung 1829 bis 1870 (links) und nach der Regulierung 1875 bis 1913 (rechts; siehe schwarze und rote Balken, rosa Balken beziehen sich auf den Donaukanal)

Auswirkungen der Regulierung

„Eines kann man jetzt schon sagen, daß nämlich der mächtige Donaustrom nie so reguliert werden kann, wie dies der stolze Menschgeist gern wollte.“ (Wiletal 1897)

Diese Erkenntnis gewannen aufmerksame Beobachter der Donau bereits gegen Ende der Regulierungsarbeiten. Als man um die Jahrhundertwende glaubte, dass nun alles fertig ausgebaut sei und man sich fortan auf kleinere Instandhaltungsarbeiten beschränken könne, offenbarten sich auch schon die ersten Schwierigkeiten. Das Jahrhunderthochwasser von 1899 zeigte, dass es mit dem Wiener Hochwasserschutz doch nicht so gut bestellt war, wie man angenommen hatte. Die Dämme hielten zwar größtenteils stand, waren aber zu niedrig, um die Hauptstadt vor noch größeren Fluten zu schützen. Durch die Einengung in ein schmäleres Profil tiefte sich die Donau zwar wie erwünscht ein, dabei kamen aber an der Sohle bei Nussdorf weitere Wasserbauten aus vergangenen Tagen zum Vorschein. Um damit die Schifffahrt nicht zu gefährden, musste man die historischen Relikte aufwändig aus der Sohle entfernen. Zudem bemerkte man, dass sich die Charakteristik der Hoch- und Niederwässer änderte. So wurde in Wien im Zeitraum von 1829 bis 1870 nur zwei Mal ein extremer Wasserstand (Pegel über +4 m oder unter -2 m) gemessen. Nach Abschluss der großen Wiener Donauregulierung und weit fortgeschrittener Regulierung im Tullner Becken wurden solche extreme Wasserstände zwischen 1875 und 1913 hingegen 15 Mal verzeichnet (Abb. 2.50). Dementsprechend musste das Bodenniveau der Magazine entlang der Donaulände mehrmals höher gelegt werden, um eine Überflutung der Lagerflächen zu verhindern. Der aufmerksame Donauchronist Wiletal bemerkte dazu im Jahr 1897:

„Die Erfahrungen in dem letzten Hochwasserjahre 1892 hatte gezeigt, daß in der regulierten Donau die Wassermassen höher und reißender waren, als im noch nicht regulierten Theile des Stromes ... es wäre am besten, wenn die Regulierung die Schutzdämme erst hinter den Auen auf compactem Grunde bauen würde ...“

Ähnliches beobachtete an der Donau auch der deutsche Geomorphologe Albrecht Penck. Seiner Meinung nach verhielten sich die Hochwässer in den neu regulierten Abschnitten ähnlich wie in Durchbruchstrecken: Sie wurden schneller und höher (Penck 1891). Diese Erkenntnisse sollten sich im Laufe des 20. Jahrhunderts in verschärfter Form bestätigen. Die Laufzeit der Hochwasserwelle betrug im Jahr 1954 zwischen Ybbs und Wien noch 54 Stunden, was einer mittleren Fließgeschwindigkeit von 0,67 m/s entspricht (Abb. 2.51). 1975 benötigte die Hochwasserwelle dafür 38 Stunden (0,95 m/s) und bei den Hochwässern 2009 und 2011 im Mittel nur mehr 16 Stunden (2,26 m/s; Nachtnebel 2002; via donau 2014).

Die Auegebiete nahmen vor der Regulierung in Zeiten größerer Abflüsse Wasser auf und gaben es nach dem Absinken des Wasserspiegels zeitverzögert wieder an die Donau ab. Durch die Abtrennung der Augewässer und Gräben vom Hauptstrom wurde diese „Schwammwirkung“ der Auegebiete jedoch sukzessive beschnitten. Das Wasserrückhaltevermögen der Donau-Flusslandschaft, welche einen zeitlichen Ausgleich des Wasserdargebotes bewirkte, ging als Folge der großen Donauregulierung immer mehr zurück und extreme Abflussereignisse nahmen zu. Neben der großflächigen Bodenversiegelung im gesamten Donau-Einzugsgebiet ist dies einer der wesentlichsten Gründe, warum heute von höheren Hochwasserabflüssen auszugehen ist als noch Mitte des 19. Jahrhunderts. Da brauchbare hydrologische Daten aus früheren Zeiten fehlen, ist eine Abschätzung der Zunahme des Hochwasserabflusses seit Beginn der Regulierungsarbeiten nicht mehr möglich. Nach Abschluss der Regulierung erhöhte sich der Abfluss bei einem 100-jährlichen Hochwasser durch fortschreitende Bodenversiegelung, Abdämmung der Auegebiete und Verlandung der Augewässer vermutlich um mehr als 500 m³/s (bezogen auf Ybbs zwischen 1899 und 2002; Kresser 1954; via donau 2012).

Flussab von Wien, im heutigen Nationalpark Donau-Auen, beobachtete man ein anderes Phänomen. Seit den späten 1880ern lagerten sich vermehrt Sedimente

in der Donau ab, wodurch riesige Kiesbänke und neue Inseln entstanden. Dadurch ergaben sich neuerlich Probleme für die Schifffahrt. Als man im Jahr 1898 die Überreste des „Öden Schlosses“ am linken Donauufer gegenüber Bad Deutsch-Altenburg untersuchte, stellte man überrascht fest, dass der gemauerte Fußboden nur 0,1 m bis 0,3 m über dem Mittelwasserstand lag (Genser 1989). Man schloss daraus, dass der Wasserspiegel der Donau ehemals erheblich tiefer gelegen sein musste. Untersucht man die Mittelwasserstände der Donau ab 1830 genauer, so werden die Auswirkungen der Regulierungsarbeiten auf die Höhenlage des Donauwasserspiegels offensichtlich. Während sich der Mittelwasserstand bei Wien-Nussdorf zwischen 1850 und 1890 um mehr als 1 m absenkte, stieg er 26 km stromabwärts bei Fischamend bis 1910 um 1,5 m an. In Hainburg, nochmals 24 km donauabwärts, betrug die Spiegelaufhöhung immerhin noch 1,2 m (Schmautz et al. 2002). Was war geschehen?

Die Regulierungsarbeiten in der Donaustrecke flussauf des Nationalparks führten zu einer Eintiefung der Sohle, wodurch große Mengen an Sedimenten freigesetzt und weiter flussabwärts transportiert wurden. Östlich von Wien, wo das Gefälle der Donau vor der Regulierung mit 0,36 bis 0,40 ‰ vergleichsweise gering war, lagerte sich das mobilisierte Material teilweise wieder ab (ein Teil wurde sicherlich weiter flussabwärts transportiert). Damit kam es sukzessive zu einer Erhöhung des Wasserspiegels. Um 1910 dürfte die Geschiebezufuhr aus der flussauf liegenden Strecke nachgelassen haben, wodurch sich der Trend umkehrte. Durch die darauf folgende Eintiefung des Flussbetts im 20. Jahrhundert sank der Mittelwasserstand wieder allmählich ab. Dieser Trend verstärkte sich in den letzten Jahrzehnten des vergangenen Jahrhunderts. Man könnte nun annehmen, dass es einen Zeitpunkt gäbe, zu dem wieder ähnliche flussmorphologische Verhältnisse an der Donau östlich von Wien herrschen müssten, wie vor Beginn der Auflandung um 1850. Doch mittlerweile hat sich das Flusssystem stark verändert. Da über 100 Jahre hinweg ein höherer Wasserspiegel vorherrschend war, war bei Hochwässern auch das Sedimentationsniveau im Auegebiet höher. Demzufolge lagerten sich Feinsedimente



Abb. 2.51 Selbsthilfemaßnahmen der Bevölkerung beim Katastrophenhochwasser 1954

im Auegebiet in höheren Lagen ab, als dies vor der Regulierung der Fall gewesen war; ebenso in Neben- und Altarmen, deren Sohlen auflandeten. Nach der starken Absenkung der Spiegellagen im 20. Jahrhundert ist nun der Höhenunterschied zwischen der Geländeoberkante im Auegebiet beziehungsweise der Sohlage der Altarme und dem aktuellen Mittelwasserspiegel der Donau unnatürlich

Nationalpark Donau-Auen – lebendiges Relikt der ehemaligen Flusslandschaft

Stromabwärts von Wien erstreckt sich entlang einer der letzten freien Fließstrecken der Oberen Donau das Auegebiet des Nationalparks Donau-Auen. Auch hier war die Errichtung eines Donaukraftwerkes vorgesehen, doch besetzten tausende Menschen im Rahmen einer neu entstehenden österreichischen Grünbewegung im Winter 1984 die Baustelle und erzwangen ein Umdenken. Heute umfasst der Nationalpark 9 300 ha Aulandschaft, weitere 2 200 ha sind in privatem Besitz und sollen dem Nationalpark noch zugeschlagen werden (vgl. Abb. im Beitrag Hasenbichler & Hartl).

Zwischen den Hauptstädten Wien und Bratislava einen Nationalpark einzurichten, ist keine Selbstverständlichkeit: Siedlungsdruck, internationale Schifffahrt, Hochwasserschutz, Trinkwassergewinnung und Erholungsnutzung bedrängen die Naturflächen. Die größte Bedrohung des Gebietes bleibt aber weitgehend verborgen: Die stromauf errichtete Kraftwerkskette blockiert den natürlichen Geschiebetransport! Der Umstand, dass die Donauregulierung das einst verzweigte Gewässernetz in einem Hauptgerinne zusammengefasst und begradigt hat, verstärkt dieses Problem.

Die damit verbundene Erosion der Donausohle bedeutet langfristig das Ende der Aulandschaft (vgl. Beitrag Helmut Habersack). Denn mit der Flusssohle sinkt nicht nur der Wasserspiegel der Donau und ihrer Seitenarme, sondern auch der Grundwasserstand. In den Donau-Auen gibt es dadurch vieles zu verlieren: Zu den ersten Betrof-

fenen würde etwa die Europäische Sumpfschildkröte zählen, deren bevorzugte Gewässer und auch Überwinterungstümpel nicht mehr über die erforderlichen Wassertiefen verfügen.

Ganz besondere Bedeutung hat der Nationalpark für jene Lebensraumtypen und Arten, welche an die Flussdynamik gebunden sind. Uferanrisse, frische Kies- und Sandbänke sowie die daraus resultierenden Pionierstandorte und frühen Entwicklungsstadien der Vegetations-Sukzession sind abseits spezieller Schutzgebiete sehr selten geworden. Dies zeigt sich etwa bei den kiesbrütenden Vogelarten: Mit den im Durchschnittsjahr etwa 25 bis 30 Revieren des Flussregenpfeifers und 15 bis 20 Revieren des Flusssuferläufers zählt der Nationalpark zu den wichtigsten natürlichen Brutbereichen dieser Arten.

Aber auch am anderen Ende des dynamischen Spektrums haben die Donau-Auen etwas anzubieten: Die späten Stadien des Waldes, mit Altbaumbestand und vermorschendem Totholz, bieten rund 300 xylobionten Käferarten ideale Habitate. Aufgrund der geringen menschlichen Störung finden zudem große Greifvögel ruhige Nistplätze – beispielsweise haben fünf Brutpaare des Seeadlers und zwei des Kaiseradlers im Nationalpark Quartier bezogen.

Nationalparke verfolgen als Schutzstrategie, der Natur auf dem Großteil ihrer Fläche freie Entwicklung zu gestatten. Managementmaßnahmen sind nur für eine Über-

gangsperiode vorgesehen, um alte Eingriffe zurückzunehmen oder um in einer Anfangsphase gute Rahmenbedingungen für die weitere Entwicklung zu schaffen. Der in einem Nationalpark sehr zentrale Prozessschutz macht der Natur keine Vorgaben, bestimmte Ziele zu erreichen. Dies hat auch Konsequenzen für die wasserbaulichen Renaturierungsmaßnahmen: Im Nationalpark ist nicht die „Herstellung“ einer von uns Menschen als natürlich angesehenen Landschaft gefragt; vielmehr soll dem Fluss die Gestaltungsfreiheit über die Landschaft zurückgegeben werden. An einem schiffbaren Fluss im stark besiedelten Mitteleuropa stößt man damit rasch an Grenzen, da der Hochwasserschutz für die umliegenden Gebiete und die internationale Wasserstraße stets gewährleistet bleiben müssen. Dennoch bleibt in diesem Flussabschnitt ausreichend Spielraum für die wesentlichen landschaftsformenden Prozesse.

Das ökologische Leitbild des Nationalparks orientiert sich an den historischen Kartenwerken aus der Zeit vor der Donauregulierung. Der ehemalige Zustand kann zwar nicht mehr wiederhergestellt werden, bietet aber Orientierungs- und Entscheidungshilfe. Dabei verfolgt die

Renaturierungsstrategie des Nationalparks mehrere Ziele: Vorrangig ist natürlich die Verhinderung der weiteren Sohlerosion. Seitenarme sollen durch Wiederanbindung an die Donau ihrem ursprünglichen Charakter angenähert werden. Die Entfernung nicht mehr erforderlicher Ufersicherungen soll der Donau erlauben, ihre Ufer wieder natürlich umzuformen und neue Verbindungen zu den Seitenarmen herzustellen.

Unter den heutigen Rahmenbedingungen wird die Donau eine etwas andere Landschaft formen, als jene, die hier früher gegeben war. Und das muss auch so sein: Die klimatischen Veränderungen, die Landnutzung im Einzugsgebiet, ausgestorbene und neu eingewanderte Arten, und viele andere neue Faktoren wirken heute auf die Flusslandschaft und ihre Lebensgemeinschaften. Deren künftiges Geschick wieder stärker der formenden Kraft der Donau zu überantworten, erfordert daher Vertrauen in die Gestaltungsfähigkeit des Flusses. Ein Nationalpark denkt dabei in langen Zeiträumen.



Seeadler im Kampf ums Revier



Sumpfschildkröten beim gemeinsamen Sonnenbaden

groß. Dies hat stark veränderte Standortbedingungen im Auegebiet zur Folge: Die Au wurde trockener. Die Situation der Donau im heutigen Nationalpark ist ein „schönes“ Lehrbeispiel für langfristig unbeabsichtigte Folgewirkungen menschlicher Eingriffe in ein natürliches Ökosystem.

Diese Entkoppelung der Niveaus zwischen dem Auegelände einerseits und dem Donau- beziehungsweise Grundwasserspiegel andererseits ist heute ein typisches Phänomen an vielen Donauabschnitten. Zum Teil wurde dieses Problem noch durch spätere Sohlbaggerungen verschärft (vgl. *Abb. 3.17* in *Kapitel 3.1*). Die Austrocknung von Auegewässern und der Verlust an Feuchtstandorten für die Auevegetation führen allmählich zu einer Umwandlung ehemaliger Auen-Ökosysteme hin zu terrestrisch geprägten Lebensräumen. So hat sich der mittlere Flurabstand im östlichen Machland zwischen 1812 und 1991 auf rund 3 m beinahe verdoppelt (vgl. *Abb. 2.17* und *2.18*). Durch den verringerten Grundwasseranschluss ist das natürliche Aufkommen forstlich genutzter Auwaldbaumarten (Naturverjüngung) heute in vielen Bereichen der Auegebiete nur mehr eingeschränkt möglich. Im Marchfeld flussabwärts von Wien erweisen sich die Probleme als deutlich gravierender. Hier müssen die Äcker und Wiesen im Sommer aufgrund des langfristig abgesunkenen Grundwasserspiegels sogar künstlich bewässert werden.

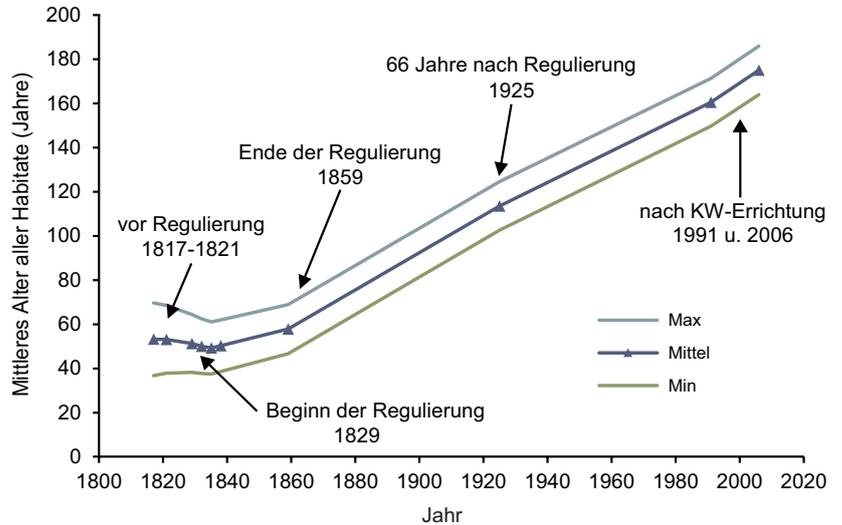
Eng verbunden mit den bisher beschriebenen Auswirkungen der Regulierung ist auch die räumliche Trennung von Fluss und Au. Waren früher die Auegebiete von einem Netzwerk an Gewässern durchzogen, so wurden die meisten Verbindungen zwischen den Auegewässern und den Hauptarmen der Donau gekappt. Der „flood pulse“ der Donau, der vor der Regulierung ein sehr komplexes Muster mit vielfältigen Austauschprozessen aufwies, ist in weiten Bereichen des Ökosystems praktisch verschwunden oder stark reduziert. Bei steigendem Donau-Wasserspiegel beruht er heute primär nur noch auf dem Rückstau des Wassers über die wenigen verbliebenen Altarm-Anbindungen in das Auegebiet. Durch den weitgehenden Verlust der dynamischen Nebenarme entstand jene Art von Auegebieten, wie wir sie heute kennen. Die Donau hat nun ein ganz klar abgrenzbares, wenig dynamisches Gerinne

und unter „Donau-Auen“ versteht man heute das stabilisierte Auland beiderseits des Stromes. Das Beispiel der Gewässer in der Lobau flussab von Wien zeigt den typischen Transformationsprozess der aquatischen Lebensräume, wie er auch an anderen Donauabschnitten zu beobachten war (vgl. *Abb. 2.16*). Bis zum Ende der Regulierungsarbeiten büßten die durchströmten Donauarme große Flächen ein. Dafür erfuhren die verschiedenen Typen an Altarmen vorerst eine massive Zunahme. Zusammengenommen waren sie nunmehr ungefähr gleich groß wie der Hauptstrom selbst. Schon unmittelbar nach der Regulierung setzte jedoch die großflächige Verlandung der abgetrennten Arme ein, wodurch sich auch diese sehr rasch reduzierten. Bereits rund 60 Jahre nach Beendigung der Re-

Abb. 2.52 Totarme, wie hier die Entenlacke im Machland, sind ökologisch wertvolle Biotope. Wenn es aber fast nur mehr solche stagnierenden aquatischen Lebensräume gibt, dann wird es für das Auenökosystem langfristig zum Problem.



Abb. 2.53 Mittleres Alter aller Habitats in der neuzeitlichen Auenzone des östlichen Machlandes 1817 bis 2006 (Min und Max kennzeichnen den möglichen Fehlerbereich)

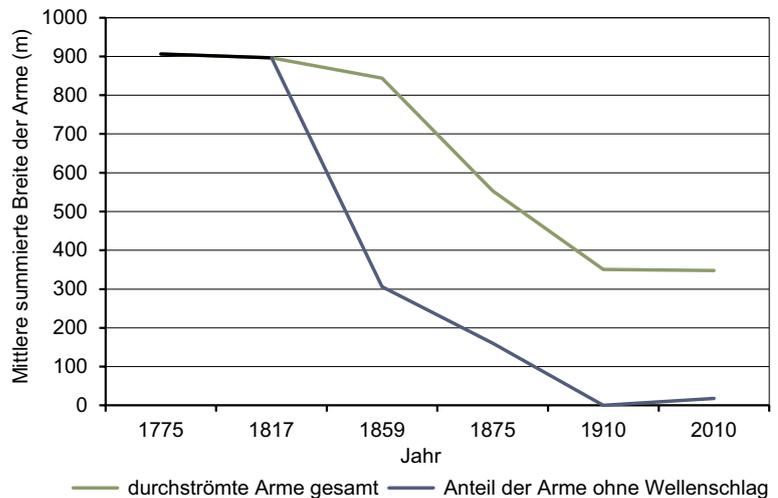


gulation waren die meisten Augewässer verschwunden oder zu isolierten Altwässern umgewandelt. Im vorläufigen Endzustand der Donaulandschaft spielen neben dem stark reduzierten Hauptstrom nur noch die Totarme eine nennenswerte Rolle (Abb. 2.52).

Durch die fehlenden Umlagerungsprozesse ist eine Regeneration des Auensystems nicht mehr möglich. Dies macht sich zum Beispiel im Fehlen neuer Pionierstandorte für Auenvegetation oder in der Kolmation, der verringerten Durchlässigkeit des Gewässerbetts, bemerkbar. Anstatt der notwendigen Verjüngung flusstypischer Habitats dominieren nun anhaltende Alterungsprozesse den Lebensraum (Abb. 2.53). Ehemalige Weichholzstandorte verwandeln sich sukzessive zu älteren Standorten, die für Hartholzbaumarten besser geeignet sind (vgl. Abb. 2.19 und 2.20).

Der regulierte Hauptstrom bietet nicht nur ein wesentlich geringeres Spektrum unterschiedlicher Lebensräume für die Gewässerfauna, vielmehr haben sich auch andere Bedingungen grundlegend geändert, die vor allem den strömungsliebenden Donaufischen zu schaffen machten. Die prosperierende Dampfschiffahrt brachte nämlich ein neues Phänomen mit sich, mit dem die Fischfauna bis dahin nicht konfrontiert war: Wellenschlag spülte Fischlaich und Jungfische an die Ufer, wo sie zugrunde gingen. Anfangs stellte dies bei den wenigen Schiffen noch kein wirkliches Problem dar, zumal sich die Fische zur Reproduktion auch in Nebenarme und überstaute Auen zurückziehen konnten. Doch ging der stark zunehmende Schiffsverkehr mit dem fortschreitenden Verlust an durchströmten Nebenarmen und der Entkoppelung von Auen im Zuge der Regulierung einher. Im Laufe des 19. Jahr-

Abb. 2.54 Der Lebensraum für strömungsliebende Fischarten wurde zwischen 1817 und 1910 nicht nur erheblich reduziert (grün), die verbliebenen Habitats waren auch zunehmend dem Wellenschlag der Schiffe ausgesetzt (blau; dargestellt anhand der mittleren summierten Breite aller im Auengebiet nebeneinander verlaufenden, durchströmten Flussarme zwischen Tulln und Theben).



hunderts kam die Fischfauna daher nicht nur durch den Verlust an Habitaten in Bedrängnis, die verbliebenen Bereiche waren zusätzlich auch noch dem Wellenschlag ausgesetzt. Betrachtet man alle durchströmten Donauarme, die in der Flusslandschaft nebeneinander verliefen, so stand der rheophilen Fischfauna um 1820 im Mittel ein insgesamt 900 m breiter, von Wellenschlag unbeeinträchtigtiger Lebensraum zur Verfügung (blaue Kurve in *Abb. 2.54*). Anfang des 20. Jahrhunderts gab es keine durchströmten Arme ohne Wellenschlag mehr.



Verlust der Strömung

In Diskussionen über den Zustand unserer Flusslandschaften taucht immer wieder die Frage auf, welcher Eingriff eigentlich die tiefgreifenderen Auswirkungen auf das Donau-Ökosystem hatte: die Regulierungen im 19. Jahrhundert oder die Kraftwerkserrichtungen im 20. Jahrhundert?

Aus all den zuvor gemachten Ausführungen ist wohl zu folgern, dass die umfangreichen Regulierungen die insgesamt nachteiligeren Effekte auf das Fluss-Auen-system der Donau hatten. Warum die Auswirkungen der Kraftwerksbauten dennoch als besonders gravierende Eingriffe angesehen werden, hängt mit dem Umstand zusammen, dass dort, wo ein Ökosystem bereits stark beeinträchtigt ist, alle zusätzlichen Eingriffe umso stärker ins Gewicht fallen.

Bereits ab 1910 gab es Planungen für den Bau von Großkraftwerken an der österreichischen Donau. Ein von der Züricher Firma Lochner & Co im Auftrag des Syndikats „Donaukraftwerk Wallsee“ ausgearbeitetes Projekt sah unter anderem einen 12 km langen Ausleitungskanal im Machland vor. Das Projekt wurde 1919 sogar wasserrechtlich genehmigt, jedoch nie verwirklicht. In den 1920ern wurden weitere Projekte für Kraftwerke in Wien und im Struden ausgearbeitet. Letzteres sollte mit einem Hochspeicher in einem Seitental kombiniert werden. Wesentlich ambitionierter waren dabei noch die Österreichischen Siemens-Schuckert Werke in Wien. Diese planten bereits im Jahr 1931 eine zehnstufige Kraftwerkskette

Abb. 2.55 „Freitag, Punkt 12.30 wurde in Grein an der Donau mit Sprengstoff Geographie gemacht.“ – So formulierte die *Arbeiter-Zeitung* am darauf folgenden Tag die Sprengung des ehemaligen Schifffahrtshindernisses Schwalleck im Zuge der Kraftwerkserrichtung 1958.

Abb. 2.56 5 800 kg Alpinit auf einen Schlag: Bei der Sprengung des Schwallecks wurden weit entfernt liegende Gebäude beschädigt und der Bahndamm sowie eine Straße verschüttet.

von Passau bis Hainburg. Geplante Kraftwerksstandorte waren unter anderem Ardagger am Übergang vom Machland zum Strudengau, Aggsbach, Krems, Altenwörth, Tulln, Klosterneuburg und Hainburg (Veichtlbauer 2010). Die darauffolgende Wirtschaftskrise machte jedoch all die hochtrabenden Pläne zunichte. Auch weitere Anläufe für Kraftwerke in Wien oder bei Ybbs-Persenbeug um 1943 kamen infolge der Kriegswirren bald wieder zum Erliegen. Im Jahr 1952 war es aber dann endlich soweit. Das Grenzkraftwerk Jochenstein flussauf von Engelhartzell wurde von einem deutsch-österreichischen Konsortium in Angriff genommen. Bereits zwei Jahre später wurde auch mit dem Bau des ersten rein österreichischen Donau-Kraftwerkes bei Ybbs-Persenbeug begonnen (Abb. 2.55 bis 2.57). Damit kommen wir zur jüngeren Geschichte der österreichischen Donau, die im *Kapitel 3.1* ausführlicher behandelt wird.

Abb. 2.57 Miniatur-Donau: Freiluftmodell der Donaulandschaft zwischen Mauthausen und Wallsee im Maßstab 1:200 für die Hochwassersimulation im Zuge der Kraftwerkserrichtung Wallsee-Mitterkirchen 1966 (Modell vierfach überhöht)





Hoher Markt in Wien mit dem Fischmarkt (um 1715)

2.2

Die Fische der Donau – ein Spiegel des Wandels der Flusslandschaft

Die Donau zählt zu den fischartenreichsten Flüssen Europas. Das ist einerseits durch ihre geographische Lage als Verbindung zwischen dem alpinen und dem ponto-kaspischen Raum begründet, andererseits durch die Funktion der Unteren Donau als Rückzugsraum für Warmwasser liebende Fischarten während der Eiszeiten (siehe dazu *Kapitel 1.4*). An der österreichischen Donau verschneiden sich die beiden Fließgewässerzonen des Hyporhithrals (Äschenregion) und des Epipotamals (Barbenregion). Zur Äschenregion gehören vor allem zahlreiche rechtsufrige Donauzubringer, deren Mündungsbereiche oft über viele Kilometer mit der Donau vernetzt waren. Speziell in Donau-Durchbruchstrecken, beispielsweise flussab von Passau, strahlt das Hyporhithral noch weit erkennbar in die Donau aus. Grundsätzlich hat die Donau aber einen epipotamalen Charakter. Dieser ist in den Verzweigungsstrecken der alluvialen Beckenlandschaften, mit dem einst weitreichenden und heute noch relikitär erhaltenen Nebengewässersystem, besonders ausgeprägt. Neben zahlreichen Arten mit weiter Verbreitung in Europa kommen auch viele ponto-kaspische Arten vor, die in Mitteleuropa auf die Donau und ihre unmittelbaren Nebengewässer beschränkt sind.

Die hohe Zahl von 56 Fisch- und zwei Neunaugenarten, die in der österreichischen Donau als heimisch gelten, erklärt sich aus der Vielfalt der Lebensräume, welche von einzelnen Arten und deren unterschiedlichen Altersstadien besiedelt werden. Neben besonders vielen Vertretern aus der Familie der Karpfenartigen sind insgesamt fünf Arten an Stören bemerkenswert. Drei Vertreter dieser Familie (Hausen, Sternhausen, Waxdick) wanderten allerdings ausschließlich zum Laichen aus dem Schwarzen Meer bis in das österreichische Donaugebiet ein. Die einzelnen Vertreter der Donaufischfauna haben zum Teil sehr unterschiedliche ökologische Ansprüche. Neben anadromen Langstreckenwanderern sind rhithrale Arten anzutreffen, welche zur Fortpflanzung in klare, sommerkalte und sauerstoffreiche Zubringer der Forellen- oder Äschenregion ziehen (z. B. Huchen). Andere Arten leben über ihren gesamten Lebenszyklus im Hauptstrom, haben aber unterschiedlich stark ausgeprägte Präferenzen für durchströmte Habitats. Manche dieser Rheophilen halten sich zeitweise in mit dem Fluss in Verbindung stehenden, aber nicht durchströmten Altarmen auf, entweder zur Reproduktion, zur Nahrungsaufnahme oder als Wintereinstand. Der Lebenszyklus von stagnophilen Fischarten hingegen spielt sich zur Gänze in pflanzenreichen, ruhigen Gewässern ab, wie zum Beispiel verlandenden Altarmsystemen

Familie	Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Strömungsgilde	Aktuelle Häufigkeit in der Donau
Petromyzontidae	<i>Eudontomyzon mariae</i>	Ukrainisches Bachneunauge	rheophil	s
	<i>Lampetra planeri</i>	Bachneunauge	rheophil	s
Acipenseridae	<i>Acipenser güldenstädtii</i>	Waxdick	rheophil	a
	<i>Acipenser nudiiventris</i>	Glatt dick	oligorheophil	a
	<i>Acipenser ruthenus</i>	Sterlet	oligorheophil	s
	<i>Acipenser stellatus</i>	Sternhausen	rheophil	a
	<i>Huso huso</i>	Hausen	rheophil	a
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	Aal	indifferent	n
Salmonidae	<i>Hucho hucho</i>	Huchen	rheophil	s
	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Regenbogenforelle	indifferent	n
	<i>Salvelinus fontinalis</i>	Bachsaiibling	rheophil	n
	<i>Salmo trutta</i>	Bachforelle	rheophil	s
Coregonidae	<i>Coregonus</i> spp.	Renke	indifferent	n
Thymallinae	<i>Thymallus thymallus</i>	Äsche	rheophil	s
Esocidae	<i>Esox lucius</i>	Hecht	indifferent	m
Umbridae	<i>Umbra krameri</i>	Hundsfisch	limnophil	s
Cyprinidae	<i>Abramis bjoerkna</i>	Güster	indifferent	m
	<i>Abramis brama</i>	Brachse	indifferent	h
	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Schneider	rheophil	s
	<i>Alburnus alburnus</i>	Laube	indifferent	h
	<i>Alburnus mento</i>	Seelaube	limnophil	s
	<i>Aspius aspius</i>	Schied	indifferent	m
	<i>Ballerus ballerus</i>	Zope	indifferent	s
	<i>Ballerus sapa</i>	Zobel	oligorheophil	h
	<i>Barbus barbus</i>	Barbe	rheophil	h
	<i>Barbus cf. balcanicus</i>	Semling	rheophil	v
	<i>Carassius carassius</i>	Karassche	limnophil	s
	<i>Carassius gibelio</i>	Giebel	indifferent	m
	<i>Chondrostoma nasus</i>	Nase	rheophil	h
	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	Graskarpfen	indifferent	n
	<i>Cyprinus carpio</i>	Karpfen	indifferent	m
	<i>Gobio gobio</i>	Gründling	rheophil	s
	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	Silberkarpfen	indifferent	n
	<i>Hypophthalmichthys nobilis</i>	Marmorkarpfen	indifferent	n
	<i>Leucaspis delineatus</i>	Moderlieschen	limnophil	s
	<i>Leuciscus cephalus</i>	Aitel	indifferent	m
	<i>Leuciscus idus</i>	Nerfling	indifferent	m
<i>Leuciscus leuciscus</i>	Hasel	indifferent	m	
<i>Pelecus cultratus</i>	Sichling	indifferent	s	

Familie	Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Strömungsgilde	Aktuelle Häufigkeit in der Donau
	<i>Phoxinus phoxinus</i>	Elritze	indifferent	s
	<i>Pseudorasbora parva</i>	Blaubandbärbling	indifferent	n
	<i>Rhodeus amarus</i>	Bitterling	limnophil	m
	<i>Romanogobio kesslerii</i>	Kessler-Gründling	rheophil	v
	<i>Romanogobio uranoscopus</i>	Steingressling	rheophil	v
	<i>Romanogobio vladykovi</i>	Weißflossengründling	rheophil	m
	<i>Rutilus meidingeri</i>	Perlfisch	limnophil	s
	<i>Rutilus virgo</i>	Frauennerfling	rheophil	s
	<i>Rutilus rutilus</i>	Rotauge	indifferent	h
	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Rotfeder	limnophil	s
	<i>Telestes souffia</i>	Strömer	rheophil	s
	<i>Tinca tinca</i>	Schleie	limnophil	s
	<i>Vimba vimba</i>	Russnase	oligorheophil	m
Balitoridae	<i>Barbatula barbatula</i>	Schmerle	rheophil	s
Cobitidae	<i>Cobitis elongatoides</i>	Steinbeißer	oligorheophil	s
	<i>Misgurnus fossilis</i>	Schlammpeitzger	limnophil	s
Siluridae	<i>Silurus glanis</i>	Wels	indifferent	m
Gadidae	<i>Lota lota</i>	Aalrutte	indifferent	s
Percidae	<i>Gymnocephalus baloni</i>	Donaukaulbarsch	oligorheophil	s
	<i>Gymnocephalus cernua</i>	Kaulbarsch	indifferent	m
	<i>Gymnocephalus schraetser</i>	Schrätzer	oligorheophil	m
	<i>Perca fluviatilis</i>	Flussbarsch	indifferent	h
	<i>Sander lucioperca</i>	Zander	indifferent	m
	<i>Sander volgensis</i>	Wolgazander	indifferent	s
	<i>Zingel streber</i>	Streber	rheophil	s
	<i>Zingel zingel</i>	Zingel	oligorheophil	m
Cottidae	<i>Cottus gobio</i>	Koppe	rheophil	s
Gobiidae	<i>Babka gymnotrachelus</i>	Nackthalsgrundel	indifferent	n
	<i>Proterorhinus semilunaris</i>	Marmorierte Grundel	indifferent	n
	<i>Neogobius kessleri</i>	Kesslergrundel	indifferent	n
	<i>Neogobius melanostomus</i>	Schwarzmundgrundel	indifferent	n
Centrarchidae	<i>Lepomis gibbosus</i>	Sonnenbarsch	limnophil	n
Gasterosteidae	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Stichling	limnophil	n

Tab. 2.1 In der österreichischen Donau und deren Nebengewässern historisch und rezent vorkommende Fischarten, ihre Zuordnung in Bezug auf Strömungspräferenz sowie Einschätzung ihrer aktuellen Häufigkeit

- (s) selten
- (a) ausgestorben
- (v) verschollen
- (n) Neozoon oder standortfremd (Renken)
- (h) häufig
- (m) mäßig häufig



Abb. 2.58 An der Donau bei Petronell betrieb die Familie Kipferl jahrzehntelang die Erwerbsfischerei. Das Foto oben zeigt eine Szene mit den erbeuteten Fischen, vor allem Hechten.

ehemaliger Furkationsabschnitte. Die meisten Arten umfasst die Gruppe der eurytopen („strömungsindifferenten“) Fische, die sowohl im Hauptstrom als auch in verschiedenen Typen von Nebengewässern vorkommen. Im Einzelnen zeigen jedoch auch diese, bezüglich der Strömungspräferenz weniger stark spezialisierten Arten, hinsichtlich Temperatur, Laichsubstrat, Ernährung und Einstandsmöglichkeiten unterschiedliche Anforderungen.

Im Hinblick auf ihre Fortpflanzung bevorzugen die Fischarten der österreichischen Donau unterschiedlichste Habitate. Rheophile sind meist Kieslaicher, während Stagnophile ihre Eier vorwiegend auf Pflanzen ablegen. Einige Arten zeigen ein sehr spezialisiertes Reproduktionsverhalten. Koppen beispielsweise laichen innerhalb des Sohlsubstrates beziehungsweise kleben ihre Eier an die Unterseite „hohl“ aufliegender Steine. Bitterlinge wiederum legen ihre Eier in den Kiemenraum größerer Fluss- oder Teichmuscheln und sind damit von deren Vorkommen abhängig. Ebenso vielfältig sind die Nahrungsansprüche. Manche Fischarten, wie die Nase oder der Bitterling, ernähren sich ausschließlich von Algen und Pflanzen, Zopen hingegen jagen nach Plankton. Die meisten Fische ernähren sich von benthisch lebenden Insektenlarven oder als Omnivore zusätzlich auch von Pflanzen. Einige sind echte Raubfische. Das heißt, sie bevorzugen spätestens als er-

wachsene Tiere andere Fische. Solche Arten stehen an der Spitze der Nahrungspyramide und besitzen daher nur geringere Bestandsdichten. Zu diesen begehrten Raubfischen zählen Hecht, Zander, Aalrutte, Schied, Wels oder Huchen.

Durch aktiven Besatz, aber auch durch die unbeabsichtigte Verschleppung von Arten hat sich die Fischarten-Gemeinschaft der Donau vor allem seit den 1880er Jahren nicht nur verändert, sondern auch erweitert. Aktuell kommen in der österreichischen Donau 70 Fisch- und zwei Neunaugenarten vor. Die umfassenden Änderungen der Habitate, die mit den vielfältigen Nutzungen des Flusses einhergingen, führte zwar mit Ausnahme der anadromen Störe zu keinem Aussterben von Arten. Die Häufigkeiten der Arten haben sich aber stark verändert. Auch hat der Fischbestand insgesamt stark abgenommen. Die *Tabelle 2.1* (siehe vorige Doppelseite) gibt einen Überblick über das historische Fischartenspektrum der österreichischen Donau sowie einen ersten Vergleich mit dem aktuellen Vorkommen. Letzteres wird in *Kapitel 3.2* in Abhängigkeit der verschiedenen Einflüsse und menschlichen Eingriffe detailliert behandelt.

Der Fischreichtum vergangener Zeiten

Während die Fischverbreitung in historischen Quellen vergleichsweise gut dokumentiert ist, schaut es mit Daten zur Häufigkeit wesentlich schlechter aus. Bis weit ins 20. Jahrhundert gab es weder die Notwendigkeit, noch adäquate Möglichkeiten, Fischbestände genauer zu erheben. Die früheren Fischbestände der Donau und deren Entwicklung lassen sich daher meist nur indirekt rekonstruieren. Wichtige Quellen stammen von der Berufs- und Sportfischerei. Dabei handelt es sich im optimalen Fall um Fangaufzeichnungen, die für die Donau, bedingt durch die spezifische Form der Berufsfischerei, allerdings nur in Ausnahmefällen zur Verfügung stehen. Neben schriftlichen Aufzeichnungen zur historischen Fischfauna liefern auch Fischknochenreste, die bei archäologischen Grabungen gefunden werden, wichtige Hinweise (siehe Beitrag A. Galik).

Fischerträge wurden systematisch bei der statistischen Erhebung zum Zustand der Binnenfischerei 1904 erfasst und damit zu einem Zeitpunkt, wo die Mittelwasserregulierung der Donau schon weitgehend abgeschlossen und die Niederwasserregulierung noch im Gang war. Die Bestände waren zu dieser Zeit somit sicherlich bereits geringer als einige Jahrzehnte zuvor, aber im Vergleich zu heute noch immer beachtlich (Abb. 2.58 bis 2.60). Die Erhebungen sind für Revierausschüsse beziehungsweise politische Bezirke veröffentlicht und beziehen sich daher nicht immer explizit auf die Donau (Tab. 2.2). Die höchsten Erträge in der Donau wurden mit circa 51 t im Revier Wien erzielt, das die politischen Bezirke Bruck a. d. Leitha, Floridsdorf, Stadt Wien und Tulln umfasste. In den Donaurevieren Linz lag der jährliche Ertrag bei etwas über 11 t. In allen anderen Bezirken betrug er zwischen einigen 100 kg und einigen Tonnen. Bei den angeführten Erträgen darf nicht außer Acht gelassen werden, dass Zahlen für offizielle Erhebungen eventuell niedriger angegeben wurden, als den Tatsachen entsprach.

Abb. 2.59 Die Netzfischerei in der Donau und deren Nebengewässern erbrachte früher reiche Erträge.

Abb. 2.60 Auch mit Reusen wurden große Fischmengen gefangen.

Revierausschuss	Politischer Bezirk	Erträge (in kg)
Krems	Krems	4 280
	Melk	1 811
	Tulln	5 175
Wien	Bruck a. d. Leitha, Floridsdorf, Stadt Wien, Tulln (Donaureviere)	51 233
Amstetten	Amstetten	2 472
	Melk	1 375
Linz, Donau a–c	Linz	11 044
Donau a und b	Perg	2 441
Donau	Rohrbach	319
Summe		80 150

Tab. 2.2 Jährliche Fischereierträge in Donaubezirken basierend auf Daten aus der statistischen Erhebung zur Binnenfischerei 1904



Fischknochen – ein Fenster in die Vergangenheit

Die Archäoichthyologie – altgriechisch für Alt-Fisch-Wissenschaft – erlaubt es, ein Fenster in die Vergangenheit aufzustoßen. Diese Wissenschaft untersucht Fischüberreste von archäologischen Ausgrabungen. Neben dem Schuppenkleid besitzen Fische auch eine Vielzahl an Knochen. Die Bestimmung der Fischart anhand dieser Überreste ist mühselig. Trotzdem liefern Vergleichsstudien gute Ergebnisse und geben Auskunft über Fischfang und Fischkonsum früherer Zeiten. Die Größe der ausgegrabenen Fischknochen reicht von weniger als einem Millimeter bis hin zu mehreren Zentimeter großen Knochen von sehr großen Donaufischen.

Menschliche Siedlungsspuren finden sich im österreichischen Donaauraum seit der Altsteinzeit. Allerdings konnten noch keine Fischknochen aus dieser Zeit nachgewiesen werden. Die chemischen und physikalischen Faktoren des Bodens sind für die Erhaltung der Fischknochen außerordentlich wichtig. Während Mammut- oder Rentierknochen in Löss und Donauschottern erhalten geblieben sind, dürften sich die weniger widerstandsfähigen Fischknochen aufgelöst haben. Kleine Fischreste findet man nur mit sehr feinen Grabungsmethoden, zum Beispiel, indem man das Sediment siebt. In Latrinen und Senkgruben erhalten sich in der feuchten und organischen Umgebung selbst aller kleinste Knöchelchen, die die menschliche Verdauung überstanden haben. Die ursprüngliche Besiedlungsdichte und die Abfallmenge sind ebenfalls maßgeblich. Die Wahrscheinlichkeit in einer Ausgrabung Fischknochen zu finden, erhöht sich, wenn viel Müll produziert wurde.

Prähistorische Fischknochen gibt es in Österreich bis jetzt nur an Donauzubringern. Im Donaauraum selbst lässt sich Fischerei ab der Römerzeit in Carnuntum und in Vindobona archäologisch belegen. Mittelalterliche Fischknochen stammen hauptsächlich aus Burgen an Donauzubringern, aber auch direkt aus Wien. Das Gros der Fischfunde geht auf das 15. und 16. Jahrhundert zurück und stammt aus Klöstern und der Stadt Wien.

Besonders in den frühen Zeiten reflektieren die Fischfunde die für die Donau typischen Fischarten. Die wichtigsten Speisefische bleiben aber quer durch die Zeiten verschiedene Weißfische, wie Aitel oder Brachsen, Karpfen und Hecht. In geringerer Menge finden sich auch Äschen, Forellen, Huchen und Wels bis hin zu Streber, Flussbarsch und Zander. Man nutzte die Vielfalt der Donaufischfauna. Die Fischerei hatte sicher schon in römischer Zeit eine gewisse Bedeutung. Ein essenzieller Bestandteil der Ernährung wurden Fische für die Menschen an der österreichischen Donau jedoch erst im Mittelalter. Lange und strenge Fastenzeiten verboten den Konsum von „rotem Fleisch“ und wer es sich leisten konnte, aß eben Fisch. Die hohe Nachfrage führte bald zu einer Überfischung. Es wurden Unmengen an kleinen Fischen wie Schmerlen, Steinbeißer und Koppen und auch junge Fische entnommen. Um größeren Schaden an den Beständen zu verhindern, wurden Gesetze erlassen, die die Jungfische schützten und den Fang streng reglementierten. Gleichzeitig kam es zu einem Anstieg der

Teichwirtschaft. Karpfen waren am lohnendsten, wurden für drei bis vier Jahre in Teichen gehalten, dann abgefischt und verkauft. Die homogene Altersstruktur der Fische lässt sich sogar archäologisch nachweisen. In römischer Zeit aß man kleine ebenso wie sehr große Wildkarpfen der Donau. Über das Mittelalter und hin zur Neuzeit lag die Größe der verspeisten Karpfen meist bei rund 40 cm, was einem Alter von drei bis vier Jahren entspricht.

Römische Funde von Donaustören sind die frühesten Nachweise in der österreichischen Donau. Diese Fische spielten sicherlich auch in prähistorischer Zeit eine Rolle in der Ernährung der an der Donau ansässigen Bevölkerung. Weit verstreute Funde, auch außerhalb ihrer Laichgründe, belegen ihre intensive Befischung und den weitreichenden Handel. Überfischung führte zur stetigen Abnahme der Störe und die Errichtung des ersten Staudamms beim Eisernen Tor in den 1970ern blockierte schließlich ihre Laichzüge gänzlich.

Der große Fischbedarf konnte im Spätmittelalter und in der Neuzeit auch in Wien nicht alleine durch die Flüsse vor Ort und die Teichwirtschaft gestillt werden. Zahlreiche Knochen belegen den intensiven Handel mit eingesalzenen Heringen und Stockfisch, gesalzenem und getrocknetem Kabeljau. In römischer Zeit wurden dagegen hauptsächlich würzige Fischsaucen und mit Salz haltbar gemachte Makrelen gehandelt. Das zeigt das Bedürfnis nach nobler römischer Küche mit Hang zu mediterranem Lifestyle und ist nicht vergleichbar mit den billigeren, haltbar gemachten Meeresfischen, die die Menschen in Mittelalter und Neuzeit konsumierten.

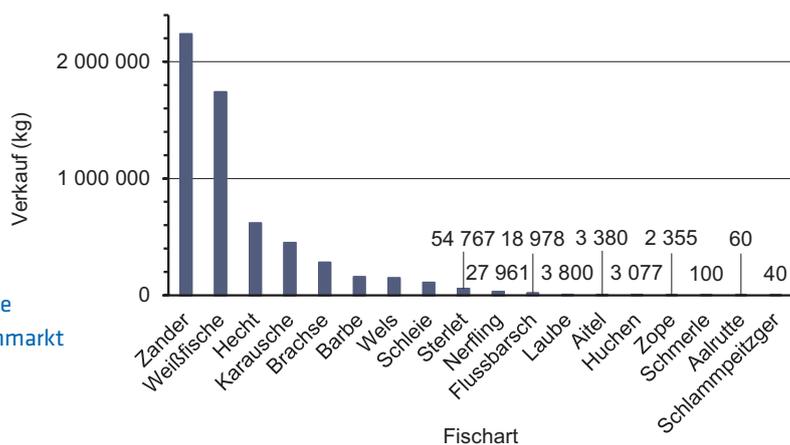
(A) Der weiße Hausenknochen (Prämaxilla) stammt von einem rund 125 cm großen modernen Vergleichsexemplar (links) und der braune Knochen von einem spätmittelalterlichen Hausen (rechts) von etwa 2,5 bis 3 m Länge aus der Stallburg in Wien.

(B) Eine Beispiel für sehr kleine Fische: Schlundknochen mit Schlundzähnen aus einer spätmittelalterlichen Latrine im Chorherrenstift in St. Pölten

Die Balken entsprechen jeweils einem Zentimeter.



Abb. 2.61 Mengen an potenziellen Donaufischen, die zwischen 1881 und 1914 zum Wiener Fischmarkt geliefert wurden



Neben den eher spärlichen Nachrichten zu den Erträgen gibt es umfangreiche Dokumente zum Fischhandel und zum Fischkonsum. Eine wertvolle Basis sind zum Beispiel die Statistiken zum Wiener Fischmarkt ab 1880 sowie jene für den Linzer Fischmarkt ab dem 20. Jahrhundert (Marktamt der Stadt Wien 1881–1893; *Statistisches Jahrbuch der Stadt Wien 1884–1914*; Österreichischer Fischereiverein 1880–1903; K. k. Österreichische Fischereigesellschaft 1903–1914; Kerschner 1956).

Zwischen 1881 und 1914 kamen insgesamt 64 verschiedene Fischarten auf den Wiener Fischmarkt. Davon waren 19 potenzielle Donaufische; mit dem Karpfen, der in kleineren Mengen auch noch aus der Donau kam, insgesamt 20. Auf Karpfen und andere Süßwasser- und Meeresfische wird weiter unten noch näher eingegangen. Neben den Fischen, die höchstwahrscheinlich aus der niederösterreichischen oder aus der oberösterreichischen Donau stammten, wurden auch welche aus Donauzuflüssen oder aus Seen – allen voran aus dem Neusiedlersee – oder überhaupt aus größerer Entfernung angeliefert. Das trifft wahrscheinlich besonders auf die nach dem Karpfen zweithäufigste Fischart, den Zander, zu. Von den 2 234 t, die zwischen 1881 und 1914 erfasst wurden, kam fast ein Drittel tot auf den Markt. Wahrscheinlich kamen diese aus größerer Entfernung und es war einfacher, die Tiere tot zu transportieren. Die enorme Bedeutung des Zanders wird im Vergleich mit rezenten Daten sichtbar: Für die Jahre 2011 und 2012 beziffert die „Statistik Austria“ die österreichische Jahresproduktion von Zander mit 10,6 t beziehungsweise

6,5 t. Das würde bedeuten, dass bei einer mittleren jährlichen Anlieferung von ca. 65 t Zander zwischen 1881 und 1914 allein in Wien die 6- bis 10-fache Menge der heutigen österreichischen Gesamtproduktion umgeschlagen wurde. Ebenso wie beim Zander kann man auch beim Hecht – der zweithäufigsten Raubfischart – nicht ausschließlich von einer Herkunft direkt aus der Donau ausgehen. Ein Großteil der anderen in *Abbildung 2.61* genannten Fische stammte jedoch überwiegend oder zur Gänze direkt aus der Donau. Das trifft wohl speziell auch auf die so genannten „Weißfische“ zu. Bei diesen handelte es sich hauptsächlich um die Nase, obwohl mitunter auch andere Fische unter diesem Namen zusammengefasst wurden. Ebenso waren Karausche, Brachse, Barbe, Wels und Schleie typische Donaufische, die in größeren Mengen auf dem Wiener Fischmarkt zu finden waren. Auch Sterlet und Huchen tauchten regelmäßig auf. Einige Arten kamen nur in geringen Mengen auf den Markt und wurden nur in ausgewählten Jahren erwähnt. Weniger als jeweils eine Tonne wurde zum Beispiel von Schmerle, Aalrutte und Schlammpeitzger geliefert.

Die Gesamtmengen der potenziellen Donaufische zeigen über den Verlauf der 34 Jahre keinen eindeutigen Trend einer Zu- oder Abnahme (siehe *Abb. 2.62*). Vielmehr gibt es zwei Spitzen um 1882 und um 1897, danach sanken die Zahlen zwar, waren aber höher als Ende der 1880er und am Beginn der 1890er Jahre. Es ist nicht unwahrscheinlich,

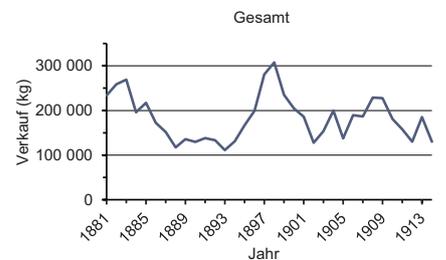
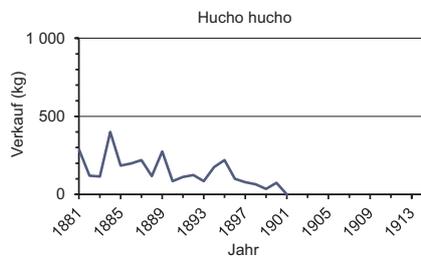
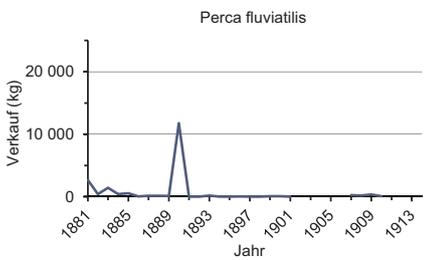
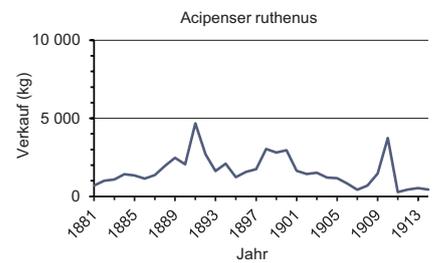
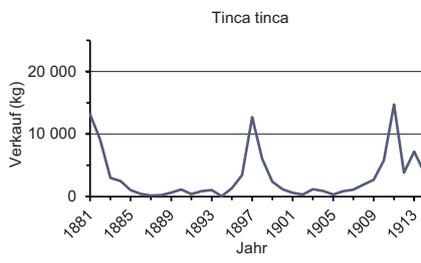
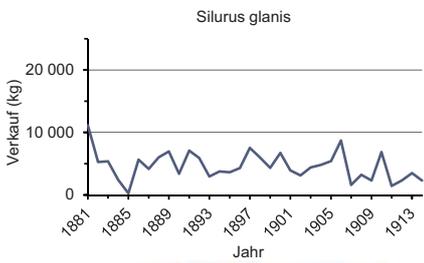
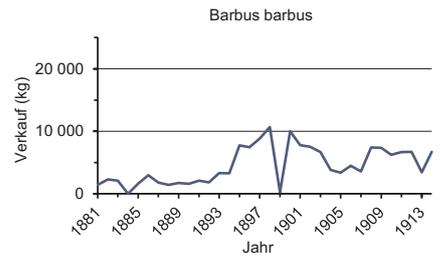
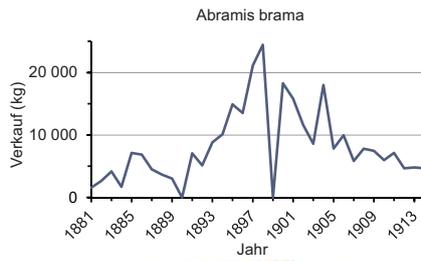
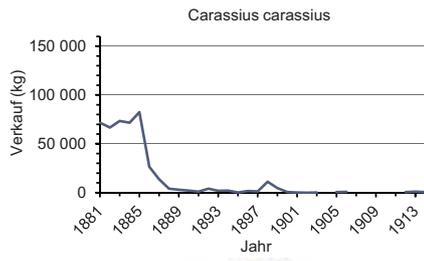
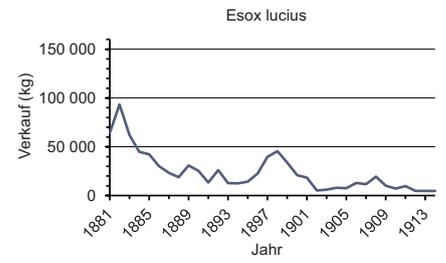
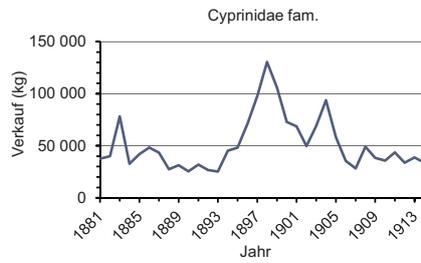
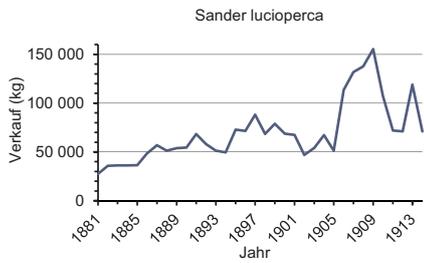


Abb. 2.62 Handel wichtiger potenzieller Donaufischarten auf dem Wiener Fischmarkt in den Jahren 1881 bis 1914



Abb. 2.63 Der Linzer Fischmarkt an der Donau um 1918

dass die Zahlen des Fischmarktes reale Ereignisse an der Donau widerspiegeln, denn in den 1880er und 1890er Jahren wurde intensiv an der Donauregulierung gearbeitet. Auch wenn der durch die Regulierung verursachte Habitatverlust auf längere Sicht zu einer ständigen Abnahme der Fischbestände führte, hatten die Bauarbeiten möglicherweise unmittelbar einen größeren Effekt, von dem sich der Fischbestand danach wieder erholen konnte. Im Hinblick auf den Einfluss der Regulierung ist es bedauerlich, dass Statistiken für den Wiener Fischmarkt erst ab den 1880ern zur Verfügung stehen, zumal damals in einigen Donauabschnitten die Regulierungsarbeiten schon weit fortgeschritten waren (siehe dazu *Kapitel 2.1*). Die einzelnen Arten zeigen im Zeitraum 1881 bis 1914 drei unterschiedliche Entwicklungsmuster. Einige nahmen klar ab. Dazu gehören vor allem die Karausche, der Huchen oder der Hecht. Andere Arten wie die Barbe, die Brachse oder die Weißfische (vor allem Nase) nahmen um 1895 zu, um dann mehr (Weißfische, Brachse) oder weniger stark (Barbe) ab-

zunehmen. Auch der Zander zeigt dieses Muster, obwohl die Herkunft dieses Fisches, wie oben erwähnt, nicht eindeutig klar ist und ein größerer Anstieg erst ab 1906 erfolgte. Die Schleie, aber auch der Sterlet zeigen dagegen keine klar erkennbare Tendenz.

Insgesamt änderten sich sowohl die Artenzusammensetzung als auch die am Markt angelieferten Mengen um 1895 deutlich. Wurden davor hauptsächlich Hecht, Schleie, Karausche und Flussbarsch gehandelt, so verlagerte sich der Schwerpunkt nach der Mitte der 1890er Jahre hin zu Barbe, Weißfischen (v.a. Nase) und Brachse. Die Hintergründe für diesen Wandel sind nicht leicht zu rekonstruieren, da derzeit noch keine zeitlich ausreichend detaillierten Informationen über die Lebensraumänderungen zur Verfügung stehen. Eventuell führten bereits die umfangreichen Regulierungsarbeiten in den 1890ern zu einer raschen Verlandung und Vernichtung jener Altarme, die typische Lebensräume der indifferenten und stagnophilen Fischarten sind. Die Lieferungen von Karauschen, die vorwiegend stagnierende, nährstoffreiche Gewässer wie zum Beispiel Schilflacken bewohnen, brechen aber schon um 1890 von ehemals circa 80 t jährlich auf marginale Werte ein. Vorstellbar wäre daher auch, dass die Abtrennung der Alt- und Seitenarme die Ausübung der Fischerei stark änderte, da die nunmehr abgetrennten Gewässer nicht mehr direkt mit Booten erreichbar waren. In der zeitgenössischen Fischereiliteratur gibt es freilich dazu keine expliziten Hinweise, während Klagen über die negativen Auswirkungen der Donauregulierung auf die Fischbestände kein Ende nahmen. Die einzelnen Hefte der seit 1880 erscheinenden *Mitteilungen des österreichischen Fischerei-Vereins* – eines unmittelbaren Vorläufers von *Österreichs Fischerei* – bieten dafür ein eindrucksvolles Zeugnis.

Auf dem Linzer Fischmarkt wurden zwischen 1902 und 1905 insgesamt 37 verschiedene Fischarten angeboten (*Abb. 2.63*). Mit Ausnahme des Aals, der Regenbogenforelle und des amerikanischen Zwergwelses handelte es sich ausschließlich um heimische Donaufischarten beziehungs-

weise Fische aus Zubringern oder aus den Seen des Einzugsgebiets. Die jährlichen Lieferungen umfassten zwischen 68 000 und 90 000 Stück. Meist handelte es sich um Bratfische, Näslinge und Rotaugen, von denen jeweils zwischen 10 000 und 20 000 Individuen verkauft wurden. Kerschner (1956) geht nicht darauf ein, was unter den Bratfischen zu verstehen ist. Es handelte sich aber wahrscheinlich um die Nase, den beliebtesten Steckerlfisch. Mehr als jeweils 1 000 Stück wurden meist von Äsche, Barbe, Barsch, Brachse, Aitel, Hasel, Hecht, Rutte und Karpfen (mit Ausnahme 1902) verkauft. In den Jahren 1951 bis 1954 schließlich nahm die Versorgung des Linzer Fischmarktes mit Donaufischen drastisch ab. Angeliefert wurden 1951 noch knapp 20 000 Stück, danach sanken die Mengen kontinuierlich auf circa 9 500 Individuen ab. Nase und Rotauge blieben die häufigsten Fische. Aber auch die Barbe hatte nun einen relativ hohen Anteil, da deren Verkauf fast ähnlich hoch blieb wie im Zeitraum 1902 bis 1905, beziehungsweise weniger stark abnahm als jener der anderen Arten.

Die Donaustöre und andere wichtige Wanderfische

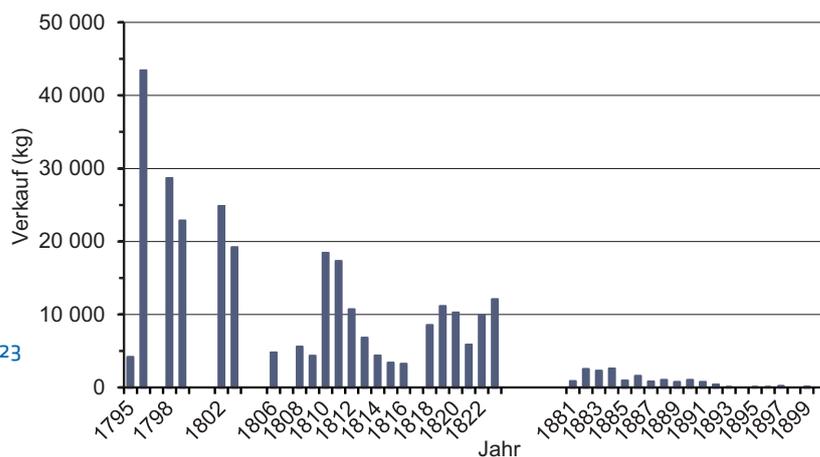
Aus historischer Sicht sind die Störartigen der Donau ohne Zweifel die bemerkenswertesten Fische. Deren regelmäßiges Vorkommen im österreichischen Flussabschnitt ist vor allem für das Hoch- und Spätmittelalter belegt, wenn gleich nur indirekt: Der Hausenfang in der Donau bei Tulln wurde in einer Urkunde aus dem 10. Jahrhundert erwähnt, als Herzog Heinrich II. von Bayern im Auftrag des Kaisers die Rechte des Stiftes Passau festlegte. Darin wurden die Tullner Fischer bezichtigt, sich die Rechte des Hausenfangs in der Donau vom Hochstift Passau angeeignet zu haben.

Weistümer, also Niederschriften lokaler Rechtsgewohnheiten, des späten Mittelalters und des frühen 16. Jahrhunderts lassen darauf schließen, dass Störe zu dieser Zeit noch regelmäßig in die österreichische Donau zogen. Das Weistum für die damaligen Wiener Vorstädte Erdberg und Scheffstraße (im heutigen dritten Bezirk) aus dem 15. Jahrhundert regelte, dass die Fischer Hausen oder Dicke zunächst dem Hof anbieten mussten. Ähnliches wurde 1399 im Weistum von Klosterneuburg und mehr als hundert Jahre später für Höflein festgehalten.

Abb. 2.64 Hausenlieferung (im Bild links unten) an den Wiener Fischmarkt, der sich bis 1753 am Hohen Markt befand



Abb. 2.65 Einfuhr von Stören der Wiener Fischhändler in den Jahren 1795 bis 1823 und Verkauf von Stören am Wiener Fischmarkt von 1881 bis 1897



Hier mussten die Fischer gefangene Störe oder Dicke zunächst dem Propst des Stifts Klosterneuburg anbieten (Winter 1886). Solche Dinge hätte man wohl nicht geregelt, wenn der Fang von Hausen selten gewesen wäre. Die lokalen Rechtsaufzeichnungen zur Fischerei wurden schließlich von regionalen und überregionalen Gesetzen abgelöst. Im Fischereipatent von 1506 werden keine speziellen Regelungen für störartige Fische angeführt (Hoffmann & Sonnlechner 2011). Das muss weder heißen, dass Störe noch so häufig waren, dass ihr Schutz nicht nötig erschien, noch dass sie bereits selten geworden waren. Es kann auch lediglich darauf hinweisen, dass juvenile Störe nur selten gefangen wurden und man deshalb auf den Schutz der diadromen Wanderfische nicht speziell abzielte. Gleichzeitig ist es nicht unwahrscheinlich, dass im 16. Jahrhundert Hausen und andere Störartige in der österreichischen Donau seltener wurden. Damals intensivierten ungarische Fischer den Fang flussab und reduzierten damit den Aufstieg der Fische nach Österreich (Balon 1968). Die Abnahme der Störe lässt sich hier aber nicht durch Fangzahlen, sondern wiederum nur indirekt belegen. So wurden zum Beispiel Hausen und andere Donaustöre in einer Marktpreisatzung für Wien aus dem Jahr 1632 nur als gesalzene, also konservierte, Fische angeführt (Satzordnung vom 9. Jänner 1623; Gigl 1865). Das deutet darauf hin, dass Störe bereits vorwiegend aus größerer Entfernung nach Wien gebracht wurden.

Zumindest im 18. Jahrhundert gibt es eindeutige Belege dafür, dass Hausen und Dicke fast nur mehr aus Ungarn auf den Wiener Fischmarkt kamen (Abb. 2.64). Für die Einfuhr waren die Wiener Fischhändler zuständig. Der Verkaufserlös für die Störe wurde ebenso wie jener für die Welse zentral erfasst. Zahlen für 1795 bis 1823 sind erhalten. Kombiniert man diese mit den Fischmarktstatistiken ab den 1880ern, so lässt sich auch der Rückgang der Störe in der ungarischen Donau gut nachvollziehen. Im Jahr 1796 gelangten fast 45 t nach Wien. Die Importe nahmen aber bereits in den ersten Jahrzehnten des 18. Jahrhunderts rasch ab und lagen am Beginn der 1820er Jahre nur mehr bei circa 10 t pro Jahr. In den 1880er Jahren betrug der jährliche Verkauf am Fischmarkt lediglich 2 bis 3 t, in den 1890er Jahren sank er schließlich auf ganz geringe Mengen ab (Abb. 2.65).

Im 17. und 18. Jahrhundert wurden einzelne Fänge von Hausen oder Waxdick bereits als außergewöhnliche Ereignisse festgehalten, wie zum Beispiel der Fang eines Hausens 1647 bei Göttweig oder der Transport eines lebenden Waxdicks nach Hellbrunn (Abb. 2.66; Schmall & Friedrich 2014).

Neben den Stören wandern auch viele andere Donaufische vor allem zum Laichen über zum Teil beträchtliche Distanzen, häufig auch in die Zubringer. Großflächige Habitate für alle Lebensstadien und weitgehend offene Wanderkorridore sorgten in der Vergangenheit für aus heutiger Sicht unglaublich reiche Fischbestände. Vor allem an kleinen und mittleren Zubringern der Donau



Abb. 2.66 Im Jahr 1617 wurde ein Hausen in der Salzach bei Tittmoning gefangen.

existierten zwar auch schon vor der Errichtung der modernen Wasserkraftwerke zahlreiche Hammer- und Mühlenwehre, doch waren diese Wanderhindernisse häufig vergleichsweise leicht überwindbar. Zudem wurde an den Wehren eine sichere Fischwanderung vielfach schon in historischen Verordnungen gefordert, wobei schon im 16. Jahrhundert fallweise auch Fischwanderhilfen vorgesehen waren (siehe z.B. für den Rhein Zösmaier 1886; Waidbacher & Haidvogel 1997).

Zu den Massenfängen von Nasen in den Zubringermündungen und Unterläufen und deren Rückgang im 20. Jahrhundert gibt es beeindruckende Belege. Einer der bekanntesten Nasenflüsse war die Traisen (Raab 1978). Bereits am Ende des 19. Jahrhunderts zeichnete sich jedoch ein Rückgang des Bestands ab. Die Ursachen dafür waren nach Meinung der zeitgenössischen Fisch- und Fischereiexperten in der Donauregulierung und im Massenfang der Nasen zur Laichzeit zu suchen. Pölzl (1906) verweist

Abb. 2.67 Fischfang in der Donau beziehungsweise Aschach, dargestellt um 1840 im Zunftbild der Eferdinger Fischer. Für diese war der Nasenfang ein wichtiger Teil der Fischerei.



zudem auf eine längerfristige Schädigung durch das Katastrophenhochwasser der Donau von 1880 in Verbindung mit der Regulierung. Vor 1880 wurden in der Traismündung pro Jahr zwischen 10 und 20 t Nasen gefangen, am Beginn des 20. Jahrhunderts meist nur mehr zwischen 1 und 2 t. Nasen zogen auch in den oberösterreichischen Innbach und in die Aschach in dichten Schwärmen. Im Jahr 1902 wurde in der Aschach über 3 t Nasen gefangen und nach Linz und Wien verkauft (Abb. 2.67). Besonders fischreich war der sogenannte „Näslingbach“, der bis zur Regulierung der Aschach bestand. Die gemeinsame Nasenfischerei wurde von den Eferdinger Fischern bereits Ende des 19. Jahrhunderts wegen zu geringer Ergiebigkeit stark eingeschränkt (Jungwirth 2001a). Bis vor wenigen Jahrzehnten waren Nasen die begehrtesten Steckerlfische, die schließlich jedoch von importierten Makrelen abgelöst wurden (Abb. 2.68 und 2.69).

Auch für andere Donauzubringer werden beachtliche historische Nasenfänge berichtet. Der Lambacher Abt Maximilian Pagl fing im Leyrbach bei Stadl am 11. und 12. Mai 1707 3 000 und am 15. Mai 1715 800 Nasen. In der Alm bei Almeck erbeutete er am 30. April 1715 2 000 und

drei Wochen später 600 Stück. Am 16. Mai 1717 betrug der Fang bei Kemetmühl sogar 4 500 Fische (Strasser 1958). Für die Traunfischerei des Stiftes Lambach war die Nase die wichtigste und häufigste Fischart. Zwischen 1803 und 1810 erreichten die jährlichen Erträge meist zwischen 650 und 800 kg, im Jahr 1810 sogar fast 1 200 kg (Stiftsarchiv Lambach). Noch 1874 werden als durchschnittlicher Ertrag pro Jahr in Traun und Ager im Fischereivereinsbezirk Lambach circa 1 700 kg Nasen angegeben (Krafft 1874). Auch in den Ennsrevieren des Stiftes Garsten gehörten die Nasen neben den Huchen zu den wichtigsten Fischen. Zwischen 1734 und 1739 wurden jeweils zwischen 56 und 112 kg Nasen erbeutet (oö. Landesarchiv, Stiftsarchiv Garsten). Für ihr Fischereirecht im Salzachzubringer Fischach hatten die drei ältesten Lieferinger Fischer im Frühling oder auch zu anderer Zeit 1 000 bis 2 000 Nasen auf „Vorrat“ zu halten, um jederzeit ein hochfürstliches Nasenstechen zu ermöglichen (Freudlsperger 1936). Den raschen Rückgang der Nase durch die Errichtung von Kraftwerksdämmen zeigte bereits das erste Innkraftwerk in Jettenbach (anonym 1931; siehe Kapitel 3.1).



Abb. 2.68 Vorbereitungen für das Steckerlfischbraten. Einstmals sicherten die regelmäßigen Massenfänge von Nasen im Frühjahr während der Laichzeit diese Tradition.



Abb. 2.69 Zumindest Angler schätzen auch heute noch den Steckerlfisch aus der Donau, auch wenn mitunter Aiteln anstatt Nasen versepist werden.

Huchen zählten seit jeher zu den begehrtesten Donaufischen. Als Räuber an der Spitze der Nahrungskette stehend, kamen sie nie massenhaft vor. Umso kostbarer waren sie als Beute im Netz und vor allem an der Angel (Abb. 2.70). Die Preise für Huchen waren dementsprechend hoch. Zumindest am Ende des 19. Jahrhunderts wurde ihr Fleisch allerdings weniger geschätzt als jenes des Zanders. Bei den erlaubten Mindestmaßen dieser Zeit wogen die gefangenen Huchen meist 4 bis 5 kg. Ein zeitgenössischer Fischereixperte führte dazu aus, dass lediglich Huchen mit 0,5 bis 3 kg wirklich delikats seien, aufgrund des im späten 19. Jahrhunderts geltenden Brittelmaßes aber nicht (mehr) gefangen werden durften. Möglicherweise war die Qualität der juvenilen Huchen auch ein Grund dafür, dass die Mindestfanglängen in den historischen Fischereirechten so weit unter dem biologisch sinnvollen Wert lagen (anonym 1905; siehe dazu weiter unten).

Über die negativen Wirkungen der Donauregulierung ab den 1870er Jahren auf die Huchenbestände der Donau berichten die einschlägigen Zeitschriften ausführlich. Vor allem tiefe Einstände in Nebenarmen oder tiefe Kolke gingen weitgehend verloren. Um diese nachteilige Situation zu verbessern, wurde vorgeschlagen, dass vor allem die verbliebenen, mit der Donau noch verbundenen

Altarme ausgebaggert und vor den Ausmündungen in die Donau lange Kolke ausgehoben werden sollten. Dies käme nicht nur den Huchen, sondern auch vielen anderen Flussfischen zu Gute (anonym 1905).

Huchen kamen nicht nur in der Donau, sondern auch in den größeren und speziell den rechtsufrigen Zuflüssen vor. Wie das Beispiel der Großen Mühl zeigt, gab es aber auch in linksufrigen Zubringern Huchenbestände (anonym 1906b). Zur Frage, ob alle Huchen Wanderfische seien, gab es Anfang des 20. Jahrhunderts unter den Fischexperten intensive Diskussionen. Die eine Seite führte ins Treffen, dass man adulte Huchen kaum das gesamte Jahr hindurch in der Donau sähe, was belege, dass sie in die Zubringer wandern. Die andere Seite argumentierte, dass die Fische sehr wohl in der Donau seien, aber aufgrund des trüben Wassers nicht zu sehen wären (anonym 1906; Weigl 1905).

Wie im Falle der Nase, liegen auch für Huchen historische Fangdaten vor allem aus den Zubringern vor. In den Ennsrevieren des Stiftes Garsten wurden zum Beispiel zwischen 1734 und 1739 jährlich zwischen 40 und 120 kg erbeutet (oö. Landesarchiv, Stiftsarchiv Garsten). In den Traun- und Ager-Revieren des Stiftes Lambach fing man zwischen 1803 und 1810 jährlich zwischen 100 und 210 kg (Stiftsarchiv Lambach). Auch in den 1870ern lagen die jährlichen Durchschnittserträge im Fischereivereinsbezirk Lambach noch bei circa 225 kg (Krafft 1874).

Abb. 2.70 Kapitaler Huchen, der in der Unteren Traisen gefangen wurde





Abb. 2.71 Ansicht des Kraftwerks Kachlet, das im Jahr 1927 als erstes Kraftwerk an der Donau an der bayerisch-österreichischen Grenze in Betrieb genommen wurde. Das rechte Bild zeigt die gleichzeitig gebaute Fischwanderhilfe.

Eine der ersten wissenschaftlichen Untersuchungen der Fischfauna der österreichischen Donau widmete sich gezielt den Wanderfischen. Es handelte sich dabei um ein übergeordnetes Großprojekt, in dem das Wanderverhalten der Fische nicht nur in der Oberen Donau, sondern auch im Rhein und in mehreren seiner Zuflüsse studiert wurde.

In der deutschen und oberösterreichischen Donau markierte man von 1929 bis 1932 insgesamt 26 577 Individuen von 20 verschiedenen Arten. Mehr als die Hälfte davon waren Nasen, etwas mehr als ein Viertel Barben. Beim Rest handelte es sich um Aitel, Brachsen, Hechte, Nerflinge, Rotaugen (inklusive Rotfedern), Güster, Hasel, Schied, Blaunasen, Zander und Barsch. Von Karauschen, Schleien, Karpfen, Lauben, Welsen, Forellen und Zingeln wurden weniger als 10 Exemplare markiert. Insgesamt gab es 466 Fang-Rückmeldungen von markierten Fischen, davon waren circa die Hälfte Barben und ein Drittel Nasen. Zudem wurden 27 markierte Aitel rückgemeldet. Das Wanderverhalten der Barben und Nasen konnte zu einer Zeit beobachtet werden, in der an der Oberen Donau mit Aus-

nahme des Kraftwerks Kachlet, das wenige Kilometer flussauf von Passau 1927 in Betrieb ging, das Kontinuum noch nicht unterbrochen war (Abb. 2.71). Von 216 Barben war ungefähr die Hälfte standorttreu. Das heißt, sie wurden weniger als 5 km vom Aussetzort entfernt wieder gefangen. Circa 28% wanderten bis 50 km, und knapp ein Viertel mehr als 50 km. Bei den Nasen war der Anteil der Standorttreuen etwas geringer und jener von Fischen, die bis zu 50 km weit wanderten etwas größer. Die Wanderdistanzen einzelner Fische erreichten bis zu 400 km. Eine in der Iller eingesetzte Nase wurde nach dreieinhalb Monaten in 446 km Entfernung gefangen (Steinmann et al. 1937).

Von Donaukarpfen, Zander, Meerbarschen und verirrtten Aalen

Donaukarpfen wurden bis ins 20. Jahrhundert noch regelmäßig gefangen, wenngleich deren Bestände sukzessive abnahmen. Sie waren offensichtlich mehr geschätzt als die Karpfen aus den Teichen. Dies lässt sich daraus schließen, dass sie in Ertrags- oder Lieferverzeichnissen oft extra

ausgewiesen sind, so zum Beispiel beim Stift Klosterneuburg. Donaukarpfen tauchen dort in den Aufzeichnungen aus dem 17. bis zum 19. Jahrhundert immer wieder auf. Die geringe Zahl an erhaltenen Quellen und deren Unvollständigkeit erlauben es nicht, jährliche Gesamtmengen zu schätzen. Zudem ist nicht sicher, ob die Unterscheidung zwischen Donaukarpfen und Teichkarpfen immer konsequent vorgenommen wurde. Es lässt sich aber doch erkennen, dass die Menge der gelieferten Donaukarpfen nicht mehr besonders groß war und bei weitem nicht ausreichte, um den vor allem zu Fasttagen und in der Weihnachts- und Osterzeit hohen Bedarf zu decken. Der überwiegende Teil der Karpfen, die auf die Märkte und in die Klöster gebracht wurden, kam zu dieser Zeit zunehmend nicht mehr aus der Donau, sondern aus den böhmischen, mährischen und Waldviertler Fischteichen (Abb. 2.72). Interes-

santerweise bezog das Stift Klosterneuburg seine Fische vorwiegend von den Wiener Fischhändlern, obwohl es ausgedehnte Fischereirechte an der Donau besaß (Abb. 2.73).

Der Zander war im 19. Jahrhundert einer der wichtigsten Donaufische. Sein Fleisch war begehrt, als zum Beispiel jenes des Huchens und er wurde in riesigen Mengen an den Wiener Fischmarkt geliefert. Bereits am Beginn des 20. Jahrhunderts wurden erste Versuche unternommen, den durch die Regulierung stark dezimierten Bestand künstlich zu halten oder zu verbessern. Bei Rossatz wurden zum Beispiel zwischen 1901 und 1903 jährlich 10 000 Eier besetzt; bei Stein an der Donau im gleichen Zeitraum 60 000 Eier, bei Hollenburg ebenfalls 30 000 Eier und bei Traismauer sogar 230 000 Eier (Pözl 1904). Im Gegensatz zu den Besatzversuchen mit Huchen, wurden jene für den Zander als weitgehend erfolgreich beschrieben (Pözl 1906, 1921).

Der Zander taucht in fast allen Fischbüchern über Österreich und speziell die Donau auf. Er wird bei Meidinger (1785–1794) ebenso genannt, wie bei Heckel & Kner (1858) oder bei Siebold (1863). Zumindest in den Zubringern dürfte seine Verbreitung aber früher wesent-

Abb. 2.72 Landtransport von Fischen in mit Wasser gefüllten Lageln, die auf Wagen befestigt wurden. Diese Lageln hatten eine elliptische Form. Dadurch rollten sie nicht, wurden aber trotzdem während des Transports immer bewegt, was die Sauerstoffversorgung der Fische verbesserte.





Abb. 2.73 Handskizze des Fischereirechts des Stifts Klosterneuburg an der Donau aus dem 18. Jahrhundert. Das Fischereirecht erstreckte sich von Höflein bis in den Bereich von Erdberg im heutigen Wien. Aufgrund der Dynamik der Donau mussten die Grenzen immer wieder neu ausverhandelt werden. Daher haben sich solche Pläne erhalten.

lich kleiner gewesen sein als heute. In Salzburg erscheint der Zander zum Beispiel in Fischlieferungen an den erzbischöflichen Hof 1796 und 1805 wahrscheinlich unter dem Namen „Meerbarsch“. Hierher kam er aus dem Wallersee und aus dem Freudensaalweiher (Freudlsperger 1936). Es gibt Hinweise, dass die hier besetzten Fische nicht aus der Donau oder dem Inn stammten, sondern entweder von böhmischen Karpfenhändlern gebracht oder von Italien importiert wurden, was auch den Namen erklären würde (Freudlsperger 1915, 1921; Petz-Glechner & Petz 2004). Die genaue Verbreitungsgeschichte des Zanders in der Donau beziehungsweise in deren Zubringern lässt sich nicht genau rekonstruieren. Für eine zweite Art, den Wolgazander, steht in jedem Fall fest, dass dieser sein Verbreitungsgebiet in den letzten Jahrzehnten in der Donau flussauf verlagerte (siehe dazu auch *Kapitel 1.4*).

Als eine historisch nicht heimische Art ist in *Tabelle 2.1* auch der Aal angeführt. Dieser wurde zumindest seit dem 18. Jahrhundert immer wieder in der Donau gefunden, ohne dass gezielte und daher breiter bekannte Besatzmaßnahmen durchgeführt worden wären. Sein Vorkommen beschäftigte Fischbiologen seit Jahrhunderten. Schon Albertus Magnus wies im 13. Jahrhundert auf das Fehlen

des Aals im Donauebiet hin und erklärte dies damit, dass das Wasser der Donau für den Aal nicht geeignet sei. Conrad Gesner (1558) und auch Luigi Ferdinando Marsigli (1726b) äußerten sich bezüglich des Vorkommens des Aals in der Donau ähnlich. Die ersten Fischbiologen, die ihn vermerkten, waren Wilhelm Heinrich Kramer (1756) und Karl Meidinger (1785–1794). Meidinger beschreibt den Aal in Band vier seiner *Fischfauna Österreichs* als häufig in den Flüssen und Seen Oberösterreichs und als selten in der Donau. Auch Fitzinger (1832) führt ihn ohne weitere Diskussion als in der Donau vorkommend an. Heckel & Kner (1858) befassten sich intensiv mit den zumindest im 19. Jahrhundert immer wieder vorkommenden Aalfängen in der österreichischen Donau. Sie kamen aber zum eindeutigen und aus heutiger Sicht richtigen Schluss, dass diese Art in der österreichischen Donau nicht heimisch ist und beurteilten die vereinzelt Fänge als entkommene Exemplare. Dies ist durchaus nicht unwahrscheinlich. Aale wurden aus dem böhmischen Elbe-Einzugsgebiet seit Jahrhunderten gemeinsam mit Karpfen lebend auf die Fischmärkte



gebracht. Eine interessante Bemerkung über den passiven, also vom Menschen unbeeinflussten, Austausch von Aalen zwischen dem Donau- und dem Elbe-Einzugsgebiet macht Siebold (1863). Er erklärt das vereinzelte Vorkommen von Aalen im Zottbach, einem Nebenfluss der Naab, mit der Tatsache, dass dieser Bach über ein System an Fischteichen mit einem Zufluss der Elbe verbunden ist. In Österreich wurde eine Verbindung zwischen dem Elbe- und dem Donau-Einzugsgebiet zwischen 1789 und 1791 mit dem Schwarzenbergischen Schwemmkanal geschaffen – und damit erst nach den ersten Hinweisen von Kramer (1756; Kogler 1993). Im späten 19. Jahrhundert wurden Aale in der gesamten Oberen Donau besetzt. Im Jahr 1883 brachte man zum Beispiel auf der Strecke Ulm – Passau 500 000 junge Aale ein, 1886 sogar 1 Mio. (anonym 1884; Kric 1884; Walter 1910).

Historische Erwerbsfischerei an der österreichischen Donau

Zweifelsohne hatten die systematische Regulierung, die Errichtung von Kraftwerken, die zumindest zeitweise im 20. Jahrhundert starke Abwasserbelastung sowie der Besatz mit fremden Arten starken Einfluss auf die Donaufischfauna. Der Fischbestand wurde aber auch schon vor diesen ab Mitte des 19. Jahrhunderts Platz greifenden Ereignissen

vom Menschen beeinträchtigt; so zum Beispiel durch intensive Erwerbsfischerei, die mit dem übermäßigen Fang juveniler Fische oder laichreifer Tiere den Bestand einzelner Arten negativ beeinflusste.

Die Fischereirechte in der Donau gehörten zu einzelnen Grundherrschaften, Klöstern oder zu Städten. Vor allem in letzteren gab es oft spezielle Zünfte, in denen sich die Fischer zusammenschlossen. Zu den ältesten Zünften an der niederösterreichischen Donau zählen jene von Tulln, Pöchlarn und Klosterneuburg. Dazu gesellte sich die Fischerzeche von Hollenburg, die eng mit der Geschichte der Familie Hammerschmidt verbunden war. Diese ist bereits vor 1600 im Raum Krems nachweisbar und übte über Jahrhunderte bis 1972 die Berufsfischerei an der Donau aus.

Neben zünftisch organisierten Fischern gab es Berufsfischer, die ihre Rechte von Herrschaften oder Klöstern als Fischereirechtsinhaber erhielten. Das Stift Klosterneuburg besaß das Fischereirecht zwischen Höflein und Erdberg in Wien. Die hier tätigen Fischer mussten zwar bestimmte Fänge dem Stift zum Vorverkauf anbieten, konnten aber ansonsten weitgehend unabhängig wirtschaften, da sich das Stift Klosterneuburg über die Wiener Fischhändler mit Fischen versorgte.

Unter den Berufsfischern an der Donau gab es drei Gruppen. Für die erste war die Fischerei Haupterwerbsquelle. Eine kleine Landwirtschaft wurde nebenbei betrieben. Diese diente unter anderem der Produktion von Materialien zur Herstellung der Fischereigeräte, wie zum Beispiel von Flachs für Garne, mit denen die Netze gestrickt wurden. Für eine zweite Gruppe, die hauptsächlich von der Landwirtschaft lebte, war die Fischerei Nebenerwerb. Die dritte Gruppe schließlich bildeten Schiffmeister, für die die Fischerei ebenfalls nur Nebenerwerb war. Diese Strukturen bestanden über Jahrhunderte und lösten sich erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts auf (Jungwirth 2001a, 2001b).

Berufsfischer hatten ein umfassendes Wissen, das die Lebensgewohnheiten der einzelnen Fischarten ebenso umfasste, wie die Herstellung und Nutzung der verschiedensten Geräte. Letztere waren an den Fang unterschiedlicher Fischarten und damit auch an den Gebrauch in verschiedenen Habitaten und Jahreszeiten angepasst. Für die Fischerei in den fließenden Abschnitten der Donau verwendete man vor allem spezielle Netze. In den stehenden Gewässern fischte man oft mit Reusen. Im Winter wurde Eisfischen betrieben. Dafür gab es strenge Regeln, um die Fische in der Winterruhe nicht übermäßig zu beunruhigen. Die Fischer nutzten ihre Erfahrung über die Eigenheiten der Donau und ihrer Fischbestände für gute Fänge. Bei steigendem Wasser zogen die Fische an die Ufer oder in Nebengewässer, bei sinkendem Wasser wieder in Richtung Fluss. Während solcher Änderungen des Wasserstandes waren die Fänge damit besonders ergiebig.

Wichtig für die Netzfischerei war es, Wasserpflanzen von den seichten Uferbänken zu entfernen. Speziell Treib- und Totholz musste aus dem Wasser geborgen werden, bevor man die Netze auswerfen konnte. Auch waren Zugangswege zu den Befischungsorten nötig. Fischer veränderten damit auch aktiv die Gewässer und Teile der Ufer beziehungsweise der angrenzenden Auen.

An der Donau tätige Erwerbsfischer waren ein allgegenwärtiges Bild und die Fischerei wurde mit den unterschiedlichsten Gerätschaften betrieben (siehe *Abb. 2.74 bis 2.76*; Merwald 1964; Raab 1978; Jungwirth 2001a). Stech-

geräte, meist dreizinkige Gabeln, kamen nur selten zum Einsatz. Eine diesbezüglich für das Salzachgebiet berichtete Ausnahme war der Massenfang von Nasen, wenn diese im Frühjahr zum Laichen in Zubringer zogen (Freudlsperger 1936). Auch Wurfnetze als klassische Form der Stülpperäte kamen an der Donau kaum zum Einsatz (Merwald 1964).

Leinen wurden auf der Gewässersohle ausgelegt, um am Boden lebende Fische zu fangen. Zu den begehrten Bodenfischen zählt dabei zum Beispiel der in der Fischereiordnung von 1506 erwähnte Zingel (siehe dazu unten). Mit Legangeln oder Grundschnüre wurden auch Aalrutten, Aitel und Zander erbeutet. Die Leinen waren bis zu 50 m lang und hatten mehrere beköderte Haken. Ausgelegt wurden sie meist über Nacht, um zum Beispiel nachtaktive Aalrutten zu fangen. Die klassische Form des Angelns mit Rute und Rolle überließ man hingegen den Freizeitanglern (*Abb. 2.77 und 2.78*).

Reusen wurden meist aus Weiden oder Garnen hergestellt und bei steigendem oder fallendem Wasser in kleinen Seiten- und Altarmen verwendet. Die Fische wurden dabei entlang von Leitnetzen oder Absperrungen in den Reusenkorb geführt. Mit Flügelreusen konnte auch in größeren Gewässern gefischt werden, sofern dort die Strömung nicht zu groß war. Vor der Errichtung des Kraftwerks Wallsee-Mitterkirchen fingen die Fischer im Haynauwasser der Herrschaft Wallsee bei einzelnen Einsätzen häufig 100 bis 200 kg Karpfen und andere Weißfische, vereinzelt aber auch Hechte. Nicht weniger einträglich war der ebenfalls mit Reusen bewerkstelligte Fang von Aalrutten bei deren Laichzügen im frühen Winter.

Bei den Archen handelte es sich um fix im Fluss eingebaute Fangzäune, in die Fische mit der Strömung einwanderten und gefangen wurden. Die Herstellung von „Archen“ erforderte einen vergleichsweise hohen Arbeits- und Materialaufwand, weshalb der zu erwartende Fang ausreichend groß sein mußte. Archen kamen vor allem dort zum Einsatz, wo Fische zu bestimmten Zeiten in hoher Zahl zum Laichen einwanderten. Das war an der Donau speziell in den Mündungsbereichen und anschließenden

Abb. 2.74

Diese Ansicht der Donau bei Greifenstein zeigt ein typisches Bild der Donau um 1800 mit unregulierten Ufern und Inseln sowie Schiffen, Flößen und Fischern.



Abb. 2.75

Die Donau bei der Taborbrücke in Wien; im Vordergrund eine Schiffsmühle, im Hintergrund ein Daubelfischer (Josef Wohlmuth um 1820)

Abb. 2.76
Fischereigeräte und
Fischkalter an der
Donau um 1790



NIEDERÖSTERREICH
Dorf Nussdorf

Abb. 2.77 Angelfischerei an der Donau bei Nussdorf um 1820

Abb. 2.78 Huchen- und Hechtfischerei in der Donau und in
einem Ausstand um die Mitte des 20. Jahrhunderts



Abb. 2.79 Fischerei mit Bern, Darstellung aus dem späten 17. Jahrhundert.



Abb. 2.81
Netzfischer in
den Donauauen
um 1910



Abb. 2.80 Netzfischerei an der Donau – Einholen des Netzes



Strecken der größeren Zubringer der Fall. Am Arch bei Garsten an der Enns wurden beispielsweise ausschließlich Huchen, Barben und Nasen gefangen (oö. Landesarchiv, Stiftsarchiv Garsten).

Die größte Vielfalt an unterschiedlichen Fischfanggeräten gab es bei den Netzen. Kleine, kescherartige Netze hießen „Ber“ oder „Pern“. Als Fanggerät hatten sie keinen kreisrunden Rahmen, sondern einen halbkreisförmigen (Streichber). Man strich damit an unterspülten Ufern entlang und scheuchte die dort versteckten Fische heraus. Koppenbern wurden, wie schon der Name sagt, speziell zum Fang von Koppen verwendet. Mit dem engmaschigen Brutbern wurden nach Überschwemmungen in Gräben und Tümpeln Jungfische gefangen, um sie vor dem Zugrundegehen zu bewahren (Jungwirth 2001a; *Abb. 2.79*).

Schleppnetze waren von unterschiedlicher Größe. Sie hatten in der Mitte einen Netzsack und seitlich zwei lange Flügel und wurden von zumindest zwei Fischern, mitunter auch von zwei Zillen aus, durch das Wasser gezogen. Zum Einsatz kamen an der Donau auch Spiegelnetze. Das sind zwei- oder dreiwandige Netze mit unterschiedlicher Maschenweite. Stellnetze versenkte man und holte sie erst nach einiger Zeit wieder ein. Diese Fangmethode eignete sich vor allem für stehende Gewässer. Mitunter wurden die Fische auch aufgescheucht und aktiv ins Netz getrieben. Engmaschige Stellnetze mit nur einer Netzwand waren die sogenannten Kiemennetze, bei denen sich die Fische mit den Kiemen verfangen.

Mit Zugnetzen wurden die Fische eingekreist, indem man sie meist vom Boot aus ausgelegte und anschließend mit Hilfe mehrerer Fischer wieder zusammenzog (*Abb. 2.80* und *2.81*). In der Herrschaft Wallsee wurde die Zugnetzfisherei noch bis in die 1960er betrieben, vor allem in den Altarmen der Kaindlau und im Hüttlinger Arm. Im Herbst gelang es regelmäßig, 6 000 bis 7 000 Fische zu fangen. Vermutlich wurden diese Fänge noch aus dem „natürlichen“ Bestand abgeschöpft, da man Besatzmaßnahmen größeren Umfangs erst später mit zunehmender Anzahl von Anglern durchführte. Hunderte Kilogramm wurden in die umliegenden Dörfer geführt und dort verkauft. Großteils handelte es sich um Brachsen,



Abb. 2.82 An einem Boot befestigte Krandaubel auf der Donau (um 1910)

Nasen und andere Weißfische. Welse und Huchen waren für die Schlossküche in Wallsee reserviert. Hechte, Karpfen und Zander fanden bei den bereits am Ufer Wartenden Abnahme. Fische, die nicht sofort an den Mann zu bringen waren, wurden in Kaltern aus Holz aufbewahrt. Fangstatistiken zur Netz- und Angelfischerei der Herrschaft Wallsee aus den 1960er Jahren geben Auskunft über die gefangenen Arten und Mengen. Durchschnittlich wurden pro Jahr 4 000 kg Weißfische und zusätzlich 1 500 kg Brachsen gefangen. Dazu kamen 500 kg Hechte, 400 kg Barben, 300 kg Schleien, 240 kg Karpfen und 120 kg Zander; schließlich wurden noch Huchen, Aalrutten und Aale gefangen (Haidvogel 2010).

Auch die Daubel gehört zu den Netzfangeräten (*Abb. 2.82* und *2.83*). An der Donau waren Hand- sowie Krandaubel im Einsatz. Daubeln haben ein viereckiges



Abb. 2.83
Daubelfischer
im Prater

Netz, das mit vier Schnüren an einer Stange befestigt ist und ins Wasser gesenkt wird. Es muss in Intervallen von wenigen Minuten rasch angehoben werden, damit die Fische nicht nach oben flüchten können.

Eine besondere Form der Fischerei im Winter war das Fischen unter Eis. Dieses fand hauptsächlich in zugefrorenen Seitenarmen oder aber in großen, eisbedeckten Buchten der Donau selbst statt. Die Eisfischerei war in vielen Fällen besonders ergiebig, da die Fische aufgrund der Winterruhe eine verringerte Flucht tendenz haben, und so zwischen zwei ausgebrachten Netzen leicht gefangen werden konnten. Daher war diese Form des Fischens oft an spezielle Genehmigungen gebunden.

An der Donau gab es bis zur Regulierung zahlreiche Berufsfischer. Unmittelbar nach dem Ende der großen Donauregulierung sank deren Zahl freilich rapide. Er-

werbsfischerei wurde rasch zu einem Ausnahmegeschäft. Wertvolle Einblicke in den Jahresablauf eines Fischereibetriebs im späten 19. und frühen 20. Jahrhundert ermöglichen die Aufzeichnungen und Erzählungen der Familie Hammerschmidt (Raab 1978). Die Netzfischerei begann im Frühjahr nach der Schneeschmelze. Wenn die Fische nach dem Ansteigen des Wassers in ruhigere Abschnitte zogen, kamen Spiegelnetze zum Einsatz. Im Sommer wurde wegen der temperaturbedingt hohen Verderblichkeit der Fische weniger und eher nur nachts mit Reusen und Grundschnüren in Ausständen und Altwässern gefischt. Hier erlaubten insbesondere nach dem Rückgang von Hochwässern verbleibende Fische reiche Fänge. Jungfische wurden von den Fischern häufig in offene Gewässerbereiche versetzt. Im Herbst wurden Ausstände oft komplett leergefischt, da bei winterlichem Niederwasser und Zufrieren das Absterben der meisten Fische absehbar war. Im Winter schließlich betrieb man die Eisfischerei.

Abb. 2.84 Kleiner Fischkalter; diese Behälter wurden an einem Boot befestigt und dienten dem Fischtransport.



Die Donaufischer versorgten die lokale Bevölkerung, ihre Herrschaften und vor allem Klöster mit Fischen. Sie betrieben aber auch überregionalen Handel, wobei die Fischmärkte in Wien und Linz im Vordergrund standen. Transportiert wurden die Fische in sogenannten Kaltern, die auf den Zillen im Wasser hängend befestigt waren (Abb. 2.84). Die Familie Hammerschmidt befuhr zum Beispiel den Wiener Markt immer am Dienstag. Man startete um 4 Uhr morgens und konnte damit am gleichen Tag wieder retour sein. Beim Rücktransport hängte man zumindest ab dem 20. Jahrhundert die Zille samt Kalter an einen Donauschlepper, der um 14 Uhr an der Schleuse Wien-Nussdorf ablegte und um 18 Uhr Krems erreichte. Als auf der Donau noch keine Schlepper verkehrten, oder wenn der Wasserstand für die Schifffahrt zu niedrig war, dauerte die Fahrt nach Wien oft zwei bis drei Tage. Mitunter mussten Zille und Zubehör mit einem Fuhrwerk zurück gebracht werden und der Gewinn sank aufgrund dieser Unkosten gegen Null. Für den lokalen Verkauf hielten die Fischer ihren Fang in eigenen Hauskaltern und die Kundschaft kam oft direkt ins Haus (Raab 1978).

Regeln für den Fischfang

Aus der Sicht einer modernen Fischereiwirtschaft der heutigen Zeit stellt sich die Frage, inwieweit auch die ehemaligen Berufsfischer schon auf eine schonende Bewirtschaftung achteten, um ihre Einnahmequelle nachhaltig zu sichern. Betrachtet man alleine die hohe Anzahl von Fischereirechten, so lässt sich daraus eher auf erhebliche Überfischung schließen. Wahrscheinlich ging es in den meisten Fällen einerseits um die maximale Ausnutzung der naturgegebenen Ressource Fischbestand. Andererseits reichten die Kenntnisse über ökologische Zusammenhänge im Hinblick auf eine nachhaltige Fischerei oft noch nicht aus, wiewohl das traditionelle Wissen der ehemaligen Berufsfischer über die Biologie einzelner Fischarten sicherlich recht hoch war. Auch dafür liefern die Fischereirechte immer wieder klare Hinweise. Die Tullner Donaufischer mussten zum Beispiel jedes Jahr im Voraus bekannt geben, mit welchen Fischereigeräten sie an einem

bestimmten Ort zu fischen planten. Es durfte dann in diesem Jahr mit keinem anderen Gerät gefischt werden. Da viele Fanggeräte artspezifisch beziehungsweise selektiv wirkten, kam es auf diese Weise zur Schonung der anderen Arten (Tullner Ordnung 1469; Raab 1978). Jeder Fischmeister durfte zu einer gegebenen Zeit ein bestimmtes Revier befischen. Da der zeitliche Wechsel zu Auseinandersetzungen führte, ordnete der Stadtrat von Tulln 1626 an, dass um die Fischereireviere jährlich zu würfeln sei (siehe auch Petrin 1979).

Fischereiornungen sind die ältesten Quellen, die den Wandel des Fischbestands belegen. Explizite Fischereirechte tauchen in Österreich ab dem 15. Jahrhundert auf. Es handelt sich dabei um Normen, die die Nutzung der Ressource Fisch organisieren. Aus der Nennung bestimmter Fischarten lässt sich dabei schließen, dass diese besonders begehrte Objekte waren und deren Populationen dadurch unter Druck gerieten.

Die erste Fischereiornung für die Donau stammt aus dem Jahr 1506 (Maximilian I. 1506; Abb. 2.85). Mehrere Donauzubringer, mit meist der Äschenregion entsprechenden Ober- und Mittelläufen, sind ebenfalls explizit genannt (Traun, Ybbs, Enns, Erlauf, Naarn, Traisen). Insgesamt indizieren die angeführten Fischarten aber eine der Barbenregion entsprechende Fischfauna der größeren Flüsse, wie sie auch für die österreichische Donau typisch war. Das Dokument von 1506 ist nicht zuletzt aufgrund der künstlerisch hochwertigen Ausführung bemerkenswert. Der Rechtstext prangert die negativen Auswirkungen der Überfischung an, wofür vor allem die Verwendung bestimmter Fanggeräte sowie der Fang von Fischbrut und Jungfischen verantwortlich gemacht werden. Im Besonderen wird die Errichtung von Archen verboten. Auf die Existenz solcher Fangzäune in der Donau aufgrund spezieller Ausnahmegenehmigungen wird aber noch in Archivalien des 19. Jahrhunderts verwiesen. So wurde den Klosterneuburger Fischern 1824 das „Verschlagen“ der Donau bewilligt (Stiftsarchiv Klosterneuburg).

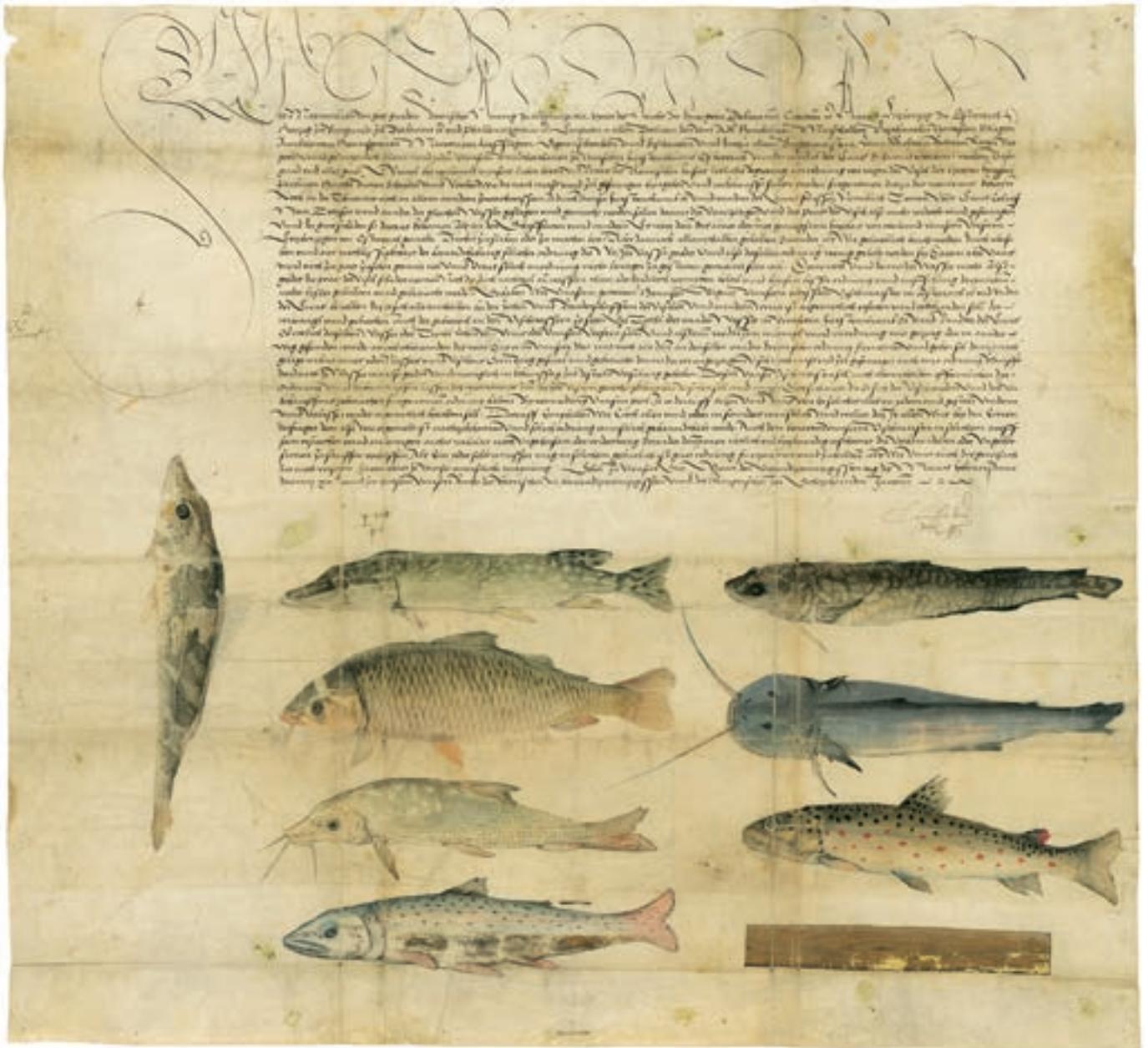


Abb. 2.85 Fischereipatent für die Donau und deren Zuflüsse von Maximilian I. aus dem Jahr 1506

In der Fischordnung von 1506 werden insgesamt sieben Fischarten angeführt: Hecht, Karpfen, Barbe, Huchen, Rutte, Schaid (Wels) und Vorhen (Forelle). In den Illustrationen ist diesen Arten noch der Zingel beigefügt. Geregelt werden sollte die für den Fang erlaubte Mindestgröße dieser Arten sowie deren Verkauf. Die sieben Fischarten wurden auch in einer etwas später erschienenen bayerischen Fischordnungen als „edel“ bezeichnet. Es ist bemerkenswert, dass das Patent von 1506 letztendlich wenig über artspezifische Mindestlängen aussagt. Die aufgezeichneten Fische selbst haben im Original jeweils eine einheitliche Größe von ca. 20 cm. Interessanterweise ist aber nur ein einziges Brittelmaß abgebildet, obwohl die genannten Fischarten große Unterschiede hinsichtlich ihrer Größe beziehungsweise ihres Längenwachstums zeigen. Das verwundert insofern, als das diesbezügliche Wissen am Beginn des 16. Jahrhunderts keineswegs gering war. Ganz im Gegenteil, wie uns andere, zeitgenössische Regelungen zeigen (z.B. die bayerische Landesordnung von 1553; Albrecht v. 1553), hatte man zu dieser Zeit schon recht spezifische Kenntnisse über viele Fischarten und die daraus resultierenden fischereilichen Erfordernisse. Insgesamt ist somit davon auszugehen, dass trotz grundsätzlich guter Kenntnisse der Fischbiologie im 16. Jahrhundert die Fischordnungen für die österreichische Donau oft keinen ausreichenden Schutz boten. Die Mindestlängen waren für manche Fischarten bis weit ins 18. Jahrhundert unzureichend (siehe unten). Das Patent von 1506 erwähnt auch keine saisonale Beschränkung für den Fang einzelner Arten, obwohl dies am Beginn des 16. Jahrhunderts in anderen vergleichbaren Dokumenten durchaus schon der Fall war (Hoffmann & Sonnlechner 2011).

Die Fischereiordnung von 1537, die Ferdinand I. für Oberösterreich erließ, war wesentlich konkreter (Ferdinand I. 1537). Nicht nur auf die Donau, sondern vor allem auf die wichtige Fischerei in der Traun ausgerichtet, legte sie eine Mindestmaschenweite beziehungsweise ein Brittelmaß von 1,9 cm fest. Dieses Maß wurde dann zum Anfertigen der Netze verwendet (Abb. 2.86).

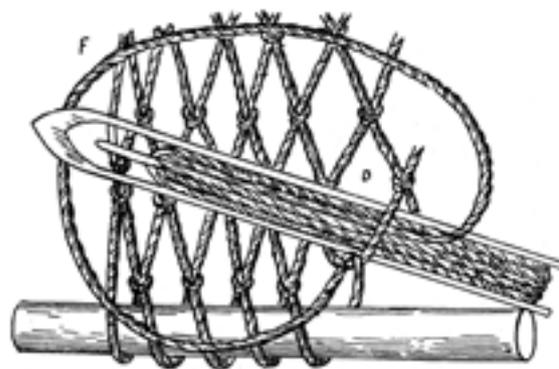


Abb. 2.86 Schema der Verwendung des „Brittelmaß“ beim Anfertigen eines Netzes

Mit der Fischereiordnung Ferdinands I. wurde die Verwendung des engmaschigen Zugnetzes allgemein verboten und damit der bis dahin erlaubte Fang von kleinen Fischen wie Koppen, Grundeln und Pfrillen (Abb. 2.87). Man erkannte klar, dass durch den unregelmäßigen Fang derselben auch dem Jungfischauftreten von Edelfischen wie Äsche, Forelle, Hecht und Huchen oder von Barbe und Näsling geschadet wurde. Reusen durften im Fluss nur in Strömungsrichtung ausgesetzt werden, in Tümpeln und Augewässern waren sie verboten. Während der Laichzeit war der Fischfang generell untersagt, wobei nicht genau geregelt wurde, für welche Arten dieses Verbot galt und wann die Laichzeiten einzelner Arten begannen beziehungsweise endeten. An der Donau und den Gewässern flussauf der Enns – also zum Beispiel Traun, Ager, Vöckla und Enns selbst – durfte man vor St. Katharina (25. November) Sprenzlinge, das sind einjährige Äschen, fangen. Der Fang von Forelle, Hecht, Huchen, Karpfen, Barbe, Aalrutte, Nase und Zingel war aber verboten, wenn sie kleiner waren als das aufgezeichnete Maß von 20,8 cm. Die Fischwanderung in die Donauzubringer durfte nicht durch

Abb. 2.87 Fischereiordnung von Ferdinand I. aus dem Jahr 1537. Unten sind zwei Brittelmaße aufgezeichnet, die die Längen für große und kleinere Fische definierten und zudem die Breite für das Brettchen vorgaben, mit denen die Maschenweite für die Netze festgelegt wurde.

Netze und Wehre im seichten Wasser behindert werden. Schließlich wurde der Fischverkauf geregelt, der im Sommer von 6 bis 8 Uhr morgens und im Winter und in der Fastenzeit von 7 bis 9 Uhr stattfand. In den folgenden 200 Jahren wurden vor allem die hinsichtlich der Donau geltenden Fischereiordnungen für Ober- und Niederösterreich mehrfach erneuert. Im Jahr 1557 erließ Ferdinand I. ein spezifisches Recht für die Stadt Wien, das in erster Linie dem Fischhandel, der Fischversorgung der Stadt und dem Fischverkauf gewidmet war (Ferdinand I. 1557). Besonderes Augenmerk galt dabei den Fischmindestlängen von Grundeln, Sängl, Koppen und Pfrillen. Vom Verkaufsverbot untermaßiger Fische ausgenommen waren jene Händler, die kleine Fische und Fischbrut aus Teichen von Mähren, Böhmen und anderen Regionen anlieferten. Ebenso war der Verkauf kleiner Fische dann erlaubt, wenn nach einem Hochwasser vom Hauptfluss abgetrennte Lacken verblieben, in denen die Fische beim Austrocknen zugrunde zu gehen drohten. Vom Fang derselben mussten aber die Obrigkeit und deren Fischaufseher verständigt werden, wohl damit diese das auch überprüfen konnten.

In der von Rudolf II. 1585 ausgegebenen reformierten Fischordnung für Österreich ob der Enns wurden vor allem auch Vorkehrungen zur Abstimmung der Fischerei mit anderen Gewässernutzungen erneuert (Rudolf II. 1585). Das Errichten von Fischzäunen in der Traun behinderte die Ausfuhr des kaiserlichen Salzes. Es ist sogar die Rede davon, dass dadurch der Flusslauf verändert wurde. Mühlenbesitzer mussten darauf achten, dass sie die Fischbrut nicht schädigten. Hanf- oder Flachsströten an Fischwässern wurde überhaupt verboten. Unter „Flachsströten“ verstand man das Einlegen der geernteten Flachshalme in seichten, stehenden Gewässern zwecks gezielter Verrottung für die Fasergewinnung. Der Fäulnisprozess bewirkte jedoch auch die Bildung von für Fische schädlichen Stoffen. Zudem entwickelte sich dabei ein ekelhafter Geruch, weshalb Flachsströter ihr Gewerbe nicht unmittelbar in Städten ausüben durften. Flachs wurde aber oft auch von Fischern selbst als Ausgangsmaterial für die Herstellung von Netzen angebaut und verarbeitet.

Im 17. Jahrhundert wurden nur wenige Fischordnungen erlassen. Erst im 18. Jahrhundert finden sich wieder mehrere neue Erlässe, so zum Beispiel jener aus dem Jahr 1771 von Maria Theresia. Dieser verweist darauf, dass es mit den bisherigen Fischordnungen – erwähnt werden jene von 1585, 1720 und 1728 – nicht gelungen sei, den übermäßigen Fang vor allem von Brut und Jungfischen einzudämmen. Im Vergleich zu den „elaborierten“ Regelungen des 16. Jahrhunderts ist jene von 1771 ziemlich kurz und allgemein gehalten. Es werden darin vor allem folgende Grundsätze festgelegt. Der Fang durch Kinder und „müßige“ Personen wird untersagt. Weiters benötigen die Fischer eine Genehmigung der Herrschaft. Fischereihilfen müssen ebenfalls mit dem Fischfang vertraut sein und der Herrschaft namentlich genannt werden. Brut darf nicht gefangen werden. Hechte, Karpfen, Huchen und Zander müssen ein Mindestgewicht von $\frac{3}{4}$ Pfund besitzen (= 0,42 kg), Ruten, Schleien, Zingel und Barsche ein solches von $\frac{1}{4}$ Pfund (= 0,14 kg). Um die Maße einzuhalten, soll jeder Fischer – wie auch schon zuvor geregelt – ein abgestempeltes Brett bekommen, das in der Breite einen guten Zoll misst (1 Zoll = circa 2,6 cm). Grundeln, Gressling, Koppen und andere kleine Fische dürfen auch weiterhin gefangen werden; ebenso kleine Weißfische zum Speisen der Einsetzfische.

Die Fischordnungen von 1506 und 1771 berücksichtigten teils die gleichen, teils aber auch unterschiedliche Arten. In beiden Ordnungen geschützt waren Hecht, Karpfen, Huchen, Rutte und Zingel. Im Jahr 1506 finden sich darüber hinaus auch Barbe, Forelle und Wels, die 1771 nicht mehr auftauchen. Dafür werden 1771 als zu schützende – und wie anzunehmen ist – dezimierte Arten Zander, Schleie und Barsch genannt. Kleinfischarten wie Grundel, Koppe oder Gressling benötigten nach Meinung der Experten des 18. Jahrhunderts keinen Schutz.

Mit dem geforderten Mindestgewicht der Ordnung von 1771 waren einige Fischarten tatsächlich ausreichend geschützt, sofern die Maße eingehalten wurden. Vor allem für den Huchen war die Mindestlänge aber bei weitem zu gering. Man kann daher davon ausgehen, dass Huchen somit gewissermaßen legal überfischt wurden. Vergleicht

man die auf Basis sogenannter Längen-Gewichts-Regressionen umgerechneten Mindestlängen von 1771 mit den aktuell laut niederösterreichischem Fischereigesetz geltenden, zeigt sich, dass damals auch für Hechte und Aalrutten das Brittelmaß um ca. 20% zu gering war. Zu hoch war es aus heutiger Sicht lediglich für den Zingel angesetzt.

Umfassendere Schonung der durch die Fischerei über Jahrhunderte unter Druck stehenden Arten geschah erst mit den Fischereigesetzen des 19. und 20. Jahrhunderts. Zu dieser Zeit traten freilich mit den tiefgreifenden Habitatveränderungen auch zunehmend verschiedene andere Einflüsse als Ursache für den weiteren Wandel der Donaufischfauna und insgesamt sinkende Fischbestände in den Vordergrund.

Die „Industrialisierung der Donau“ und deren Folge für die Fische

Die skandinavische Umwelthistorikerin Eva Jakobsson hat für die Nutzungsintensivierung im 19. und 20. Jahrhundert den Begriff der „Industrialisierung von Flüssen“ geprägt. Obwohl sie sich vor allem auf die hydrologischen Änderungen durch die Wasserkraftnutzung bezieht, gilt ihr Konzept sicherlich generell. Jakobsson charakterisiert die vier wesentlichsten Merkmale der Transformation eines Flusses von der agrarischen zur industrialisierten Gesellschaft als (1) Homogenisierung der Nutzungen und Lebensräume, (2) Maximierung des Nutzens, (3) Zentralisierung in Form eines überregionalen Managements, sowie (4) Großräumigkeit der Eingriffe (Jakobsson 2002).

In vorindustrieller Zeit wurde versucht, Konflikte zwischen unterschiedlichen Nutzungen durch Kompromisse so weit wie möglich auszugleichen. So mussten zum Beispiel Mühlwehre so dimensioniert oder angelegt werden, dass sie für Schiffe passierbar blieben, da der Transport auf dem Landweg vor allem für unhandliche und billige Massengüter technisch kaum zu bewerkstelligen und vor allem unwirtschaftlich war. Auch die Fischerei durfte die Schifffahrt nicht behindern. Mühlenbetreiber wurden

häufig dazu verpflichtet, ausreichend Wasser für Fische sicherzustellen, in selteneren Fällen wurden sie auch zur Errichtung von Fischwanderhilfen angehalten.

Mit der Industrialisierung ab dem 19. Jahrhundert änderten sich diese Praktiken grundlegend. Bestimmte Funktionen von Flüssen wurden gezielt und einseitig gefördert. Andere traten in den Hintergrund, da sie durch alternative Nutzungen ersetzt werden konnten. An der Donau wurde ab den 1830ern vor allem die Schifffahrt stark gefördert, ab dem 20. Jahrhundert trat zusätzlich die Energieproduktion in den Vordergrund (siehe *Kapitel 2.1* und *3.1*). Nicht zu unterschätzen war auch die Funktion der Donau hinsichtlich Verdünnung und Abfuhr von Abwässern, wie dies die bis in die 1980er Jahre oft schlechte Gewässergüte belegt. Wesentliche Verlierer der Industrialisierung der Donau waren mit Sicherheit die Fischfauna und die Erwerbsfischerei. Nicht zuletzt durch den schnellen Transport mit der Eisenbahn war erstmals der Import von marinen Fischen in hohem Umfang möglich. Fisch als Nahrungsressource quasi vor der Haustüre verlor dadurch an Bedeutung und die Fischerei konnte gewissermaßen „aufgegeben“ werden. Gleichzeitig war auch die Fischerei selbst dem Industrialisierungsprozess unterworfen. Mit dem Umstieg von Segelschiffen auf fossil betriebene Dampfschiffe konnten global verschiedene, nicht heimische Fischarten in vertretbaren Zeiträumen zwischen den Kontinenten verfrachtet, aber auch lebend transferiert und besetzt werden. Das geschah etwa in Europa ab den 1880ern mit Regenbogenforelle und Bachsaiblingen, beide aus den USA stammend, in großem Stil. Die künstliche Fischzucht und der Fischbesatz machten enorme Fortschritte und boten so die Möglichkeit, die infolge der Lebensraumdefizite oft gestörte natürliche Reproduktion vieler Fischarten auszugleichen. Dabei wurde mitunter auch Besatz in Form von Eimaterial oder Brut aus unterschiedlichsten Regionen importiert, was im Verlauf der Zeit zu einer aus heutiger Sicht sehr unerwünschten Vermischung unterschiedlicher Stämme führte. Mit modernen molekularbiologischen Methoden untersucht wird diesbezüglich aktuell die Bachforelle, bei der schon in den letzten Jahrzehnten der Monarchie in zahlreichen

Donauzubringern starker Austausch von Besatzmaterial stattfand. Belege finden sich aber beispielsweise auch für den Besatz mit Zandern und Huchen aus dem ehemaligen Jugoslawien in den 1930er Jahren (Schober 1934).

Die negativen Auswirkungen der Donauregulierung auf die Fischfauna sind in den Fischereizeitungen des späten 19. und frühen 20. Jahrhunderts umfassend beschrieben. Bei der Beschreibung der Entwicklung einzelner Donaufischarten wurden oben schon einige Beispiele zitiert. Bereits in den 1880ern gab es vermehrt Klagen über den deutlich merkbaren Rückgang an Laichplätzen vieler Flussfischarten sowie den generell zunehmenden Verlust an strömungsberuhigten Seitenarmen und Augewässern. Viele Beiträge beschreiben die komplexen Zusammenhänge zwischen natürlichen Ereignissen, wie extremen Hochwässern und Habitatverlusten durch Regulierung, Dampfschiffahrt und Wellenschlag. Zunehmend werden auch die immer stärkere Belastung durch häusliche Abwässer, vor allem flussab der größeren Städte, sowie die Abwassereinleitungen durch die Industrie beklagt. Sofern die Verschmutzung ausschließlich von organischen Substanzen aus Hausabwässern stammte, erhöhte sich mit dem zunehmenden Nährstoffangebot unter Umständen sogar die fischereiliche Produktivität. Die Abwasserbelastung erreichte jedoch in vielen Bereichen ein unerträgliches Ausmaß. In Wien wurde vor allem die enorme Verschmutzung des Donaukanals zum Problem. Ab der Franzensbrücke nach der Einmündung des Wienflusses gab es in den 1880ern keine Fische mehr, das Wasser war schwarz und stank (anonym 1880). Die Verschmutzung des Donaukanals war auch für den hier befindlichen Fischmarkt ein erhebliches Problem. Die Fische wurden in Kältern bis zum Verkauf aufbewahrt. In den 1870er Jahren erging daher eine behördliche Aufforderung an die Genossenschaft der Wiener Donaufischer und Fischhändler, zur Verlegung oder gänzlichen Entfernung der Fischgeschirre und der Verkaufsstände Stellung zu nehmen. Im ebenfalls erhaltenen Antwortschreiben wurde darauf verwiesen, dass nicht die verkauften Fische Krankheiten verursachten, sondern vielmehr das verschmutzte Wasser der Kanäle und Bäche. Es wurde außerdem der Verdacht ge-

äußert, dass das Ersuchen des Magistrats zum Einstellen der Fischerei und zum Entfernen der Fischgeschirre und Verkaufsstände durch Verkehrsinteressen auf dem Donaukanal motiviert sei. Auch das ist ein Beleg für die Nutzungskonflikte zwischen Fischerei und Schifffahrt (Wiener Stadt- und Landesarchiv – Bestand Zentralfischmarkt 1879).

Zunehmende Abwassereinleitungen durch die Industrie sowie Regulierungen und Kraftwerksbauten in den wichtigen Zubringern verschlechterten die Situation für die Fische immer mehr, allen voran für Arten mit hohem Sauerstoffbedarf (Pölzl 1921). Auch für die deutsche Donau wurden ab den 1880ern ähnliche Verhältnisse verzeichnet (Kätzbohrer 1881). Die Fischer – vor allem die Angler – wichen oft auf andere Fischarten aus. Als Ersatz für den Zander wird des Öfteren auf den Schied verwiesen. In den Fischereizeitungen der 1920er Jahre erschienen nunmehr regelmäßig Artikel zum Fang von Schieden (Pino 1918; anonym 1924).

Bei den von den Fischern und Fischereixperten geschilderten Missständen handelt es zum Teil auch um stereotype Klagen und Versuche, die Donaufischerei aufrecht zu erhalten. Dabei wurde häufig ignoriert, dass auch der übermäßige Fang von juvenilen Fischen zur Verschlechterung der Situation beitrug.

In Bezug auf die fischereiliche Bewirtschaftung verbesserten sich die Chancen für die Erhaltung und Hebung der Fischbestände durch den Erlass der Fischereigesetze von Oberösterreich (1895) und Niederösterreich (1890) deutlich. Festsetzung von Mindestfanglängen erfolgte für wesentlich mehr Fischarten als zuvor, wobei die Maße bereits besser den tatsächlichen biologischen Erfordernissen entsprachen. Auch wurden die ersten Laichschonstätten ausgewiesen, zum Beispiel 1902 im Bereich der Klosterneuburger Donau (Weber 1989). Zur Förderung der Fischerei gab es Prämien für die Errichtung von Fischzuchten. In Niederösterreich bestanden 1874 zwei Zuchtanstalten und 1904 bereits 23. In Oberösterreich stieg deren Zahl im gleichen Zeitraum von sieben auf 71 (Krafft 1874; K. k. Statistische Zentralkommission 1907). Gleichzei-

tig scheiterten die Fischer aber mit vielen Forderungen. Bereits bei der Internationalen Fischereikonferenz 1884 wurde ein Gesetz gefordert, das Fischwanderhilfen beim Bau von Wehren verpflichtend vorschreiben sollte (Österreichischer Fischereiverein 1884). Dieser Wunsch blieb mehr als 100 Jahre unerfüllt, obwohl in weiterer Folge mehrmals ähnliche Petitionen beschlossen wurden (zum Beispiel am 12. Österreichischen Fischereitag 1905).

Im späten 19. Jahrhundert erfolgten mehrere statistische Erhebungen zum Stand der Fischerei. Dabei hatte sowohl die von Krafft 1874 im Auftrag des Ackerbaumministeriums, als auch eine 23 Jahre später durchgeführte Erhebung noch sehr schlechte Rücklaufquoten (Wendel 1907). Erst der Aufnahme von 1904 war größerer Erfolg beschieden (K. k. Statistische Zentralkommission 1907). Nach dieser Erhebung verzeichneten zum Beispiel 21 Fischereireviere in den Bezirken Wien, Tulln, Floridsdorf und Bruck an der Leitha um 80% abnehmende Erträge.

Der massive Bestandsrückgang einzelner Fischarten begann sicherlich schon vor mehr als 150 Jahren. Vereinzelte Fangergebnisse, aber auch die Zahlen des Wiener Fischmarktes zeigen, dass es jedoch auch in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts noch immer vergleichsweise hohe Fischdichten gab. In den Revieren von Orth und Eckartsau lag der jährliche Ausfang um 1925 noch bei 20 000 kg, 1928 sank er aber bereits auf 15 000 kg und kurz danach auf weniger als 10 000 kg (Jungwirth 1975). Aufzeichnungen der Familie Hammerschmid belegen im Jahr 1939 den Fang von einer Tonne Nasen, dazu kamen über 100 kg Hechte und fast ebenso viele Schleien und Rotaugen. Während des Krieges erhöhte sich der Ausfang

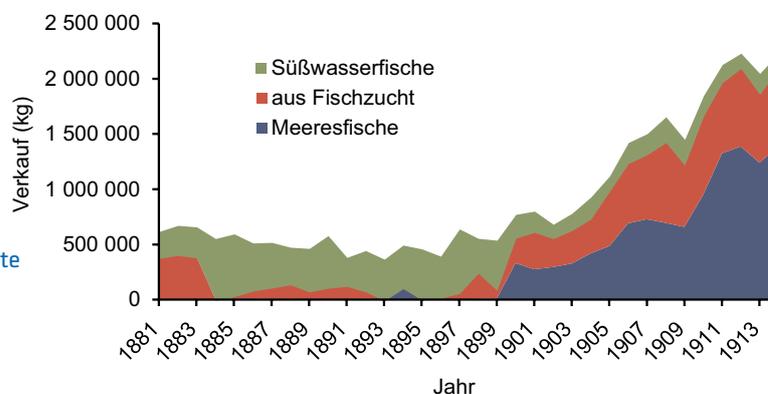
1943 kurzfristig auf knapp drei Tonnen. Mehr als die Hälfte davon waren Nasen, knapp ein Drittel Brachsen. Gefangen wurden auch Hechte, Karpfen, Schleien und Zander (Aufzeichnungen der Familie Hammerschmid im Privatbesitz von F. Kiwek). Obwohl solche Fänge heute hoch erscheinen, machten sie sicherlich nur mehr einen Bruchteil jener vor der Donauregulierung aus.

Die „Aufgabe“ von Fisch als lokal verfügbarer Nahrungsressource

Bei der Regulierung der Donau im 19. Jahrhundert stand die Verbesserung des Schiffsverkehrs im Vordergrund. Die Bedeutung des Flusses als Transportroute konnte damals umso leichter wesentlich höher als jene der lokal verfügbaren Nahrungsressource Fisch gewertet werden, als die Transportrevolution des späten 19. Jahrhunderts den Import frischer Meeresfische im großen Stil ermöglichte. Wurde in Wien früher lediglich konservierter Stockfisch oder Flunder verkauft, so stiegen die Verkaufsmengen am Wiener Fischmarkt zwischen 1881 und 1914 von ca. 600 t pro Jahr auf 2 250 t an. Dieser klare Trend war ausschließlich auf den Import von Meeresfischen zurückzuführen (Abb. 2.88).

Obwohl die Donaufische aber auch deren Angebot auf den Märkten immer mehr unter Druck gerieten, wurde der Fischkonsum am Ende des 19. Jahrhunderts gezielt gefördert. In Wien begann die Approvisionierungskommission in den 1890er Jahren eine entsprechende Kampagne, da Fisch ein eiweißreiches und gesundes Nahrungsmittel darstellt. Bei einem Vortrag vor dieser Kommission

Abb. 2.88 Am Wiener zentralen Fischmarkt gehandelte Fischmengen in den Jahren 1881 bis 1914



hielt der Direktor des Marktamtes Karl Kainz fest, dass die Einwohner Wiens, als überwiegend der katholischen Religion Angehörige, Fische vor allem als Fastenspeise sehen würden und den gesundheitlichen Wert vollkommen übersehen (Wiener Stadt- und Landesarchiv, Bestand Zentralfischmarkt 1897). Ein Grund für den geringen Fischverbrauch waren sicherlich auch die hohen Preise. Lediglich Stockfisch, also getrockneter Kabeljau, konnte zum Beispiel mit dem Preis von Schweinefleisch mithalten (vgl. Preisangaben in den Statistischen Jahrbüchern der Stadt Wien). Die Konsumgewohnheiten prägten schließlich auch das Angebot, das sich auf die Fastentage um Ostern und vor allem Weihnachten konzentrierte und hauptsächlich Karpfen umfasste. Am Ende des 19. Jahrhunderts wurden Versuche und Studien zur Verbesserung des Imports mariner Fische mithilfe der Eisenbahn durchgeführt. Fische aus der Adria wurden aus ökonomischen und politischen Gründen präferiert, doch wurde durch Experten konstatiert, dass der Fischbestand der Adria nicht ausreiche. Auch schien der Transport über die Südbahn schlechter zu funktionieren als über die Westbahn. Es wurde auch versucht, Fisch lebend zu transportieren, um den Präferenzen der Wiener Bevölkerung entgegen zu kommen. Die Berliner Firma Ehrenberg und Kompagnie führte diesen Test auf der Südbahn aus. Das Wasser in den Bassins wurde durch eine Dampfmaschine ständig im Umlauf gehalten

und belüftet. Ein Kuriosum am Rande ist, dass bedingt durch das österreichische Salzmonopol das Meerwasser an der Zollgrenze ausgetauscht werden musste, was einen erheblichen Aufwand nach sich zog. Auch dem Eis zur besseren Konservierung auf dem Transport beigegebenes Salz wurde von den Zollbehörden wiederholt beanstandet und musste mit Verweis auf das Salzmonopol des Staates an der Grenze entfernt werden (Wiener Stadt- und Landesarchiv – Bestand Zentralfischmarkt 1897).

Der Import der marinen Fische nach Wien erfolgte vor allem durch die 1899 gegründete „Deutsche Dampffischerei-Gesellschaft Nordsee“, die in der Stadt kurz nach ihrer Gründung vier Verkaufslokale eröffnete (Abb. 2.89).

Auch in Linz begann 1906 der Verkauf von marinen Fischen, als ein Triestiner Fischhändler Adria-fische importierte und gleichzeitig die Einfuhr von Nordseefischen startete. Im Jahr 1913 eröffnete die Stadt einen Seefisch-Verkaufsstand bei der Donaubrücke (Kerschner 1956).

Donaufische auf dem Teller

Donaufische wurden lokal direkt nach dem Fang, aber auch in allen größeren Orten und Städten entlang des Flusses verkauft. Die größten Fischmärkte hatten sicherlich Wien und Linz. Der Wiener Fischmarkt befand sich bis 1753 mitten in der Stadt auf dem Hohen Markt. Die Wasserversorgung für die Fische war hier nicht einfach und erfolgte vor allem über Brunnen. Der nächste Standort des Marktes war im Bereich der Befestigungsmauer am Schanzel und damit bereits wesentlich näher beim Donaukanal (Abb. 2.90). Aber erst im Laufe des 19. Jahrhunderts – mit der Schleifung der Stadtmauer 1858 – kam der Markt wirklich an die Ufer des Donaukanals, wo er bis zu seiner Schließung 1972 verblieb (Abb. 2.91 bis 2.93). Im Zuge des Baues der Stadtbahnlinie musste der Markt von 1899 bis 1904 auf die Seite des zweiten Bezirks ausweichen, bevor 1904 die Rückübersiedlung ans rechte Donaukanalufer in die neu errichteten modernen Anlagen erfolgte. Hier gab es bereits Kühlvorrichtungen und eine gut funktionierende Fließwasserversorgung.



Abb. 2.89 Die Deutsche Dampffischerei-Gesellschaft Nordsee versorgte die Wiener Bevölkerung ab 1900 mit Meeresfischen.



Abb. 2.90 „Sie! Hab'ns keine Bisgurn?“ (Bisgurn = Schlammpeitzger) ist der Titel dieses Bildes vom Wiener Fischmarkt, der sich nach der Verlegung vom Hohen Markt im Jahr 1753 bei der Stadtmauer nahe am Donaukanal befand (siehe auch *Abb. 2.64*)



Abb. 2.91 Nach der 1858 beginnenden Schleifung der Stadtmauern befand sich der Wiener Fischmarkt direkt beim Schanzel am Donaukanal. 1874 wurden neue Verkaufshütten errichtet.



Abb. 2.92 Der Franz-Josephs-Kai mit dem Fischmarkt am Donaukanal rechts in der Mitte um 1900



Abb. 2.93 Die 1904 neu gebauten modernen Fischmarkthallen, die bis zur Schließung des Fischmarktes im Jahr 1972 bestanden

In der zeitgenössischen Literatur zum Fischreichtum vergangener Tage wird oft auf den enormen Fischkonsum früherer Zeiten verwiesen. Das mag sicherlich für Klöster stimmen, für die das Einhalten strenger Fastenregeln obligatorisch war. Für die große Masse der Bevölkerung in Österreich stimmt das aber bei genauerer Betrachtung nur bedingt. Zahlen zum Pro-Kopf-Verbrauch sind derzeit noch kaum verfügbar. Die Daten für die Fischmärkte Wien und Linz zeigen aber zumindest für das ausgehende 19. und beginnende 20. Jahrhundert einen erstaunlich geringen Verbrauch. Am Wiener Fischmarkt, als zentraler städtischer Verkaufsstelle, lag der Pro-Kopf-Einkauf in den 1880er Jahren bei lediglich 0,5 kg. In den 1890er Jahren sank er sogar auf 0,3 kg, um erst am Beginn des 20. Jahrhunderts wieder auf circa 0,6 kg und von 1910 bis 1914 auf circa 1 kg anzusteigen. Von anderen Wiener Fischverkaufsstellen, die es sehr wohl gab, stehen keine genauen Daten zur Verfügung (Abb. 2.94). In der Großmarkthalle wurden beispielsweise auch Karpfen und Hechte gehandelt: in den Jahren 1873 bis 1891, für die Daten überliefert sind, pro Jahr zwischen 5 und 25 t Karpfen und 0,5

bis 2,5 t Hechte. Die am zentralen Fischmarkt gehandelten Mengen lassen sich mithilfe der Verzehrungssteuerdaten besser einschätzen und korrigieren. Als staatliche Verbrauchsabgabe wurde diese Steuer von 1830 bis 1921/22 auf alle Waren des täglichen Bedarfs, die nach Wien gebracht wurden, eingehoben (Hauer 2010). Die an den sogenannten Linienämtern versteuerten Mengen an Fischen und Schalentieren waren wahrscheinlich ziemlich identisch mit dem Gesamtkonsum, da in der Stadt selbst kaum Fische gefangen wurden. Die insgesamt in die Stadt gebrachten Wassertiere waren in allen vergleichbaren Jahren höher als die auf dem Fischmarkt gehandelten. Sie enthielten zwar auch Krusten- und Schalentiere, wie Krebse oder Schildkröten, sowie zum Beispiel Frösche, später auch Austern, Muscheln, Hummer etc., doch fielen diese wahrscheinlich nur marginal ins Gewicht. Im Mittel gelangte zwischen 1881 und 1913 knapp die Hälfte der über den Linienwall eingeführten Fische auf den zentralen Fischmarkt. Korrigiert man nun die pro-Kopf am Fischmarkt verkauften

Mengen mit den versteuerten, so lag der Verbrauch in den letzten zwei Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts bei rund 1 kg und in den Jahren 1910 bis 1913 bei circa 1,5 kg. Auch das war keineswegs viel!

Kerschner (1956) errechnete basierend auf Zahlen vom Linzer Fischmarkt ebenfalls, dass die Versorgung der städtischen Bevölkerung mit Fisch erstaunlich gering war. Nimmt man lediglich die Zahlen des Fischmarkts, der ebenso wie in Wien zwar nicht die einzige Verkaufsstelle für Fische war, sicherlich aber die bedeutendste, so kam auf einen Bewohner ca. 1 Stück Fisch pro Jahr. Auch hier macht es nicht viel Unterschied, wenn man annehmen würde, dass auf dem Fischmarkt lediglich 50% der Fische verkauft wurden. Denn auch 2 Stück Fische pro Kopf und Jahr sind wenig.



Abb. 2.94
 Werbeplakat der
 Firma A. Hofbauer's
 Neffe, die Fluss-
 und Seefische am
 Fischmarkt und
 in zwei Geschäften
 im 1. und 9. Wiener
 Bezirk verkaufte

Heutzutage gelangen Donaufische kaum mehr auf den Tisch. Manchmal werden beim sommerlichen Grillabend noch typische Donaufische als Steckerlfische zubereitet. Meist werden als solche aber schon längst marine Fische, wie Makrelen, angeboten.

Ein Blick in Kochbücher früherer Jahrhunderte zeigt die Vielfalt an Fischarten, die früher in den unterschiedlichsten Zubereitungsarten verzehrt wurden und die sicherlich zu einem großen Teil aus der Donau kamen, auch wenn es wohl für spezielle Anlässe Ausnahmen gab (Abb. 2.95). Das *Künstlichs und nutzlichs Kochbuch ...* von Balthasar Staindl, 1545 in Augsburg erstmals gedruckt und mehrmals wieder aufgelegt, ist wahrscheinlich eines der ältesten Kochbücher, in dem man Rezepte für Fische aus der Donau vermuten kann. Der vierte Teil des Kochbuchs ist Fischspeisen gewidmet. Hier wird eine Vielzahl an allgemeinen Fischgerichten genannt, das heißt Zubereitungsarten, die für unterschiedliche Arten geeignet sind. An Arten explizit angeführt werden vor allem Karpfen, Hechte, Elritzen und Huchen; daneben gab es aber auch Rezepte für Hausen, Ruten, Brachsen, für Äschen, Grundeln und Saiblinge sowie für Stockfische (Staindl 1545).

Auch das älteste gedruckte österreichische Kochbuch von 1686 verzeichnet eine breite Palette an potenziellen Donaufischarten, darunter Hechte, Karpfen, Hausen, Schaiden, Ruten und Huchen sowie Aale, Saiblinge und Forellen (anonym 1686). Im Jahr 1708 gab Anna Franziska Voigtin in Wien eine Sammlung an Kochrezepten heraus, die „von einer Hoch-Adelichen Persohn zusammen getragen und in Druck gegeben“ wurde (Troppau und Jägerndorff 1708). Geht man nach der Anzahl an Rezepten, so waren Hechte die beliebtesten Fische. Sie wurden in Suppen, als Knödel, in Sulzen und in Pasteten verspeist und in den unterschiedlichsten Zubereitungsformen als Hauptgerichte serviert. Die Liste letzterer umfasst Hechte in Polnischer Suppe, Hechte in Zitronen gekocht, Hechte gebraten, Hechte gefüllt, gesottene Hechte in Kapern, Hechte in brauner Suppe, Hecht in Mandel-Kren, Hecht in Baumöl, Hecht ungarische Art und Hecht in Sardellensuppe. Danach folgen ähnliche Rezepte für Karpfen, Ruten, Huchen, Hausen und Schaiden. Neu dazu kamen in diesem

436. Ein rare Fisch: Ohli zu machen.

En halben gefelchten Hechten die Haut hinweg / und kocht an die Stell.

8. kleine Sälbling blau abgefotten / und ganz lassen.
2. Reinanden gefelcht / die Haut darvon und überfotten.
4. Spißl Reiterl müssen ganz bleiben / überfotten die Haut darvon.
4. Briggen zu vier Theil zerschnitten.
4. Bickelhåring / die Haut und Brät weg / auff dem Rost im Butter lassen anlauffen.
4. Frische Håring in 4. Theil zerschnitten / den Kopff hinweg und gebachen.
6. Halbpfündige Breßen: Hechten blau abgefotten.
1. Seitl Grundl blau abgefotten / in Buttersuppen gemacht.
1. Seitl Koppen in Mehl bachen.
8. kleine Ruten blau abgefotten / im Butter gemacht.
6. kleine Linguatali auff dem Rost mit Mehl gebraten.
6. Ziberl / wålsche Fisch bleiben ganz / in Dottersuppen.
3. Kreuzer weiße Biolen überfotten / die Suppen weg.
6. Kreuzer Wålsche Abien gebraten und geschålt.
4. Kreuzer Steck: Kåbel ganz kleine weiße / überfotten.
- Kleine weiße Ruben gewürfflet geschnitten / und im Schmalz braun geröst.
6. Kreuzer Kåhl Proculi überfotten / und im Butter kocht / ganz gelassen.
3. Kreuzer schönen Basternat überfotten / und im Mehl bachen.
2. Stuck Cardi überfotten / im Butter angeloschen / zu Stück geschnitten.
8. Kreuzer gepußten Pöperl überfotten / und weiß lassen.
4. Kreuzer Zeller überbrent / in vier Theil zerschnitten / in Dottersuppen gemacht.
4. Büschl Venichl / der kleinest / wie er im Winter wachset / in warm Wasser anlauffen lassen.
4. Büschl Spargel überfotten.
30. Schnecken gepußt und gebraten an Spisseln ohne Häusel / darauff gelegt.
6. Kreuzer Dateln gefotten.
1. Viertel Capri darauff gesträhet.
1. Viertel Olivi die Kern weg / darauff gesträhet.
1. Halb Pfund klein gefalkene Meer: Spinnerin aufgewaschen / ein jede muß besonder ganzer gebachen werden / damit sie kraußt bleiben.
1. Halb Pfund eingemachte Wålsche Krebsel / die müssen bachen werden / sambt den Schöllern.
1. Gute Hand voll Artopholi die Schalen gepußt / blätlet geschnitten / im Butter geröst / oben darauff gesträhet.
1. Hand voll Zirbernüssel und Pistazi gepußt / darüber besträhet.

100. Austern außgelöst / in ein Rindl im Butter mit Lemonisafft geröst / oben darauff gegossen / auch ein Cefali darauff gelegt.

Dieses gehöret alles auff ein Schüssel / schön ordentlich auffgericht / die gefelchte Fisch in die Mitten / die andern aber herum / die kleine Sachen müssen besonder in Rindl gemacht werden / außgenommen das Gefelchte kan man drey oder viererley zusamen legen / damit die Speiß von den gerauchten Fischen kein Geschmack bekomme / mit linden Gewürz abgewürkt / und von den kleinen Sachen die Suppen zusamen / und darüber gossen.

Transkription des Rezeptes

Ejn halben geselchten Hechten die Haut hinweg / und kocht an die Stell.
8. kleine Sälbling blau ab gesotten / und gantz lassen.
2. Reinancken geselcht / die Haut darvon und übersotten.
4. Spißl Reiterl müssen gantz bleiben / übersotten die Haut darvon.
4. Briggen zu vier Theil zerschnitten. 4. Bickelhäring / die Haut und Grät weg / auff dem Rost im Butter lassen anlauffen.
4. Frische Häring in 4. Theil zerschnitten / den Kopff hinweg und gebachen.
6. Halbpfündige *Bretzen-Hechten*¹ blau abgesotten.
1. Seitel Grundl blau abgesotten / in Buttersuppen gemacht.
1. Seitel Koppen in Mehl bachen.
8. Kleine Rutten blau abgesotten / im Butter gemacht.
6. Kleine *Linguatali*² auff dem Rost mit Mehl gebraten.
6. *Ziberl*³ / wälsche Fisch bleiben gantz / in Dottersuppen.
3. Kreutzer weisse *Violen*⁴ übersotten / die Suppen weg.
6. Kreutzer Wälsche *Kösten*⁵ gebraten und geschält.
4. Kreutzer Steck-Rübel gantz kleine weisse / übersotten. Kleine weisse Ruben gewürfflet geschnitten / und im Schmalz braun geröst.
6. Kreutzer Köhl Proculi übersotten / und in Butter kocht / gantz gelassen.
3. Kreutzer schönen Basternat übersotten / und im Mehl bachen.
2. Stuck Cardi übersotten / im Butter angeloffen / zu Stückl geschnitten.
8. Kreutzer geputzten *Pöperl*⁶ übersotten / und weiß lassen.
4. Kreutzer Zeller überbrent / in vier Theil zerschnitten / in Dottersuppen gemacht.

4. Büschl Venichl / der kleinst / wie er im Winter wachset / in warm Wasser anlauffen lassen.
4. Büschel Spargel übersotten.
30. Schnecken geputzt und gebraten an Spisseln ohne Häusel / darauff gelegt
6. Kreutzer Dateln gesotten.
1. Viertel Capri darauff gesträhet.
1. Viertel Olivi die Kern weg / darauff gesträhet.
1. Halb Pfund klein gesaltzene *Meer-Spinnerin*⁷ außgewaschen / ein jede muß besonder gantzer gebachen werden / damit sie kraust bleiben.
1. Halb Pfund eingemachte Wälsche Krebsel / die müssen bachen werden / sambt den Schöllern.
1. Gute Hand voll *Arthopholi*⁸ die Schalen geputzt / blätlet geschnitten / im Butter geröst / oben darauff gesträhet.
1. Hand voll *Zirbernüssel*⁹ und Pistatzi geputzt / darüber besträhet.
100. Austern außgelöst / in ein Raindl im Butter mit Lemonisafft geröst / oben darauff gegossen / auch ein *Cefali*¹⁰ darauff gelegt.
Dises gehört alles auff ein Schüssel / schön ordentlich auffgericht / die geselchte Fisch in der Mitten / die andern aber herum / die kleine Sachen müssen besonder in Raindl gemacht werden / ausgenommen das Geselchte kan man drey oder viererley zusammen legen / damit die Speiß von den gerauchten Fischen kein Geschmack bekomme / mit linden Gewürtz abgewürtzt / und von den kleinen Sachen die Suppen zusammen / und darüber gossen

- (1) *Bretzen-Hechten*: kleiner Hecht
- (2) *Linguatali*: linguattola, als Citharus linguatula, Scholle, angeführt
- (3) *Ziberl*: unbekannter Fisch aus der Adria
- (4) *Violen*: eventuell Veilchen
- (5) *Kösten*: ital. Kastanien, Maroni
- (6) *Pöperl*: Rapunzelsalat
- (7) *Meer-Spinnerin*: Krabbe
- (8) *Arthopholi*: nach Grimm Kartoffeln, nach Meyer-Bruck Trüffel
- (9) *Zirbernüssel*: Samen der Zirbelkiefer
- (10) *Cefali*: Meeräsche nach Zotter 2014; ein Beleg, dass auch im 18. Jahrhundert vereinzelt frische marine Fische in Österreich verspeist wurden (Erläuterungen zu den Begriffen: vorwiegend nach Zotter 2014vv)

Abb. 2.95 Rezept für eine „gemischte Fischplatte“, Fisch-Ohli genannt. Transkription und Glossar von Hans Zotter (2013 und 2014)

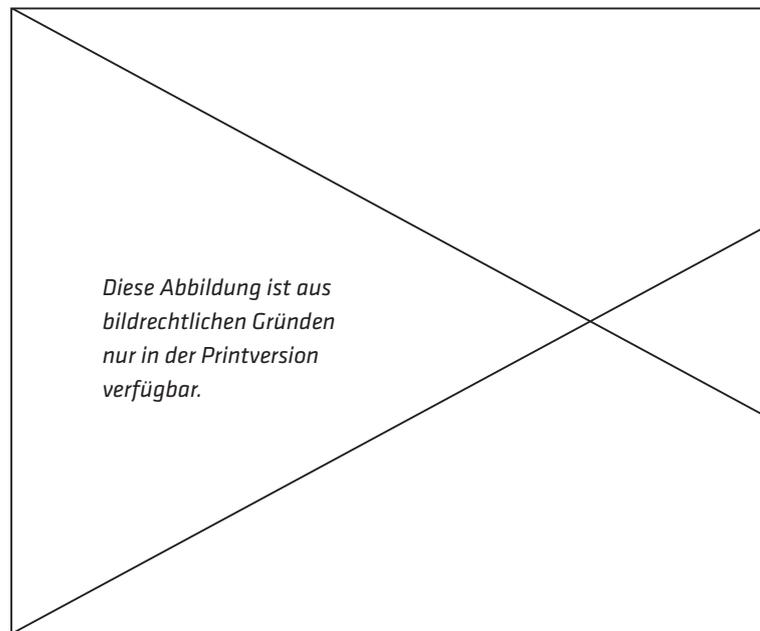
Kochbuch übrigens Rezepte für Neunaugen – gekocht oder gebacken – Grundeln und Schleien sowie „Lax“ und Stockfisch. Das *Nützliche Kochbuch* von 1740 erläutert die Zubereitung von Karpfenpasteten dreierlei Art, ebenso wie von Hausen- und Ruttenpasteten (anonym 1740). Neben Rezepten für oben bereits genannte Fische aus alpinen Donauzubringern – also Saiblinge, Koppen, Forellen oder Äschen – und Kleinfischarten wie Grundeln, erläutert auch dieses Werk die unterschiedlichsten Arten der Zubereitung für eine Vielzahl typischer Donaufische. Frisch gesotten verzehrt wurden Hechte, Huchen, Welse, Hausen, Karpfen. Neu tauchen nun auch Zander, Stierl (Sterlet), Dicke (Glatt- oder Waxdick) oder Barben auf, Hecht- und Karpfenrezepte stellen aber noch immer die Mehrheit dar. Für den Hausen gibt es zehn Rezepte (*Abb. 2.96*). Neben gesottenen Hausen findet man zwei Suppenrezepte, jeweils zweierlei Arten gedünstete und gebratene Hausen, Hausen in Krensoße, Hausen in Pfeffer und geselchte Hausen. Bereits im Koch- und Arzneibuch von 1686 findet sich eine Anleitung zum Marinieren und Einlegen von Hausen, die damit für mehrere Monate haltbar waren (anonym 1686). Sie wurden dafür in Salzwasser gesotten und danach mit Wein und Essig sowie Gewürzen in Fässern eingelegt. Diese Variante wurde ebenso für Forellen, Hechte, Saiblinge und Schleien empfohlen (Troppau und Jägerndorff 1708). Eine andere Art der Vorbereitung ging von gebratenen Hausenstücken aus, die mit Muskat, Gewürznelken, Pfeffer, Zitronenschalen und Rosmarin in mit Essig und Öl aufgefüllte Fässer geschichtet wurden. Auch dieses Rezept wurde für „andere gute Fische“, wie zum Beispiel Hechte, Forellen und Saiblinge, empfohlen.

Hausenblasen wurden aufgrund ihres hohen Kollagengehalts zum Herstellen von Sülzen verwendet, ebenso wie Karpfenblasen in der Küche zum Eindicken von Soßen Verwendung fanden.

Karpfenblasen und Hechtleber briet man in Stücken. Anschließend wurden Semmelbröseln mitgeröstet und diese Speise schließlich mit grüner Petersilie, Muskatblüten, Safran und Zitronensaft gewürzt und mit Butter serviert. Welsmägen wurden zunächst gesotten und dann mit Erbsensuppe angegossen und mit Mehl eingebrannt.

An Gewürzen gab man Muskat, Safran, Zimt, Gewürznelken und Zitronenschalen bei. Über Magenstücke goss man eine goldgelb gebackene Einbrenn aus „Karpfenmilch“ und Mehl und servierte die Speise mit eingemachten Zitronenstücken (Troppau und Jägerndorff 1708). Natürlich sind auch Rezepte für Fischbeuschelsuppen zu finden (z. B. in Rudisch 1787).

Bis Ende des 19. Jahrhunderts tauchen an marinen Fischen konservierte Stockfische und Plattfische (Flunder, Platteisen) auf. Entsprechend dem Angebot am Markt berücksichtigt Luise Fialas im Jahr 1900 in 12. Auflage erschienenen Kochbuch *Die moderne Wiener Küche* das erste Mal frische marine Fische, und zwar Kabeljau, Schellfisch, Branzino, Seezunge, Turbot und Heilbutt. Kochbücher zeigen somit nicht nur Konsumgewohnheiten auf, sondern sind auch Beleg für den Zustand unserer Gewässer und deren Fischfauna.



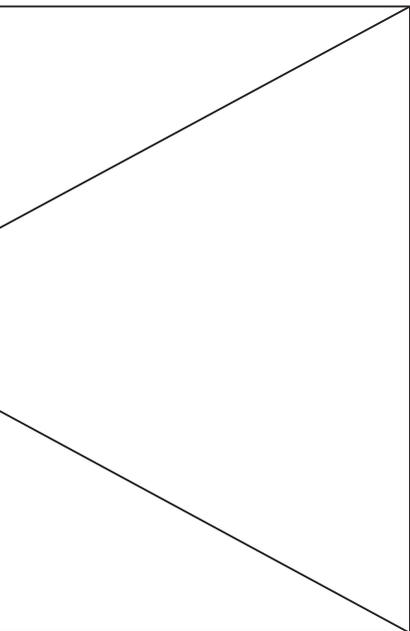


Abb. 2.96 Solche „Monsterhausen“ waren auch in der „guten, alten Zeit“ eine Rarität. Sie konnten bei dieser Größe über 100 kg Kaviar pro Fisch liefern. Heute entspräche dies bei € 7.000,- pro Kilogramm dem Gegenwert einer Eigentumswohnung in zentraler Lage einer europäischen Metropole.



3

Status quo der österreichischen Donau und ihrer Fischbestände

	3.1
222	Aktueller Stand menschlicher Eingriffe sowie anderer Umwelteinflüsse
	3.2
266	Die fischökologische Situation seit Mitte des 20. Jahrhunderts



Alte Pegellatten
und Sondierstange
(viadonau, Aschach)

3.1

Aktueller Stand menschlicher Eingriffe sowie anderer Umwelteinflüsse

Befasste sich *Kapitel 2* mit der historischen Entwicklung der österreichischen Donaulandschaft, deren Lebensräumen und fischökologischen Verhältnissen, so behandelt *Kapitel 3* vornehmlich die durch verschiedene menschliche Eingriffe und Nutzungen bewirkten Veränderungen der jüngeren Vergangenheit, speziell seit Ende des Zweiten Weltkrieges. Darüber hinaus werden aber auch andere, auf den ersten Blick nicht direkt dem Menschen zuordenbare Einflüsse beschrieben; so zum Beispiel die Auswirkungen von Kormoranen, Neozoen und der Erhöhung der Wassertemperatur auf den Lebensraum der Donau. Somit geht es zum einen um die Entwicklung der abiotischen Rahmenbedingungen und Einflüsse an der österreichischen Donau innerhalb der letzten Jahrzehnte (*Kapitel 3.1*), zum anderen darum, wie sich diese vielfältigen menschlichen Eingriffe und Nutzungen auf den Fischbestand auswirkten (*Kapitel 3.2*).

Auf ihrem 350 km langen Weg von der Inn-Mündung bei Passau bis zur Mündung der March an der slowakischen Grenze verändern sich die hydrologischen Rahmenbedingungen der Donau erheblich. Die Höhenlage über dem Meer verringert sich um mehr als die Hälfte, im Gegenzug vergrößert sich das Einzugsgebiet der Donau

von rund 80 000 km² (ohne Inn) auf 130 000 km². Damit nimmt auch der mittlere Abfluss um mehr als ein Drittel zu (*Abb. 3.1*). Diese Zunahme wird primär durch wenige größere Zubringer verursacht, die auch aus fischökologischer Sicht von besonderer Bedeutung sind. Neben dem Inn als größten Zubringer mit rund 740 m³/s Abfluss bei Mittelwasser sind dies vor allem die Enns (200 m³/s) und die Traun (150 m³/s; *Abb. 3.2*). Alle anderen Zubringer tragen wesentlich weniger zum Abfluss der Donau bei. Erst am Ende der österreichischen Donaustrecke mündet mit der March (120 m³/s) wieder ein weiterer hydrologisch und gewässerökologisch besonders relevanter Zubringer ein (zur Lage wichtiger Zubringer siehe *Abb. 3.3*). Beim Vergleich der verschiedenen anthropogenen Eingriffe und Nutzungen zeigt sich, dass manche davon, wie zum Beispiel die anfänglich vor allem für die Schifffahrt getätigten Regulierungsarbeiten, im Wesentlichen schon aus der Zeit weit vor dem Zweiten Weltkrieg stammen und später meist nur anlassbezogen (vor allem nach großen Hochwässern) eine Komplettierung erfuhren. Andere Einflüsse auf den Donaulebensraum und die Fischbestände wiederum zeigten innerhalb vergleichsweise kurzer Zeiträume markante

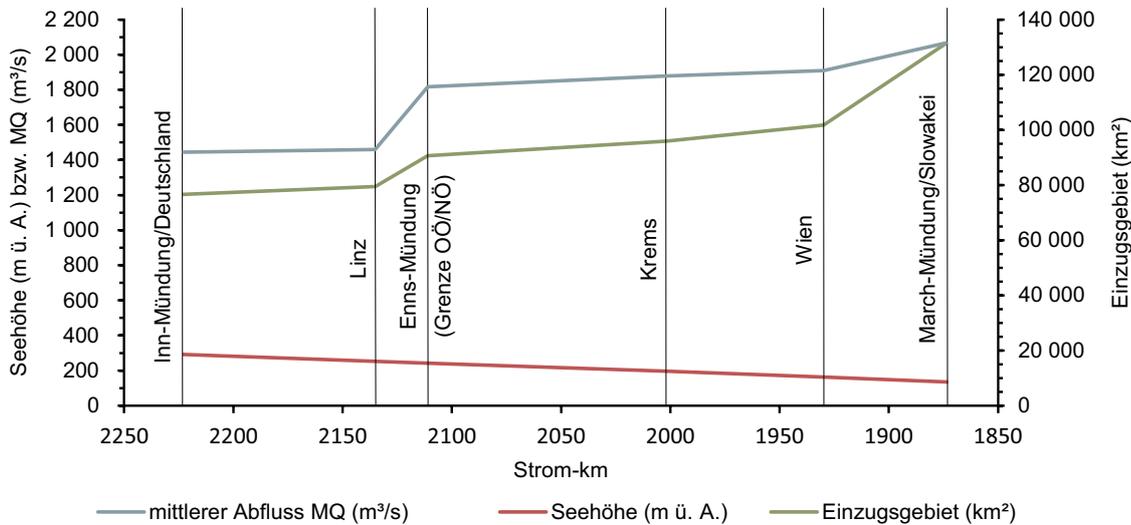


Abb. 3.1 Hydrologischer Längenschnitt der österreichischen Donau von der Mündung des Inns bei Passau bis zur March bei Theben: Seehöhe bezogen auf den Wasserspiegel bei Mittelwasser (m ü. A.), Abfluss bei Mittelwasser MQ (m³/s) und Größe des Donau-Einzugsgebietes (km²)

Änderungen in die eine oder andere Richtung, wie dies etwa bei der Sanierung der Wassergüte, der Zunahme von Passagierschiffen oder dem Auftreten von Fischfressern und Neozoen der Fall war. Demgegenüber steht schließlich der nach dem Zweiten Weltkrieg völlig neue und aus hydromorphologischer Sicht besonders markante Eingriff des Donau-Ausbaues zu einer weitgehend geschlossenen Kraftwerkskette. Deren Bau erfolgte sukzessive innerhalb weniger Jahrzehnte, zugleich mit der Errichtung zahlreicher Kraftwerke in den wichtigsten Donauzubringern. Der Status quo ist aber letztlich auch das Resultat des Zusammenwirkens dieser vor Ort wirksamen Einflüsse mit zusätzlichen Eingriffen, die zum Teil räumlich weit ent-

fernt sind oder zeitlich bereits lange zurück liegen. Beispiele für solche überregional beziehungsweise langfristig wirksamen Stressoren sind der Geschieberückhalt in alpinen Zubringern, die Unterbrechung des Flusskontinuums am Eisernen Tor oder die historische Entwicklung von Landwirtschafts- und Siedlungsflächen in den Auen und im Einzugsgebiet. Hinsichtlich der verschiedenen Umwelteinflüsse bestehen somit sehr unterschiedliche Trends. Während die aktuelle Wassergüte als Resultat jahrzehntelanger Bemühungen zur Sammlung und Klärung von Abwässern ein klar positives Resultat ergibt, erweist sich der hydromorphologische Zustand des Fluss-Auensystems in den letzten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts als Kulmina-

Abb. 3.2 Passauer Farbenlehre: Ilz, bayerische Donau und Inn ergeben nach der Durchmischung die Farbe des österreichischen Donauwassers.



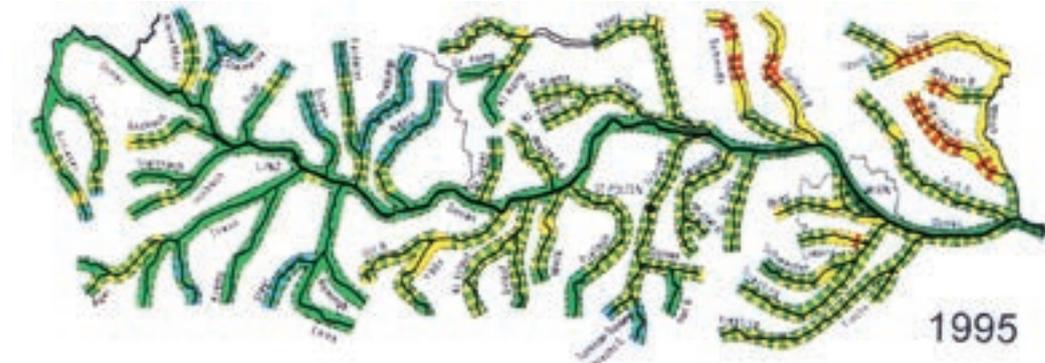
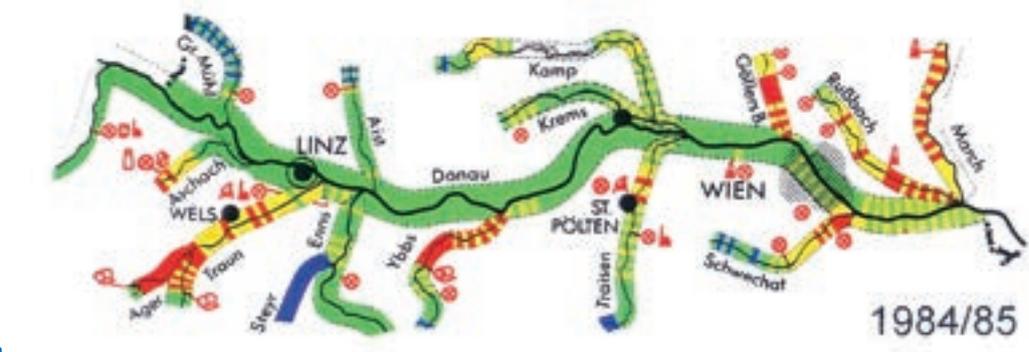


Abb. 3.3
 Biologisches Gütebild der Donau im Zeitraum 1962–1995. Aufgrund des weiteren Ausbaus von Anlagen zur Abwasserbehandlung seit 1995 weist die Donau seit einigen Jahren überall die Güteklasse II auf.
 (blau) Güteklasse I – nicht/sehr gering belastet
 (grün) II – mäßig belastet
 (gelb) III – stark verschmutzt
 (rot) IV – übermäßig verschmutzt

tionspunkt einer langen negativen Entwicklung. Um die daraus resultierenden ökologischen Defizite auszugleichen, werden speziell in jüngster Zeit immer mehr Revitalisierungsprojekte in Angriff genommen. Der Darstellung dieser neuen und sehr positiven Entwicklung ist *Kapitel 4* gewidmet.

Wassergüte und -qualität des Donaustroms laden wieder zum Baden ein

Verglichen mit vielen anderen Großflüssen dicht besiedelter Gebiete hatte die österreichische Donau in ihrer Gesamtheit hinsichtlich Güte und Wasserqualität zwar zeitweise deutliche, aber keineswegs unlösbare Probleme. Dieses vergleichsweise positive Bild ist freilich nicht so sehr dem sorgsamem Umgang des Menschen mit dem Gewässer zu verdanken, als vielmehr dem Wasserreichtum der primär aus den Alpen gespeisten Donau. In Wien konnten nach dem Zweiten Weltkrieg zwar bis 1950 die schweren Bombenschäden an der Kanalisation behoben und somit entsprechende hygienische Verhältnisse in der Stadt wiederhergestellt werden, doch das Abwasser gelangte vorerst weiterhin ungereinigt in die Vorfluter und damit in die Donau. Ähnlich war es in anderen Donauabschnitten Ober- und Niederösterreichs. Vor allem flussab der Abwasserleitungen von großen Städten und Industrieanlagen oder der Einmündung stark belasteter Zubringer konnte selbst die mächtige Donau bereichsweise diese „Hypothek“ nicht mehr verarbeiten.

Die vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) herausgegebenen Karten der Biologischen Güte verdeutlichen, dass nach dem Zweiten Weltkrieg in der Zeit des Wiederaufschwunges von Industrie, Wirtschaft und Kommunen zumindest abschnittsweise noch recht schlechte Wassergüte gegeben war (*Abb. 3.3*). Dies trifft von den 1960ern bis in die 1980er insbesondere für den Bereich Linz mit seiner Schwerindustrie sowie auch für die in unmittelbarer Nähe mündende Traun zu, deren Güte zu dieser Zeit vor allem aufgrund der Papierindustrie stark litt. Flussab von Linz waren in diesem Zeitraum über Jahre hinweg aus der Donau

gefangene Fische speziell aufgrund des Phenolgeschmacks ungenießbar. Auch die donauabwärts folgenden Zubringer wie Enns, Ybbs und Traisen waren mit industriellen und kommunalen Abwässern belastet, bewirkten aber in der Donau selbst zufolge der starken Verdünnung und der nach wie vor hohen Selbstreinigungskraft des damals überwiegend noch frei fließenden Stromes keine markante Belastung. Im Ballungsraum der Großstadt Wien hingegen ergab sich damals aufgrund der Einleitung weitgehend unbehandelter Abwässer eine deutliche Beeinträchtigung der Wassergüte. Die Abwasserfahne Wiens reichte hauptsächlich rechtsufrig bis zur Staatsgrenze. Die linksufrig einmündende March zeigte vor allem während der herbstlichen „Zuckerrübenkampagne“ als Folge extremer organischer Belastung sehr schlechte Güte, die jährlich wiederkehrend mit massiven Fischsterben verbunden war.

Ab den späten 1970ern änderte sich die Gütesituation der Donau schrittweise deutlich zum Besseren. Südwestlich von Linz ging 1979 die Regionalkläranlage Asten in Betrieb, die heute für 950 000 Einwohnergleichwerte ausgebaut ist. Diese reinigt seither neben den kommunalen Abwässern von Linz und 39 Umlandgemeinden auch die biologisch abbaubaren Abwässer der Industrie aus dem Linzer Großraum, wie zum Beispiel die Kokereiwässer der Voestalpine Stahl, des Chemieparkes Linz (ehemalige Chemie Linz AG) oder der Papierfabrik Nettingsdorf (Linz AG Abwasser 2012). In Wien wurde mit Inbetriebnahme der Hauptkläranlage 1980, vor allem aber mit der Fertigstellung der zweiten biologischen Reinigungsstufe im Jahr 2005 sichergestellt, dass der Ballungsraum der Bundeshauptstadt seine gesamten Abwässer entsprechend dem Stand der Technik reinigt und die Gewässerqualität der Donau nicht beeinträchtigt (ebswien 2011). Etwa zeitgleich erfolgte die Sanierung der Industriebetriebe an den oben genannten Zubringern. Damit ist spätestens ab 2005 in der österreichischen Donau praktisch durchgehend die Güteklasse II gegeben.

Heute erlaubt die Wasserqualität durchaus auch das Baden im Strom selbst, eine Form der Freizeitnutzung, die sich in jüngster Zeit wieder stark ausweitet. In den 1990ern verschwand auch der Phenolgeschmack der Donaufische völlig, deren Genuss seither wieder ohne Einschränkung möglich ist. Dies liegt nicht zuletzt daran, dass auch Schwermetalle und andere toxische oder gefährliche Substanzen kaum beziehungsweise in für Menschen nach derzeitigem Wissensstand nur unbedenklichen Konzentrationen im Donauwasser vorliegen. Interessant sind diesbezüglich die Ergebnisse, die im Jahr 2007 im Rahmen des sogenannten „Joint Danube Survey 2“ (JDS2), der zweiten internationalen Befahrung und Beprobung der Donau durch alle Anrainerstaaten gemeinsam, erhoben wurden. Von den Schwermetallen Cadmium, Blei, Quecksilber und Nickel, denen nach der Prioritätenliste der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) besonderes Augenmerk gilt, wurde in der österreichischen Donau im Zuge der JDS2 keine Überschreitung der Umweltqualitätsnormen festgestellt (Literathy et al. 2008). Schwermetalle wurden auch im Auftrag der Grenzgewässerkommission (2008–2009) an den Grenzübertrittsstellen der Donau bei Jochenstein und Hainburg untersucht. Die Ergebnisse entsprachen demgemäß den Anforderungen der sogenannten Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer des BMLFUW (Krämer & Rodinger 2010). Hinsichtlich Pestizidbelastung lagen die nach der WRRL prioritären Stoffe Atrazin, Simazin, Isoproturon und Diuron im Rahmen der JDS2 an allen Messstellen der österreichischen Donau unter den vorgeschriebenen Grenzwerten. Die Konzentrationen der Hormone Estradiol und Ethinylestradiol lagen im gesamten Donauverlauf unter der Nachweisgrenze von 5 ng/l (Loos et al. 2008). Aber auch die mikrobiologische Wasserqualitätserhebung basierend auf *Escherichia coli* und Enterokokken zur Erfassung der fäkalen Verschmutzung ergab für Deutschland und Österreich generell nur eine geringe Belastung. Bei den Messungen ist aber zu bedenken, dass eine einzige Messung pro Untersuchungsstelle keinesfalls ausreicht, um eine endgültige Beurteilung im Hinblick auf die Anforderungen der EU-Badegewässerrichtlinie 2006 vorzunehmen (Kirschner et al. 2008).

Regulierung für Schifffahrt und Hochwasserschutz – eine nie endende Geschichte

In Kapitel 2.1 wurde bereits die eindrucksvolle Geschichte der Donauregulierung näher beleuchtet. Die erste Zähmung des Stromes für Schifffahrt, Landgewinnung und Hochwasserschutz nahm rund 100 Jahre in Anspruch, die überwiegend in das 19. Jahrhundert fielen. Das Werk war damit freilich nicht getan. Mit regulierungsbedingt stetig zurückgehender Retentionswirkung der Flusslandschaft, zunehmender Bodenversiegelung und kanalartigem Ausbau des Hauptstromes wurden die Hochwässer – ähnlich wie in Durchbruchstrecken – im 20. Jahrhundert immer höher und schneller. Damit ergaben sich bei Hochwasser einerseits erhöhte Bedrohungen von Siedlungsbereichen und Infrastruktureinrichtungen, andererseits aber auch Probleme durch verstärkte Sohlerosion. Besonders schwerwiegend ist im Hinblick auf die Ökologie des Donausystems die nunmehr fast durchgehende Stabilisierung des Hauptflusses. Steile Blocksteinwürfe entlang der Ufer, insgesamt stark reduzierte Struktur- bzw. Habitatausstattung sowie der weitgehende Entfall dynamischer Erneuerungsprozesse in den abgetrennten Auegebieten bewirken eine langfristige Verschlechterung der Lebensraumbedingungen. Durch den folgenden Ausbau der Donau zu einer weitgehend geschlossenen Kraftwerkskette in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts veränderten sich die Rahmenbedingungen neuerlich. Den bereichsweisen Verbesserungen des Hochwasserschutzes durch die Kraftwerke standen in Folge aber vielfach neue Probleme in Bezug auf den Sedimenttransport und die Gewässerökologie gegenüber (vgl. Ausführungen weiter unten).

Betrachtet man die Schifffahrt und den Hochwasserschutz, so war zwar Anfang des 20. Jahrhunderts der grundsätzliche Ausbau weitgehend fertig, dennoch standen auch danach laufend Ergänzungen, Reparaturen und Instandhaltungen auf dem Programm. Für die Schifffahrt ergab sich die Notwendigkeit, neben der Erhaltung

Die Rolle der Donau und ihrer Ausysteme im Hinblick auf den Nährstoffhaushalt

Die generelle Nährstoffsituation der österreichischen Donau

Phosphor und Stickstoff sind für das Pflanzenwachstum entscheidend. Bei vermehrtem Eintrag in die Gewässer führen sie zu Überdüngung und übermäßigem Algenwachstum, der sogenannten Eutrophierung. Im letzten Jahrhundert war davon eine hohe Anzahl stehender Gewässer betroffen. Überdüngung ist aber auch in Fließgewässern ein Problem, da hier übermäßiger Nährstoffeintrag zwar nicht unbedingt lokal, aber letztlich in den Küstenregionen der Meere zur Eutrophierung dieser sensiblen Ökosysteme führen kann. Global betrachtet sind heute durch die Folgen der Eutrophierung große Meeresgebiete beeinträchtigt. Die Reduktion von Nährstoffeinträgen ist daher auch im Ökosystem Donau-Schwarzes Meer eine vorrangige wasserwirtschaftliche Aufgabe aller Donauländer und ist dementsprechend als prioritäre Maßnahme im sogenannten „River Basin Management Plan“ des Donauraumes angeführt.

Die Wasserqualität der Oberen Donau hat sich in den letzten 50 Jahren deutlich verbessert. Neben der Reduktion organischer Stoffe konnte auch eine Verringerung anorganischer Nährstoffe, vor allem des Phosphors, erreicht werden. Wesentliche Maßnahmen zur Abhilfe waren der konsequente Ausbau der Kläranlagen in Siedlungsräumen und deren Ausstattung mit einer dritten Reinigungsstufe. Zusätzlich trugen auch rechtliche Vorgaben zur Verwen-

dung von phosphatfreien Waschmitteln dazu bei, die in der Donau transportierte Phosphormenge weiter zu senken. So finden sich heute mittlere Konzentrationen des Gesamtposphors von 0,1 mg pro Liter Donauwasser, die nur bei Hochwassersituationen deutlich erhöht sind. Beim Stickstoff haben die bis jetzt umgesetzten Maßnahmen noch nicht zu einer so deutlichen Reduktion im Flusswasser geführt. Stickstoff liegt hauptsächlich in gelöster Form als Nitrat vor. Eine wesentliche Ursache hierfür ist der flächige Eintrag über das Grundwasser, abhängig von der Intensität der landwirtschaftlichen Produktion. Eine Reduktion solcher Einträge aus der Landwirtschaft lässt sich auch durch die Steigerung der Abbauleistung beziehungsweise Selbstreinigungskraft der Flusslandschaft erreichen.

Stoffabbauleistung in Flusslandschaften und die Bedeutung von Auegebieten

Fließgewässer transportieren quasi als Adern der Landschaft Feststoffe und gelöste Nährstoffe, besitzen aber auch wichtige Funktionen im Landschaftshaushalt, die mit dem Stoffumsatz und Stoffabbau in Zusammenhang stehen. Wichtige und intensive Umsatzleistungen finden vor allem an den Sediment-Wasser-Grenzschichten, in den Uferzonen und in den Überflutungsräumen der Flusslandschaften statt. Auen werden daher als „hotspots“ für den Stoffumsatz be-

ziehungsweise als Nieren der Landschaft bezeichnet, deren Nährstoffdynamik von der Intensität physikalischer, chemischer und biologischer Umsetzungsprozesse bestimmt wird. Die Summe all dieser Effekte wird im Sinne der sogenannten Ökosystemdienstleistungen als Selbstreinigungskraft bezeichnet. Regelmäßiger Wasseraustausch und intensive Vernetzung zwischen Oberflächen- und Grundwasser sind dabei entscheidend für das gesamte Ausmaß der Selbstreinigung, die Nährstoffaufnahme, den mikrobiellen Stickstoffabbau (Denitrifikation) und die Produktionsleistung der aquatischen und terrestrischen Pflanzengemeinschaften in Auegebieten.

Die Einzelkomponenten von Fluss-Auensystemen bildeten vor den großen Regulierungen zusammen mit dem Hauptstrom eine ökologische Einheit. Die Auegebiete waren durch vielfältige Nebenarme und Augewässer mannigfaltig vernetzt, durch Überflutungen und wechselseitigen Material- und Nährstoffaustausch geprägt sowie über den begleitenden Grundwasserstrom mit dem Fluss verbunden. Hochwasserschutzmaßnahmen und Dämme entlang von Stauräumen leiteten den Prozess der Fragmentierung und damit Entkoppelung zwischen Fluss und begleitender Auenlandschaft ein. An der Oberen Donau sind heute nur mehr Reste der ursprünglichen Auegebiete vorhanden, mehr als 75% der Flächen werden für andere Nutzungen verwendet. Aber selbst die verbliebenen Auegebiete sind betroffen: Während sich die Flussläufe tendenziell eintiefen (oder aber aufgestaut wurden), landen Auen durch die Sedimentablagerung bei Hochwasser oder interne Verlandungsprozesse sukzessive auf. Damit werden der Stoffaustausch und die „Nierenfunktion“ dieser Gebiete weiterhin massiv reduziert.

Aktivierung isolierter Aubereiche und deren Wirkung auf den Nährstoffumsatz

Soll die „funktionelle Einheit“ Fluss-Auenlandschaft wieder hergestellt werden, sind Maßnahmen zur Steigerung des Wasseraustausches notwendig. Dies wird durch Absenken und Entfernen von flussbegleitenden Dämmen erreicht, wie dies entlang der Donau bereits im Rahmen mehrerer Projekte, u. a. im Bereich des Nationalparks Donau-Auen, ge-

schah. Diese hydrologische Aktivierung ehemaliger Seitenarme und Aubereiche der Donau wurde auch hinsichtlich ihrer Wirkung auf den Nährstoffhaushalt untersucht. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Die Einträge nährstoffreichen Wassers werden großteils in Biomasse eingebaut und dienen bei längeren Anbindungsphasen der Auen an den Fluss als Nahrungsgrundlage für die Lebensgemeinschaften. Nitrat aus dem Flusswasser wird dabei von Mikroorganismen und Algen sehr effizient aufgenommen. Die pro Tag eingetragene Nitratmenge kann fast vollständig genutzt werden. Nitratassimilation und Denitrifikation sind die zwei wesentlichen Prozesse, die eine weitere Reduktion der verbliebenen erhöhten Nitratkonzentrationen im Donauwasser bewirken können. Die Ergebnisse vergleichender Untersuchungen zeigen, dass die Effizienz der Abbauprozesse in revitalisierten Auen bis zu fünfmal höher ist als in degradierten. Dabei wird auch deutlich weniger Distickstoffmonoxid, ein sehr effektives Treibhausgas, gebildet. Für den Phosphorhaushalt in revitalisierten Ausystemen ist die Menge an Phosphor im Sediment von entscheidender Bedeutung. Verstärkter und länger andauernder Wasseraustausch zwischen dem Fluss und den Auen führt zu einer verbesserten Sauerstoffversorgung der obersten Sedimentschichten und reduziert damit das Freisetzungspotenzial von Phosphor aus dem Sediment.

Restaurierung von Auegebieten kann somit den Nährstoffhaushalt des Gesamtsystems positiv beeinflussen und über Aktivierung beziehungsweise Intensivierung der Umsetzungsprozesse entlang der aquatisch-terrestrischen Schnittstellen zu einer weiterführenden Reduktion der Nährstoffbelastung beitragen. Dies ersetzt keineswegs die technische Abwasserreinigung, ist aber eine zusätzliche Möglichkeit, die Nitratbelastung aus flächigen Einträgen zu reduzieren, den Stoffabbau zu erhöhen und verwertbares organisches Material den Fließgewässerorganismen verfügbar zu machen.

und Neuanlage von Häfen, Länden, Längs- und Querbauwerken durch regelmäßige Baggararbeiten die Fahrrinne zu erhalten. Beim Hochwasserschutz standen neben den laufenden Instandhaltungs- und Verbesserungsarbeiten vor allem anlassbezogene Großvorhaben im Vordergrund, etwa das dem Katastrophenhochwasser im Jahr 2002 folgende Projekt „Mobiler Hochwasserschutz Wachau“. Dieses bietet Spitz und anderen berühmten Ortschaften des UNESCO-Weltkulturerbes Wachau ein erweitertes und völlig neues Schutzsystem in Form von Sockelmauern mit mobilen Aluminiumstützen, in die in kürzester Zeit Dammbalken eingesetzt werden können. Dieses mobile System lässt sich im Bedarfsfall rasch aufstellen und entspricht zugleich auch den hohen Ansprüchen des Landschaftsschutzes.

Bezüglich seiner Dimensionen, speziell aber seiner neuen „Philosophie“ auch international bemerkenswert ist das sogenannte „Hochwasserschutzprojekt Machland Nord“. Dieses umfasst den 36,4 km langen Machlanddamm inklusive mobiler Schutzeinrichtungen zwischen Mauthausen und St. Nikola sowie eine 8,7 km lange Flutmulde, welche bei Au an der Donau von der Donau abzweigt und in den Altarm des Kraftwerks Wallsee-Mitterkirchen mündet



(Werner Consult et al. 2005). Das 2012 abgeschlossene Projekt soll rund 22 000 Menschen in sieben Gemeinden vor weiteren Hochwasserkatastrophen schützen (Abb. 3.4). Der innovative Charakter dieses Projektes besteht aber darin, dass man erstmals neueren Hochwasserschutzkonzepten folgend auch großflächig „passive“ Hochwasserschutzmaßnahmen umsetzte, indem man die Bewohner von rund 250 Häusern und Höfen aus dem Überschwemmungsgebiet aussiedelte. Um den Retentionsraum der Donau nicht allzu sehr zu beschneiden, wurden die Dämme großteils außerhalb des Auegebietes, fernab der Donau auf höherem Geländeniveau errichtet. Die Aussiedelungsaktion stellte die größte Maßnahme dieser Art in ganz West- und Mitteleuropa dar, wobei einige Ortschaften von der Landkarte verschwanden. Darunter war auch der ehemalige Markt Hütting gegenüber Wallsee, der nach einer rund tausendjährigen Siedlungsgeschichte sein Ende fand. Rund 600 ha wertvolle Aulandschaft und Überflutungsraum konnten für die Donau zurückgewonnen und als Teil des geplanten Naturschutzgebietes Machland Nord gesichert werden. Im südlichen Machland auf niederösterreichischer Seite wurden zudem bereits seit dem Hochwasser 1954, verstärkt aber in den Jahren 1972 bis 2006, mehr als 50 Anwesen abgesiedelt. Damit ist das Auegebiet im östlichen Machland wieder von menschlichen Siedlungen „befreit“. Die Donau kann hier wieder ausufernd, ohne Schäden an Gebäuden zu hinterlassen.

Aufbauend auf den schutzwasserwirtschaftlichen Erfahrungen des 20. Jahrhunderts wurde im Zuge dieser Projekte versucht, sowohl den legitimen Wünschen der Donau-Anrainer für einen möglichst weitgehenden Hochwasserschutz, als auch dem wasserwirtschaftlichen Interesse zur Bewahrung des vorhandenen Retentionsraumes zu entsprechen. Wenn auch das Machland und das Eferdinger Becken nur vergleichsweise kleine Auegebiete an der Donau repräsentieren, so sind deren Retentionswirkung und damit Puffervermögen für Hochwasserabflüsse durch-

Abb. 3.4 Vorausschauende Planung: Das Hochwasser im Juni 2013 erreichte fast auf den Zentimeter genau die Höhe des im Jahr zuvor fertiggestellten mobilen Hochwasserschutzes (Grein kurz vor dem Höchststand des Hochwassers).



Abb. 3.5 Vorschlag zur Wiener Donauregulierung aus dem Jahr 1868, der den Ausbau des Kaiserwassers als neuen Hauptstrom vorsah. Der damalige Hauptstrom im Norden (heutige Alte Donau) sollte als Hochwassergerinne ausgebaut werden. (Blau eingezeichnet ist das 1870 bis 1875 ausgeführte Projekt).

aus messbar (Kresser 1957). So verringerte sich beim Hochwasser im Juni 2013 der Abfluss flussab der beiden Becken jeweils um $500 \text{ m}^3/\text{s}$ (BMLFUW 2014). Noch deutlich höhere Pufferwirkung hat das wesentlich größere Auegebiet im Tullner Becken, das 2013 zwar nur rund $300 \text{ m}^3/\text{s}$ „abpufferte“, beim Hochwasser 2002 aufgrund des ganz anderen Hochwasserverlaufes hingegen beinahe $900 \text{ m}^3/\text{s}$. Schon Anfang des 20. Jahrhunderts war den Wasserbauingenieuren vollkommen bewusst, dass auch der Hochwasserschutz in Wien eng mit der Errichtung von Schutzdämmen und damit der Verringerung der Retentionsflächen im Tullner Becken zusammenhängt (K. k. HZB 1903).

In urban geprägten Gebieten wie in Linz oder Wien sind die Möglichkeiten des passiven Hochwasserschutzes freilich begrenzt. Es lassen sich ja nicht tausende Menschen aus den hochwassergefährdeten Bereichen aussiedeln. Daher gibt es in Stadtgebieten zu Schutzbauten kaum eine wirksame Alternative. Ein auch aus internationaler Sicht herausragendes Großprojekt im 20. Jahrhundert war diesbezüglich wohl die zweite Wiener Donauregulierung. Das sogenannte Hochwasser-Entlastungsgerinne,

das auch als „Neue Donau“ bezeichnet wird, entstand zwischen 1972 und 1988. Erste Pläne dafür wurden bereits im Zuge von Variantenstudien für die erste Wiener Donau regulierung (1870–1875) diskutiert (Donau-Regulierungs-Commission 1868; Abb. 3.5). Man entschied sich damals aber für den Aushub eines tiefer gelegten Inundationsgebietes anstatt eines zusätzlichen Hochwassergerinnes. Nach dem verheerenden Hochwasser des Jahres 1954 griff man die alten Ideen wieder auf. Es dauerte jedoch bis 1972, bis man endlich mit dem Aushub des Entlastungskanals beginnen konnte. Dabei handelt es sich um ein 21 km langes, links der Donau gelegenes Parallelgerinne, das im 100 Jahre zuvor angelegten Inundationsgebiet ausgehoben wurde (siehe Abb. 3.14 weiter hinten). Zusammen mit dem Donau-Hauptstrom soll damit sogar die schadhlose Abfuhr des „rechnerischen Höchsthochwassers“ (RHHQ) von 14 000 m³/s möglich sein (zum Vergleich: das Hochwasser 2013 kam in Wien auf ca. 11 150 m³/s; Abb. 3.6). Das beim Bau des Entlastungsgerinnes angefallene Aushubmaterial – in Summe rund 30 Mio. m³ – wurde zur Aufschüttung der hochwasserfreien Donauinsel zwischen dem Gerinne und dem Hauptstrom verwendet. Noch ehe die Bauarbeiten abgeschlossen werden konnten, wurde die ursprünglich sehr technisch geplante Donauinsel von den Wienern als Naherholungsgebiet genutzt. Wenn die Neue Donau mit ihren Wehranlagen und sonstigen technischen Einbauten auch einen sehr künstlichen Eindruck macht, so trägt sie doch auch sehr wesentlich zur Vielfalt der Gewässer- und vor allem Erholungslandschaft im Wiener Donauabschnitt bei.

Trauerspiel Auwaldverlust – eine Bilanz

Wesentlich kritischer für die Ökologie des Donaulebensraumes ist jedoch der direkt flussab anschließende Marchfeldschutzdamm, der durch den gesamten Nationalpark Donau-Auen bis zur March verläuft. Dieser bereits im Anschluss an die erste Wiener Donauregulierung zwischen 1875 und 1904 errichtete Damm durchschneidet auf einer Länge von 35 km die Flusslandschaft, wodurch eine Fläche von ca. 34,5 km² Augebiet weitgehend vom hydrologischen Regime der Donau abgetrennt wurde (Abb. 3.7). Damit ging nicht nur viel Pufferraum für Hochwässer verloren. Durch das Ausbleiben großflächiger Überflutungen und Durchströmungen kam es auch zu einer Senkung des Grundwasserspiegels. Die ökologischen Auswirkungen sind symptomatisch für viele ehemaligen Auegebiete der österreichischen Donau: Gewässerlebensräume verschwinden und Auwälder verwandeln sich zu trockeneren Waldgesellschaften – sofern sie nicht überhaupt für landwirtschaftliche Nutzung oder den Ausbau von Siedlungsgebieten gerodet wurden.

Die potenzielle Auenzone der österreichischen Donau, gleichbedeutend mit der rezenten, nacheiszeitlichen Auenstufe, nahm ehemals eine Fläche von insgesamt 657 km² ein. Dies entspricht im Mittel einem fast zwei Kilometer breiten Streifen entlang des 350 km langen Donaulaufes, wobei sämtliche Gewässer inklusive des Hauptstro-

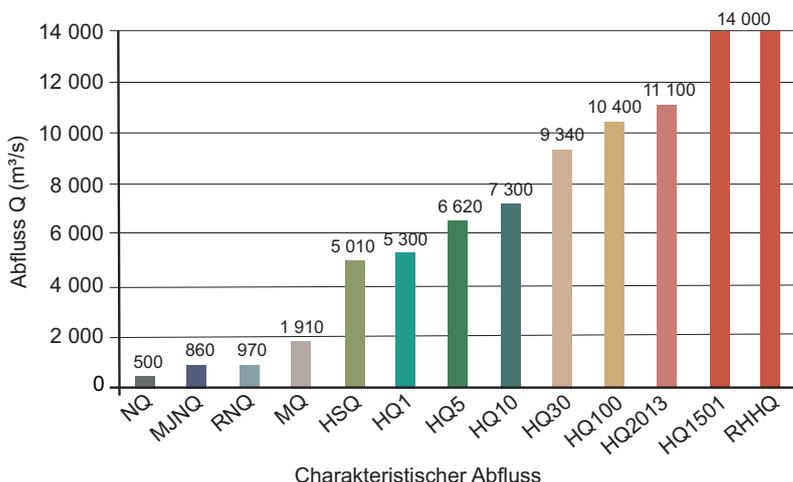


Abb. 3.6 Charakteristische Abflüsse der Donau bei Wien

- (NQ) niedrigstes Niederwasser seit 1996
- (MJNQ) mittleres jährliches Niederwasser seit 1996
- (RNQ) Regulierungsniederwasser (wasserbauliches und schiffahrtstechnisches Bezugsniveau; Abfluss, der nur während 6 % eines Jahres unterschritten wird)
- (MQ) mittlerer Abfluss
- (HSQ) höchster Schifffahrtswasserstand (Abfluss, der während 1 % eines Jahres überschritten wird; tatsächlich wird die Schifffahrt in der Regel erst bei einem 90 cm höheren Wasserstand eingestellt)
- (HQ, bis HQ₁₀₀) Hochwässer, die statistisch gesehen alle 1 bis 100 Jahre auftreten
- (HQ₂₀₁₃) Hochwasser im Juni 2013
- (HQ₁₅₀₁) Hochwasser im Jahr 1501 („Himmelfahrtsgieß“)
- (RHHQ) Rechnerisches Höchsthochwasser

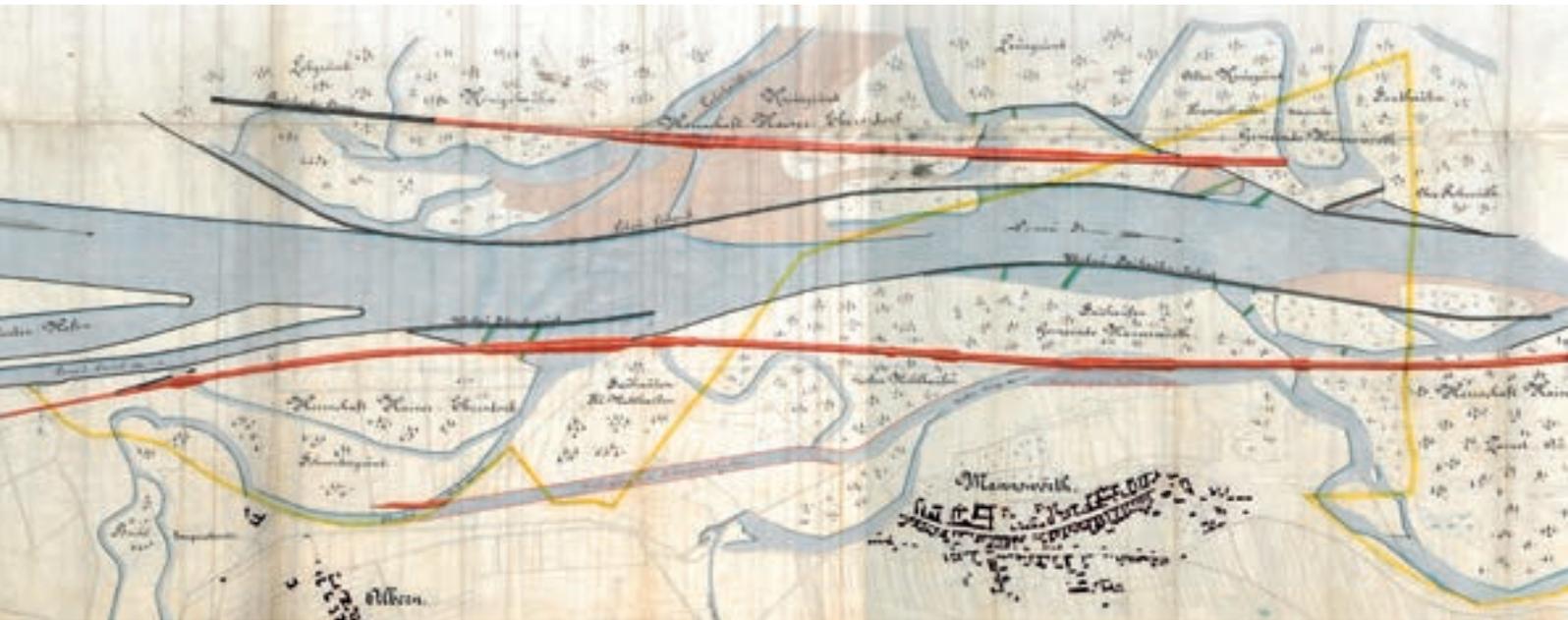
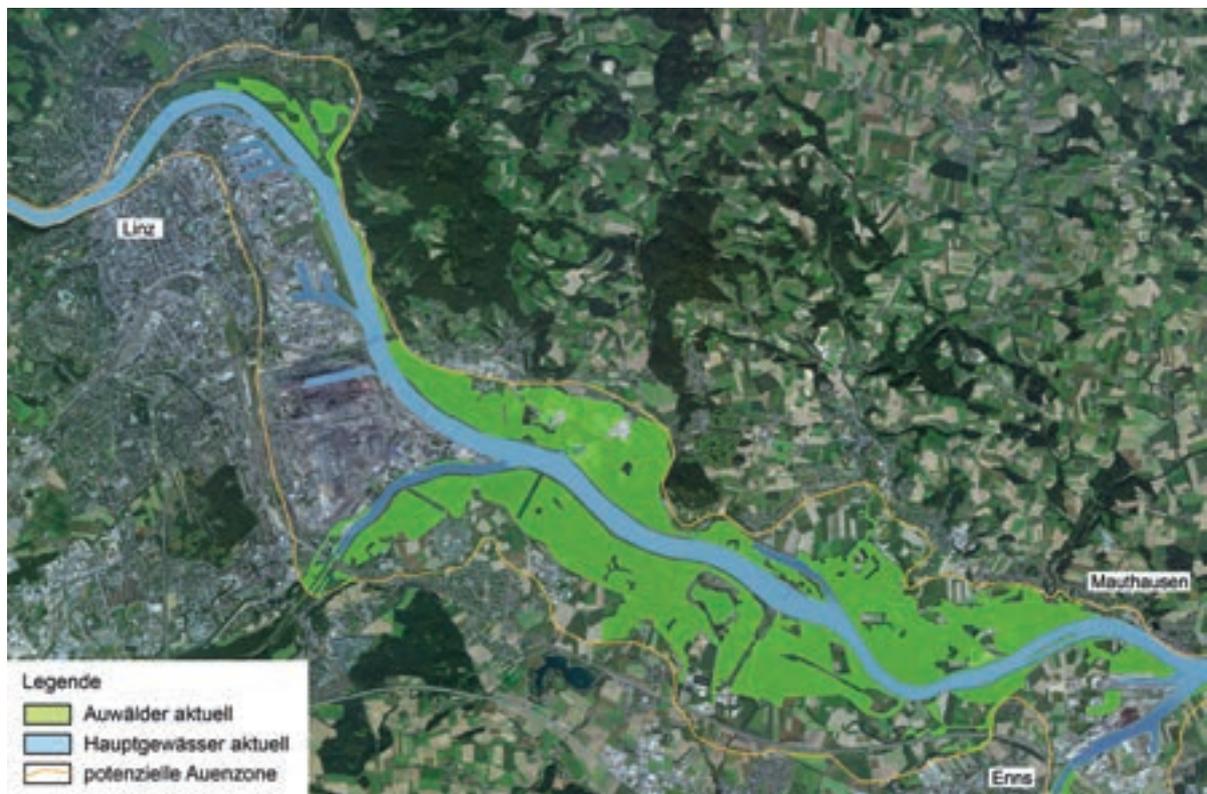


Abb. 3.7 Plan aus dem Jahr 1882 zur beiderseitigen Verlängerung der Wiener Inundationsdämme flussabwärts. Während für den nördlichen Marchfeldschutzdamm größere Nebenarme der Donau abgetrennt wurden, musste für den südlichen Damm der Lauf der Schwechat in den Kalten Gang umgeleitet werden.

Abb. 3.8 Unterschiedliche Intensität menschlicher Eingriffe in die Flusslandschaft im städtischen und ländlichen Bereich: potenzielle Auenzone der Donau im Linzer Becken (orange Linie) und heutiges Auensystem (grüne Flächen: Waldstandorte verschiedenen Typs, Gewässer inklusive Schotterteiche und Feuchtfelder)



mes miteingerechnet sind. Davon weisen heute noch rund 438 km² (67%) Waldbestände jeglichen Typs, Gewässer und Feuchtflächen auf (Hohensinner et al. in prep.). Zieht man davon die Fläche der Hauptgewässer der Donau ab (Hauptstrom, große Altarme bei Kraftwerken, Häfen etc.), so verbleiben noch 316 km² an Flächen (48% der potenziellen Auenzone), die im weitesten Sinn als „Donau-Auen“ angesprochen werden können. *Abbildung 3.8* zeigt, dass naturgemäß der Verlust von Auwäldern in städtischen Gebieten wesentlich größer ist als in ländlich geprägten Regionen. Die verbliebene Auwaldfläche mag auf den ersten Blick nicht so klein erscheinen. Dabei ist freilich zu bedenken, dass nahezu alle heutigen Auensysteme hydrologisch stark beeinträchtigt und zusätzlich durch forstwirtschaftliche Nutzungen wesentlich verändert sind. Selbst wenn noch Auwälder bestehen, so entwickeln sich diese zumeist aufgrund fehlender Umlagerungsdynamik und anhaltender Ablagerung von Feinsedimenten bei Hochwässern

sukzessive zu härteren Auenwaldbeständen (Lazowski et al. 2011). Dementsprechend werden junge Weichholzstandorte immer seltener und sind deshalb gemäß der EU-Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie mittlerweile als besonders erhaltenswerte und förderungswürdige Schutzgüter eingestuft.

Die energiewirtschaftliche Nutzung der Donau – eine Erfolgsstory

Erste und für die damalige Zeit zum Teil fast utopisch anmutende Pläne zur Errichtung von Großkraftwerken an der Donau reichen bis in die frühen Jahre des 20. Jahrhunderts zurück, scheiterten jedoch vor allem an den Folgen der Wirtschaftskrise und den anschließenden Kriegswirren (siehe *Kapitel 2.1*). Bald nach Ende des Zweiten Weltkrieges ging es dann aber Schlag auf Schlag (*Tab. 3.1* und *Abb. 3.9*). Nach dem Baubeginn des deutsch-österreichischen Grenz-

Kraftwerk	Strom-km	Bundesland	Einstau (Jahr)	Stauraumlänge (km)	Fallhöhe bei MW (m)	Fischwanderhilfen (2014)	Max. Betriebswassermenge (m ³ /s)	Leistung (MW)
Jochenstein	2 203,33	D/OÖ	1955	27,0	9,1	geplant	1 750	132
Aschach	2 162,67	OÖ	1964	40,0	15,3	keine	2 430	287
Ottensheim-Wilhering	2 146,91/ 2 146,73	OÖ	1973	16,0	10,5	geplant	2 616	179
Abwinden-Asten	2 119,63/ 2 119,45	OÖ	1979	27,0	9,3	geplant	2 616	168
Wallsee-Mitterkirchen	2 095,62/ 2 094,50	OÖ/NÖ	1968	25,0	10,8	vorhanden	2 828	210
Ybbs-Persenbeug	2 060,42	NÖ	1958	34,0	10,9	keine	2 794	236 (+18 bis 2020)
Melk	2 037,96/ 2 038,16	NÖ	1982	22,5	9,6	vorhanden	3 440	187
Altenwörth	1 980,40/ 1 979,83	NÖ	1976	30,0	15,0	geplant	3 297	328
Greifenstein	1 949,23/ 1 949,18	NÖ	1984	31,0	12,6	geplant	3 798	293
Freudenau	1 921,05	Wien	1997	28,0	8,6	vorhanden	3 120	172
Nussdorf*	1 932,80	Wien	1997/ 2005	–	3,8	geplant	132	4,8

Tab. 3.1 Die österreichischen Donaukraftwerke im Überblick. Bei manchen Kraftwerken wurde im Zuge der Trockenbauweise der Donaulauf verkürzt, wodurch bei der Donau-Kilometrierung eine Lücke entstand. Dies ist anhand der sogenannten „Fehlkilometer“ in der Spalte „Strom-km“ ersichtlich (vgl. Lage der Kraftwerke in *Abb. 3.9*).

* Das Kraftwerk Nussdorf am Wiener Donaukanal wurde erst 8 Jahre nach dem Einstau des Kraftwerkes Freudenau vollständig ausgebaut.

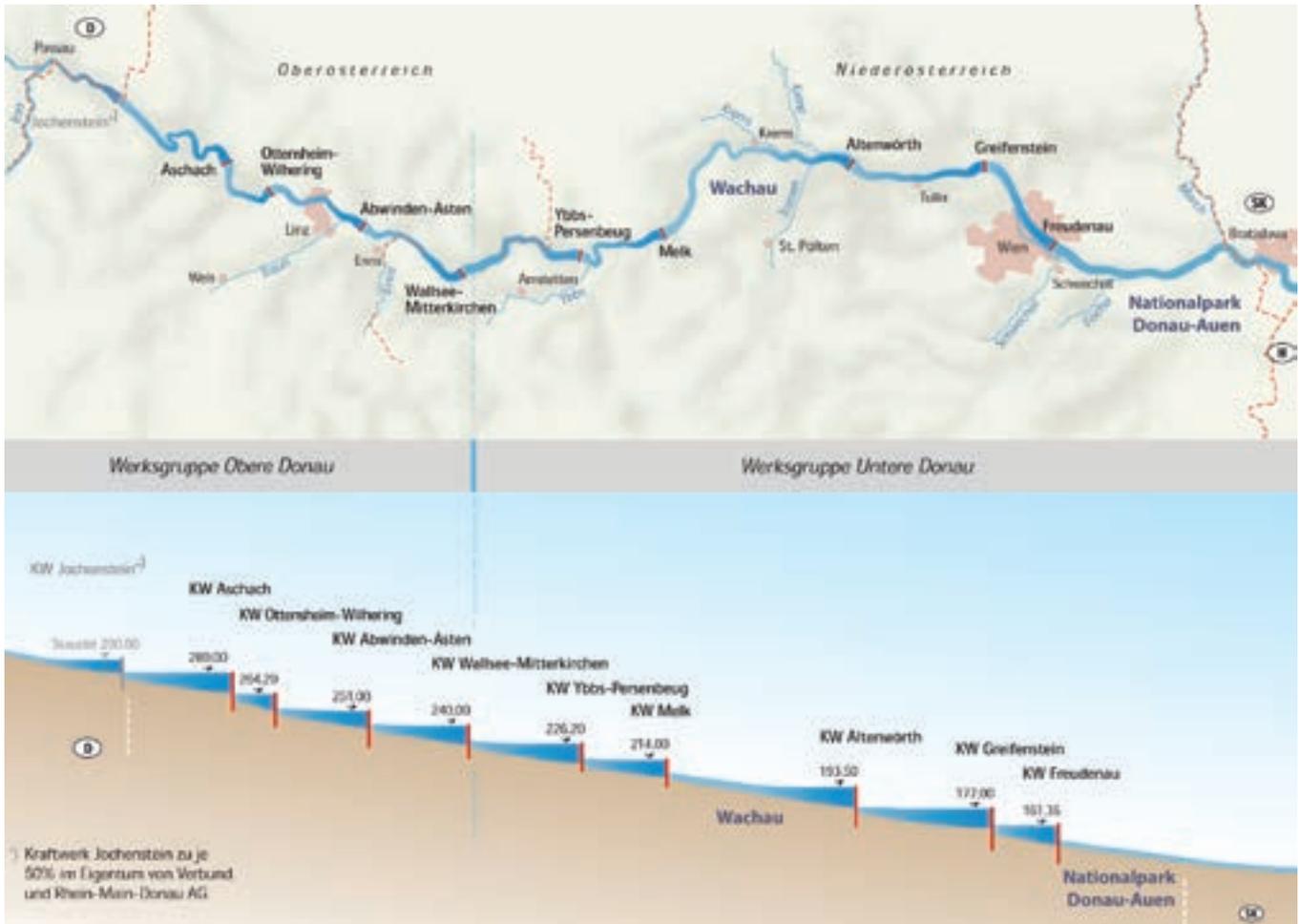


Abb. 3.9 Lage der Kraftwerke und Stauräume an der österreichischen Donau (oben) und Längenschnitt der Kraftwerkskette (unten; vgl. Tab. 3.1). Die beiden verbliebenen freien Fließstrecken in der Wachau und im Nationalpark Donau-Auen sind hervorgehoben.

Kraftwerkes Jochenstein im Jahr 1952 wurde bereits 1954 das schon in den 1940er Jahren geplante, jedoch dann auf später verschobene Kraftwerk Ybbs-Persenbeug in Angriff genommen. Bezogen auf das jeweilige Jahr der Vollstauerrichtung zeigt sich, dass in den ersten 15 Jahren nach der Errichtung des Kraftwerkes Ybbs-Persenbeug jeweils 4 bis 6 Jahre bis zur Fertigstellung des nächsten Kraftwerkes vergingen (via donau 2012). In den darauffolgenden 11 Jahren verkürzte sich die durchschnittliche Zeitspanne zwischen der Fertigstellung der nächsten vier Kraftwerke auf nur 2 bis 3 Jahre. Dies belegt den technischen Fortschritt

beim Bau und die rasant zunehmende Wirtschaftsleistung verbunden mit erhöhtem Strombedarf, zugleich aber auch einfacherer Finanzierbarkeit dieser Großvorhaben.

Unmittelbar nach dem Einstau des Kraftwerkes Greifenstein im Jahr 1984 wäre als nächstes Vorhaben die Errichtung des Kraftwerkes Hainburg im Auengebiet östlich von Wien an der Reihe gewesen. Doch dieses Vorhaben stieß auf unerwarteten Widerstand. Die kurze Chronik dazu:



Abb. 3.10 Baustelleneinrichtung zur Errichtung des Kraftwerkes Ybbs-Persenbeug in Nassbauweise 1956



Abb. 3.11 Schwimmkran beim Bau eines Fangdammes in der stark strömenden Donau bei Ybbs-Persenbeug 1957

1983 erklärte die oberste Wasserrechtsbehörde das Kraftwerksprojekt zum sogenannten „bevorzugten Wasserbau“. Dieses rechtliche Instrument, das auf Basis des kriegswirtschaftlichen Ermächtigungsgesetzes von 1914 erlassen und 1938 novelliert wurde, hatte die Beschleunigung der Verfahrensabläufe bei wasserwirtschaftlichen Großbauvorhaben zum Ziel. Das Gesetz existiert heute nicht mehr, da es bald nach der Hainburger Au-Besetzung abgeschafft wurde. Im Herbst 1984, nach Ende des behördlichen Verfahrens, wurde bei Stopfenreuth nahe Engelhartstetten mit den ersten Rodungsarbeiten für das Kraftwerk begonnen. Es folgten massive Protestaktionen zahlreicher Umweltorganisationen, unterstützt durch bekannte Persönlichkeiten, die in Au-Besetzungen und einem Sternmarsch mündeten. Die umfangreiche Berichterstattung in allen Medien bewirkte, dass der Fall Hainburg in das Bewusstsein weiterer Bevölkerungskreise drang und breite Unterstützung erhielt. Am 21. Dezember 1984 verhängte die Bundesregierung die Unterbrechung weiterer Arbeiten und verkündete einen Tag später den sogenannten „Weihnachtsfrieden“. Anfang Jänner 1985 hob der Verwaltungsgerichtshof den Wasserrechtsbescheid wegen Rechtswidrigkeiten auf, weshalb weitere Rodungen bis zum Abschluss des laufenden Verfahrens untersagt wurden. Im März darauf fand das Konrad-Lorenz-Volksbegehren statt, das 353 906 Personen unterzeichneten. Damit wurde die Umsetzung des Kraftwerksprojektes auch politisch immer schwieriger. Nach einem jahrelangen Diskussionsprozess war es dann im Jahr 1996 so weit: Zum tausendjährigen Bestehen Österreichs und elf Jahre nach „Hainburg“ wurde die Hainburger Au als Teil des Nationalparks Donau-Auen unter Schutz gestellt (Monjencs & Rainer 1989; Gamerith 1999).

Die Luftaufnahmen der verschiedenen Kraftwerksbaustellen lassen erahnen, welche Ingenieurskunst und technische Meisterleistung sowohl der Planung als auch Realisierung derartiger Bauvorhaben zugrunde liegen. Besonders schwierig war die Baustelle in Ybbs-Persenbeug, die aufgrund ihrer Lage am Ende des Strudengaues sehr eng und daher permanent von Hochwässern gefährdet war (Abb. 3.10 und 3.11). Auch die technischen Geräte waren zu dieser Zeit nicht mit jenen vergleichbar, die

heute zur Verfügung stehen. Unter den später folgenden Kraftwerken sticht insbesondere auch ins Auge, welche enorme Dimension nicht nur die Baugruben für die Kraftwerke beziehungsweise Wehr- und Schleusenanlagen, sondern auch die Baustellen für die Begleitdämme der Rückstauräume und die Bereiche der sogenannten „Unterwasseraustiefungen“ hatten. Die Möglichkeit zur „Trockenbauweise“ in den breiten alluvialen Flusslandschaften erleichterte bei mehreren Kraftwerken zwar die Baudurchführung speziell im Falle hoher Abflüsse, im Vergleich zu Durchbruchsstrecken waren hier jedoch entlang der Stauräume besonders aufwändige Begleitdämme mit entsprechenden Dichtungen, Drainagen etc. notwendig (Abb. 3.12 und 3.13). Die jeweils neben den Baugruben gelegenen Donauabschnitte wurden nach Einstau beziehungsweise Inbetriebnahme der Kraftwerke zu großflächigen künstlichen Altarmen, die nunmehr als Badeseen hohe Attraktivität für Erholung und Freizeitnutzung besitzen.

Die Schwierigkeiten beim Projekt Hainburg sind vermutlich ein wesentlicher Grund, warum nunmehr bis zur Umsetzung des nächsten und vorerst letzten Kraftwerksprojektes, nämlich jenes in der Freudenu, weitere 13 Jahre vergingen. Dieses Vorhaben, mitten im Wiener Stadtgebiet, wurde einer umfassenden Prüfung der Umweltverträglichkeit sowie einer Variantenuntersuchung und einem Architektenwettbewerb unterzogen. Die Lage im urbanen Raum und die erhöhten Anforderungen aus ökologisch-naturschutzfachlicher Sicht erforderten umfangreiche technische Vorkehrungen, weshalb sich das Projekt letztlich auch als besonders kostspielig erwies (Abb. 3.14). Das Kraftwerk Freudenu wurde im Jahr 2005 zusätzlich um das Kraftwerk Nussdorf ergänzt. Dieses nutzt den Höhenunterschied zwischen der eingestauten Donau und dem Donaukanal am alten Nussdorfer Wehr und arbeitet lediglich mit jener Wassermenge, die zur Dotation des Donaukanals notwendig ist. Da diese Wassermenge dem Kraftwerk Freudenu „fehlt“, lassen sich die Kraftwerke Freudenu und Nussdorf in energiewirtschaftlicher Hinsicht quasi als Einheit betrachten.



Abb. 3.12 Baugrube des Kraftwerkes Altenwörth kurz vor Fertigstellung im Jahr 1975 donauaufwärts betrachtet. Der ursprüngliche Donaustrom im Bild rechts wurde später zum Altenwörther Altarm. Links unten: Altarm „Weingartlwasser“, über den während der Bauarbeiten die neu umgeleitete Traisen geführt wurde



Abb. 3-13 Ausgetieferter Unterwasserbereich und Rückstaubereich des fertiggestellten Kraftwerkes Altenwörth mit beidufriigen Ausgebieten donauaufwärts betrachtet. Rechts: die ehemalige Donau bildet nunmehr den Altenwörther Altarm, in den am oberen Ende die vereinten Abflüsse der umgeleiteten Flüsse Kamp und Krems münden. Links unterhalb des Kraftwerkes: neue Traisen-Mündung und ehemaliger Donaualtarm „Weingartlwasser“, der nunmehr über Rohre von der neu umgeleiteten Traisen dotiert wird (zu näheren Details siehe auch Revitalisierungsprojekt Traisen in *Kapitel 4*)

Bezogen auf die Lauflänge der österreichischen Donau unterliegen derzeit mehr als 70% energiewirtschaftlicher Nutzung. Die restlichen 30% verteilen sich auf die zwei Fließstrecken in der rund 40 km langen Wachau und im Nationalpark östlich von Wien (rund 48 km Länge; *Abb. 3.9*). Jedoch sind auch diese beiden Donauabschnitte durch die Auswirkungen von Regulierungen und Schifffahrt, durch den beeinträchtigten Geschiebehaushalt und die Unterbindung der biologischen Durchgängigkeit im Längsverlauf massiv beeinflusst.

Abb. 3.14 Kraftwerk Freudenau mit dem unteren Donaukanal (im Bild links), Wiener Hafen (rechts davon), Wehranlage mit Schleusen im Hauptstrom (Bildmitte) und Einstiegsbereich der Fischaufstiegshilfe (Buchtbereiche am Ufer). Bei dem dunkelblauen Gewässer rechts davon handelt es sich um das 1972 bis 1988 errichtete Hochwasser-Entlastungsgerinne „Neue Donau“. Im Hintergrund lassen sich noch die Auengewässer der Lobau erahnen (im Bild rechts innerhalb des Augebietes).

Die Kehrseite der Medaille – Auen hinter Rückstaudämmen

Aus wirtschaftlich-technischer Sicht sind die Donaukraftwerke sicherlich eine Erfolgsstory. Umso mehr, wenn man sie im Kontext der Nachkriegsgeschichte betrachtet. Neben der Energiegewinnung profitierte zudem auch die Schifffahrt, indem Strecken mit geringer Fahrwassertiefe oder hoher Strömung, wie z.B. im Struden, leichter passierbar wurden. Doch gab es auch so manche, heute als äußerst problematisch einzustufende Eingriffe in den Landschaftsraum der Donau oder in wertvolle Kulturgüter im Uferbereich. So mussten zum Beispiel im Jahr 1955 das Schloss Donaudorf flussauf von Ybbs und drei Jahre später das Greiner Schwalleck, ein weit in die Donau vorspringender Bergrücken, gesprengt werden (siehe *Abb. 3.15* bzw. 2.55 in *Kapitel 2.1*). Etwas länger dauerte es, bis auch die ökologischen Probleme offenkundig wurden.

Erlaubten die schon lange vor dem Kraftwerksbau bestehenden Regulierungen bei Hochwasser zumin-





Abb. 3.15
Zuwenig Platz für
das Bauvorhaben:
Schloss Donaadorf
wenige Sekunden vor
der Sprengung im
Zuge der Kraftwerks-
errichtung Ybbs-
Persenbeug 1955

dest noch immer großflächige Überflutungen, so bewirken heute die Begleitdämme der Stauräume zumeist eine wesentlich stärkere Abtrennung der Donau von ihrer angrenzenden Aulandschaft (Jungwirth et al. 2003). Bei Fallhöhen der Donaukraftwerke zwischen 9 m und 15 m und einem mittleren Gefälle der Donau von 0,43‰ (das entspricht lediglich 43 cm pro Kilometer Lauflänge) sind entsprechend lange Rückstaudämme notwendig. Dies hat enorme Konsequenzen in Bezug auf das ursprüngliche Umland des Flusses. Neben der veränderten Gerinneaufformung und Strukturausstattung innerhalb der Stauräume wurden die bestehenden Regulierungsbauten nochmals verstärkt und erhöht, die Flusslandschaft auf diese Weise hinsichtlich ihrer Funktionen und Prozesse zusätzlich tiefgreifend verändert. Durch die geradezu perfekte Abdämmung des Flusses von seinen ursprünglichen Inun-

dationsflächen und Augewässern liegen heute weitgehend isolierte Teillebensräume vor (Abb. 3.16). Die nunmehr abgetrennten Flussarme, die „Altwässer“, verlanden sukzessive. Da die dynamische Neubildung von Gewässern unterbleibt, ist langfristig das weitgehende Verschwinden der Nebengewässer vorprogrammiert. Als Folge der Unterbindung natürlicher Erosions-, Sedimentations- und Überformungsprozesse entfallen auch die ursprünglich sehr

Abb. 3.16 Abdichtung des Rückstaudammes flussauf des Kraftwerkes Wallsee-Mitterkirchen mit oberer und unterer Stahlspundwand und Asphalt dichtungsleiste im Jahr 1967



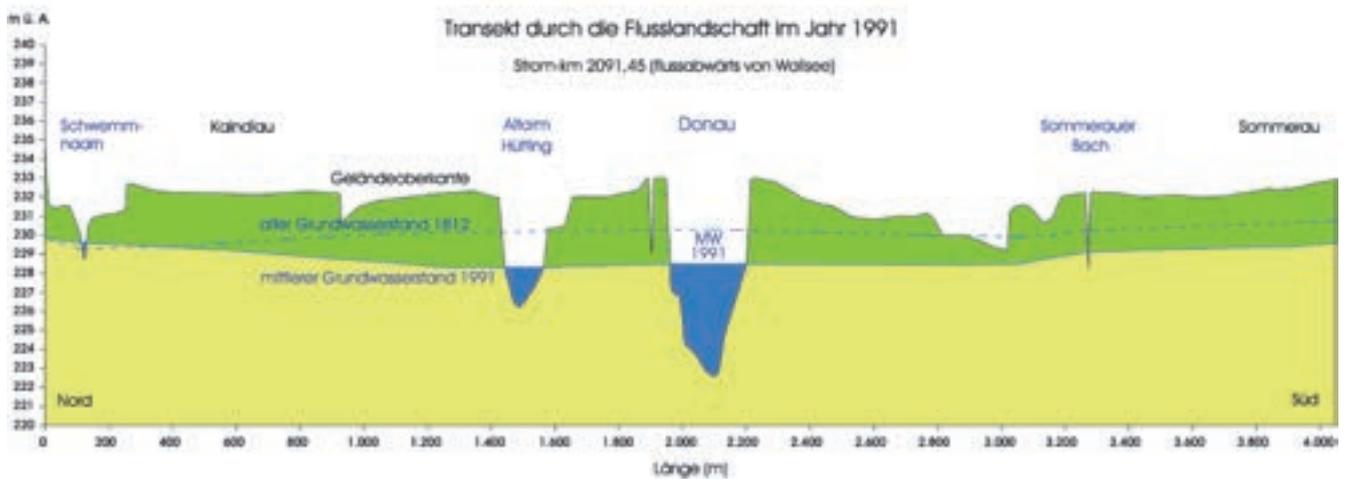
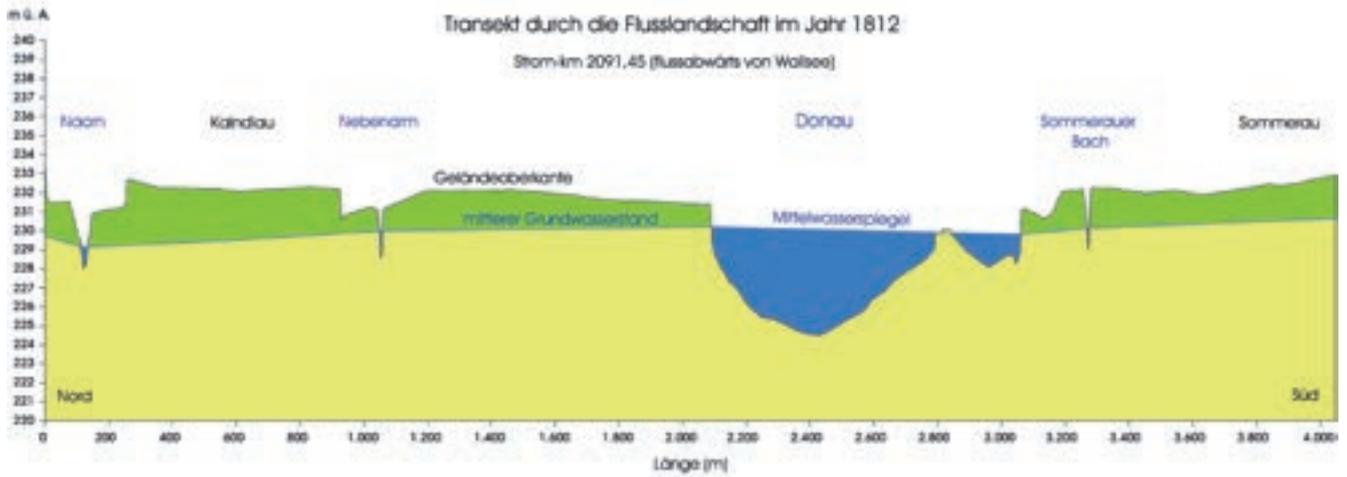


Abb. 3.17 Entkoppelung der Niveaus von Fluss und Au im östlichen Machland flussab von Wallsee. Die beiden Abbildungen zeigen dasselbe Transekt durch die Flusslandschaft vor der Regulierung 1812 und nach der Errichtung des Kraftwerkes Wallsee-Mitterkirchen 1991 (im Transekt 1991 sind zum besseren Vergleich die mittleren Spiegellagen des Grundwassers von 1812 und 1991 eingezeichnet).

typischen Pionierstandorte und Sukzessionsflächen auf Kiesbänken und Inseln. Zugleich fehlen den verschiedenen Vegetationseinheiten der Aulandschaft der Nährstoffeintrag und die Düngung durch flächige, bereichsweise mehrmals jährlich stattfindende Überstauungen. Wenn auch der fehlende Eintrag von Nährstoffen durch Überdüngung landwirtschaftlicher Flächen teilweise wieder kompensiert wird, so ist die Verfügbarkeit der Nährstoffe für die Pflanzen durch die eingeschränkte Grundwasser-

dynamik erheblich reduziert (siehe unten). Die langfristige Entkoppelung der Höhenniveaus von Fluss und Au erfolgt nicht zuletzt dadurch, dass bei extremen Hochwasserereignissen von den Stauwurzeln her noch immer Überflutungen der Auen, verbunden mit Sedimentation und damit langfristiger Hebung des Auenniveaus, erfolgen. Wiederabtrag durch seitliche „Wanderungen“ der Neben-

arme und entsprechende Erosionsprozesse jedoch unterbleiben zufolge unterbundener Dynamik (Abb. 3.17). Fast immer gehen daher landseitig der Dämme einseitig gerichtete Entwicklungen und ökologische Prozesse, wie Verlandung und Überalterung der Vegetationsbestände, Hand in Hand (vgl. Kapitel 2.1).

Im ursprünglichen, aber auch noch im regulierten Zustand war entsprechend den Pegelschwankungen der Donau auch der Grundwasserspiegel im flussnahen Umland durch starke jährliche Schwankungen von bis zu drei Metern und mehr gekennzeichnet. Als Folge der Kraftwerke sind heute die Amplituden des Grundwasserspiegels landseitig der Dämme hingegen drastisch reduziert (Nachtnebel et al. 1989). Dies hat einerseits entsprechende Auswirkungen auf Grundwasserqualität und Bodenverhältnisse, andererseits aber auch auf die Entwicklung der Auenvegetation und die Vielfalt der Augewässer. Besonders im Bereich der aktiv vorgenommenen Unterwasser-austiefungen unterhalb der Kraftwerke wurde die laterale Vernetzung zwischen Fluss und Umland über weite Strecken häufig drastisch reduziert. Der Spiegel des Grundwassers sinkt hier parallel zu jenem des ausgetieften Flusses, die begleitenden Auen liegen damit niveaumäßig zu hoch. Vor allem „Weiche Auen“ mit entsprechenden Pionierstandorten sind hiervon stark betroffen.

Weshalb eigentlich Umleitung von Zubringern?

Die bei Donaukraftwerken über viele Kilometer langen und bereichsweise über 10 m hohen Rückstaudämme machen es notwendig, Zubringer der Donau parallel in Fließrichtung umzuleiten, um sie schließlich in das sogenannte Unterwasser einzubinden. Somit ergeben sich auch für die Zubringer beziehungsweise deren Mündungsbereiche charakteristische Probleme. Als Beispiele seien die Flüsse Krems, Kamp und Traisen in Niederösterreich angeführt, deren ursprüngliche Mündungen im Zuge des Kraftwerksbaues Altenwörth in den frühen 1970ern über viele Kilometer flussab in das Unterwasser des Kraftwerkes verlegt wurden (Abb. 3.13). Obwohl in den neu geschaffenen Mündungsbereichen innerhalb der Augebiete grund-

sätzlich auch ungeschützte Ufer und damit dynamische Flussbettentwicklung möglich gewesen wären, wurden der damaligen Zeit entsprechend die Umleitungen in Form äußerst monotoner Doppeltrapezprofile ausgeführt. Bis heute unterbinden dabei mehrere rampenartige Absturzbauwerke für viele Fischarten auch die freie Migration zwischen Donau und genannten Zubringern.

Dass es grundsätzlich auch anders geht, wurde schon 1984 am sogenannten „Gießgang Greifenstein“ gezeigt. Dabei handelt es sich um einen insgesamt 42 km langen Gewässerverbund im linksufrigen Augebiet des Tullnerfeldes. Ein herausragendes Unterfangen jüngster Zeit ist das Projekt „LIFE+ Traisen“ im Bereich des oben erwähnten Kraftwerkes Altenwörth. Beide Großprojekte werden im Kapitel 4 näher behandelt.

Stau – ganz andere Lebensräume mit „inversen Spiegelschwankungen“

„Die neuen Uferbauten sind fast fertig – der vielleicht letzte Fisch aus diesem Donaurevier wird wehmütig betrachtet:

Der Stau verdirbt die Fischerei auf Jahre hinaus ...

Unterbrechung der Fischwanderung, glatte Uferwände, immense Tiefen bei schwacher Strömung.“

(Ferdinand Herites, Hobbyfischer in Sand/Strudengau, kurz vor Einstau des Kraftwerkes Ybbs-Persenbeug 1957)

In den Laufstauen der Donau vergrößern sich sowohl die Querschnittsflächen als auch die Tiefen des Wasserkörpers beginnend von der sogenannten Stauwurzel, am oberen Ende des Stauraumes, flussabwärts gegen die Wehranlage hin (Abb. 3.18). Dadurch verringern sich die Fließgeschwindigkeit und die Schleppkraft des Wassers markant. Die im Stauwurzelbereich noch grobes Geschiebe aufweisende Stromsohle wird flussab sukzessive von großflächigen Sandablagerungen und schließlich, in den tiefen Stauraumabschnitten, von mächtigen Schlammablagerungen abgelöst. Diese überdecken einerseits die ursprünglichen Flussbettstrukturen, wie Kiesinseln und

Kiesbänke, andererseits versiegeln sie den Stauraum vertikal gegen das Grundwasser. Das Resultat sind sehr monotone Stauraumausformungen. Monotonie kennzeichnet aber letztlich auch die flussab der Wehranlagen anschließenden, meist künstlich ausgetieften und sehr technisch ausgeführten Bereiche. Deren Sohlsubstrat besteht freilich weiterhin vorwiegend aus Kies.

Innerhalb der Donau-Stauräume selbst vermögen viele Fischarten aufgrund des Fehlens geeigneter Wassertiefen, Laichplätze, Wassertemperatur etc. nicht oder nur sehr eingeschränkt zu laichen. Das reiche Nahrungsangebot der Schlammfelder im unteren Drittel des Stauraumes wird zwar vor allem von Vertretern indifferenter und stagnophiler Arten durchaus genutzt, doch bleiben die Bestandsdichten zu Folge reduzierter natürlicher Reproduktion und weitgehenden Fehlens von Flachwasserhabitaten niedrig. Da in Laufstauen für viele Arten vor allem die Faktoren Wassertemperatur und Sohlsubstrat nicht zusammenpassen, wird dieser Gewässertyp im Fachjargon auch als „Hybridgewässer“ bezeichnet.

Als speziell für die Donaufischfauna sehr negativ erweisen sich nicht zuletzt auch die veränderten Spiegelschwankungen innerhalb der Stauräume. Waren in den ursprünglichen Fließstrecken je nach Gerinne-Querprofilen und Topografie des Umlandes jährliche Spiegelschwankungen von über drei Metern und mehr typisch und ermöglichten laterale Austauschprozesse und Wanderungen der Fische zwischen Fluss und Umland, so sind derartige Verhältnisse nach Kraftwerkerrichtung nur noch in kurzen Stauwurzelabschnitten erhalten. Innerhalb der Donau-Stauräume wird das Stauziel möglichst konstant gehalten. Dabei spielt der sogenannte Kipp- oder Wende-

pegel eine bedeutende Rolle. Es handelt sich dabei um jenen Punkt im Längsverlauf eines Laufstaus, an dem der Wasserspiegel bei Hochwasser betriebsbedingt konstant bleibt, flussauf davon steigt und flussab aufgrund der Öffnung der Wehre fällt. Somit erhöht sich flussauf des Kipppegels mit zunehmendem Abfluss nach wie vor der Wasserstand und macht hier entsprechende Strukturierungsmaßnahmen zum Beispiel im Hinblick auf Jungfischhabitate sinnvoll. Flussab hingegen erfolgt bei Hochwasser häufig eine starke Spiegelabsenkung. Diese im Vergleich zur ursprünglichen Situation inversen Pegelverhältnisse in der unteren Stauraumhälfte sind völlig unnatürlich und führen zur Erhöhung der Fließgeschwindigkeit. Im Zusammenhang mit verstärkter Trübefracht durch Einbrechen der lokalen Sedimentbänke und Entfall von Einstandsmöglichkeiten resultieren daraus bei Hochwasser entsprechende Beeinträchtigungen und Ausfälle der Fischbestände (vgl. diesbezügliche Ausführungen in Kapitel 3.2 sowie Abb. 3.18 und 3.19).

Das Dilemma mit den Feststoffen – Eintiefung der Sohle und Auflandung der Auen

Die in der Donau transportierten Feststoffe umfassen das an der Sohle rollend bis springend weiterbewegte Geschiebe, das hinsichtlich seines Korndurchmessers von Grobkies bis hin zu feineren Sanden reicht, als auch die im fließenden Wasser suspendiert bewegten Schweb- oder Trübestoffe. Im ursprünglichen Zustand transportierte die Donau in Österreich jährlich im Schnitt 0,5 Mio. m³ an

Abb. 3.18
Schematischer Längenschnitt durch einen Donau-Stauraum (v) Fließgeschwindigkeit

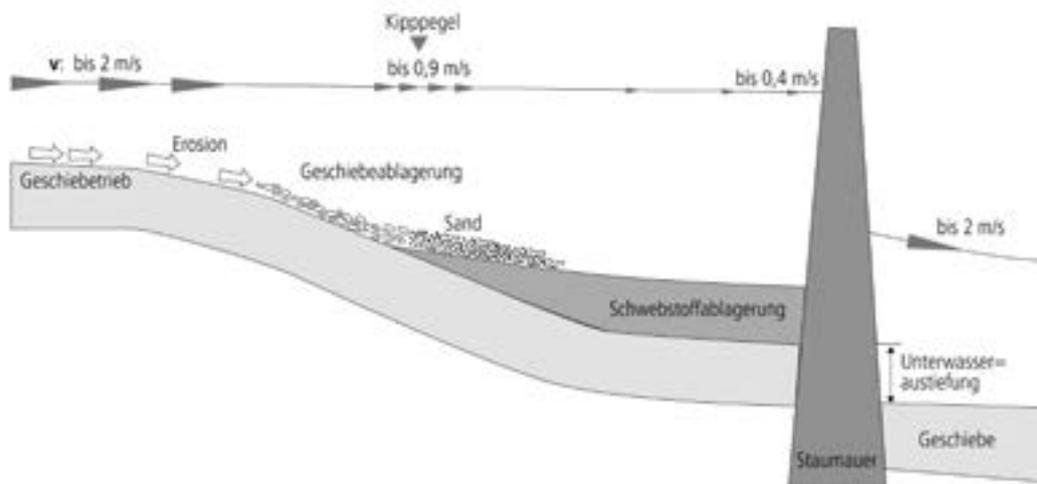




Abb. 3.19 Verkehrte Welt: Bei Hochwasser fallen die Schlamm-
bänke trocken. Unnatürlich abgesenkter Bereich des
Donau-Stauraumes Aschach flussab des Kipppegels



Abb. 3.20 An der Donau mittlerweile selten: Kieselsteine
prägten ursprünglich das Sohlsubstrat der Donau.
Heute dominieren Feinsande und Schluff.

Grobgeschiebe und zusätzlich 5 bis 7 Mio. t an Schwebstoffen. In langsam fließenden und stehenden Gewässerabschnitten sedimentierten die Schwebstoffe und bildeten, häufig zusammen mit Feinsanden, die typischen Lettenbänke. Hauptquelle für Feststoffe und speziell Grobkies war sicherlich der Inn, inklusive seines wichtigsten Zubringers Salzach. Innerhalb Österreichs war dann die Enns der nächste bedeutende Geschiebelieferant (Abb. 3.20).

Vergleicht man die ursprüngliche Situation mit dem aktuellen Zustand, so ergibt sich ein markanter Unterschied. Zwar werden nach wie vor riesige Mengen an Schwebstoffen und Feinsanden transportiert, die nunmehr verstärkt schubweise anfallen, Transport groben Geschiebes findet jedoch nur mehr in den beiden Fließstrecken in der Wachau und im Nationalpark östlich von Wien statt (Abb. 3.21). In den kurzen Stauwurzelbereichen der Donaukraftwerke finden ebenfalls noch kleinere Umlagerungen des Geschiebes statt. Das dabei bewegte Material stammt aber fast ausschließlich aus der Donausohle oder von kleineren, seitlichen Geschiebeherden. Grund für den zum Erliegen gekommenen Eintrag von Grobgeschiebe in die Donau sind in erster Linie die neu entstandenen Kraftwerksketten an den ehemaligen Geschiebespendern Inn, Salzach und Enns. Diese unterbinden heute den Ge-

schiebe-Antransport aus den oberen Einzugsgebieten und lassen damit die Donau hinsichtlich des Kieseintrages „verhungern“.

Die Folgen dieses weltweit von vielen Großflüssen bekannten Defizits sind in mehrfacher Hinsicht verheerend. Fortlaufender Transport und damit Austrag von Geschiebe, bei gleichzeitig fehlendem Nachschub von fluss-

Abb. 3.21 Flach überströmte Kiesbänke, wie hier flussab von
Hainburg, waren ehemals charakteristisch für die
österreichische Donau. Die donautypische Fischfauna
fand hier ideale Reproduktionsareale.



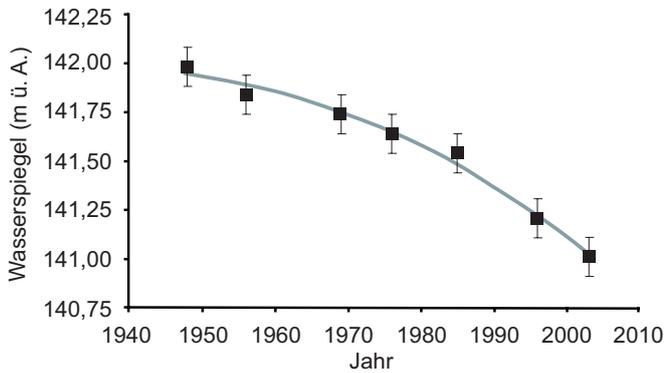
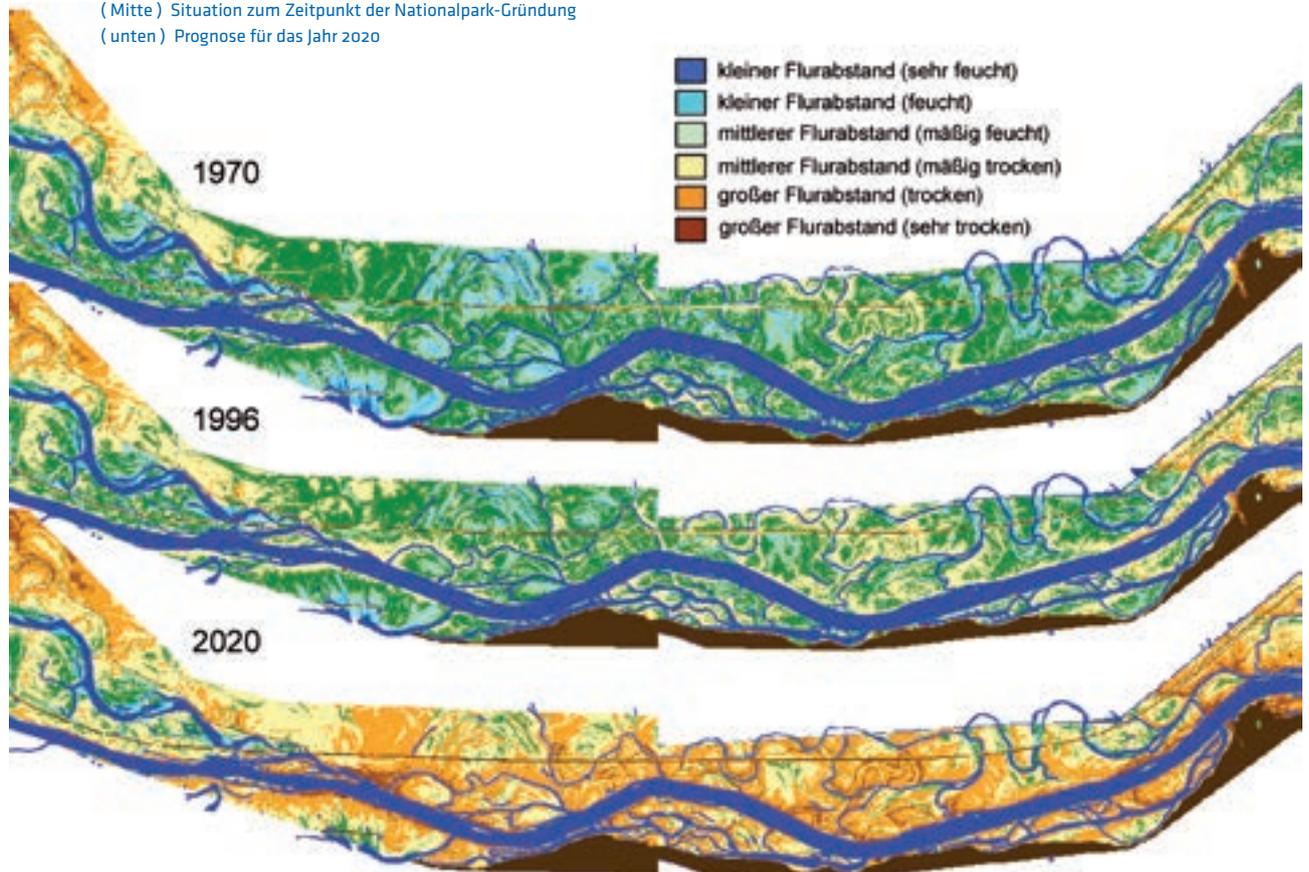


Abb. 3.22 Eindeutige Tendenz: Die Höhenlage des Wasserspiegels bei Regulierungsniederwasser gibt Aufschluss über die Sohleintiefung der Donau im Nationalpark Donau-Auen zwischen 1950 und 2003 (Pegel Wildungsmauer).

Abb. 3.23 Aufgrund der voranschreitenden Sohleintiefung fallen nicht nur immer mehr Augewässer im Nationalpark trocken, die Flurabstände im Augebiet werden auch immer größer. Das heißt, der Grundwasserspiegel sinkt ab und die Au wird immer trockener.

(oben) 26 Jahre vor Gründung des Nationalparks
(Mitte) Situation zum Zeitpunkt der Nationalpark-Gründung
(unten) Prognose für das Jahr 2020



auf, führen abschnittsweise innerhalb weniger Jahrzehnte zu massiven Eintiefungen der Sohle. Dies wiederum resultiert nicht nur in weitreichenden ökologischen Problemen (Entkoppelung der Niveaus von Fluss, Nebengewässern und Auen), sondern hat auch vielfältige wasserbauliche und wasserwirtschaftliche Folgen. Typische Auswirkungen sind unter anderem die Destabilisierung von Ufersicherungen oder die für die Landwirtschaft und Trinkwassergewinnung problematischen Grundwasserabsenkungen.

Beim Bau der Kraftwerke ursprünglich eigentlich nicht erwartete Eintiefungen finden heute auch in fast allen Unterwasserbereichen der Donaukraftwerke statt, die ja zugleich die Stauwurzeln der jeweils flussab folgenden Anlagen sind. Die Eintiefungen erweisen sich dabei als umso intensiver, je breiter und seichter die vom Unterlieger eingestauten Bereiche sind. Somit trifft es vor allem jene Stauwurzeln, die ökologisch noch vergleichsweise attraktiv sind. Im Unterwasser des Kraftwerkes Aschach beispielsweise fehlen derzeit rund 0,5 Mio. m³ Kies, im Unterwasser des Kraftwerkes Abwinden-Asten beträgt das diesbezügliche Defizit bei einer Eintiefung von rund 0,7 m bereits 2,5 Mio. m³.

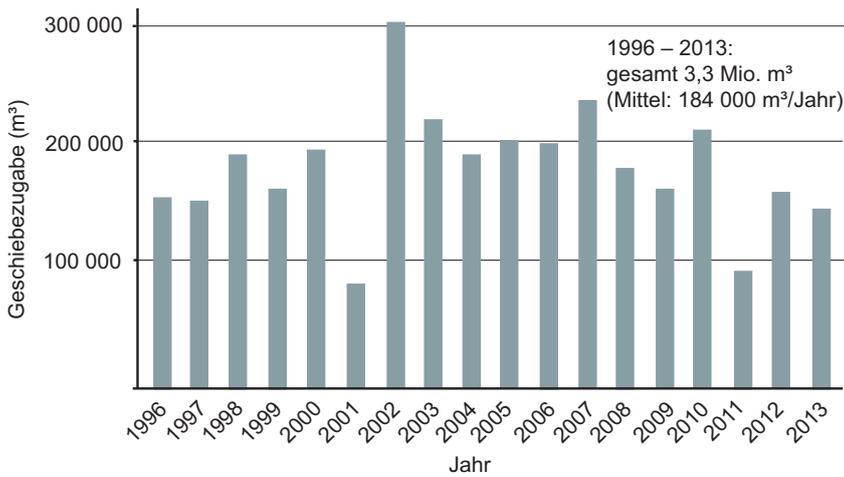


Abb. 3.24 Geschiebezugaben im Unterwasser des Kraftwerkes Freudenau in den Jahren 1996–2013

Abb. 3.25 Das Geschiebe wird alljährlich mit Hilfe einer Hydroklappschute im Unterwasserbereich des Kraftwerkes Freudenau eingebracht.

Das wohl bekannteste und bestuntersuchte Beispiel der fortschreitenden Sohleintiefung an der Donau ist die Nationalparkstrecke östlich von Wien. War hier vor 100 bis 150 Jahren infolge des mit den Regulierungen in Wien und im Tullnerfeld verbundenen Materialaustrages anfänglich sogar Geschiebeüberschuss und damit Auflandung zu verzeichnen, ergab sich nach der Vollregulierung im 20. Jahrhundert eine Trendumkehr. Wie aus *Abbildung 3.22* ersichtlich, kam es zwischen 1950 und 2003 zu einer Absenkung der Donausohle von rund einem Meter, verbunden mit einer deutlichen Austrocknungstendenz der Auen (*Abb. 3.23*). Seit Fertigstellung des Kraftwerkes Freudenau 1996 werden hier seitens des Verbunds zur Kompensation der alleine durch diese Anlage zusätzlich hervorgerufenen Sohleintiefung jährlich bis zu rund 300 000 m³ Geschiebe in das Unterwasser eingebracht. Dabei schwankt die einzubringende Menge abhängig vom Abfluss und damit vom Geschiebeaustrag des jeweiligen Vorjahres (*Abb. 3.24* und *3.25*). Diese Maßnahmen zeigen sehr deutlich, welchen Umfang und welche Komplexität die Frage des Geschiebedefizites und der Sohleintiefung hat. Um entsprechende Lösungen im Hinblick auf die langfristige Erhaltung der Flusslandschaft im Nationalpark Donau-Auen, aber auch in anderen Donauabschnitten zu finden, bedarf es jedenfalls noch umfangreicher Forschung und innovativer Konzepte (vgl. Beitrag „Tanz der Steine“ von Helmut Habersack).



Neben den gravierenden Problemen mit dem Geschiebedefizit, stellen die Feinsedimente eine weitere Herausforderung dar. In diesem Fall geht es aber nicht um Defizite, sondern – ganz im Gegenteil – um zeitweilig enorme Überschüsse. Die aktuelle Schwebstofffracht beträgt zwar nicht mehr 5 bis 7 Mio. t pro Jahr, wie dies noch Anfangs

Tanz der Steine

Es ist allgemein nur wenig bekannt, dass Flüsse wie die Donau in Österreich große Mengen Steine transportieren. Diese Steine werden fachlich als Geschiebe bezeichnet und haben einen Durchmesser zwischen einem Millimeter und mehreren Zentimetern. Sie werden entlang der Flusssohle springend, gleitend oder rollend transportiert. Das Geschiebe hat aus ökologischer Sicht enorm wichtige Funktionen: Es bildet neben dem Wasserkörper selbst den Lebensraum der Bettsedimente, das sogenannte „hyporheische Interstitial“. Dieser von Donauwasser durchströmte Porenraum bietet mit seinen riesigen Oberflächen der Kies- und Sandkörner ideale Bedingungen für die Besiedelung mit Mikroorganismen, deren „Biofilme“ wie ein Bioreaktor wirken und damit in hohem Ausmaß zur Selbstreinigung der Donau beitragen. Auch Fische und unzählige wirbellose Kleintiere leben und laichen auf und in den Bettsedimenten oder nutzen sie als Refugium bei Hochwasser. Bei der heimischen Fischfauna gilt dies speziell für kieslaichende Fischarten. Über eine Selbstvergrößerung der Sohle – die als Deckschichtbildung bezeichnet wird – besitzt der Fluss ein gewisses „Puffer- oder Immunsystem“, das vor allzu großer Erosion des Gewässerbettes schützt. Eine wichtige Funktion der Gewässersohle besteht auch darin, den Austausch zwischen Fluss- und Grundwasser herzustellen.

Die Donau östlich von Wien kann gemäß Messungen und Berechnungen im Mittel ca. 350 000 m³ Geschiebe pro Jahr transportieren. Einerseits durch die Unterbrechung und Reduktion des Kieseintrages aus den Alpen zufolge von Geschiebesperren, Kraftwerksanlagen, Entnahmen etc.,

andererseits durch regulierungsbedingte Einengung (das Netzwerk der Donauarme wurde auf ca. ein Zehntel der Breite verschmälert) und Erhöhung des Gefälles, gräbt sich die Donau in ihr eigenes Flussbett ein. Damit steigt die Gefahr von Verwerfungen bei Hochwasser und sinkendem Grundwasserspiegel in der Au, wie z. B. im Nationalpark Donau-Auen. Im schlimmsten Fall droht ein sogenannter Sohldurchschlag, bei dem sich die Donau canyonartig in das unterhalb des Schotterbettes vorhandene Feinmaterial einschneidet. Das Problem der Sohleintiefung tritt derzeit in allen freien Fließstrecken der Donau bis zum Schwarzen Meer auf. Daher ist dringender Bedarf an Gegenmaßnahmen gegeben, die zentral ein entsprechendes Geschiebemanagement beinhalten.

Derzeit werden vom Verbund flussab des Kraftwerkes Freudenau jährlich im Mittel 180 000 m³ Geschiebe zugegeben. Dieses Material lagert sich 48 km weiter flussab im Stauraum von Gabčíkovo ab und wird dort vor allem aus Gründen des Hochwasserschutzes wieder entnommen. Längerfristig ist diese Vorgangsweise weder aus wirtschaftlicher noch aus ökologischer Sicht nachhaltig. Trotz der großen Menge an jährlich eingebrachtem Kies tieft sich das Gewässerbett der Donau östlich von Wien jährlich weiter um ca. 2 cm ein. Dies ergibt im Lauf der Zeit Eintiefungen im Meterbereich und in Abschnitten mit geringer Kiesauflage kritische Annäherung an den Sohldurchschlag.

Zielführendes Geschiebemanagement umfasst im konkreten Fall u.a. eine Verstärkung der Deckschichtbildung und/oder eine Entlastung des Flussbettes durch neue flussbauliche Maßnahmen, wie abgesenkte und nicht ans Ufer angebundene „Buhnen“. Das sind Bauwerke, die das Flussbett quer zur Fließrichtung einengen und damit die Fahrwassertiefe für Schiffe bei Niederwasser erhöhen. Zusätzlich können Uferrückbau und damit verbundene Aufweitung des Flussbettes sowie Vernetzung und Wiederanbindung von Seitenarmen zur Verminderung der Eintiefung beitragen. Schließlich geht es beim Geschiebemanagement auch um die Optimierung der Geschiebezugabe, die schiffahrtstechnische Instandhaltung der Fahrinne, erforderliche Baggerungen und Wiederverklappungen oder um eine mögliche Geschieberückführung aus dem Stauraum Gabčíkovo.

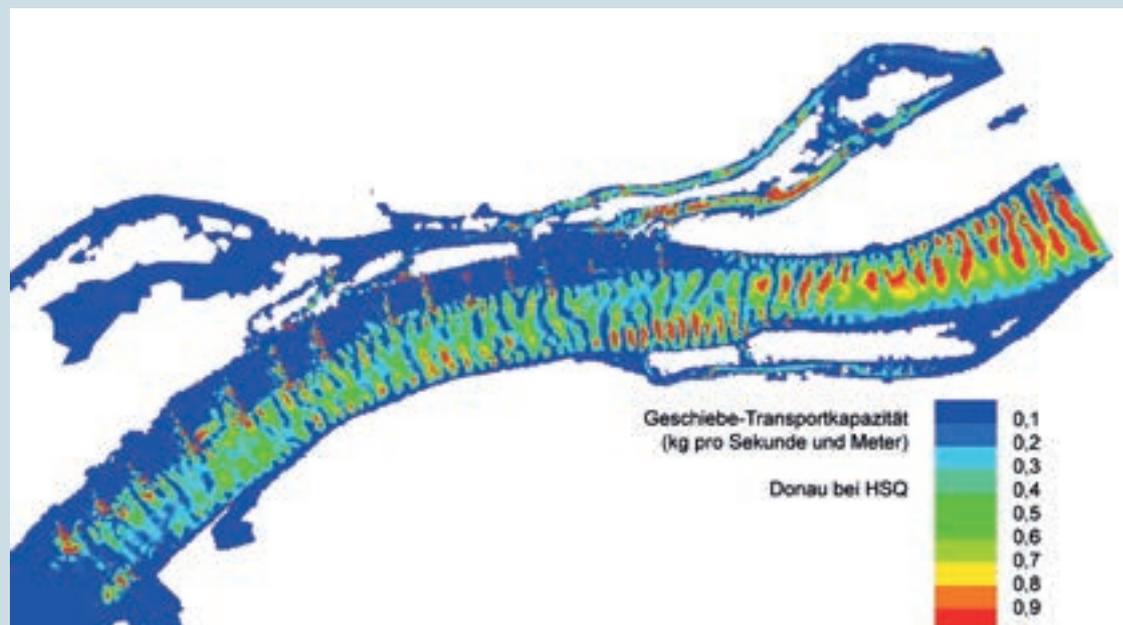
Um derartige Maßnahmen planen zu können, werden Berechnungen mit mathematischen Formeln und Modellen durchgeführt. Es zeigte sich, dass hier noch enormer Forschungsbedarf besteht, da die Steine „stärker tanzen“ als theoretisch angenommen. Eigentlich sollten sich z.B. Steine mit einem Durchmesser von 4 bis 7 cm erst bei mittleren Abflüssen bewegen. Kamerabeobachtungen zeigten jedoch, dass dies bereits bei 950 m³/s, also schon bei Niederwasser und damit das ganze Jahr hindurch passiert. Im Mittel werden die Steine ca. 3 km pro Jahr transportiert. Je größer die Steine, desto weniger häufig und weniger weit werden diese bewegt.

Bemerkenswert ist die jüngste Beobachtung, dass sich entlang der Flusssohle der Donau Kiesdünen mit einer hohen Transportgeschwindigkeit von durchschnittlich ca. 5,6 m/h bewegen. Ähnlich wie Dünen in der Wüste wandern auch die Steine an der Flusssohle zu über 90 % in dieser Form. Die Forschung verzeichnet erste Erfolge im verbesserten Prozessverständnis und der Fähigkeit zur Modellierung solcher Kiesdünen (Tritthart et al. 2011).

Im Hinblick auf die Schifffahrt ergibt sich die Frage, welche Auswirkungen vergrößertes Sohlmaterial und Kiesdünen in Bezug auf die Fahrwassertiefe besitzen; hinsichtlich der Wasserwirtschaft ist relevant, was die Folgen für die Sohlstabilität, den Hochwasserschutz etc. sind. Wichtig ist dabei aber auch der Bezug zur Ökologie, z. B. die Frage, wie sich diese Kiesdünen auf die wirbellose Kleintierfauna und Fische auswirken.

Der „Tanz der Steine“ ist somit einerseits ein zentrales Element für das Funktionieren eines natürlichen Flusses, gleichzeitig aber auch ein wesentlicher Prozess hinsichtlich Nutzung und Schutz der Donau, von Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserstraße bis hin zu Rückbaumaßnahmen im Nationalpark.

Kiesdünen mit zeitlich unterschiedlicher Geschiebe-Transportkapazität in der Donau bei Bad Deutsch-Altenburg



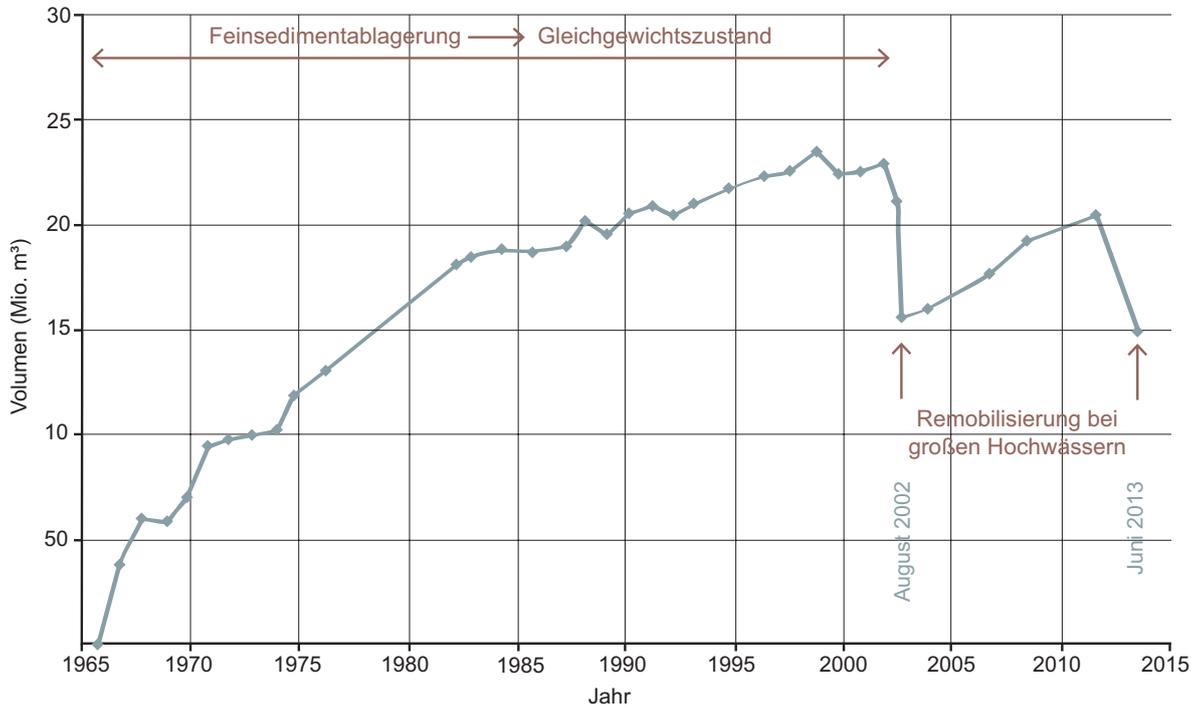


Abb. 3.26 Ablagerung von Feinsedimenten („Letten“) im Stauraum Aschach seit Fertigstellung des Kraftwerkes im Jahr 1964 bis 2013 sowie deren Remobilisierung bei den beiden Hochwasserereignissen 2002 und 2013

des 20. Jahrhunderts der Fall war, liegt aber im Mittel noch immer bei 3,2 Mio. t und maximal bei 7,5 Mio. t (Nachtnebel et al. 1998). Hauptgründe für die Reduktion der Schwebstofffracht in der Donau sind vermutlich die zunehmenden Ausmaße der Bodenversiegelung im Einzugsgebiet sowie die stark steigende Anzahl von Stauhaltungen an den Zubringern. Die Schwebstoffe lagern sich in den Staustufen ab, die aufgrund ihrer Dimensionen ideale Sedimentationsfallen darstellen. Da das Kraftwerk Aschach am oberen Ende der Staukette mit 15,4 m die höchste Nutzfallhöhe und zugleich das größte Stauraumvolumen aufweist, repräsentiert es einen geradezu perfekten „Kopfspeicher“ für die Feinsedimente. Seit der Inbetriebnahme 1964 lagerten sich bis in die 1970er Jahre rund 10 Mio. m³ an sogenannter „Letten“ ab (1 m³ Feinsediment entspricht ca. 2 t Gewicht). Bis zum großen Hochwasser im Jahr 2002, das in diesem Bereich lediglich einem 20-jährlichen Ereignis entsprach, waren bereits rund 23 Mio. m³ angelandet. Dies dürfte im Großen und Ganzen auch dem Gleichgewichts-

zustand des Stauraumes hinsichtlich Anlandung und Abtrag von Feinsedimenten entsprechen. Von dieser Kubatur wurde beim Hochwasser 2002 innerhalb weniger Tage die enorme Menge von etwa 6 Mio. m³ aus dem Stauraum ausgetragen und über die anschließenden Kraftwerke und Fließstrecken abtransportiert. Bis zum Hochwasser 2013, das diesmal einem 250- bis 300-jährlichen Ereignis entsprach, nahm das Material im Stauraum abermals auf mehr als 20 Mio. m³ zu. Das Hochwasser reduzierte diese Kubatur erneut auf ca. 15 Mio. m³ (Abb. 3.26). Noch wesentlich verschärft wird der Rückhalt an Feinsedimenten durch die in den letzten Jahrzehnten vervollständigte Kraftwerkskette am Inn; aufsummiert liegen hier rund 80 Mio. m³ Feinsedimente. Zusammen mit dem Stauraum Aschach ergibt dies somit eine Gesamtmenge von rund 100 Mio. m³ beziehungsweise 200 Mio. t an Feinsedimenten.

Im Unterschied zur heutigen Situation wurden die abgelagerten Feinsedimente früher viel regelmäßiger weitertransportiert. Zwischenspeicher gab es zwar auch damals, doch lagen diese vor allem in großflächigen Aubereichen, die zufolge dynamischer Prozesse (Seitenerosion, Laufverlagerung etc.) regelmäßig wieder entleert wurden (vgl. Kapitel 2.1). Die heute bei extremen Hochwasserereignissen zum Teil enorm hohen Anlandungen im Umland der Stauwurzelbereiche sind eine typische Folge der oben beschriebenen „Sedimentfallen“ (Abb. 3.27). Zum besonderen Problem werden diese in den Auegebieten der noch verbliebenen Fließstrecken. Sie bewirken hier einseitige Auflandung des Auenniveaus, wodurch neben der Eintiefung der Flusssohle die niveaumäßige Entkoppelung der Donau und ihres Umlandes noch weiter vorangetrieben wird. Ob sich diesbezüglich durch ein gezieltes Stauraum- und Sedimentmanagement Abhilfe schaffen lässt, ist jedenfalls eine wichtige Forschungsfrage für die Zukunft.

Unterbundene Fischwanderungen in der Donau und ihren Zubringern

Wehranlagen von Wasserkraftwerken ohne adäquate Aufstiegshilfen stellen für Fische unüberwindbare Wanderbarrieren dar. Sie unterbrechen Laichwanderungen und andere Migrationsbewegungen im Längsverlauf des Flusses und bewirken dadurch eine Fragmentierung vormals großer Bestände in kleine Einzelpopulationen. Letztlich führt dies auch zum Problem der genetischen Isolation. Für die Fischfauna der Donau haben aber nicht nur die Unterbrechungen des Längskontinuums innerhalb des Stromes selbst, sondern auch jene zwischen Strom und Zubringern sehr negative Folgen. Dies ist daran erkennbar, dass speziell Laichwanderungen in die Unterläufe der Donauzubringer früher ein Ausmaß hatten, das heute kaum mehr vorstellbar ist. In zahlreichen Mündungsbereichen war dabei die massenhafte Einwanderung verschiedener Fischarten die Grundlage für reiche Fänge der Erwerbsfischerei (vgl. Kapitel 2.2).

Wie tiefgreifend schon eine einzige Migrationsbarriere innerhalb des Flusssystemes der Donau wirken kann, wurde bereits anhand des Kraftwerksbaues am Eisernen Tor aufgezeigt. In der Mittleren und Oberen Donau verschwanden unmittelbar nach Inbetriebnahme des ersten Kraftwerkes am Eisernen Tor im Jahr 1972 die ursprünglich bis nach Österreich und Bayern ziehenden anadromen Störarten.

Die Errichtung einzelner Kraftwerksanlagen und damit erster Migrationsbarrieren an den großen alpinen Donauzubringern geht zum Teil schon auf die Zwischenkriegszeit zurück und hatte dort entsprechende Folgen. So brach beispielsweise schon ein Jahr nach Errichtung des bayerischen Inn-Kraftwerkes in Jettenbach-Töging 1924 der Fischbestand und damit auch die Berufsfischerei am Tiroler Inn zusammen, da der Zuzug von Donaufischen plötzlich unterbunden war. Seither wurde der Inn fast vollständig ausgebaut, weitreichende Fischwanderungen sind aktuell aufgrund der zahlreichen Staustufen praktisch nicht mehr möglich.

Der regelrechte Vollausbau vieler Donauzubringer erfolgte vor allem nach dem Zweiten Weltkrieg, meist



Abb. 3.27 Feinsedimentablagerungen im Eferdinger Becken nach dem Hochwasser 2013



Abb. 3.28 Die unterste Wehranlage der Pielach bei Spielberg (Herrenmühle), die rund 1,6 km flussauf der Mündung in die Donau liegt, wurde bereits im Mittelalter errichtet und blockierte hier bis zur Errichtung einer Fischaufstiegshilfe im Rahmen des Projektes „LIFE-Natur Lebensraum Huchen“ die Wanderung der Fische von der Donau in die Pielach (vgl. Kapitel 4).

innerhalb weniger Jahrzehnte. Typisches Beispiel für den Ausbau eines großen und geschiebereichen Donauzubringers ist die Enns von der Mündung in die Donau flussauf bis zur Wehranlage Gstatterboden im Gesäuse. Bis auf die kurze Fließstrecke in Steyr liegt hier heute eine geschlossene Kraftwerkskette vor, die den Fischzug völlig unterbindet. Die insgesamt 14 Anlagen sind teils als Lauf-, teils als Ausleitungskraftwerke konzipiert und erlauben zudem mit Hilfe des in Hieflau gelegenen Waagspeichers die Erzeugung von Spitzenstrom. Der damit gegebene „Schwallbetrieb“ stellt neben der Kontinuums-Unterbrechung eine zusätzliche Belastung für die aquatische Biozönose und speziell die Enns-Fischbestände dar. Am wichtigsten Ennszubringer Steyr bestehen zusätzlich zum Teil schon deutlich ältere Anlagen.

Zweitgrößter Donauzubringer auf österreichischem Staatsgebiet ist die Traun, die mehrere große Voralpenseen durchfließt und dadurch hinsichtlich ihrer Hydrologie und ihres Geschiebehaltaltes eine eigene Charakteristik besitzt. Schon im Mittelalter in zahlreichen Chroniken wegen ihres Fischreichtums gepriesen, unterliegt die Traun heute nach ihrem Austritt aus dem Traunsee bis zur Mündung in die Donau im Linzer Stadtgebiet dem Einfluss von 15 teils schon älteren, teils erst in den späten Nachkriegsjahren errichteten Kraftwerken. Wanderungen und Austausch der Fischbestände zwischen Donau und Traun, ursprünglich bis zur natürlichen Migrationsbarriere des Traunfalles gegeben, sind daher schon seit langer Zeit unterbunden.

Von nicht minder hoher Bedeutung waren aber auch viele mittelgroße bis kleinere Donauzubringer, wie zum Beispiel Fischta, Schwechat, Traisen, Kamp, Krems, Pielach, Melk, Erlauf und Ybbs. Manche der genannten Gewässer standen für die Fischfauna der Donau als Folge der Errichtung von Mühlen schon seit dem Mittelalter nicht mehr als Migrationsachsen und Laichplätze zur Verfügung (Abb. 3.28). In den meisten Fällen erfolgten diese Unterbrechungen aber erst im Laufe des 20. Jahrhunderts, dann aber vielfach bereits kurz flussauf der Mündung in die Donau. Ein typisches Beispiel ist diesbezüglich die Ybbs, deren Mündungsbereich bis in die 1940er Jahre zum Großteil noch frei von Regulierungen war (Abb. 3.29). Mehrere Beiträge in der Zeitschrift *Österreichische Fischerei-Zeitung* zu Beginn des 20. Jahrhunderts beschreiben die Entwicklung: Im späten 19. Jahrhundert war der Ybbs-Unterlauf noch für riesige Laichwanderungen von Nasen, Huchen und anderen Arten aus der Donau bekannt. Der hohe Bestand an Donau-Huchen, mit teilweise bis weit über 20 kg Einzelgewicht, wurde zu einem hohen Anteil dem starken Laichgeschehen und optimalen Jungfischaufkommen in der Ybbs zugeschrieben. Mit der Errichtung der Wehranlage des Ausleitungskraftwerkes Kemmelbach im Jahr 1898, knapp 3 km flussauf der Ybbs-Mündung in die Donau, kam es jedoch zu einer totalen Blockade der Fischzüge und

damit innerhalb weniger Jahre auch zu einer deutlichen Abnahme des Fischbestandes in der Donau. Das ist ein guter Beleg dafür, welche hohe Bedeutung die frei zugänglichen und zugleich hydromorphologisch intakten Unterläufe der Donauzubringer für das Laichgeschehen und das Jungfischaufkommen besitzen.

Durch den Bau eines Donaukraftwerkes konnte die Verbindung zu Zubringern unter Umständen aber auch komplett verloren gehen. So wurden im Rückstauraum des Kraftwerkes Ybbs-Persenbeug beiderseits der Donau Pumpwerke errichtet, um das durch die Dämme sickernde Wasser in die Donau rückzupumpen und den Grundwasserspiegel im Augebiet zu kontrollieren. Davon waren auch mehrere kleinere Zubringer, wie die Naarn, betroffen, deren Abfluss nun ebenfalls über die Pumpwerke in die Donau befördert wurde (zur Verringerung des Pumpaufwandes wurde später ein kanalartiger Durchstich geschaffen, über den die Naarn seither direkt in die Donau mündet). Erzählungen der ansässigen Bevölkerung zufolge konnte man in den Jahren nach der Fertigstellung der

Pumpwerke beobachten, wie größere Fischschwärme vergeblich versuchten, in gewohnter Weise in die nunmehr abgetrennten Augewässer und Zubringer zu gelangen.

Eine wesentliche Rolle im Lebenszyklus fast aller Flussfischarten spielen aber auch die flussabwärts gerichteten Wanderungen von Mutterfischen nach dem Laichgeschehen oder von deren Nachkommen im Brut- oder Jungfischstadium. Die Abwärtswanderungen erfolgen dabei je nach Art und Altersstadium, Wasserführung und Wassertemperatur entweder in der Flussmitte oder entlang der Ufer, vielfach entlang des Bodens, häufig aber auch nahe der Oberfläche. Wehranlagen werden flussabwärts passiert, indem die Fische bei hohen Abflüssen vielfach über die geöffneten Schütze wandern, was bei großer Fallhöhe zu entsprechenden Verlusten führen kann. Bei niedrigen Abflüssen hingegen, die zur Gänze abgearbeitet

Abb. 3.29 Um 1940 war die Mündung der Ybbs noch kaum reguliert, es gab jedoch bereits einen Ausleitungskanal zum Betrieb von Mühlen (schmales Gewässer nördlich der Ybbs).



werden, passieren Fische je nach Stabweite der vorgeschalteten Rechenanlagen auch die Turbinen. Dies muss nicht in jedem Fall letale Folgen haben. Große und langsam drehende Kaplanturbinen beispielsweise können von vielen Kleinfischarten und Jungfischen unter Umständen mit vergleichsweise geringen Ausfällen passiert werden. Bei größeren Fischen kommt es hingegen häufig zu fatalen Folgen (Abb. 3.30). Im Falle mehrmaliger Turbinenpassage über ganze Kraftwerksketten hinweg kumulieren aber auch kleinere Ausfälle pro Turbine und tragen damit, neben den vielen anderen Einflüssen, zum aktuell recht traurigen Bild der Donaufischbestände bei.

Wie die oben beschriebene Abfolge des Kraftwerksbaues an der österreichischen Donau und deren Zubringern zeigt, war das aus der Donau und ihren größeren Zuflüssen gebildete Flusssystem im Wesentlichen bis unmittelbar nach dem Zweiten Weltkrieg für migrierende Fische noch weitgehend offen (zum Teil schon sehr alte Wehranlagen und Ausleitungen über Mühlbäche lagen freilich schon damals z. B. an der Pielach, der Traisen und dem Kamp vor). Auch flussabwärts gab es zu dieser Zeit bis zum Schwarzen Meer noch eine von Migrationsbarrieren freie Fließstrecke. Bereits unmittelbar nach dem Zweiten Weltkrieg änderte sich dies innerhalb Österreichs sehr rasch. Im Abstand von nur wenigen Jahren wurden in der Donau selbst, aber auch in ihren wichtigsten Zubringern, die für Wanderungen offenen Flussstrecken immer kürzer. Innerhalb von 50 Jahren waren schließlich aus dem ursprünglich offenen, durch freie Fischwanderung gekennzeichneten Großflusssystem stark fragmentierte und damit aus fischökologischer Sicht massiv degradierte Teilsysteme entstanden.



Mehr Schifffahrt – mehr Wellenschlag

Ungehinderte Schifffahrt zu gewährleisten, war eines der wichtigsten Argumente für die systematische Regulierung der Donau. Zusätzlich zu den dadurch stark geänderten Rahmenbedingungen hydromorphologischer Natur haben jedoch aktuell auch der laufende Schifffahrtsbetrieb und der damit in Verbindung stehende Wellenschlag massive Auswirkungen auf die Bestände vieler Fischarten. Immer mehr Schiffe mit hoher Wasserverdrängung, speziell große Passagierschiffe, aber auch Schnellboote und nicht zuletzt die unzähligen privaten Motorboote mit hoher Leistung, führen heute vor allem im Sommerhalbjahr sehr häufig zu starken Hub- und Sogwirkungen und damit in Verbindung zu hohen und harten Wellen (Abb. 3.31).

Die Frage, wie stark der Schiffsverkehr auf der Donau seit dem Zweiten Weltkrieg zugenommen hat, ist mangels zentraler Erfassung und aufgrund unterschiedlicher Regelungen in den Donaustaaten gar nicht so einfach zu beantworten. Gewisse Anhaltspunkte liefern aber Statistiken der Donaukommission in Budapest und der viadonau. Demnach nahm die Kubatur der beförderten Güter auf der gesamten Donau bis zum Zusammenbruch des Ostblocks stark zu, um danach rasant abzufallen. Seit 1995 steigt das Frachtaufkommen wieder langsam an (Donaukommission 2008; Abb. 3.32). Betrachtet man nur den Güterumschlag in den österreichischen Donauhäfen, so nahm dieser in den letzten Jahren auf rund 9,5 Mio. t zu (ohne Transit). Schwieriger ist es bei den Passagierschiffen. Laut Donaukommission nahm die Anzahl der beförderten Passagiere in Österreich bis 1990 auf rund 730 000 zu, um bis zum Jahr 2000 wieder auf 540 000 Passagiere zurückzugehen. Dabei dürften aber nicht alle Passagierströme erfasst worden sein, da laut viadonau das Fahrgastaufkommen in den letzten Jahren jeweils bei rund 1 bis 1,1 Millionen Personen lag (Abb. 3.33). Jedenfalls vervielfachte sich als Folge der Eröffnung des Rhein-Main-Donau-Kanales im Jahr 1992 die Anzahl der für Kreuzfahrten verwendeten Kabinenschiffe von insgesamt 17 auf 137, die 2013 auf dem österreichischen Abschnitt unterwegs waren.

Abb. 3.30 Brachse mit typischer Verletzung vom Passieren einer Kaplan-Turbine



Abb. 3.31 Von Schiffen verursachte Wellen beeinträchtigen Fischlarven und Jungfische massiv.

Abb. 3.33 Gedränge auf der Donau – Was beim hohen Schiffs-
aufkommen am Rhein durchaus üblich ist, passiert an
der österreichischen Donau noch selten.



Abb. 3.32 Das auf der gesamten Donau beförderte
Frachtaufkommen spiegelt die geopolitische
Entwicklung der letzten 60 Jahre wider.

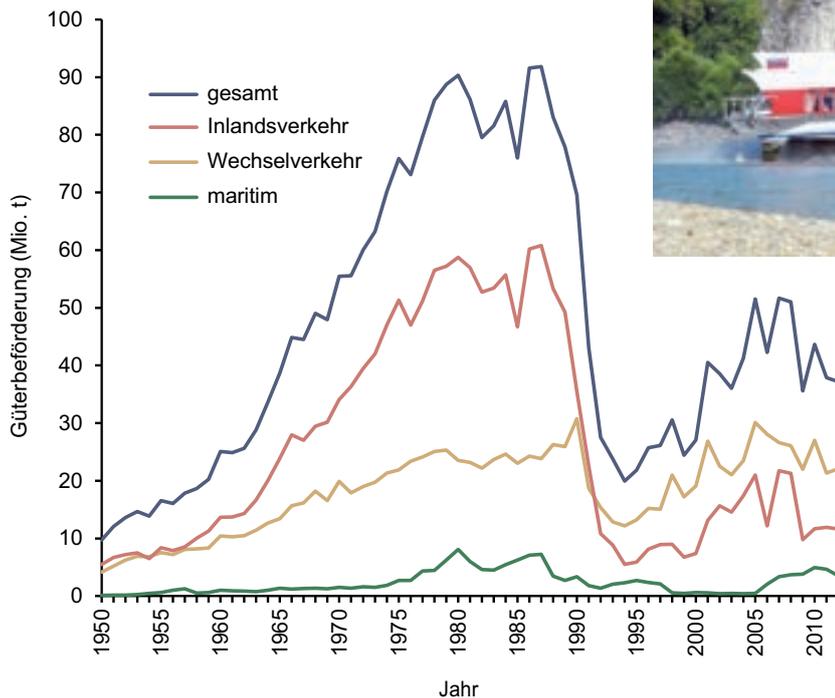


Abb. 3.34 Es ist schnell und verursacht
dennoch kleinere Wellen als
man denkt: das Tragflügelboot
„Meteor“ zwischen Bratislava
und Wien.



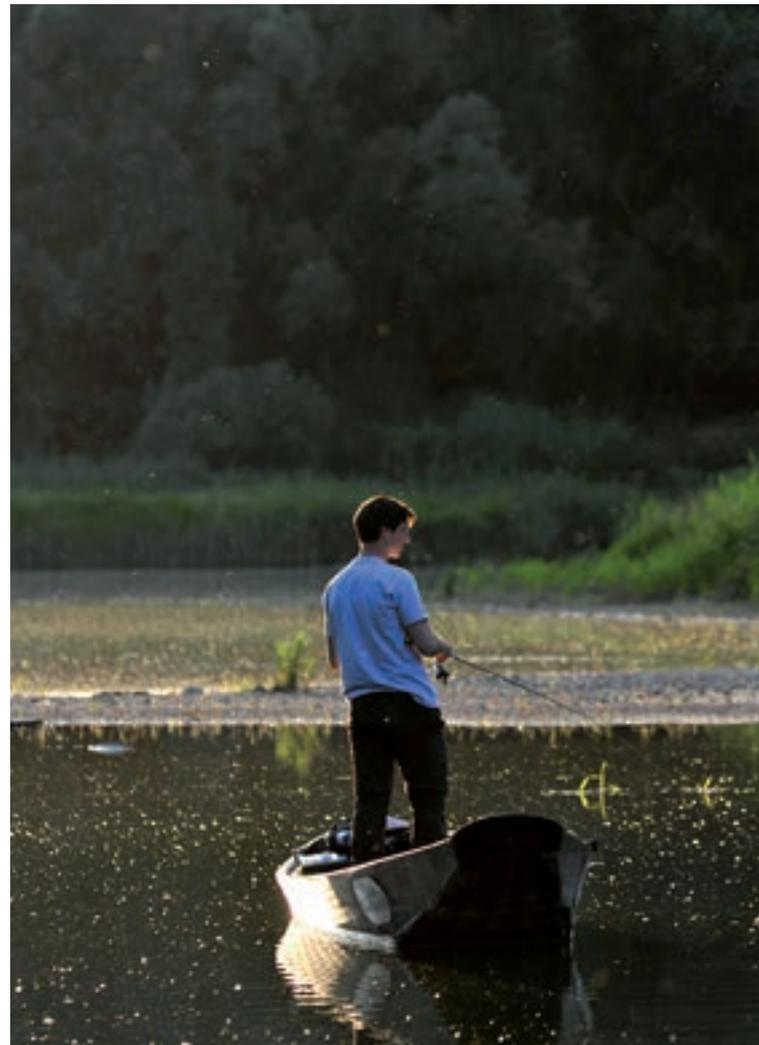
Abb. 3.35 Idealer Angelplatz im Bereich eines „Kehrwassers“ am Strom

Bei der Frage, ob sich die Beeinträchtigung der Fischfauna durch den Schifffahrtsbetrieb in den letzten Jahrzehnten verändert oder gar verstärkt hat, ist auch zu berücksichtigen, dass die verschiedenen Schiffstypen sehr unterschiedliche Wellenformen hervorrufen. So ist anzunehmen, dass sich Anfang des 20. Jahrhunderts der schlechtere Wirkungsgrad der Antriebstechnik von Dampfschiffen dahingehend auswirkte, dass mehr Energie in die Erzeugung von Wellen „verloren ging“, als dies bei modernen Schiffen mit gleicher Transportkapazität der Fall ist. Während slowakische Tragflügelboote vom Typ „Meteor“ seit 50 Jahren mit bis zu 60 km/h zwischen Bratislava und Wien pendeln, ohne große Wellen hervorzurufen, ist dies beim österreichischen Twin-City-Liner nicht der Fall (Abb. 3.34). Dieser als Katamaran ausgeführte Schiffstyp steht im Ruf, besonders starke Wellen zu produzieren.

Schon lange vermutet, konnte erst jüngst durch Freilanduntersuchungen bestätigt werden, dass der mit dem Schifffahrtsbetrieb in Verbindung stehende Wellenschlag für Fischbestände fatale Auswirkungen hat (Ratschan et al. 2012). Ganz besonders gilt dies für die im freien Strom direkt dem Wellenschlag ausgesetzten Flachwasserhabitate von Fischbrut und Jungfischen. Die hohe Relevanz dieses Themas wird in Kapitel 3.2 behandelt. Diese Befunde dienen schließlich in Kapitel 4 als wichtige Grundlage zur Formulierung entsprechender Leitbilder und Revitalisierungsstrategien.

Angelfischerei

Im Gegensatz zur Fischerei an Forellen- und Äschengewässern begann eine erste nennenswerte Angelfischerei an der Donau und deren Nebengewässern erst in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Sie beschränkte sich vorerst auf einen vergleichsweise kleinen Personenkreis und



fokussierte neben Karpfen und wenigen anderen „Friedfischen“ vornehmlich auf Raubfische, wie Huchen, Hecht, Zander und Wels. Die ab der Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert zunehmende Angelfischerei verlief parallel zum Rückgang und letztlich Verschwinden der Erwerbsfischerei und übernahm damit sukzessive deren volkswirtschaftliche und gesellschaftspolitische Bedeutung. Spätestens mit der Erholung von den Kriegswirren des Zweiten Weltkrieges und steigendem Wohlstand entwickelte sich die Angelfischerei zu einem volkswirtschaftlich nicht unerheblichen Faktor. Der Boom der Angelfischerei, inklusive jener an der Donau, lässt sich anhand der von den Bezirkshauptmannschaften beziehungsweise ab Inkrafttreten des NÖ. Fischereigesetzes 2001 von den Fischereirevierversbänden in Niederösterreich ausgegebenen, amtlichen Fischerkarten ablesen (§ 14 (1) NÖ FischG 2001). Waren es 1948 nur 2 782 Stück und 1973 schon 10 983, so sind es 2013 bereits 43 600 Fischerkarten (Jungwirth 1975 und mündliche Mitteilung Karl Gravogl).



Stand früher der Fang und Verzehr von Fischen im Vordergrund, sind heute immer mehr auch Erholung und Entspannung sowie Erlebnis von Natur und Gewässern wichtige Motive für das Angeln. Eine wichtige Funktion der Angelfischerei besteht unter anderem auch darin, dass sich gut organisierte Fischereirevierversbände und Anglervereine traditionell für den Gewässerschutz einsetzen und für die Erhaltung und Wiederherstellung intakter Fließgewässer engagieren. Im Vergleich zu den USA und Skandinavien, wo das Fischen als die Freizeitbeschäftigung schlechthin gilt und Fisch als Nahrungsmittel nach wie vor einen sehr hohen Stellenwert besitzt, ist der Anteil der in Österreich fischenden Bevölkerung jedoch mit rund 10% vergleichsweise gering. Um die Jahrtausendwende fischten in Österreich insgesamt rund 410 000 Personen (Jungwirth et al. 2009; Kohl 2000).

An der Donau und ihren Ausständen dominiert heute nach wie vor die Fischerei auf Hecht, Zander, Wels und Karpfen, denen mit Natur- und Kunstködern verschiedenster Art, vom Ufer oder Boot aus nachgestellt wird. Hohe Attraktivität besitzen dabei Revierteile im Übergangsbereich vom Strom zu Augewässern, in denen sich aufgrund des nach wie vor breiten Artenspektrums bisweilen auch überraschende Fänge seltener Arten erzielen lassen. Die beliebtesten Reviere sind diejenigen, bei denen landschaftliche Schönheit und Ruhe, zusammen mit intakter Pflanzen- und Tierwelt ein hohes Naturerlebnis erlauben (Abb. 3.35 und 3.36). Nicht zufällig ergeben sich daraus auch bisweilen Konflikte mit dem Naturschutz, der den Druck auf sensible Ufer, Störungen brütender Wasservögel und dergleichen durch Angler befürchtet.

Will man den Einfluss der Angelfischerei auf die Donaufischbestände abschätzen, ist festzustellen, dass bisher weder von der Donau selbst, noch von ihren Nebengewässern exakte Daten zur Anzahl der Angler und zu deren Fängen hinsichtlich Art, Anzahl und Gewicht vorliegen. Erste Rückschlüsse über den „Befischungsdruck“ lassen sich jedoch aus den Auswertungen ziehen, die Ernst Hadwiger, Geschäftsführer des „Fischereirevierversbandes 1 –

Abb. 3.36 Mit einer Zille erreicht man beim Angeln verschiedene Bereiche der Altwässer.

Krems“, für das vorliegende Kapitel erstellt hat. Die nachfolgenden Berechnungen wurden von ihm auf Basis der Fischereikataster der Fischereireviervverbände (FRV) I und II anonymisiert vorgenommen.

Die gesamte für die Fischerei relevante Uferlänge in Niederösterreich (links- und rechtsufrig) beträgt ca. 385,4 km. Der niederösterreichische Donauabschnitt ist samt den Gewässern des Hinterlandes (Altarme, Ausstände, Gießgänge) in insgesamt 65 Fischereireviere eingeteilt. Von diesen liegen rechtsufrig 33 Reviere (davon umfasst nur ein Revier Gewässer des Hinterlandes), linksufrig 23 Reviere (davon drei mit Gewässern im Hinterland) und beidufriß neun Reviere. Die Flächenausdehnung der 65 Reviere macht rund 7 450 ha aus, einer durchschnittlichen Reviergröße von 114,5 ha entsprechend.

Für die 65 niederösterreichischen Donau-Fischereireviere ist derzeit die Höchstzahl der zu vergebenden Fischereilizenzen mit 6 243 Jahreslizenzen (JL) festgesetzt. Dies entspricht durchschnittlich 0,84 JL je Hektar Donau- oder Hinterlandgewässer beziehungsweise durchschnittlich rund 96 JL je Revier. Tatsächlich werden wohl deutlich weniger Lizenzen ausgegeben. Die genaue Anzahl ist allerdings nicht bekannt, ebenso wenig die der in Äquivalente umgerechneten anderen Lizenzarten (Tages-, Wochen-, Monats- und Halbjahreslizenzen).

Hinsichtlich der Ausfänge durch die Angler wurden die Fangstatistiken der letzten fünf Jahre (2009–2013) von gut dokumentierten Revieren ausgewertet: 10 Reviere

aus dem Bereich der Fließstrecken Wachau und östlich von Wien, und 15 Reviere aus den restlichen, durch Kraftwerksstaue beeinflussten Donauabschnitten. Die betrachteten Fischarten sind Barbe, Brachse, Hecht, Karpfen, Nase, Nerfling, Rußnase, Schied, Wels und Zander. Neben den genannten Arten werden natürlich auch noch andere Fischarten wie Aalrutte, Aitel, Barsch, Karausche, Rotaugen, Rotfeder, Schleie, Wolgazanzer etc. gefangen, doch sind deren Entnahmemengen nur sehr gering.

Die Ergebnisse von den Fließstrecken beziehen sich auf 10 Reviere mit einer Fläche von 1 468 ha und der Höchstanzahl von 1 515 JL. Das mittlere Fangergebnis der oben angeführten Fischarten beträgt insgesamt 2 282 Stück beziehungsweise 6 835 kg pro Jahr. Davon entfallen auf die untersuchten Fischarten die in *Tabelle 3.2* ersichtlichen Anteile.

Der mittlere Ausfang an diesen Fischarten pro JL (auf Basis der Lizenzhöchstanzahl) beträgt somit 4,5 kg beziehungsweise 1,5 Stück; jener pro Hektar Revierfläche macht 4,7 kg oder 1,6 Stück aus.

Die Ergebnisse von den staubeeinflussten Strecken beziehen sich auf 15 Reviere mit einer Fläche von 1 847 ha und einer Höchstanzahl von 1 977 JL. Im Mittel wurden pro Jahr 6 407 Stück beziehungsweise 15 725 kg der oben angeführten Fischarten ausgefangen. *Tabelle 3.3* veranschaulicht die jeweiligen Anteile der untersuchten Fischarten.

Fischart	Stück	%	kg	%
Barbe	289	12,7	515	7,5
Brachse	414	18,1	868	12,7
Hecht	162	7,1	488	7,1
Karpfen	1 085	47,6	3 893	57,0
Nase	56	2,4	64	0,9
Nerfling	9	0,4	11	0,2
Rußnase	49	2,2	29	0,4
Schied	37	1,6	87	1,3
Wels	63	2,8	564	8,3
Zander	117	5,1	315	4,6
Summe	2 282	100,0	6 835	100,0

Tab. 3.2 Fangergebnisse in den Fließstrecken der niederösterreichischen Donau 2009–2013

Der mittlere Ausfang an diesen Fischarten pro JL (auf Basis Lizenzhöchstanzahl) beträgt 8,0 kg beziehungsweise 3,2 Stück; jener pro Hektar Revierfläche kommt auf 8,5 kg oder 3,5 Stück.

Beim Vergleich der Fließstrecken mit den staubeeinflussten Strecken wird ersichtlich, dass letztere sowohl hinsichtlich des entnommenen Gesamtgewichtes (8,0 kg) als auch der Stückzahl (3,2 Stück) pro Angler und Jahr rund den doppelten Ausfang ergeben. Beim mittleren erzielten Fang pro Hektar Revierfläche liegen die Ergebnisse größenordnungsmäßig ähnlich. Die Werte der pro Angler gefangenen Fische zeigen zugleich, dass die 3,2 Stück entnommenen Fische im Durchschnitt 2,5 kg wiegen und damit vergleichsweise groß sind (in den Fließstrecken sind die rund 1,5 entnommenen Fische durchschnittlich rund 3 kg schwer). Höchst interessant ist der Befund, dass die früher massenweise vorkommende Nase selbst in den Fließstrecken nur mehr 2,4% des Gesamtfanges ausmacht und in den staubeeinflussten Revieren sogar auf 0,4% absinkt. Bei der strömungsliebenden Barbe ist zwar ebenso ein relativer Abfall zu verzeichnen, aber deutlich weniger ausgeprägt. Ebenfalls interessant ist das Ergebnis, dass die Prozentanteile gefangener Brachsen und Welse in den Fließstrecken jeweils mehr als das Doppelte von jenen in staubeeinflussten Bereichen ausmachen. Beim Zander ergibt sich genau die umgekehrte Tendenz. „Massenfisch“ mit jeweils rund 50% bleibt aber sowohl in Fließstrecken als auch in staubeeinflussten Bereichen der Karpfen.

Auf Basis dieser Auswertungsergebnisse aus Niederösterreich lässt sich eine grobe Abschätzung des „Befischungsdrucks“ durch Angler vornehmen. Der Berechnung zugrundegelegt werden die Uferlänge von ca. 385,4 km der niederösterreichischen Donau (links- und rechtsufrig) und die Flächenausdehnung der 65 Reviere von rund 7450 ha sowie die daraus resultierende Höchstzahl der zu vergebenden Jahreslizenzen von insgesamt 6243 Stück beziehungsweise die rund 0,84 JL pro Hektar Donau- und Hinterlandgewässer. Unter der Annahme gleicher Rahmenbedingungen auf die gesamten Uferlängen der österreichischen Donau von insgesamt 672 km umgelegt (rechtsufrig 350,5 km und linksufrig 321,5 km), würde dies eine Anzahl von rund 10900 Jahreslizenzen bedeuten. Hochgerechnet mit den für staubeeinflusste Bereiche höheren Ausfangwerten pro JL von 8,0 kg beziehungsweise 3,2 Stück, entspräche dies einer maximalen jährlichen Entnahme von rund 87 Tonnen oder rund 35000 Stück Fischen. Rund die Hälfte davon entfällt auf Karpfen, deren Bestand fast ausschließlich auf Besatz zurückzuführen ist. Die wirkliche Entnahmemenge dürfte freilich deutlich kleiner sein, da hier mit der Höchstzahl zu vergebender Lizenzen und ohne Berücksichtigung der niedrigeren Fangergebnisse in den Fließstrecken (siehe oben) der Donau hochgerechnet wurde.

Fischart	Stück	%	kg	%
Barbe	475	7,4	603	3,8
Brachse	565	8,8	614	3,9
Hecht	515	8,0	1501	9,5
Karpfen	3423	53,4	10383	66,0
Nase	24	0,4	20	0,1
Nerfling	13	0,2	18	0,1
Rußnase	531	8,3	271	1,7
Schied	44	0,7	83	0,5
Wels	80	1,2	577	3,7
Zander	739	11,5	1655	10,5
Summe	6407	100,0	15725	100,0

Tab. 3.3 Fangergebnisse in den gestauten Strecken der niederösterreichischen Donau 2009–2013



Auch Kormorane fangen Fische

„*Corvus Aquaticus*, ein Seerabe,
Ist ein Rabengeschlechte, welches sich gerne in und bey dem
Wasser aufzuhalten pflaget, oder ein Raubvogel, der da
tauchen und fischen kan, so starck als ein Capaun, der sich
bald in der See, bald in den Strömen finden läst: er setzet
sich auch wol zuweilen auf die Bäume; iedoch geschieht
solches gar sehr selten ... Dieser Vogel flieget nicht gar
zu ofte, wegen der Schwere seines Leibes: er ist überaus
gefressig, fällt sowol auf kleine, als auf grosse Fische.“
(Nicholas Lemery 1721)

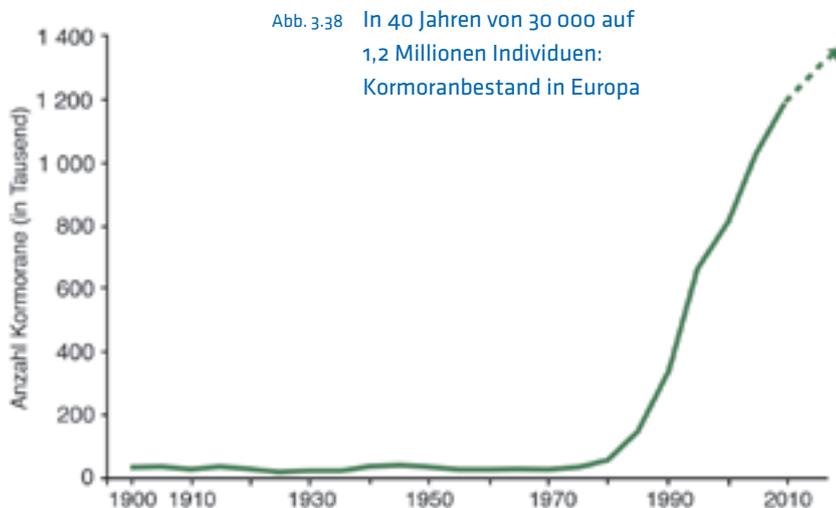
Eine nicht unerhebliche Entnahme von Fischen findet in der Donau neben der Angelfischerei auch durch Kormorane statt. Diese praktisch ausschließlich Fische fressende Vogelart wurde aus Gründen der „Konkurrenz“ lange Zeit vom Menschen stark verfolgt. Der Kormoran brütete in den unteren Bereichen der österreichischen Donau vereinzelt bis in die frühen 1970er und war bei uns zu dieser Zeit vor allem als Wintergast zu finden. Entsprechend dem niedrigen Gesamtbestand im westlichen Kontinentaleuropa von lediglich 20 000 bis 30 000 Vögeln war die Anzahl der Kormorane damals aber gering. Aufgrund des Zusammenwirkens verschiedener Faktoren, etwa riesiger, neu geschaffener Gewässer mit hohem Nahrungsangebot in den Niederlanden, des Verbotes schädlicher Umwelt-

Abb. 3.37 *Corvus Aquaticus* (Seerabe) – So bezeichnete der berühmte Donauforscher Luigi Ferdinando Marsigli den Kormoran im Jahr 1726.

gifte, totaler Unterschutzstellung u. a. m., nahmen aber im Laufe der Zeit die europäischen Kormoranbestände massiv zu. Innerhalb von nur 40 Jahren vermehrte sich alleine die westliche Sinensis-Population auf über eine Million Tiere (Kohl 2011; Abb. 3.38).

Im Winter ziehen Kormorane von ihren Brut- und Fressplätzen in hohen Zahlen in den Süden, dabei unter anderem auch nach Österreich. So betrug der Bestand der Wintergäste im Jahr 1995 in Österreich 4 000 bis 5 000 Vögel. Die österreichische Donau ist dabei ein beliebter Überwinterungsraum. Der Strom ist im Gegensatz zu den Au- und Altwässern auch bei sehr niedrigen Außentemperaturen eisfrei und erlaubt damit die Jagd auf Fische. Insbesondere bei winterlichen Hochwässern, verbunden mit hoher Trübe, oder aber bei großflächigem Zufrieren der Augewässer, weichen die Kormorane auch gerne an die Zubringer aus. Dann können bei einem starken Einfall von Kormoranen vor allem bei Äschen- oder Nasenbeständen in kurzer Zeit massive Verluste auftreten. Die Auswirkungen sind vielfach beträchtlich. Bei einem täglichen Fischkonsum von rund 0,45 kg pro Vogel entnehmen größere Schwärme von angenommen 100 Kormoranen pro Tag rund 45 kg Fische und verletzen zusätzlich auch weitere Fische letal. Die Menge der gefressenen Fische lässt sich am ehesten durch die genaue Beobachtung und Zählung der Vögel und deren Aufenthaltstage (Kormoranpräsenz) abschätzen.

Die in den letzten Jahren stark gestiegene Fischentnahme wirkt sich in vielen Gewässern umso gravierender aus, als durch die regulierungs-, kraftwerks- und schiffahrtsbedingten Vorbelastungen bereits massiver Druck auf die verbliebenen Fischbestände besteht. Die früher in riesigen Schwärmen auftretende Nase beispielsweise ist aufgrund des bestehenden „Gesamtdruckes“ aller Einwirkungen bereits erheblich bedroht. Schon eine geringe Zusatzbelastung bedeutet daher die Gefahr des völligen Zusammenbruchs dieser Art (vgl. dazu Kapitel 3.2). Eine genaue Differenzierung des Einflusses von Kormoranen und anderer Faktoren ist bislang bei großen Flüssen wie der Donau alleine schon aufgrund eingeschränkter methodischer Möglichkeiten zum Scheitern verurteilt. Dennoch lassen sich Größenordnungen des Fressdruckes abschätzen. Geht man davon aus, dass an der gesamten österreichischen Donau und ihren Gewässern des Hinterlandes jährlich von Anfang Oktober bis Ende März im Durchschnitt 2 400 Kormorane fischen (Bezugsbasis sind dabei die Winterzählungen in den Jahren 2000–2012; mündliche Mitteilung Parz-Gollner) und damit über 6 Monate täglich 0,45 kg Fische fressen, so ergibt dies eine Gesamtmenge von rund 195 t entnommener Fische. Dies ist ca. 2,2 mal so viel, wie die hochgerechnete Entnahme durch die Angel-fischerei. Zum sicherlich nicht unwesentlichen Einfluss des Kormorans auf die Donaufischbestände trägt auch bei, dass die Vögel im Gegensatz zur Entnahme der Angler deutlich kleinere Fische fressen und damit ein Vielfaches hinsichtlich der Stückzahl entnehmen.



Neobiota, die unbekannten Wesen

Neben der Entnahme von Fischen durch Angler und Fischfresser entstand in jüngster Zeit durch mehrere neu eingewanderte Grundelarten für die heimischen Fischarten der Donau eine weitere, bisher unbekannte Konkurrenz. Infolge explosionsartiger Vermehrung übte die ab der Jahrtausendwende bereits massiv auftretende Kesslergrundel einen intensiven Fressdruck auf die Eier, Brut und Jungfische anderer Arten aus. Schon kurz darauf vermehrte sich die besonders aggressive Schwarzmaulgrundel massenhaft und drängte die Kesslergrundel stark zurück (Abb. 3.39). Für weitere Informationen zur faszinierenden Geschichte des Auftretens und der Entwicklung der genannten und weiterer Grundelarten sei hier auf Kapitel 3.2 verweisen.

Bemerkenswert in diesem Zusammenhang ist die Tatsache, dass zwar das Auftreten dieser Neuankömmlinge in Kreisen der Biologie und Fischerei bekannt war, aber in Österreich dazu fast keine Untersuchungen angestellt wurden (Wiesner 2003). Die Neobiota haben zwar mit Sicherheit sehr starken Einfluss auf die aquatische Fauna und insbesondere auf die schon lange etablierte heimische Fischfauna, bleiben aber hinsichtlich ihrer detaillierten Einflüsse und komplexen Wirkungen weiterhin weitgehend „unbekannte Wesen“. Noch mehr gilt hier daher



Abb. 3.39 Die Schwarzmaulgrundel (*Neogobius melanostomus*) ist aktuell die häufigste Grundelart in der Donau.

das schon zuvor bezüglich des Kormorans Gesagte: Aufgrund der beschränkten methodischen Möglichkeiten am Großfluss Donau und des völligen Fehlens einschlägiger Untersuchungen zur Neozoenproblematik ist derzeit eine Differenzierung und damit ein „Auseinanderhalten“ des Einflusses der Grundeln von anderen Einwirkungen nicht möglich.

Auch an Land kommen die einheimischen Arten zunehmend in Bedrängnis. Fremde Pflanzenarten, die sogenannten Neophyten, sind in vielen Bereichen entlang der Donau und auch im Nationalpark östlich von Wien ebenfalls ein großes Problem. Hier erweisen sich vor allem Götterbaum (*Ailanthus altissima*), Eschenahorn (*Acer negundo*) und Robinie (*Robinia pseudoacacia*) als besonders konkurrenzstark. Die Uferböschungen der Donau und der Zubringer werden zunehmend vom beinahe unverwüstlichen Japanischen Staudenknöterich (*Fallopia japonica* oder *Reynoutria japonica*) überwuchert. Das Problem der invasiven Neophyten wird im Zusammenhang mit den Revitalisierungen im Kapitel 4 behandelt.

Global change – auch die Donau wird wärmer

Die Anzeichen verdichten sich, dass sich auch unsere Fließgewässer nicht mehr dem generellen Trend der Klimaerwärmung entziehen. Untersuchungen an Schweizer Fließgewässern ergaben einen Anstieg der Wassertemperatur zwischen 0,4° und 1,6° Celsius innerhalb der letzten 25 Jahre als Folge des Klimawandels (Fischnetz 2004). In einer ähnlichen Studie des Bundesamtes für Wasserwirtschaft in Scharfling konnte für zahlreiche oberösterreichischen Fließgewässer ebenfalls eine signifikante Zunahme zwischen 1984 und 2004 festgestellt werden. Demnach ist zu erwarten, dass die Wassertemperaturen auch weiterhin im Mittel jährlich um bis zu 0,12° Celsius ansteigen werden (Prinz et al. 2009). Da jede Fischart sehr spezifische Ansprüche an die Wassertemperatur hat, kann angenommen werden, dass sich künftig die Verteilung einzelner Fischarten im Längsverlauf der Fließgewässer verändern wird – die sogenannten Fischregionen werden sich somit verschieben (Melcher et al. 2013).

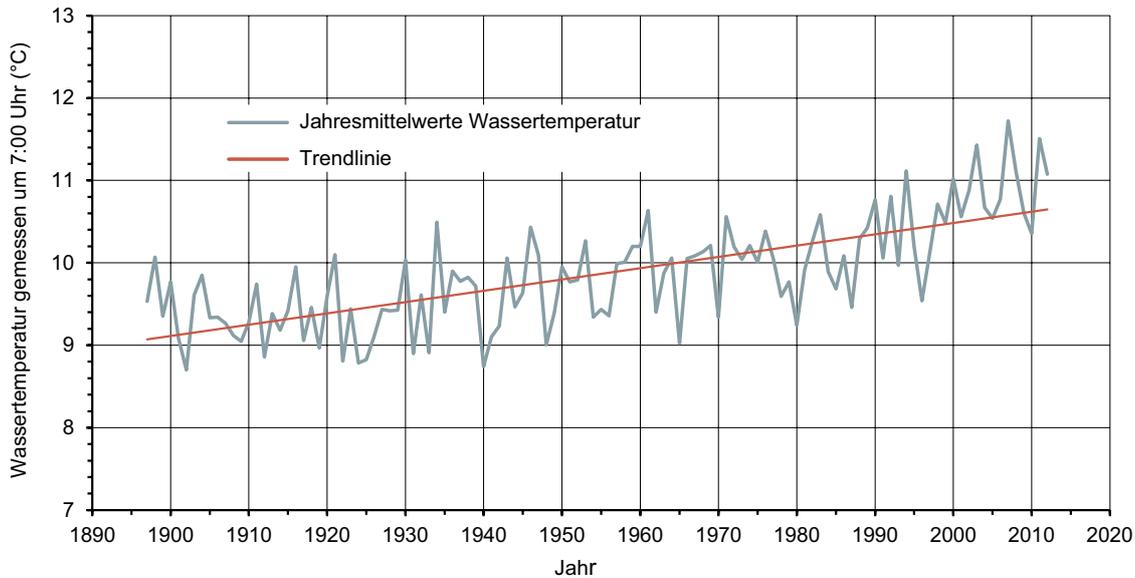


Abb. 3.40 Die Auswertung der mittleren Wassertemperatur der Donau zwischen 1897 und 2012 bei Hainburg zeigt einen klaren Trend.

Abb. 3.41 Der größte Wels (2 m lang und 64 kg schwer) aus einem Tagesfang von 500 kg Welsen, der im Donau-Eigenrevier des Forstamtes Grafenegg vom Pächter Anton Hammerschmidt im Jahr 1917 gefangen wurde.

Eine ähnliche Zunahme der Wassertemperatur ist auch an der österreichischen Donau nachweisbar; zum Beispiel in Hainburg, von wo eine längere Messreihe verfügbar ist (Abb. 3.40). Seit den 1930er Jahren erfolgte der Anstieg der Wassertemperatur bei Hainburg vorerst nur langsam, beschleunigte sich aber seit den 1980ern rasant. In Linz stieg das Jahresmittel im 20. Jahrhundert von 8,6° auf 10,2° Celsius – also um 1,6° Celsius – an, wobei auch hier zwei Drittel des Gesamtanstieges in den letzten 30 Jahren passierten (Schimon et al. 2010). Dabei sind die beobachteten Veränderungen saisonal unterschiedlich. In den Herbstmonaten ist der größte Anstieg zu verzeichnen, gefolgt von den Sommermonaten. Ähnliche Ergebnisse liegen auch für die Donau in Wien vor. Diese Daten bedürfen freilich vorsichtiger Interpretation, da bei der Wassertemperatur der Donau nicht nur der Klimawandel eine wichtige Rolle spielt. Auch die Abgabe von aufgewärmten, kommunalen Abwässern, Kühlwässern von Kraftwerken oder Industriebetrieben etc. trägt sicherlich zur Aufwärmung bei. Wie auch immer der Anstieg der Wassertemperatur zustande kommt – er ist jedenfalls Realität.



Neben der Zunahme der mittleren Wassertemperatur fällt auf, dass in den letzten 10 bis 20 Jahren im freien Strom während sommerlicher Hitzeperioden zunehmend auch Temperaturspitzen von über 23° Celsius (kurzfristig sogar über 24° Celsius) auf die Dauer mehrerer Tage auftreten. Dies könnte auch ein maßgeblicher Grund dafür sein, warum der Europäische Wels (*Silurus glanis*, L.) seit wenigen Jahrzehnten in der Donau eine stark zunehmende Population aufweist. Eine durchaus plausible Erklärung für dieses Phänomen wäre, dass die gegen Ende der „großen Donauregulierung“ (Wende 19. zum 20. Jahrhundert) aus den ehemaligen Seitenarmen neu entstandenen, stagnierenden und somit sommerwarmen Altwässer die Vermehrung des Welses begünstigten, was sich auch aus den regelmäßigen Fängen der Berufsfischer zu dieser Zeit ablesen lässt (Abb. 3.41). Mit der folgenden Abtrennung des Stromes von den begleitenden Altwässern durch die anschließenden Regulierungsmaßnahmen, vor allem aber durch die lückenlosen Begleittämme der Stauräume, wurden diese sommerwarmen Reproduktionsareale erheblich reduziert. Da der Donaustrom selbst aber für das erfolgreiche Ablaichen des Welses meist ein wenig zu kühl blieb, sackte die Welspopulation über Jahrzehnte ab. Erst mit dem Anstieg der Temperatur des Donauwassers im späten Frühjahr und Frühsommer auf über 20° Celsius wurden

schließlich Bedingungen erreicht, die dem Wels nunmehr im Hauptstrom selbst erfolgreiche Reproduktion erlauben. Die in den letzten Jahrzehnten in vielen großen europäischen Flüssen stark zunehmenden Welsbestände deuten darauf hin, dass diese Hypothese einiges an sich hat.

Das Wirrwarr an Einflüssen

Trägt man die im vorliegenden Kapitel beschriebenen Einflüsse grob schematisiert auf einer Zeitskala ab dem Jahr 1800 auf, so ergeben sich recht klare Tatsachen und Trends (Abb. 3.42). Vor allem die zur Verbesserung der Schifffahrt durchgeführten Regulierungen, welche zu tiefgreifenden ökologischen Beeinträchtigungen führten, waren bis zur Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert weitgehend abgeschlossen. Weitere Regulierungsarbeiten wurden nach dem Ersten Weltkrieg nur mehr lokal vorgenommen. Die bestehenden Wasserbauten beeinflussen aber nach wie vor das Ökosystem der Donau in negativer Weise. Auch bei den ausschließlich dem Hochwasserschutz dienenden Maßnahmen waren bereits zu Beginn des Ersten Weltkrieges einige größere Projekte abgeschlossen. Weitere Projekte erfolgten später eher anlassbezogen oder wurden nicht mehr weiterverfolgt, da viele Maßnahmen zum Hochwasserschutz im Rahmen der Kraftwerksbauten realisiert wer-

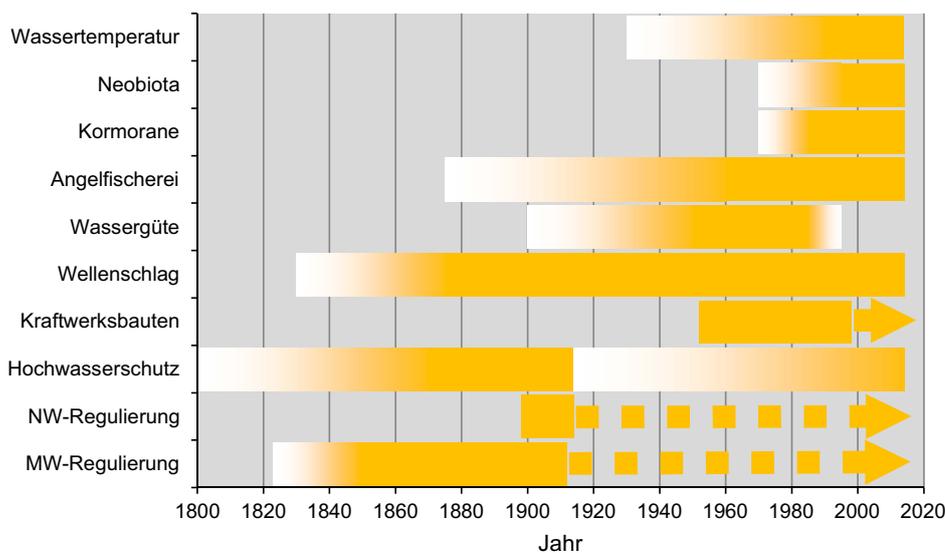


Abb. 3.42 Schematisierte Darstellung der zeitlichen Trends menschlicher Eingriffe und anderer Einflüsse an der österreichischen Donau (helle Balken) Anfangsphase der Maßnahmen/Einflüsse mit geringer Wirkungsintensität (orange Balken) Intensive Phase (Pfeile) Langfristiges Weiterwirken bereits abgeschlossener Maßnahmen

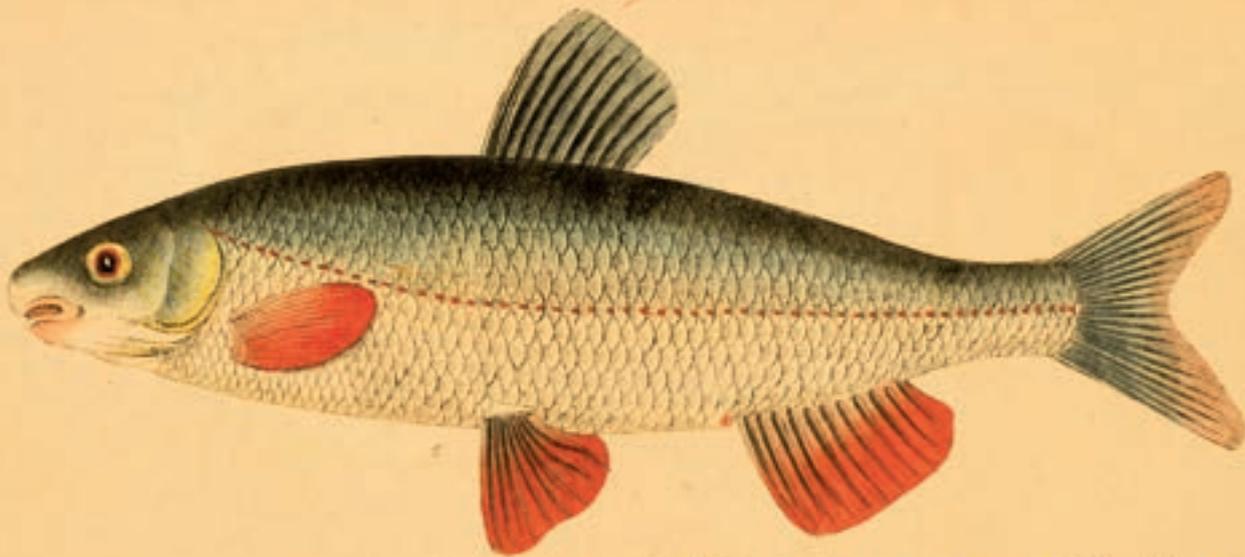
den konnten. Erst in jüngerer Zeit hat dieses Thema, unabhängig von Kraftwerksprojekten, wieder hohe Relevanz.

Obwohl speziell bei kleineren und mittleren Donauzubringern zum Teil schon im Mittelalter unpassierbare Wehranlagen bestanden, ergab sich an den großen Zubringern und der Donau selbst der wirkliche Kraftwerks-Boom erst nach 1950. Wenn auch das Bauprogramm bezüglich der Kraftwerke im Jahr 1998 abgeschlossen war (sofern man vom kleinen Kraftwerk Nussdorf und Leistungsoptimierungen bestehender Werke absieht), bestehen die damit verbundenen und ökologisch als besonders schwerwiegend einzustufenden Probleme der Unterbrechung des Längskontinuums, der Sohleintiefung und damit der Entkoppelung der Niveaus von Donau und Auen bis heute. Ähnlich verläuft der Trend von Schifffahrt und schifffahrtsbedingtem Wellenschlag, der sich insbesondere in den letzten Jahrzehnten verstärkt als Problem manifestiert.

Die mittlere Wassertemperatur der Donau nahm in den letzten 100 Jahren um ca. 1,5° Celsius zu, wobei seit ungefähr 1990 ein verstärkter Anstieg zu beobachten ist. Anders entwickelt sich die Wasserqualität der Donau, die einen gegenläufigen Trend zeigt, indem sie sich ab den 1980ern deutlich verbesserte. Die vor allem hinsichtlich der Fischentnahme relevante Angelfischerei besitzt in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts noch vergleichsweise wenig Umfang und weitet sich erst nach dem Zweiten Weltkrieg aus. Dagegen werden die „biologischen“ Einflüsse Kormoran und Neobiota überhaupt erst ab den 1980ern beziehungsweise 1990ern relevant.

Mit Ausnahme der Wassergüte bewirken sämtliche Einflussfaktoren zusammen, dass kurz vor der Jahrtausendwende der negative Kulminationspunkt für die aquatische Fauna und speziell für die Fischbestände der Donau erreicht wird. Derzeit einziger Hoffnungsschimmer für die Zukunft sind die Revitalisierungsmaßnahmen an der Donau und ihren Zubringern, die ab den späten 1990ern beginnen und in jüngster Zeit hinsichtlich Anzahl und Umfang immer mehr an Bedeutung gewinnen. Diese Revitalisierungsprojekte zielen nicht nur auf Verbesserungen der regulierungs- und kraftwerksbedingten

hydromorphologischen Defizite ab, sondern versuchen auch schifffahrts- beziehungsweise wellenschlagbedingte Auswirkungen zu beheben. Der Philosophie, Planung und Umsetzung solcher Revitalisierungen sowie der Darstellung bereits realisierter Projekte und deren Erfolgskontrolle ist *Kapitel 4* gewidmet.



2. Die Nase. *Cryprinus nasus*. Le nazos. Seinen Namen trägt dieser Fisch von dem stumpfen, nasenförmig hervorstehenden Oberkiefer, der, so wie auch der untere, mit sechs stumpfen, in einander greifenden Zähnen besetzt ist. Die unteren Kiemen sind roth, die Rücken- und Schwanzflosse so wie der Rücken ist schwarzlichblau, der Bauch fahrig. Eigenthümlich ist es, daß ihr Bauchfell inwendig schwarz ist. Im April treten sie aus den großen Flüssen in großen Scharen in die kleinen, um ihr Laich an den Steinen abzusetzen, wobei sie in manchen Gegenden in großer Menge gefangen werden. Wegen der vielen Gräten ist jedoch ihr Fleisch nicht sehr geschätzt. Die Männchen bekommen in der Laichzeit schwarze Flecken an den Kiemen. Ihre Größe beträgt nicht viel über einen Fuß, ihre Schwere höchstens 2 Pfund.

3.2

Die fischökologische Situation seit Mitte des 20. Jahrhunderts

Vergleicht man das heutige Fischarteninventar der Donau mit historischen Befunden, so zeigt sich, dass der überwiegende Teil der heimischen Artengemeinschaft nach wie vor existiert. Viele Arten liegen freilich aktuell nur mehr in rudimentären Beständen vor. Lediglich die großen, anadromen Störarten Hausen, Waxdick und Sternhausen, die ursprünglich als saisonale Einwanderer zum Laichen aus dem Schwarzen Meer nach Österreich aufstiegen, waren zufolge lange zurückreichender Überfischung schon im 19. Jahrhundert in ihrem Bestand stark dezimiert. Seitdem ihre Wanderroute im Jahr 1972 durch die Inbetriebnahme des Kraftwerks Eisernes Tor 1 endgültig unterbrochen wurde, sind sie aus unserem Gebiet restlos verschwunden (Schiemer et al. 1994; Schmall & Friedrich 2014).

Der unter anderem von Heckel (1852) beschriebene Fischartenreichtum der weitgehend noch unregulierten Donau wurde bereits im *Kapitel 2.2* über die historische Fischfauna ausführlich behandelt. Nicht nur die große Artenvielfalt, sondern auch die bemerkenswert hohen Fischdichten waren das Resultat von Lebensraumvielfalt und zugleich quantitativ enorm hohem Lebensraumangebot. Hinsichtlich der absoluten Fischdichten und relativen Artenanteile liegen freilich aus der Vergangenheit kaum Daten vor, die eine detaillierte Analyse und Interpretation erlauben würden.

Erste systematische Fischbestanderhebungen, die eine quantitative Schätzungen der Bestände und Artverteilung in verschiedenen Habitaten erlauben, erfolgten in der Donau erst ab den 1970er Jahren. Damals war die Donau bereits voll reguliert und einige Donaukraftwerke im Betrieb (vgl. *Kapitel 3.1*). Allerdings dominierten Mitte der 1970er noch freifließende Abschnitte die österreichische Donau. Somit spiegelt die Fischassoziation der 1976 noch freifließenden Donau bei Linz auch ganz treffend die damalige Situation wider. Eine Bestandsaufnahme mit Hilfe der Elektrofischerei erfolgte durch Janisch (1980) flussauf und flussab von Linz. Ziel dieser Arbeit war es unter anderem, die Verteilung von so genannten „Gut- und Minderfischen“ zu ermitteln, um die fischereiwirtschaftliche Ertragssituation besser abschätzen und im Zuge der Errichtung des Donaukraftwerks Abwinden-Asten auftretende Schäden bewerten zu können. In *Abbildung 3.43* sind alle Fänge im Hauptstrom zusammengefasst und die Fische von links nach rechts hinsichtlich ihrer Strömungspräferenz gereiht. Die Häufigkeitsverteilung zeigt ein sehr typisches Bild. Die Nase dominiert im frei fließenden Strom deutlich. Als rheophile Charakterart des Epipotamals kam diese Art damals so häufig vor, dass sie regelrecht „in Massen“

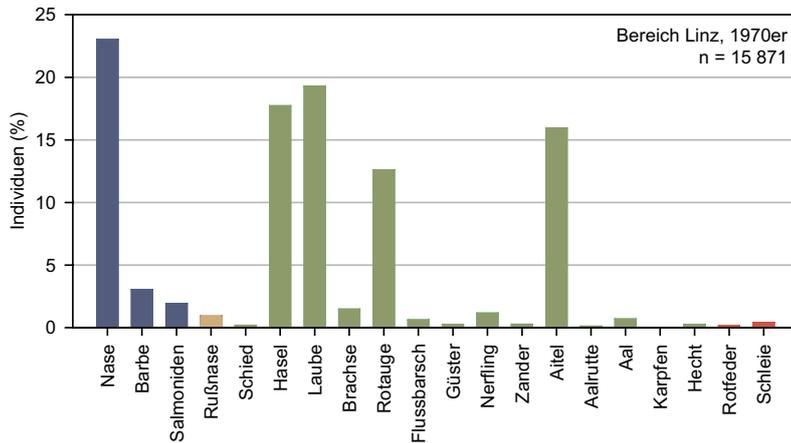


Abb. 3.43 Artverteilung in der Fließstrecke bei Linz in den 1970er Jahren (Elektrofangdaten, seltene Arten nicht berücksichtigt)
 (blau) rheophil
 (braun) oligorheophil
 (grün) indifferent
 (rot) stagnophil

gefangen werden konnte. Die hohe Dichte an Nasen erklärt sich mit dem damals noch großflächig vorhandenen Angebot der bevorzugten Habitate. Trotz der Regulierung lagen vor allem in Gleithangbereichen nach wie vor weitläufige, flache Schotterbänke als Jungfischlebensräume vor. Auf gut angeströmten, flach auslaufenden Kiesufern, aber auch in den Unterläufen der Zubringer, ergaben sich auf diese Weise ideale Reproduktionsbedingungen für diese Fischart. Solche Rahmenbedingungen boten aber auch anderen typischen Donauarten sehr günstige Voraussetzungen. *Abbildung 3.43* zeigt beispielsweise auch hohe Anteile von Hasel und Aitel. Letztgenannter Art kamen die Ufersicherungen in Form von Blockwurf sogar entgegen, da diese für strukturgebundene Arten durchaus geeignete Habitate darstellen. Arten wie Rotaugen und Brachse wiederum finden einerseits im Hauptstrom, andererseits aber auch in Nebengewässern inklusive der bereits existierenden Häfen sowie in den regulierungsbedingt abgeschnittenen Altarmen zu jeder Jahreszeit passende Lebensräume vor. Interessant ist der damals nur vergleichsweise geringe Anteil der Barbe, die als Leitart des Epipotamals gilt. Aufgrund der Habitatpräferenz dieser Art für eher tiefere, strömende Bereiche, dürften aber im konkreten Fall auch methodische Gründe für die eher geringe Häufigkeit bei Elektrofischungen eine Rolle spielen. In der *Abbildung* sind Arten wie Frauenerfling, Weißflossengründling, Zingel, Schrätzer und andere donautypische Arten nicht dargestellt. Deren Vorkommen ist allerdings in geringen Stückzahlen namentlich dokumentiert.

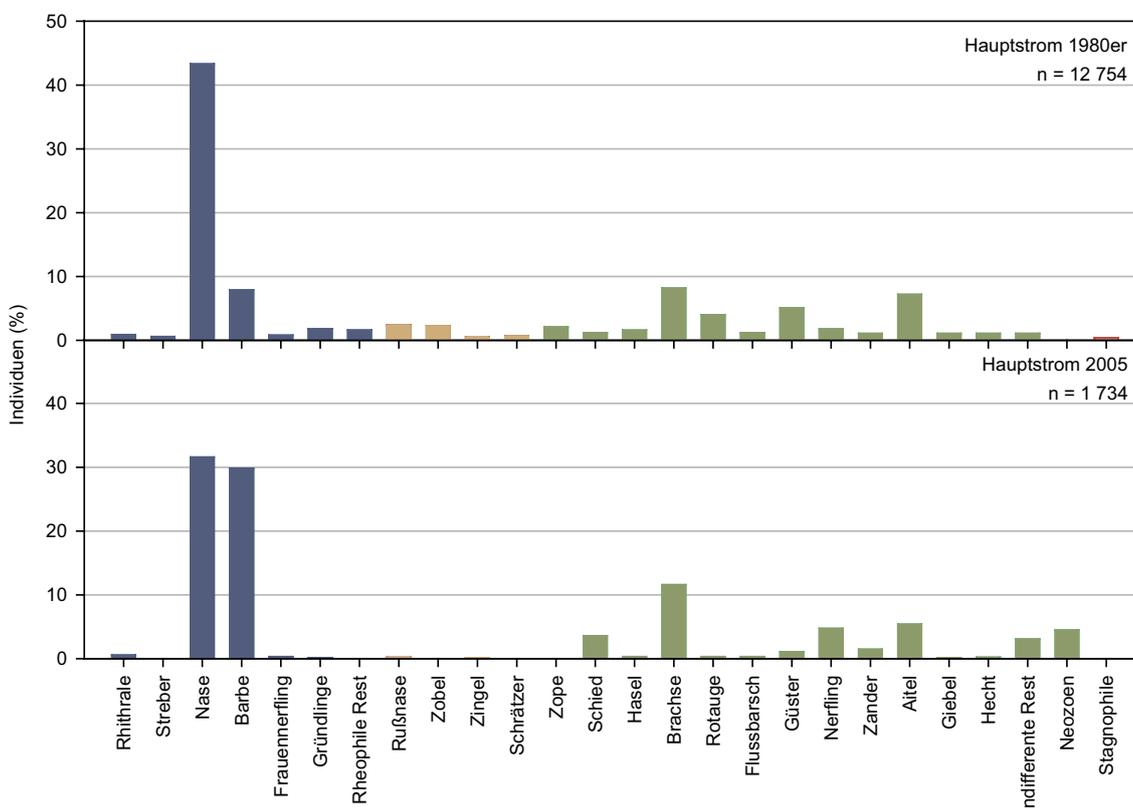
Ungefähr 10 Jahre nach den Erhebungen in der damaligen Fließstrecke bei Linz erfolgten erstmals wissenschaftliche Untersuchungen in der Fließstrecke östlich von Wien. Die kumulierten Ergebnisse zeigen bei einer ähnlich hohen Anzahl insgesamt gefangener Fische ein durchaus noch sehr ähnliches Bild wie zuvor in Linz (*Abb. 3.44* oben). Die vielen Nasen spiegeln eindrucksvoll die Lebensraumbedingungen der Donau östlich von Wien wider. Weitläufige, seichte Schotterflächen mit sehr flachen Ufern, welche bei allen charakteristischen Abflüssen günstige Bedingungen für Reproduktion, Larven und Jungfische bieten, kommen freilich nicht nur der Nase zugute. Sie bieten aufgrund der hohen Fließgeschwindigkeiten vor allem auch stark strömungsliebenden Arten wie Frauenerfling, Streber und Steingressling günstige Lebensräume. Weniger rheophile Arten wie Rußnase (Blaunase), Schrätzer oder Zobel finden sich in den schwächer angeströmten Uferbereichen, wo auch viele strömungsindifferente Arten anzutreffen sind. Die heterogenen Uferzonen, mit ihrer vielfältigen Ausformung der Uferlinie, stark wechselnder Wassertiefe und Sedimentzusammensetzung, sind Grundlage für das Vorkommen von Arten mit zum Teil sehr unterschiedlichen Lebensraumsansprüchen. Nicht zuletzt hat dabei auch die räumliche Nähe offener Altarme große Bedeutung, da viele Fischarten diese für die Reproduktion, den Nahrungserwerb oder als Rückzugsbereich aufsuchen.

Auch 20 Jahre später zeigt sich noch ein ähnliches Bild (Abb. 3.44 unten). Im Jahr 2005 dominieren noch rheophile Fischarten. Ebenso haben wichtige strömungsindifferente Fische ähnliche Anteile wie 20 Jahre zuvor. Das deutet zunächst darauf hin, dass sich im Donauabschnitt östlich von Wien die Bedingungen für diese Arten nicht wesentlich verändert haben. Bei näherer Betrachtung fallen freilich Veränderungen innerhalb der Rheophilen auf. Nase und Barbe haben nunmehr beinahe gleich hohe Anteile, während in den 1980ern Nasen noch fünfmal so häufig waren wie Barben. Zudem sind die natürlicherweise seltenen Rheophilen 2005 fast verschwunden. Auf den ersten Blick scheint dieses Phänomen schwer erklärbar, hat sich doch der Charakter dieser Donaustrecke in den vorangegangenen 20 Jahren wenig geändert. Es handelt sich nach wie vor um eine Fließstrecke, in der jüngst kaum noch stärkere wasserbauliche Eingriffe stattfanden. Eine genauere Analyse erlaubt es freilich, die Änderung des Fischbestandes zu interpretieren.

Tatsächlich kommt es in der Donaustrecke östlich von Wien aufgrund der kontinuierlich fortschreitenden Eintiefung der Sohle im Hauptstrom zu einer schleichenden Degradierung der Uferstrukturen. Zwischen den

beiden Erhebungsserien tiefte sich die Donau östlich von Wien um mehr als 50 cm ein, wodurch Schlüsselhabitate entlang der Uferlinie sukzessive verloren gingen. Zunächst funktionierende Habitate verloren damit ihre fischökologische Bedeutung. Dies traf insbesondere Arten, die als Larven oder Juvenile in Fließstrecken auf vielfältige und speziell flache Uferzonen angewiesen sind. Dazu zählen rheophile und weniger rheophile Arten, wie beispielsweise Weißflossengründling, Zobel, Rußnase und Schrärtzer. Besonders fällt die Verschiebung des Verhältnisses von Nase zu Barbe auf. Der starke Rückgang der Nase erklärt sich gut mit der vergleichsweise höheren Sensibilität dieser Art gegenüber strukturellen Veränderungen der Uferzonen. Reproduktion und Larvenentwicklung finden fast ausschließlich auf seichten und gut überströmten Kiesarealen statt, die somit Schlüsselhabitate für die Nase darstellen. Die eingeschränkte Nutzbarkeit dieser Zonen kann daher als eine der wichtigsten Ursachen für den Rückgang von Nasenpopulationen gelten. In diesem Zusammenhang spielt zusätzlich freilich auch das in den letzten Jahrzehnten verstärkte Schifffahrtsaufkommen eine wesentliche Rolle, auf das weiter unten noch näher eingegangen wird.

Abb. 3.44
Fischartenverteilung
in der Fließstrecke
östlich von Wien
in den 1980er Jahren
und 2005 (nur
Elektrofangdaten
mit Anodenrechen)
(blau) rheophil
(braun) oligorheophil
(grün) indifferent
(rot) stagnophil



Aktuell bestehen in Österreich nur noch zwei ungestaute Donauabschnitte als „freie Fließstrecken“, nämlich jene östlich von Wien (Nationalpark Donau-Auen) und jene in der Wachau. In den 1980er Jahren wurden in beiden Fließstrecken beinahe zeitgleich Fischbestands-erhebungen mittels Elektrofischungen durchgeführt (vgl. Abb. 3.45). Ähnlich wie östlich von Wien, dominiert zu dieser Zeit auch in der Wachau die Nase die Fischarten-gemeinschaft. Davon abgesehen wird die Fischfauna von typischen rheophilen Arten geprägt. Die drei „Donau-perciden“ Streber, Zingel und Schrätzler besitzen durchaus nennenswerte Anteile, zusätzlich aber auch die weniger rheophilen Arten Rußnase und Zobel. Als Leitart ist die Barbe neben der Nase die zweithäufigste Art. Strömungsindifferente Fische spielen erwartungsgemäß eine eher untergeordnete Rolle, obwohl viele dieser Arten gefangen wurden. Wichtigste Raubfischarten sind Hecht und Zander. Unter den Rhithralen ist der Huchen hervorzuheben, der aktuell in der österreichischen Donau einzig in der Wachau einen nennenswerten Bestand aufweist.

In den 25 Jahre auseinander liegenden Aufnahmen in *Abbildung 3.45* sind auf den ersten Blick nur geringe Veränderungen erkennbar. Die Verteilung der Strö-

mungsgilden ist durchaus ähnlich. Unverändert sind die Rheophilen die häufigsten Fische und die Nase dominiert. Man könnte daraus schließen, dass im beobachteten Zeitraum die Lebensräume gleich geblieben sind. Bei näherer Betrachtung zeigen sich allerdings auch in der Wachau Veränderungen hinsichtlich der Zusammensetzung der Fischarten, die sich plausibel mit den gewandelten Umweltbedingungen erklären lassen. Ebenso wie östlich von Wien, kann auch hier ein verstärkter negativer Einfluss durch schiffahrtsbedingten Wellenschlag abgeleitet werden. Auch der zunehmende Druck durch Prädatoren spielt wahrscheinlich eine nicht unwesentliche Rolle.

Die Fischfauna des Donauabschnittes in der Wachau wurde in den letzten Jahrzehnten im Rahmen der Beweissicherung mehrerer wasserbaulicher Projekte untersucht. Damit ist es möglich, den Populationsaufbau der Nase näher zu betrachten. Lange Zeitreihen und großer Datenumfang ermöglichen vergleichsweise klare Aussagen zu bestehenden Trends. Die Ausprägung verschiedener Altersklassen der Nase in der Wachau war in den letzten drei Jahrzehnten sehr dynamisch. Die verwendeten Daten berücksichtigen alle verfügbaren Erhebungen, wobei allerdings nur gut vergleichbare Fänge mit Anoden-

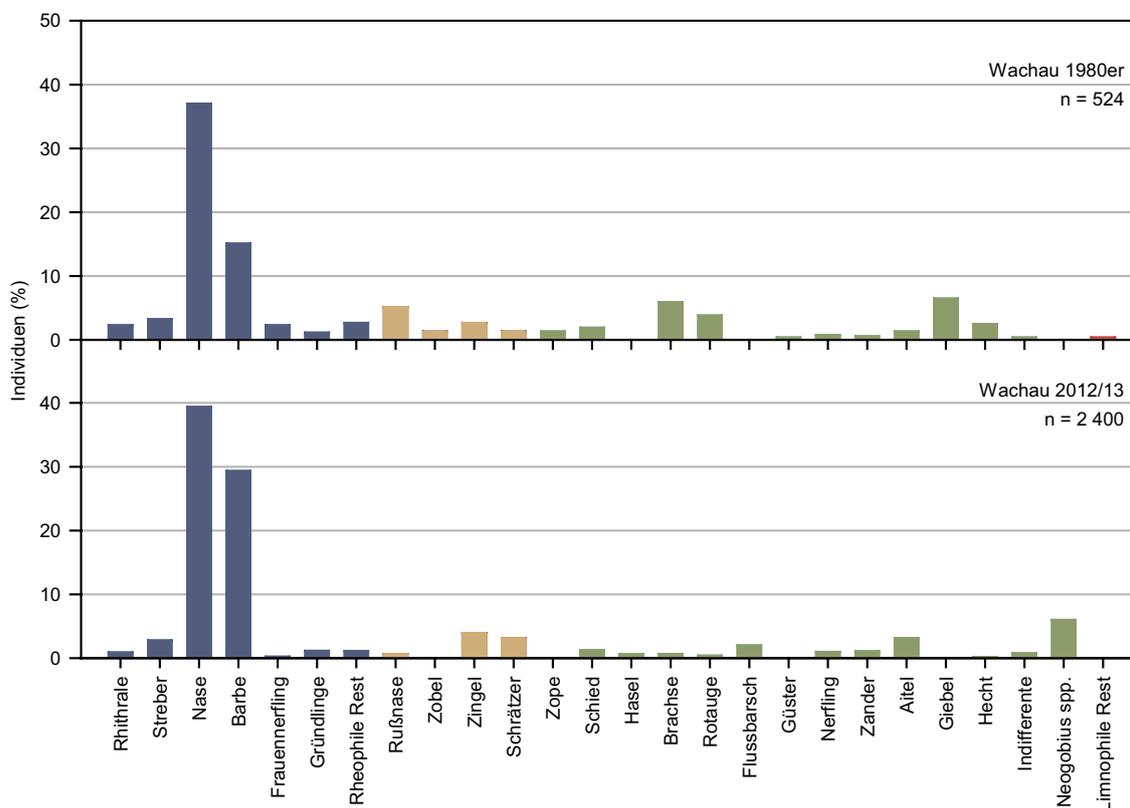


Abb. 3.45
Fischartenverteilung in der Fließstrecke Wachau in den 1980er Jahren und aktuell (Hauptstrom und nur Elektrofangdaten mit Anodenrechen)
(blau) rheophil
(braun) oligorheophil
(grün) indifferent
(rot) stagnophil

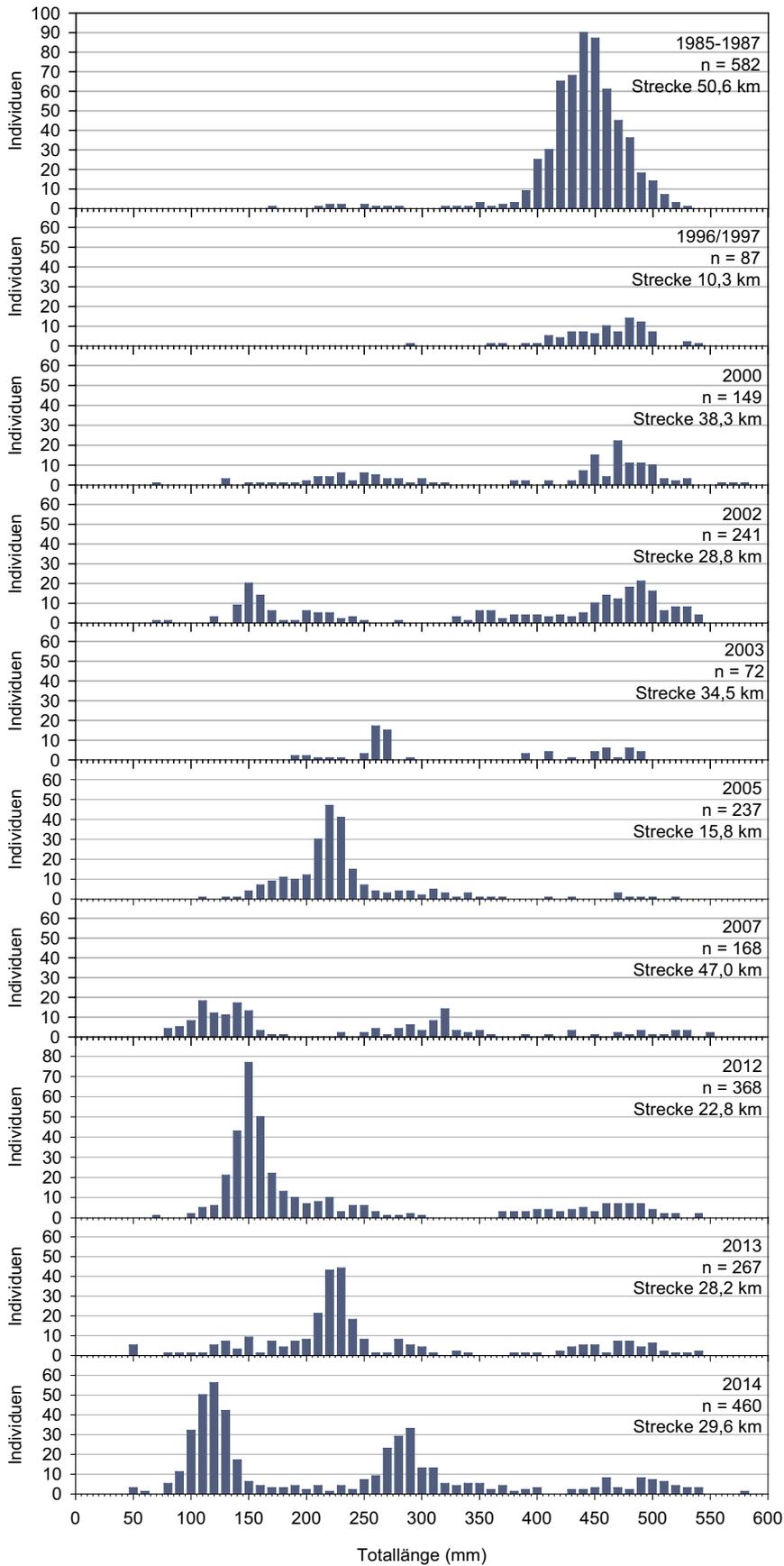


Abb. 3.46
 Entwicklung der Populationsstruktur der Nase (*Chondrostoma nasus*) in Abschnitten der Wachau aus Studien im Zeitraum 1985–2014 (Beprobungen ausschließlich mit dem Anodenrechen; Summe der jeweils befischten Streifenlängen in Kilometer)

rechen herangezogen, Jungfischerhebungen hingegen zum Beispiel ausgeschlossen wurden (Abb. 3.46). Trotzdem müssen die einzelnen Termine in quantitativer Hinsicht vorsichtig interpretiert werden. So ist beispielsweise die geringe Anzahl an Fischen im Sommer 2003 nicht unbedingt repräsentativ. Wegen des zu dieser Zeit herrschenden Niederwassers und der hohen Wassertemperatur dürften viele Fische uferferne Tiefwasserhabitats aufgesucht haben, wo sie schlechter nachweisbar waren. Umso wertvoller sind die mittlerweile langen Zeitreihen von Aufnahmen mit vergleichbarer Methodik (Abb. 3.47).

Bei den umfangreichen Erhebungen in den 1980er Jahren stellte die Nase immerhin 56% der Gesamtbiomasse (Waidbacher et al. 1989). Dieser besonders hohe Anteil dürfte auch mit der Errichtung des Donaukraftwerkes Altenwörth zusammenhängen, indem Nasen, die zuvor die Fließstrecke des späteren Stauraums bevölkerten, nach dem Einstau im Jahr 1976 flussauf in die Wachau auswichen. Die Nasendichte in der Wachau kann sich dadurch aber, entsprechend der Länge der vom Stau betroffenen Donauabschnitte, maximal etwa verdoppelt haben.

Die Alterskohorten adulter Nasen in den Längenfrequenzdiagrammen (Abb. 3.46) zeigen seit den umfangreichen Aufnahmen in den 1980er Jahren einen fortschreitenden Rückgang adulter Nasen und zeitgleich, mit Ausnahme der letzten Jahre, auch einen nur sehr geringen Anteil juveniler oder subadulter Fische. Besonders dramatisch ist dieser Rückgang 1996/97, offensichtlich durch eine starke, altersbedingte Mortalität von Adulten verursacht, bei gleichzeitig nur geringer Reproduktion.

Der zu dieser Zeit in der Wachau nur mehr sehr geringe Bestand adulter Nasen wurde auch beim Projekt „LIFE-Natur Lebensraum Huchen“ dokumentiert. Dabei wurden 2002 in den Zubringer Pielach einwandernde Nasen markiert und nach deren Rückwanderung in die Wachau im Herbst wieder gefangen. Auf diese Weise konnte erstmals die absolute Populationsgröße einer Fischart in einem Donauabschnitt geschätzt werden (Zitek et al. 2004). Die Fang-Wiederfang-Berechnung ergab, dass es in Summe im Jahr 2002 in der Wachau nur mehr rund 4 500 adulte Nasen gab (95% Konfidenzintervall: 3 000 – 7 700). Die auch in den folgenden Jahren bei Frühjahrszählungen an Nasenlaichplätzen im Mündungsbereich der Pielach stetig wei-

Abb. 3.47 Befischung mittels Elektrofangboot mit Anodenrechen



ter fallenden Zahlen laichender Fische ließen befürchten, dass der Nasenbestand in der Wachau 2005 insgesamt möglicherweise sogar den Tiefststand von nur mehr wenigen hundert Exemplaren erreicht haben dürfte.

Erfreulicherweise werden bei Erhebungen 2005 bis 2014 erstmals auch wieder höhere Zahlen juveniler Nasen in der Wachau nachgewiesen; und zwar sogar bei den Befischungen mit dem Anodenrechen, bei dem Jung- und Kleinfische prinzipiell vergleichsweise unterrepräsentiert sind. Der deutliche Gipfel von 3-sömmrigen Nasen im Sommer 2005 dürfte durch ein gutes Aufkommen von Jungfischen im sehr trockenen Sommer 2003 begünstigt worden sein. Besonders bemerkenswert erscheint in diesem Zusammenhang, dass diese starke Jungnasen-Kohorte bereits 2012 in das adulte Stadium vorgerückt ist. Im Jahr 2014 wird als Ergebnis bereits ein durchaus klassischer Populationsaufbau erkennbar. Die zeitlichen Veränderungen der Nasenpopulation in der Wachau sind sehr wahrscheinlich zu einem hohen Anteil mit den Verbesserungen der Habitatverhältnisse beziehungsweise der Wiederherstellung hochwertiger Lebensräume erklärbar. Zu dieser hoffentlich positiven Trendumkehr siehe auch *Kapitel 4*, „Revitalisierungsbeispiele“.

Einfluss der Schifffahrt auf das Jungfischaufkommen

Aufgrund der guten Erfassbarkeit bei Elektrobefischungen erweist sich die Nase als ehemals wohl häufigste größere Fischart der Donau stellvertretend für viele andere rheophile Fischarten als ideale Indikatorart. Mit der ausgeprägten Habitatpräferenz juveniler Nasen für seichte Uferzonen besteht eine besonders hohe Sensibilität dieser Altersstadien gegenüber schifffahrtsbedingtem Wellenschlag (Keckeis et al. 1997). Speziell die schwimmschwachen Larven benötigen nach dem Schlüpfen strömungsberuhigte Flachwasserzonen und reagieren gegenüber Wellenschlag äußerst empfindlich.

Die stark rückläufigen Bestände adulter Nasen seit den 1980er Jahren (siehe *Abb. 3.46*) sind sicherlich auf das Zusammenwirken mehrerer Einflüsse zurückzuführen

(Zauner 2002a). Beim Wellenschlag handelt es sich aber offensichtlich um einen der wesentlichsten Faktoren, dessen Intensität sich noch dazu im Gegensatz zu anderen Einflussgrößen, wie etwa den flussmorphologischen Rahmenbedingungen, im Betrachtungszeitraum deutlich weiter verstärkt hat. Allein auf der österreichischen Donau wurden im Jahr 2009 über eine Million Passagiere verzeichnet. Die Anzahl der besonders intensiven Wellenschlag verursachenden Kabinenschiffe, welche regelmäßig die österreichische Donau befahren, ist gegenwärtig auf ca. 140 gestiegen.

Wie schon in *Kapitel 2.1* aufgezeigt, waren die Verbesserungen für die Schifffahrt eines der wesentlichsten Motive für die frühen Regulierungen der großen Flüsse Mitteleuropas und speziell der Donau. Diese verschlechterten die Lebensraumbedingungen für Fische markant (Brandl 1920; Schmautz et al. 2002; Hohensinner et al. 2004). Abgesehen von den drastischen Veränderungen hydromorphologischer Natur, ergaben sich freilich auch durch den laufenden Schifffahrtsbetrieb sehr relevante ökologische Auswirkungen. Dementsprechend wurde die Schifffahrt an der Donau schon seit Jahrzehnten als ein Hauptgrund für den Rückgang der Donaufischbestände angesehen. Allerdings waren die entsprechenden Wirkmechanismen im Einzelnen qualitativ oder quantitativ lange Zeit nicht belegt (z. B. Hawlitschek 1892; Einsele 1958; Nuschei 2007). Vergleichsweise konkret merkte bereits Lassleben (1970) an, dass sich durch erhöhte Geschwindigkeiten und größere Wasserverdrängung der Schiffe verstärkte Hub- und Sog-Wirkungen ergeben, was die Fischereierträge verminderte. Zauner & Schiemer (1992) wiesen auf eine starke Beeinflussung der Jungfische durch die mechanische Wirkung von Sog und Schwall hin. Vor wenigen Jahren konnte erstmals anhand von Freilanduntersuchungen belegt werden, dass Wellenschlag die Abdrift von Jungfischen drastisch erhöht und zum Stranden und Verenden von Larven und Jungfischen führt. Die Jungfischdichten in der Donau hängen damit sehr wesentlich vom Schutz vor Wellenschlag ab (Ratschan et al. 2012).

Der Wellenschlag beeinflusst Fließgeschwindigkeit, Wassertiefe, Trübe, Temperatur etc. in den Uferbereichen des Hauptstroms stark. Juvenilstadien werden durch den Schwall ans Ufer geworfen oder durch den Sog in die Hauptströmung gezogen. Massiv erhöhte Drift von Fischlarven nach Schiffspassagen entlang von Schotterbänken ist mittlerweile durch entsprechende Untersuchungen auch quantitativ klar belegt (Ratschan et al. 2012).

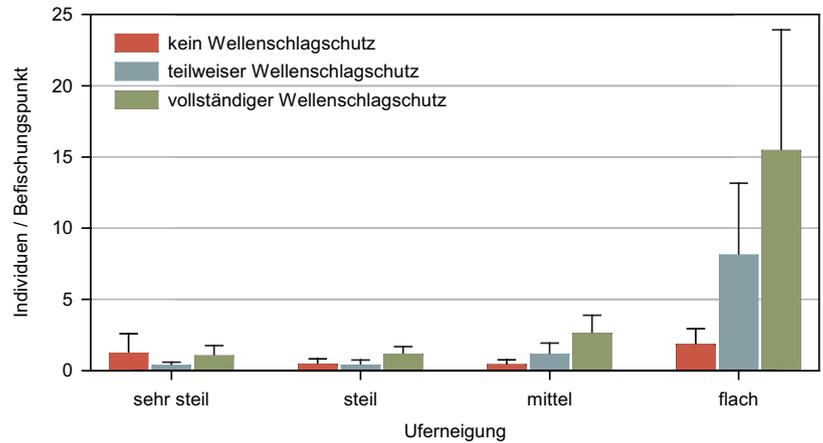
Vor dem Wellenschlag der Schiffe geschützte Bereiche sind durch die Regulierungen und den Kraftwerksbau sukzessive verloren gegangen und heute nur mehr in Seiten- und Altarmen vorzufinden. Die Jungfischhabitate in stagnierenden Altarmen werden jedoch nur von indifferenten oder stagnophilen Arten genutzt. Strömungsliebende Arten finden hingegen im Hauptstrom kaum mehr unbeeinflusste Zonen (Abb. 2.54). Diese Bedingungen sind eindeutig eine der wesentlichsten Ursachen für den Bestandsrückgang rheophiler Arten, speziell der Nase.

Nach der Realisierung von Revitalisierungsmaßnahmen im Rahmen mehrerer EU-LIFE-Projekte stehen heute in der Wachau zunehmend wieder durchströmte, aber wellenschlaggeschützte Uferhabitate hinter Kiesinseln sowie in Nebenarmsystemen zur Verfügung. In diesen neu geschaffenen Bereichen lässt sich die Wirkung des Wellenschlags auf die Habitatnutzung von Fischlarven und Jungfischen vergleichend untersuchen. Bei sogenannten „Point abundance“-Befischungen werden punktförmig Uferzonen unterschiedlicher Habitate befischt. Dabei wird einerseits die Steilheit der Ufer berücksichtigt, die einen wichtigen Faktor der Habitatqualität für Jungfische darstellt. Andererseits wird der Schutz vor Wellenschlag in drei Klassen eingeschätzt: voll geschützte Uferzonen in Nebenarmen, vor Abdrift geschützte Uferzonen in Bucht-situationen im Hauptstrom sowie ungeschützte Zonen an der Außenseite von Kiesstrukturen im Hauptstrom (Abb. 3.48). In den Uferzonen von neu geschaffenen Nebenarmen und Hinterrinnen reichen die Uferneigungen von flach bis sehr steil (siehe Kapitel 4). Abbildung 3.49 zeigt den engen Zusammenhang zwischen Jungfischdichte und Uferneigung. Insbesondere an flachen Ufern finden sich hohe

Abb. 3.48 Uferzonen mit unterschiedlichem Schutz vor Wellenschlag im Bereich Rührsdorf-Rossatz (Wasserstand zum Aufnahmezeitpunkt am Pegel Kienstock: 250 cm)



Abb. 3.49 Dichte von Fischlarven und Juvenilen bis 35 mm Totallänge an Stellen mit unterschiedlicher Uferneigung und unterschiedlichem Schutz vor Wellenschlag



Fischdichten aber nur dann, wenn diese vor Wellenschlag geschützt sind. An exponierten Flachufeln wurden im Mittel lediglich circa zwei Individuen pro Beprobungspunkt gefunden. In geschützten Bereichen waren es circa 15 Individuen. In Anbetracht der geringen Wirkfläche der „Point abundance“-Befischung (ca. 0,25 m²) ergeben sich bei der Hochrechnung für Flachuferbereiche zum Teil beachtliche Bestandsdichten. Die Ergebnisse in den vor Abdrift geschützten Buchten liegen zwischen den Kategorien „kein Wellenschlagschutz“ und „voller Wellenschlagschutz“. Selbst an steilen Ufern lassen sich freilich mittlere bis geringe Dichten nachweisen, wenn sie dem Wellenschlag nicht ausgesetzt sind. Solche Bedingungen liegen in den revitalisierten Nebenarmen über immer längere Strecken vor. Nebenarme und Hinterrinnen zu schaffen, erweist sich somit als effizientes Mittel, um Jungfische vor Wellenschlag zu schützen (Arlinghaus et al. 2002). Allerdings zeigen die Untersuchungen, dass nur die Kombination aus Flachufeln und Wellenschlagschutz eine optimale Habitatqualität gewährleistet. In der Wachau wurde diese in vielen Bereichen auch kleinräumig hinter Kiesinseln erreicht. Dies sollte auch als Zielvorgabe beziehungsweise Leitbild für künftig noch umzusetzende Nebenarmsysteme gelten. Zusätzlich könnten Geschwindigkeitsbegrenzungen für Schiffe in sensiblen Bereichen und zu sensiblen Jahreszeiten deren abträgliche Wirkung verringern. Solche Beschränkungen wurden in einem deutschen Donauabschnitt stromauf der öffentlichen Wasserstraße bereits umgesetzt (Weltenburger Enge; Zauner et al. 2007).

Donaustaue als Fischlebensräume

Die dynamische Natur von Fließgewässern führt zu steter Umgestaltung und Überformung des Lebensraumes (Kapitel 2.1). Das hydromorphologische Prozessgeschehen verändert freilich die natürlichen Lebensraumbedingungen des Gesamtsystems nicht grundsätzlich, sondern bewirkt lediglich räumliche Verlagerungen des Habitatmosaiks und der standörtlichen Verhältnisse. Wirklich tiefgreifende Zäsuren erfuhr das Ökosystem Donau erstmals im Zuge der „großen Donauregulierung“ beginnend Mitte des 19. Jahrhunderts, gefolgt von der Errichtung von Laufkraftwerken und deren Stauhaltungen ab 1952. Bewirkte die große Donauregulierung vorerst vor allem eine massive Änderung hinsichtlich der absoluten und relativen Flächenanteile der einzelnen Habitattypen der Donaulandschaft, so entstanden durch die Stauhaltungen völlig neue ökologische Bedingungen.

Aus fischökologischer Sicht verändern Laufkraftwerke und deren Rückstauräume das ursprüngliche Ökosystem in mehrfacher Weise: Sie unterbrechen das Flusskontinuum, verändern den Feststoffhaushalt, bewirken mit ihren Begleitdämmen eine Isolation der Nebengewässer vom Hauptstrom unter weitgehender Unterbindung lateraler Wanderungen und Austauschprozesse, reduzieren den Hochwassereinfluss in den Auegebieten und beeinflussen den Grundwasserhaushalt. Innerhalb der Stauräume ist insbesondere der Verlust ökologisch wertvoller Flachwasserzonen typisch. Außerdem geht mit der Errichtung von Stauhaltungen in der Regel eine starke Linearisierung und Monotonisierung der Uferstrukturen einher.

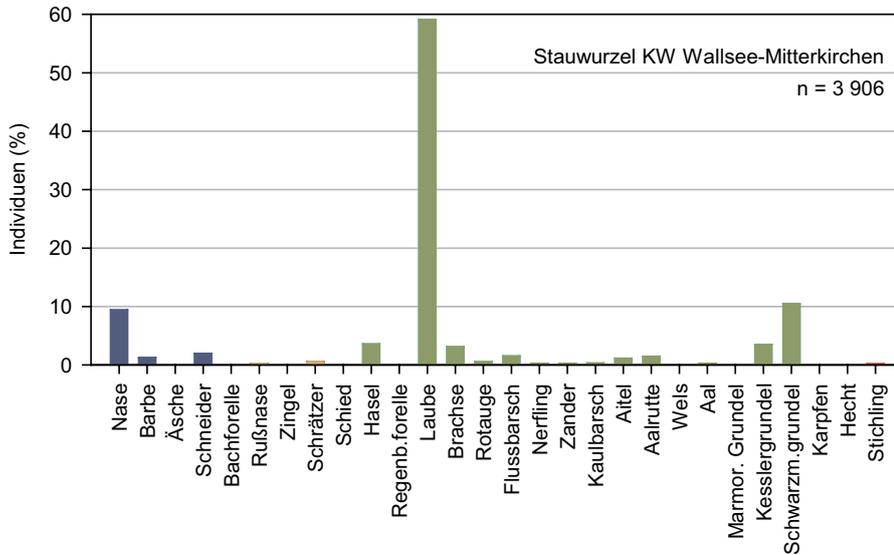


Abb. 3.50 Fischartverteilung in der Stauwurzel des Stauraumes Wallsee-Mitterkirchen 2007

(blau) rheophil
(braun) oligorheophil
(grün) indifferent
(rot) stagnophil

Durch Blockwurf gesicherte Ufer werden zum dominierenden Habitattyp der Uferzone. Durch die mit zunehmender Stauraumtiefe verbundene Verringerung der Fließgeschwindigkeit und die Ablagerung großer Mengen von Feinsedimenten geht der Lebensraum speziell der strömungsliebenden Organismen verloren.

Die Abtrennung des Hauptstromes von seinen Nebengewässern verhindert bei vielen Fischarten den ungestörten Ablauf wichtiger Phasen ihres Lebenszyklus. Dies gilt besonders für jene Arten, die im Laufe ihres Lebens sowohl auf den Hauptstrom, als auch auf kommunizierende Altarme angewiesen sind (Schiemer 1986). Reduzierte bis völlig fehlende Dynamik (relativ stabiler Grundwasserspiegel, einseitig fortschreitende Verlandung etc.) in den hinter den Stauraumdämmen gelegenen Augewässern fördert daher die Ausbreitung und Dominanz einiger weniger Arten, die sich als anpassungsfähig („euryök“) auf Kosten anspruchsvoller („stenöker“) Arten mit sehr spezifischen Lebensraumansprüchen durchsetzen.

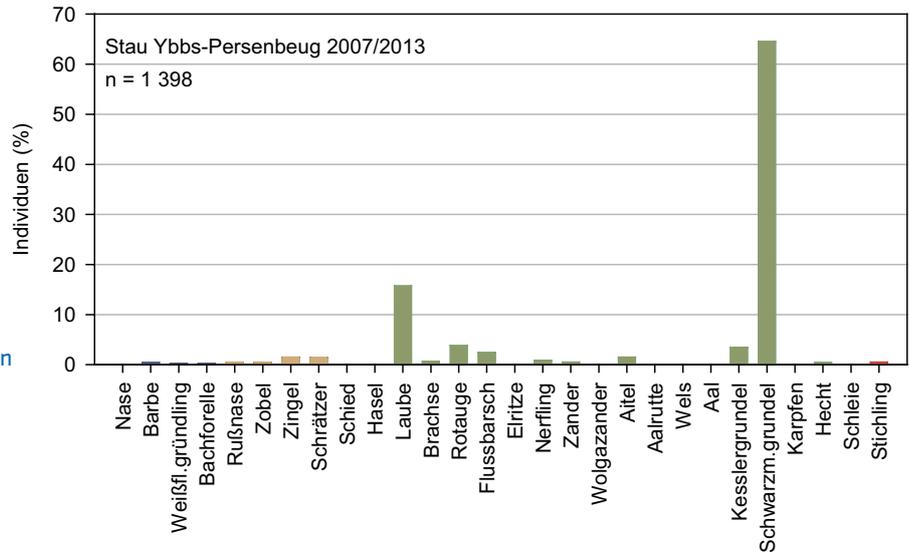
Besonders deutlich sind die Änderungen der Fischartengemeinschaft in den Stauhaltungen, die eine charakteristische, longitudinale Zonierung in Bezug auf ökologisch relevante Parameter aufweisen. In der sogenannten Stauwurzel, der am weitesten stromauf gelegenen Zone eines Staus, liegen meist noch Bedingungen vor, die mehr oder weniger jenen von Fließstrecken entsprechen. Insbesondere die Wassertiefen und Wasserspiegel-

schwankungen, Fließgeschwindigkeiten, Sohlsubstrate etc. gleichen hier noch am ehesten den ursprünglichen Verhältnissen. Dies erlaubt daher unter gewissen Bedingungen auch den Fortbestand einer Fischartengemeinschaft, die in ihren Grundzügen noch jener von Fließstrecken nahe kommt.

In der Stauwurzel des Stauraumes Wallsee-Mitterkirchen fällt der sehr hohe Anteil der Laube, welche als Ubiquist die Zönose dominiert, auf (Abb. 3.50). Unter den rheophilen Fischen dominiert die Nase, die Barbe ist mit nur sehr geringem Anteil vertreten. Kleinfischarten wie Schneider, Hasel, vor allem aber auch die Neozoen Kessler- und Schwarzmaulgrundel stellen die Hauptanteile. An größerwüchsigen Arten finden sich eher wenig anspruchsvolle Vertreter, wie Brachse, Rotaugen, Flussbarsch und Aitel. Das Vorkommen der Aalrutte geht primär auf Besatz zurück und spiegelt aufgrund der Habitatpräferenz dieser höhlenbewohnenden Art das Vorherrschen blockwurfgesicherter Uferzonen wider. Verglichen mit den Verteilungsbildern in den Fließstrecken, sind die rheophilen Fische in der Stauwurzel freilich eher von untergeordneter Bedeutung (vgl. Abb. 3.43 bis 3.45).

Während in freien Fließstrecken rheophile Arten dominieren, setzt sich die Fischfauna in den Stauräumen vor allem aus indifferenten beziehungsweise euryöken

Abb. 3.51 Fischartenverteilung in einem strukturarmen Stauraum (verschiedene Befischungsmethoden gepoolt)
 (blau) rheophil
 (braun) oligorheophil
 (grün) indifferent
 (rot) stagnophil

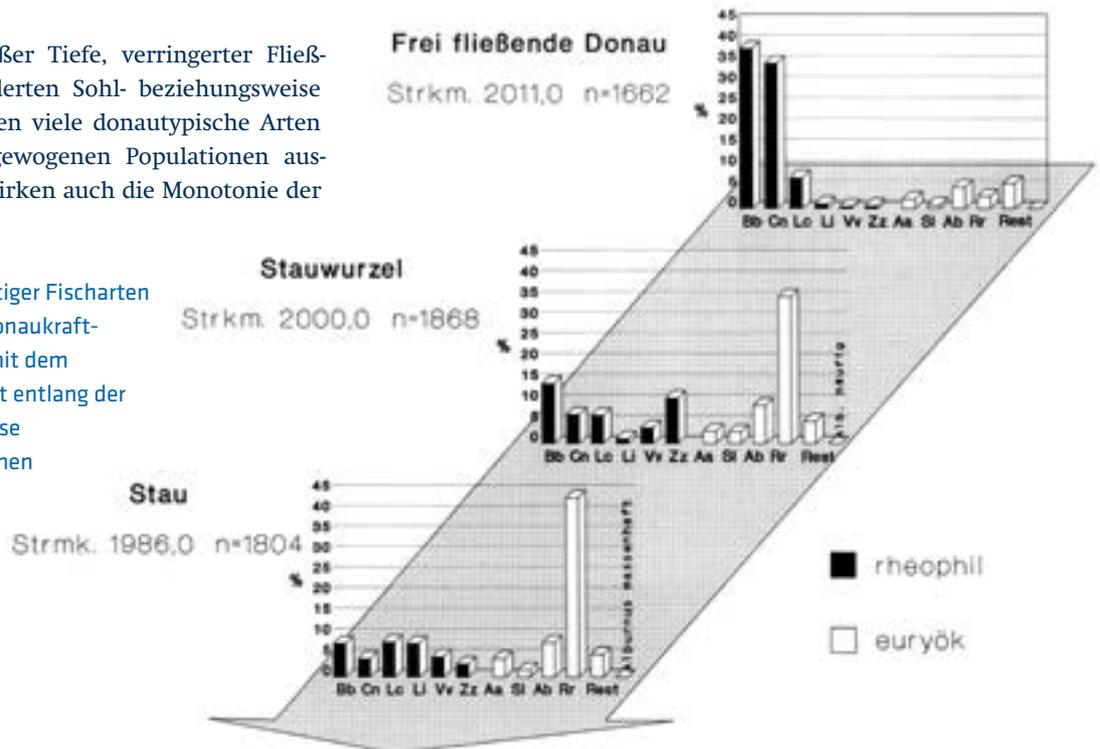


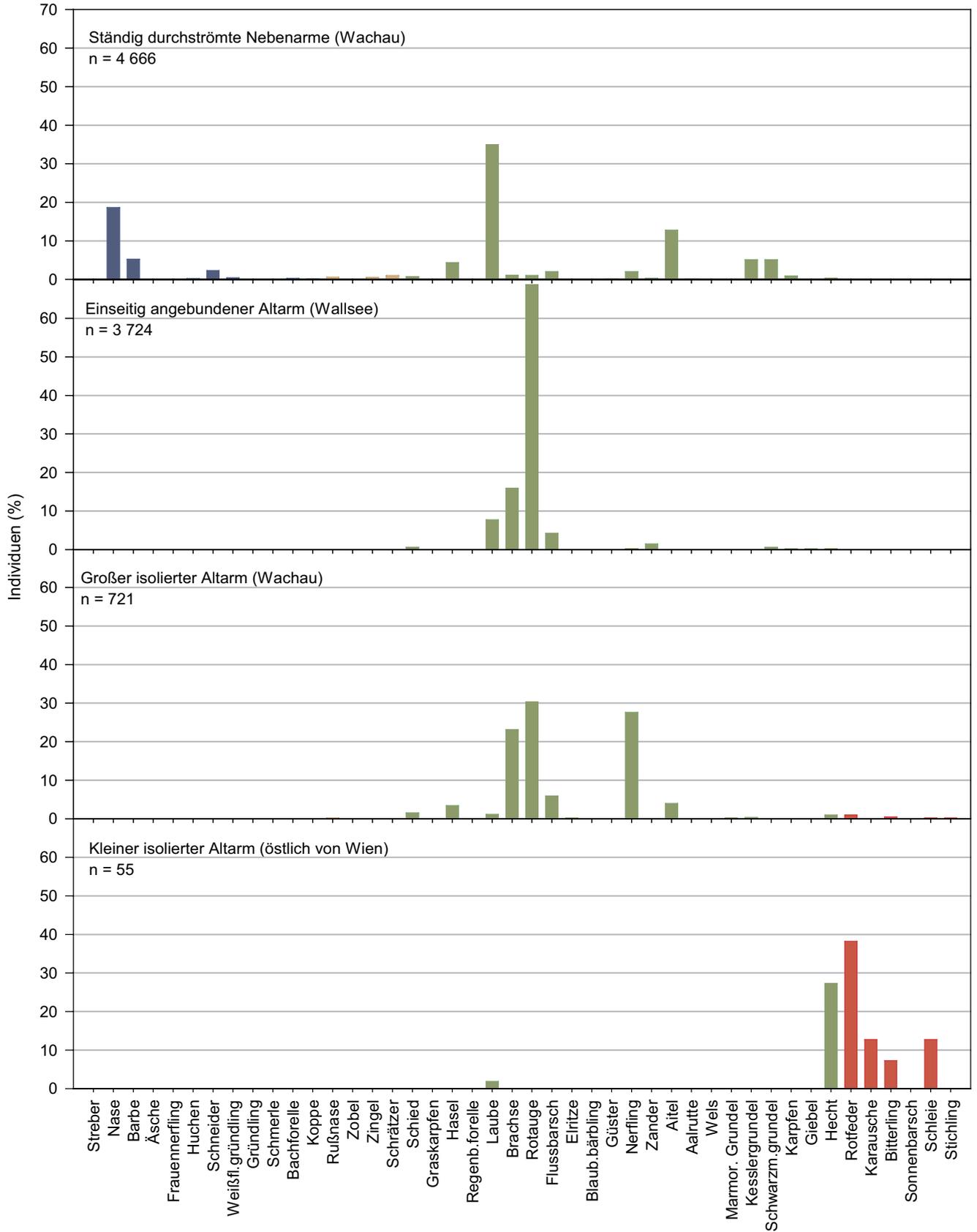
Arten zusammen. *Abbildung 3.51* zeigt sehr klar dieses Phänomen. Rheophile sind selten und die Leitart Nase fehlt im zentralen Stauraum Ybbs-Persenbeug. Neben den invasiven Grundelarten sind unter den strömungsindifferenten Arten beinahe nur eryöke Arten vertreten (siehe *Kapitel 3.1*). Während die weniger rheophilen Donauperciden Schrätrzer und Zingel mit den Verhältnissen im zentralen Stauraum offensichtlich durchaus zurechtkommen, fehlt der stark strömungsliebende Streber gänzlich. Diese typische Längszonierung konnte bereits Mitte der 1980er Jahre beim Vergleich von Stau, Stauwurzel und flussauf anschließender Fließstrecke des Kraftwerkes Altenwörth belegt werden (*Abb. 3.52*).

In Stauen mit großer Tiefe, verringerter Fließgeschwindigkeit und geänderten Sohl- beziehungsweise Substratverhältnissen können viele donautypische Arten keine eigenständigen, ausgewogenen Populationen ausbilden. Zusätzlich negativ wirken auch die Monotonie der

Ufer, der Mangel an Rückzugszonen und das Fehlen von vernetzten Altwässern. Zwar liegen in Stauräumen mitunter Substratverhältnisse und lokale Makrophytenbestände vor, die den Ansprüchen stagnophiler Fischarten entsprechen; bezüglich anderer Faktoren, wie zum Beispiel geringer sommerlicher Wassertemperatur, Konkurrenz durch andere Fischarten, Störungen durch Hochwässer etc. erweisen sich die Verhältnisse jedoch meist als ungünstig. Daher bilden typische stagnophile Arten in Stauräumen auch keine oder nur geringe Bestände aus.

Abb. 3.52 Längszonierung wichtiger Fischarten im Oberwasser des Donaukraftwerkes Altenwörth: mit dem Elektro-Fischfangboot entlang der Ufer erzielte Ergebnisse (Lateinische Fischnamen siehe *Tab. 2.1*)





Vor allem bei Hochwasser verschärfen sich in den Stauen für viele Arten die Lebensbedingungen. Strömungsberuhigte Refugialräume, welche in Fließstrecken großflächig in den angrenzenden Überschwemmungsflächen vorliegen, fehlen. Besonders für die in Stauen dominierenden indifferenten Arten stellen erhöhte Fließgeschwindigkeit, fehlende Einstände und extrem hohe Schwebstoffbelastung bei Hochwasser daher eine Stressbelastung dar. Speziell flussab des sogenannten Kipppegels kommt es anstelle von Ausuferungen zu einer Absenkung des Wasserspiegels um bis zu mehrere Meter. Die abgesenkte neue Wasseranschlagslinie liegt dann häufig entlang mächtiger Feinsedimentbänke mit steilen Abbruchkanten und starkem Sedimentabtrag. Das natürliche Verhalten von Fischen, bei Hochwasser mit steigendem Wasserspiegel in flache Uferbereiche auszuweichen, hat nunmehr fatale Folgen. Im Falle der gegenläufigen und damit unnatürlichen Absenkung des Wasserspiegels in den tiefen unteren Stauraubereichen werden Fische häufig in Bereiche gelockt, die kurz darauf trocken fallen und sich somit als tödliche Fallen erweisen. Viele Fische werden jedoch bei Hochwasser aufgrund des Stresses und fehlender Einstandsmöglichkeiten aus den Stauen einfach abgeschwemmt.

Beim Vergleich der Fischartengemeinschaften in den *Abbildungen* 3.43 bis 3.45 fallen die vergleichsweise konstanten Ergebnisse in den Fließstrecken auf. Demgegenüber sind die Verteilungen im Längsverlauf von Stauräumen sehr unterschiedlich, da hier quasi eine systemimmanente Zonierung der Lebensraumbedingungen gegeben ist (*Abb.* 3.50 bis 3.52).

Abb. 3.53 Prozentuelle Verteilung der vorkommenden Fischarten in verschiedenen Typen von Donau-Nebengewässern mit unterschiedlicher Anbindungsintensität (verschiedene Befischungsmethoden gepoolt)

(blau) rheophil
 (braun) oligorheophil
 (grün) indifferent
 (rot) stagnophil

Nebengewässer der Donau als Fischlebensräume

In dynamischen Flusslandschaften erfolgt die typische Sukzession von Nebengewässern meist von durchströmten Nebenarmen mit ähnlichen Lebensbedingungen wie im Hauptstrom, über einseitig angebundene Altarme und isolierte Altarme, bis hin zu verlandenden Autümpeln (vgl. *Kapitel* 2.1). Durch die umfassenden Umgestaltungen der Donau – die Flussregulierung im 19. Jahrhundert und die Umwandlung in eine Staukette im 20. Jahrhundert – wurden zahlreiche, vormals durchflossene Nebenarme vom Hauptstrom abgetrennt und somit in Altarme umgewandelt. Im Rahmen der Errichtung vieler Kraftwerke entstanden zudem großflächige, künstliche Altarme (z. B. jene in Greifenstein und Wallsee), da die Bauwerke teilweise in Trockenbauweise errichtet wurden.

Verschiedene Typen von Nebengewässern werden meist auch von recht unterschiedlichen Fischartengemeinschaften besiedelt. Diese variieren hinsichtlich ihrer Arten vor allem in Abhängigkeit von der Anbindungsintensität an den Hauptstrom, wobei meist mit voranschreitender Sukzession die Artenzahl abnimmt. *Abbildung* 3.53 zeigt Fischartengemeinschaften unterschiedlicher Nebengewässertypen. Die ausgewählten Daten wurden bei diversen fischökologischen Untersuchungen entlang der österreichischen Donau erhoben. In den Grafiken sind die Arten in Bezug auf ihre Rheophilie von links nach rechts gereiht, die einzelnen Gewässer je nach Anbindungsintensität von oben nach unten. Durchströmte Nebenarme waren in historischer Zeit vor allem in den Beckenlagen der dominierende Habitattyp (*Abb.* 3.54). Durch die Umgestaltung der Donau in den letzten beiden Jahrhunderten gingen diese jedoch rasch weitgehend verloren.

In der Wachau wurden vor allem in den letzten Jahren vermehrt wieder durchströmte Nebenarme neu geschaffen (vgl. *Kapitel* 4). Untersuchungen zur Erfolgskontrolle zeigten, dass diese rasch von den typischen rheophilen Arten, wie Nase und Barbe, besiedelt werden. Auch stark gefährdete Fischarten wie Streber, Frauenerfling, Huchen und Weißflossengründling finden sich in den Seitenarmen. Interessanterweise besiedelt auch der



Abb. 3.54



Abb. 3.57

- Abb. 3.54 Permanent durchströmter Nebenarm
- Abb. 3.55 Periodisch angebundener Altarm
- Abb. 3.56 Einseitig angebundener Altarm
- Abb. 3.57 Großer isolierter Altarm
- Abb. 3.58 Kleiner isolierter Altarm



Abb. 3.55



Abb. 3.56



Abb. 3.58

Schneider in höheren Dichten die neu geschaffenen Gewässer, obwohl diese Art eigentlich für kleine bis mittelgroße Fließgewässer typisch ist und im Hauptstrom der Donau normalerweise nur sehr selten in Erscheinung tritt. Darüber hinaus findet sich auch ein breites Spektrum an strömungsindifferenten Arten, die durchströmte Nebenarme als Lebensraum nutzen. Wie in den meisten Abschnitten der Donau ist die Kleinfischart Laube die häufigste Art. Liegen Unterstände aus Totholz vor, findet sich auch das Aitel häufig. Weitere Arten sind Hasel, Brachse, Rotaugen und der in der Donau heute seltene Nerfling. Auch die von Anglern begehrten Arten Hecht und Karpfen nutzen die Nebenarme, obgleich sie in nicht durchströmten Nebengewässern häufiger sind. Die Neozoen Schwarzmaul- und Kesslergrundel treten zwar ebenfalls auf, allerdings bei weitem nicht so häufig wie in den Blockwurfufern des Hauptstromes.

Periodisch nur bei höheren Wasserständen angebundene Nebengewässer entsprechen in ihrer Artenzusammensetzung weitgehend einseitig angebundene Altarme (Abb. 3.55). Rheophile Arten treten hier nur in sehr geringen Dichten beziehungsweise nur bei Hochwasser und im Winter auf. Je nach Anbindungshäufigkeit und struktureller Ausstattung (Buchtbereiche, Wasserpflanzen) findet man hier sogar anpassungsfähige stagnophile Fische wie Rotfeder, Stichling und Bitterling.

In einseitig angebundene Altarme, die mit der Donau unterstromig in Verbindung stehen, finden sich gewöhnlich sehr hohe Fischdichten (Abb. 3.56). Es dominieren anpassungsfähige, strömungsindifferente Arten wie Brachse, Rotaugen, Laube und Flussbarsch. In großen, tiefen Altarmen ist der Zander der häufigste Raubfisch, wogegen kleinere Altarme mit reichen Unterständen aus Totholz oder Wasserpflanzen bevorzugter Lebensraum des Hechtes sind. Auch der Wels ist aufgrund der höheren sommerlichen Wassertemperaturen bevorzugt in solchen Altarmen anzutreffen. Die vierte große Raubfischart der Donaualtwässer ist der Schied, für den einseitig angebundene Altarme wichtige Jungfischhabitate darstellen. Dieser Gewässertyp ist vor allem auch als Laichplatz für Krautlaicher, als Refugialhabitat während Hochwassern und als

Wintereinstand für die Fische des Hauptstroms von Bedeutung. Im Herbst und Winter finden sich verstärkt auch rheophile Arten wie Nase und Frauenerfling in diesem Altarmtyp.

Verlandet die Mündung des Altarmes und ist die Verbindung zum Hauptstrom dadurch nur noch während Hochwassern gegeben, nimmt die Artenzahl deutlich ab (Abb. 3.57). Rheophile Arten „verirren“ sich höchstens zufällig während größerer Hochwassern in den Altarm. Nach wie vor dominieren die indifferenten, anpassungsfähigen Arten. Man findet allerdings auch stagnophile Arten wie Karausche und Rotfeder, die den Hauptstrom der Donau meiden und fast ausschließlich in Altwässern leben. Der typische Raubfisch dieses Gewässertyps ist der Hecht, der bei höheren Wasserständen im März und April auf eingestauter Ufervegetation laicht. Gute Hechtbestände findet man deshalb vor allem in Altarmen mit flachen Ufern und entsprechenden Wasserspiegelschwankungen.

Mit zunehmender Verlandung der Altwässer nimmt die Artenzahl weiter ab und die Stillwasserspezialisten der heimischen Fischfauna treten in den Vordergrund (Abb. 3.58). Die oberflächenorientierte Kleinfischart Laube wird von der Rotfeder abgelöst. Außerdem sind Schleie, Karausche und das sehr seltene Moderlieschen typische Bewohner dieser Gewässer. Die meisten Arten benötigen hohe sommerliche Wassertemperaturen und überleben auch bei Sauerstoffmangel, der durch Abbauprozesse und hohe Temperaturen oder im Winter unter Eis auftreten kann. Eine weitere typische Art wasserpflanzenreicher Augewässer ist der Bitterling, der seine Eier ausschließlich in den Kiemenraum von Großmuscheln ablegt. Aufgrund des starken Rückgangs von flussbegleitenden Kleingewässern durch die Sohleintiefung der Donau, des Absinkens des Grundwassers, der Verlandung oder aber auch der aktiven Verfüllung finden sich unter den Spezialisten für derartige Gewässertypen viele Arten mit hohem Gefährdungsstatus.

Abb. 3.59 Beispiele für die nach der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie geschützte Fischarten
Linke Spalte (von oben): Frauenerfling, Schied, Donaukaulbarsch, Huchen, Bitterling und Semling;
Rechte Spalte (von oben): Steinbeißer und Goldsteinbeißer, Hundsfisch, Weißflossengründling, Perlfisch, Schlammpeitzger und Schrätzer



So etwa der Schlammpeitzger, der bei Sauerstoffmangel Luft verschluckt und den atmosphärischen Sauerstoff über den stark durchbluteten Darm aufnimmt. Sogar kurzzeitiges Austrocknen seiner Wohngewässer überlebt der Schlammpeitzger im Schlamm vergraben. Ein weiterer Spezialist für stark verlandete Augewässer ist der entfernt mit dem Hecht verwandte Hundsfisch. Er galt in Österreich lange Zeit als ausgestorben, wurde aber zu Beginn der 1990er Jahre im Nationalpark Donau-Auen wiederentdeckt. Schlammpeitzger und Hundsfisch sind sehr konkurrenzschwache Arten, die nur in den Randgewässern des Fluss-Auensystems auftreten und hier ihren Lebensraum vielfach mit Amphibien teilen. Viele dieser spezialisierten Arten sind heute Schutzgüter nach der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (Abb. 3.59).

In der unregulierten Donau lagen die unterschiedlichen Nebengewässertypen und somit entsprechende Lebensräume für alle vorkommenden Fischarten mosaikartig nebeneinander vor. Durch die Regulierung und Umwandlung der Donau in eine Staukette entfällt heute die Neubildung von Nebengewässern, deren Entwicklung nur noch einseitig in Richtung völliger Verlandung erfolgt. Diese Entwicklung wird nicht zuletzt durch den staubedingt veränderten Sedimenttransport der Donau beschleunigt. Langfristig werden daher in unserer heutigen Kulturlandschaft viele Nebengewässer der Donau auf künstliche Erhaltungsmaßnahmen angewiesen sein.

Die Stromsohle, Lebensraum des Strebers

Der Streber (*Zingel streber*) ist eine jener vier „Donauperciden“-Arten, die neben wenigen anderen Zubringersystemen des Schwarzen Meeres ausschließlich die Donau besiedelt (Abb. 3.60). Vergleichsweise kleinwüchsig und sohlgebunden lebend, bevorzugt der Streber stark überströmte Sohlbereiche mit lockerem Kies und zeigt damit eine sehr spezielle Einnischung (Zauner 1991). Die unmittelbare Uferausformung ist für den Streber eher von untergeordneter Bedeutung. Das Fehlen einer Schwimmblase und der Besitz großer Brust- beziehungsweise Bauchflossen weisen diese Art als Spezialisten für stark strömende Sohlbereiche aus. Während die Brustflossen – ähnlich einem Spoiler – bei hoher Strömungsgeschwindigkeit mit entsprechender Schrägstellung ein Anpressen an das Sohlsubstrat ermöglichen, erlauben die verdickten Bauchflossen eine hüpfend-robbe Fortbewegung.

Die fächerartige Aufzweigung stark durchströmter Flussarme innerhalb des ursprünglichen Furkationsystems der unregulierten Donau resultierte in einer großflächig mosaikartigen Verteilung von Lebensräumen. Die dynamischen Kiesflächen, insbesondere in den zahlreichen Furten, boten dabei dem Streber für alle Stadien und Ansprüche innerhalb des Lebenszyklus adäquate Habitatbedingungen.

Abb. 3.60 Jungstreber (*Zingel streber*)



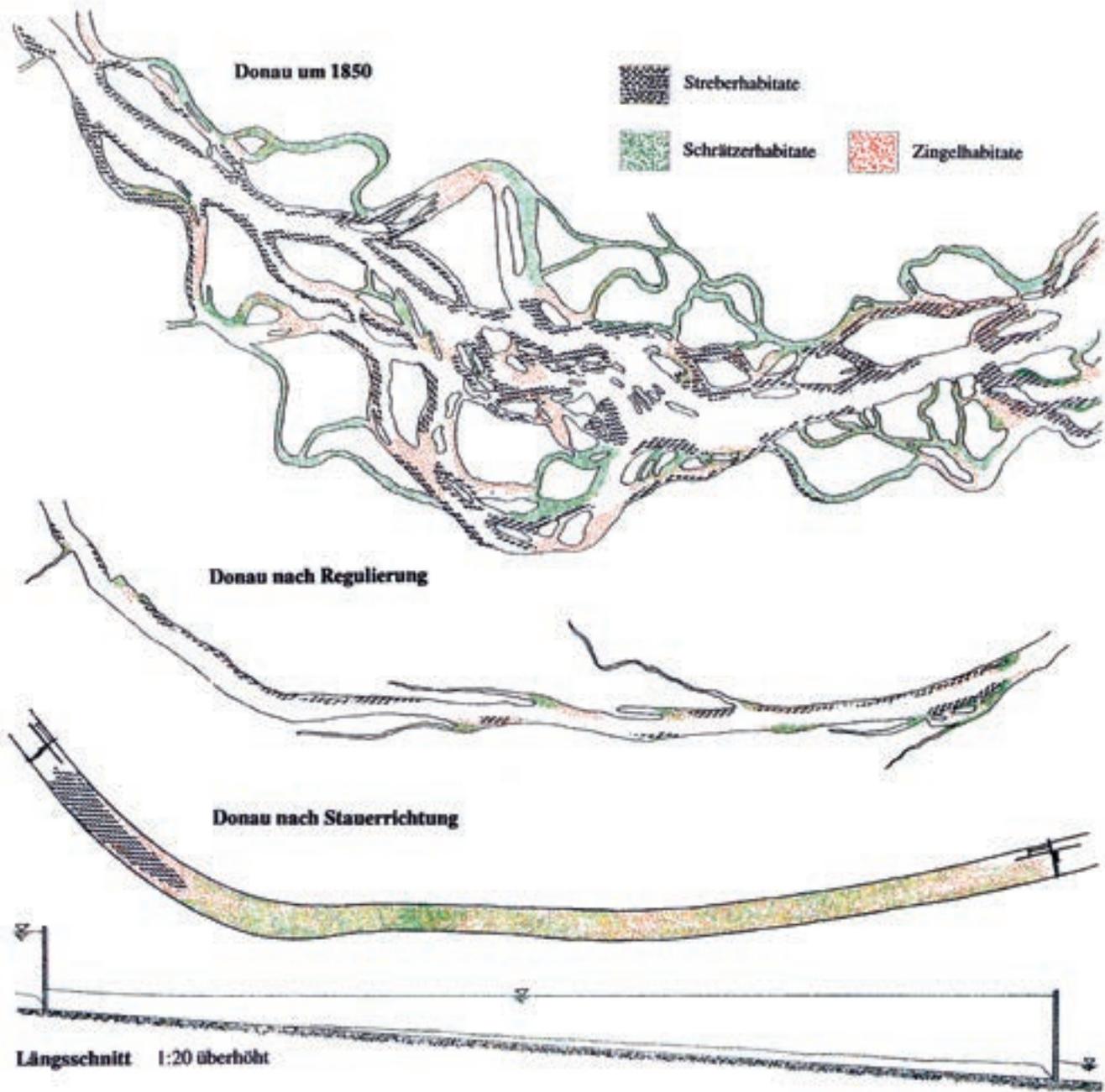


Abb. 3.61 Potenzielle Lebensräume von Streber (schwarz schraffiert), Schrägler (grün) und Zingel (rot) in der Donau vor und nach Regulierung sowie im Längsverlauf eines Stauraumes

Durch die Regulierung wurden die vielfältigen Flussarme der Furkationsstrecken auf ein einziges, einheitliches Flussprofil konzentriert. Neben höheren Wassertiefen kam es dadurch auch zu einer deutlichen Einschränkung der zuvor sehr breit ausgeprägten Fließgeschwindigkeits-Gradienten. Diese Effekte wurden durch die Niederwasserregulierung noch weiter verstärkt. Durch den Einbau von Bühnen innerhalb der Regulierungsprofile wurde der Abfluss auf ein noch engeres Profil konzentriert, was zu verstärkter hydraulischer Beanspruchung der Sohle und entsprechenden Sohlerosionen führte. Neben den höheren Fließgeschwindigkeiten im engen Regulierungsprofil kam es auch zur Vergröberung und Vereinheitlichung des Sohlsubstrats und damit zu einer starken räumlichen Einschränkung optimaler Streberhabitate. Fanden sich diese im ursprünglichen Furkationssystem großräumig verteilt, bestehen nunmehr in der regulierten Donau lediglich in den der Flussmitte zugewandten Randzonen der Gleithänge geeignete Lebensraumbedingungen. Die Zonen der Kehrströmungen in den Bühnenfeldern und der hydraulisch stark beanspruchte Sohlbereich der Schifffahrtsrinne selbst bieten keine beziehungsweise nur mehr sehr eingeschränkt adäquate Habitatbedingungen. Dadurch verblieben dem Streber im Regulierungsprofil der Donau nur mehr schmale Randzonen als Lebensraum.

Mit den Donaustauräumen änderten sich die Rahmenbedingungen schließlich erneut ganz wesentlich. Speziell in den zentralen Bereichen der Stauhaltungen liegen großräumig nur vergleichsweise geringe Fließgeschwindigkeiten vor, die deutlich unter den Anforderungen des Strebers bleiben. Die geringen Fließgeschwindigkeiten bedingen Sedimentation von Schwebstoffen, welche nicht nur den Kieskörper kolmatieren, sondern diesen abschnittsweise auch mit mächtigen Feinsedimentbänken überlagern. Geändertes Sohlsubstrat und zu geringe Fließgeschwindigkeiten sind somit für das Verschwinden des Strebers aus den Stauräumen hauptverantwortlich. Lediglich in den Stauwurzelzonen verbleiben noch fließstreckenähnliche Bedingungen, die dem Streber ein Überleben ermöglichen. Allerdings ist die Bewohnbarkeit der Sohle meist auf wenige Kilometer der Stauwurzel be-

schränkt, da staubedingte Reduktion der Fließgeschwindigkeit und Kolmation der Sohle in Richtung Kraftwerk schnell zunehmen (*Abb. 3.61*).

Unter Berücksichtigung der aufgezeigten Lebensraumsprüche wird deutlich, dass für den Streber das ursprünglich sehr weitläufig bestehende Habitatangebot aktuell auf kurze Flussabschnitte geschrumpft und somit eine hohe „Verletzlichkeit“ dieser seltenen Fischart gegeben ist. Möglichkeiten, diese Art künftig durch Revitalisierungen zu fördern, bestehen sowohl in Fließstrecken und Stauwurzelbereichen, als auch in staubegleitenden Umgehungsarmen (siehe *Kapitel 4*).

Wo sind die Donaufische hingekommen?

Über viele Jahrhunderte schien der Fischreichtum der Donau nahezu unerschöpflich. Donaufische stellten eine wichtige Eiweißquelle für die entlang der Flusslandschaft siedelnde Bevölkerung dar. Viele Ortschaften entstanden an der Donau und ihren Zubringern unter anderem auch wegen der relativ leicht fangbaren und häufig im Übermaß verfügbaren Fische. Niemand hätte damals wohl geahnt, dass es eine Zeit geben würde, in der der Berufsfischerstand verloren geht und Donaufische nur mehr in wenigen Gastwirtschaften als Besonderheit angepriesen werden.

Innerhalb der letzten zwei Jahrhunderte hat der Mensch es mit seinen Eingriffen und Nutzungen geschafft, die Lebensbedingungen für die Donaufischfauna derart nachhaltig zu beeinflussen, dass nur noch ein kläglicher Teil der früheren Fischbestände anzutreffen ist. Während in den Meeren weltweit primär die Vervielfachung der Fangflotten unter Einsatz hochmoderner Fangtechnologien für den drastischen Rückgang der Fangerträge verantwortlich ist, war die Überfischung nur bei den anadromen Störarten ausschlaggebender Grund für das frühe Verschwinden aus der österreichischen Donau (vgl. *Kapitel 2.2*).

Der Verlust des ehemals enormen Fischreichtums ist primär Folge der systematischen Regulierung und intensiven energiewirtschaftlichen Nutzung der Donau und

ihres Zubringersystems. Daraus resultieren, zum Teil zeitverzögert, Verlandung von Altwässern, zunehmende Eintiefung und Kolmatierung der Sohle, Lebensraumfragmentierung (longitudinal und transversal) und vieles mehr. Aber auch Kiesbaggerungen und schiffahrtsbedingter Wellenschlag sind unter anderem, wie schon weiter oben behandelt, für den stetigen Rückgang der Fischbestände mitverantwortlich. Mit Sicherheit ist zusätzlich auch Einfluss durch Fischfresser und Konkurrenz durch Neozoen gegeben, die heute gerade aufgrund des bereits sehr geringen Fischbestandes umso deutlichere Auswirkung haben. Die Effekte einzelner Einflussgrößen quantitativ zu bestimmen beziehungsweise „auseinanderzuklauben“ ist freilich nahezu unmöglich.

Die kontinuierliche Abnahme der Fischbestände während der letzten 200 Jahre lässt sich einerseits aus der abnehmenden Bedeutung bis hin zum praktisch völligen Verschwinden der Berufsfischerei ableiten, andererseits auch anhand der in einschlägigen Zeitschriften beklagten Abnahme der Fangzahlen durch die Angelfischerei. Quantitative Erhebungen und Aussagen zum Fischbestand bleiben mit den zur Verfügung stehenden Mitteln an großen Flüssen wie der Donau freilich nur sehr beschränkt möglich. Methoden, um den Fischbestand in uferfernen Bereichen beziehungsweise bei Wassertiefen von über 2 bis 3 m quantitativ zu erfassen, stehen nur sehr eingeschränkt zur Verfügung. Neben der Elektrofischerei in den Uferzonen liefern weitere Fanggeräte, wie das „elektrische Bodenschleppnetz“, Kiemennetze oder Reusen in Zubrin-

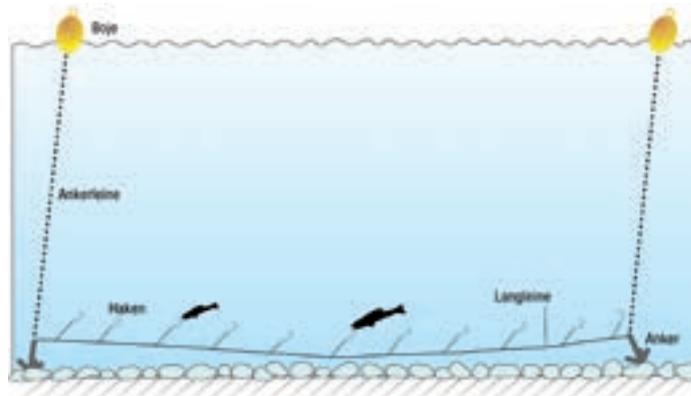
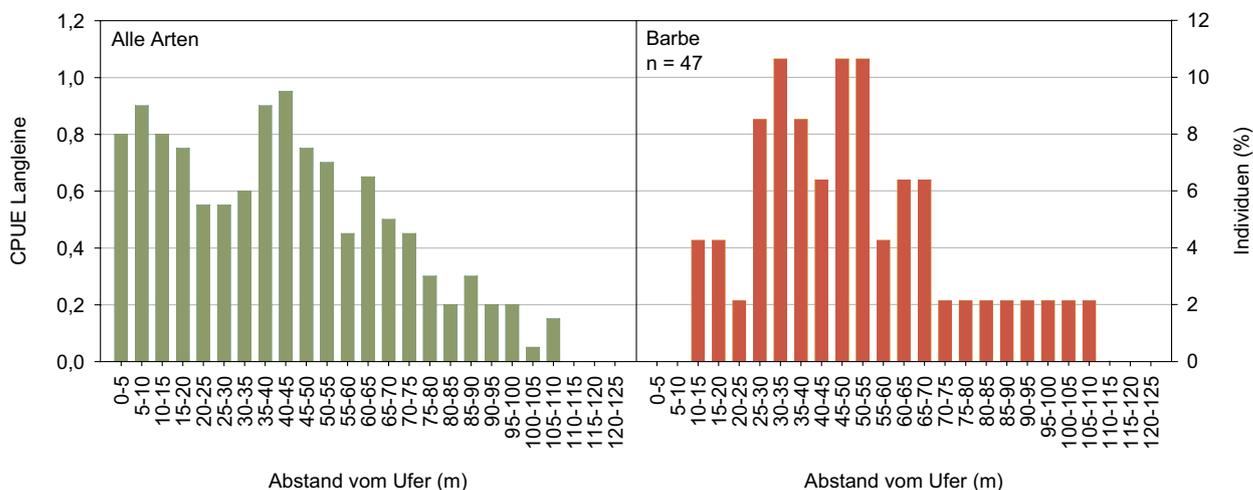


Abb. 3.62 Schemaskizze einer Langleinenbefischung

germündungen und Fischwanderhilfen, halb-quantitative Informationen aus verschiedenen Teilhabitaten.

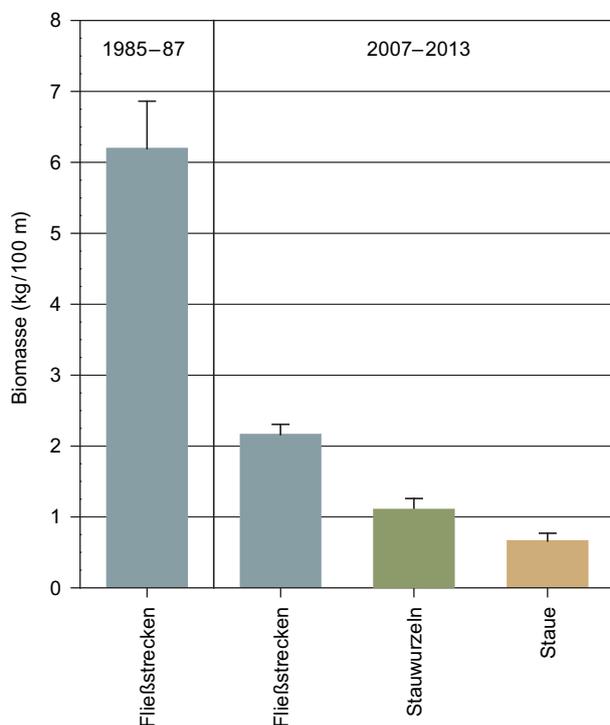
Eine Möglichkeit, indirekte Aussagen über die Verteilung von Fischen im Querprofil zu erhalten, ist die Anwendung von Langleinen (Abb. 3.62). Deren Fanghäufigkeit ist je nach Uferabstand artspezifisch unterschiedlich. Strömungsliebende Arten werden beispielsweise auch in uferfernen Bereichen in höheren Dichten nachgewiesen als oligorheophile oder strömungsindifferente Arten (Zauner 1997a). In Fließstrecken, wie östlich von Wien, ist allerdings generell eine deutliche Abnahme der Langleinenfänge ab einem Uferabstand von ca. 50 bis 60 m erkennbar (Abb. 3.63). In der Schifffahrtsrinne sind nur mehr sehr geringe Fischdichten nachweisbar.

Abb. 3.63 Langleinenfänge: Verteilung aller Arten (links) und Verteilung der Barbe (rechts) in Abhängigkeit vom Uferabstand (CPUE = catch per unit effort/ Fang pro Einheitsversuch)



Andere Methoden, wie die Anwendung hochauflösender Echolote („Hydroakustik“), wurden in den letzten Jahrzehnten entwickelt und gelangten auch an der Donau zum Einsatz. Diese Technik funktioniert zwar vor allem an Seen sehr gut, wo sich ein Großteil der Fischpopulation im Freiwasser aufhält. In Fließgewässern hingegen schränkt unter anderem die Schwierigkeit, auch bodennahe lebende Teile der Fischpopulation erfassen zu müssen, die Anwendbarkeit hydroakustischer Methoden stark ein.

Die einzige Methode zur Verortung einzelner Fische beziehungsweise Individuen im Donauquerprofil ist die Anwendung von Sendern im Rahmen der sogenannten Telemetrie. In einer Untersuchung mit jeweils 25 besenderten Nasen und Barben im Bereich Wachau und Stauraum Altenwörth konnte gezeigt werden, dass beide Arten zumindest tagsüber eine deutliche Präferenz für Wassertiefen von 4 bis 5 m und Uferabstände von 10 bis 50 m zeigen (Unfer et al. 2003). Damit befinden sich aber die in Bezug auf die Biomasse wesentlichen Hauptfischarten in einem Bereich, der mittels Elektrofischerei nicht mehr erfassbar ist.



Quantitative Schätzungen des Fischbestandes sind wegen der aufgezeigten Schwierigkeiten nur indirekt über die Fischdichte und -biomasse in ufernahen und Flachwasserbereichen möglich, wo aufgrund der geringen Tiefe eine streifenweise Elektrobefischung möglich ist. Zuzufolge der Befunde, dass sich nur ein mehr oder weniger geringer Anteil der im Querprofil vorhandenen Adultfische ufernahe aufhält (siehe oben), unterliegen solchermaßen hochgerechnete Schätzungen starken Unsicherheiten und können auf keinen Fall direkt auf die gesamte Fläche umgelegt werden. Fundierte quantitative Aussagen über den Bestand im gesamten Querprofil sind daher bis heute nicht möglich.

Darüber hinaus bedürfen aber selbst die erhobenen Werte für ufernahe Fischbiomassen einer vorsichtigen Interpretation, da sie in Abhängigkeit von Abfluss, Tages- und/oder Jahreszeit, Wassertemperatur etc. deutlich schwanken können. Aktuelle Erhebungen in Fließstrecken, Stauwurzeln und Stauen entlang der österreichischen Donau zeigen selbst bei zeitlich kurz aufeinander folgenden Elektrobefischungen starke Streuungen. Aussagekräftige, statistisch abgesicherte Ergebnisse für den Donaustrom setzen daher Erhebungen an mehreren Terminen, zu unterschiedlichen Jahreszeiten und bei verschiedenen Abflüssen voraus.

Trotz all dieser Einschränkungen ist die Elektrobefischung jene Methode, die noch am besten auch quantitativ interpretierbare Daten zum Fischbestand der Donau liefert. Der Vergleich von aktuell erhobenen mit zeitlich zurückliegenden E-Befischungsdaten aus Fließstrecken der österreichischen Donau zeigt einen deutlichen Rückgang der ufernahen Fischbiomassen seit den 1980er Jahren, der mit den oben beschriebenen Einflüssen in Zusammenhang steht (Abb. 3.64). Sowohl östlich von Wien als auch in der Wachau waren die Mediane der Erhebungen aus den

Abb. 3.64 Vergleich der ufernahen Fischbiomasse (kg/100 m Beprobungstrecke) bei Elektrobefischungen mit dem Anodenrechen im Hauptstrom der Donau aus verschiedenen Zeiträumen (kumulierte Datensätze aus Fließstrecken, Stauwurzeln und zentralen Staubereichen)

1980ern mit etwa 5 bzw. 7 kg pro 100 m deutlich höher, als in sämtlichen aktuellen Untersuchungen. Ins Auge sticht auch der Vergleich aktueller Bestandsdaten von Fließstrecken, Stauwurzeln und Stauen. Bei einer Grundgesamtheit von beinahe 400 Beprobungsstrecken ist die Abnahme der Bestandsdichte in Richtung Stau evident.

Die aktuell geringen ufernahen Fischbiomassen in de facto allen Donauabschnitten spiegeln die hydromorphologischen Belastungen durch Regulierung und Stau wider. Sie erweisen sich somit auch als massives Defizit hinsichtlich des in der EU-Wasserrahmenrichtlinie definierten fischökologischen Zielzustandes und verdeutlichen zugleich den hohen Bedarf an Maßnahmen zur Verbesserung der Situation.

Fremde Fische in der Donau

*„Nichts ist in der Natur fest gefügt, alles ist in Bewegung!
Der Mensch ist die Triebfeder dieses Wandels geworden,
meist ohne es zu wissen oder es gar zu wollen. Bestehende
Lebensräume werden verändert, neue geschaffen, selbst
globale Kreisläufe und das Klima werden zunehmend
durch den Menschen beeinflusst. Vielfach unbemerkt,
aber mit einer ungeheuren Dynamik, werden Tier- und
Pflanzenarten verschleppt.“*
(Rabitsch & Essl 2010)

Tierarten, die in einem bestimmten Gebiet nicht einheimisch sind und die erst nach 1492 unter direkter oder indirekter Mithilfe des Menschen in ein Gebiet (z.B. in die österreichische Donau) gelangt sind und dort wild leben, werden als Neozoen bezeichnet.

Veränderungen, die unter Wasser stattfinden, sind schwierig zu beobachten und werden daher oft nicht sofort wahrgenommen. Die Muschelbänke der Wandermuschel würden an Land große Aufmerksamkeit erregen. Unter Wasser aber bleiben viele gebietsfremde Arten für uns „unsichtbar“. Im Vergleich zu landbewohnenden Arten finden wir bei aquatischen Neozoen überproportional viele invasive Arten, die negative Auswirkungen auf heimische Arten haben, wie zum Beispiel nordamerika-

nische Flusskrebse, die Wandermuschel oder den Großen Höckerflohkrebs. Viele dieser Arten können in großer Häufigkeit auftreten.

Bereits im Mittelalter wurden begehrte Speisefischarten wie der Karpfen über das Gebiet ihres natürlichen Vorkommens hinaus gezielt verbreitet. Im 19. und 20. Jahrhundert waren vor allem Fischzüchter, Fischer und Aquarianer dafür verantwortlich, dass immer wieder neue Arten in der Donau und ihren Nebengewässern auftauchten. Regenbogenforelle, Aal, Amurkarpfen und Tolstolob sind zwar entlang der österreichischen Donau heute verbreitet, doch meist nur in geringen Dichten anzutreffen. Diese Arten werden beziehungsweise wurden von manchen Bewirtschaftern besetzt, um die Attraktivität für Angelfischer zu erhöhen, können sich aber natürlicherweise in der Donau nicht vermehren. Blaubandbärbling, Goldfisch, Sonnenbarsch und Stichling wurden vor allem von Aquarianern und Teichbesitzern verbreitet. Obwohl sie in den Altarmen der Donau lokal reproduzierende Bestände bilden, sind sie bisher kaum zu einer nennenswerten Bedrohung der einheimischen Fischfauna geworden.

In den letzten Jahrzehnten kam es allerdings an der Donau zu immer neuen Einwanderungswellen verschiedener Arten aus der Familie der Grundeln (Gobiidae), die enorm hohe Bestandsdichten erreichen und durchaus Einfluss auf die heimische Fischzönose haben können. Der Großteil dieser Arten kam ursprünglich natürlich nur in der Unteren Donau vor und breitet sich erst seit wenigen Jahrzehnten weiter stromauf aus. In Österreich kam bis in die 1990er Jahre ausschließlich die Marmorierte Grundel (*Proterorhinus semilunaris*) vor. Die ältesten Hinweise auf ein Vorkommen stammen von Koelbel (1874), der die Art im Gebiet der Marchmündung nachwies. Die Chronologie der Funde entlang der österreichischen Donau deutet stark darauf hin, dass sich die Marmorierte Grundel in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts von dort aus weiter stromauf ausgebreitet hat (Patzner & Schweiger 2007). Als in den 1980er Jahren mit umfangreicheren fischökologischen

Untersuchungen in der österreichischen Donau begonnen wurde, war die Marmorierte Grundel entlang von blockwurfgesicherten Ufern der Donau bereits weit verbreitet und häufig.

1994 wurde die Kesslergrundel (*Ponticola kessleri*) erstmals östlich von Wien und fünf Jahre später in der deutschen Donau nachgewiesen. Im Jahr 1999 trat die Nackthalsgrundel (*Babka gymnotrachelus*) östlich von Wien zum ersten Mal in Erscheinung. Es ist davon auszugehen, dass diese Arten ihre Eier auf Schiffsrümpfe kleben und so aus dem Unterlauf der Donau verbreitet wurden. Für diesen Verbreitungsweg spricht auch, dass die Arten zuerst in großen Industriehäfen auftraten und von dort aus die umliegenden Donauabschnitte besiedelten (Wiesner 2005). Da juvenile Grundeln sehr häufig in der fließenden Welle driftend nachgewiesen werden, ist wahrscheinlich, dass diese Ausbreitung mittels Drift erfolgte. Spätestens 2002 hatte die Kesslergrundel bereits die gesamte österreichische Donau besiedelt und stellte entlang von blockwurfgesicherten Ufern sogar die zweithäufigste Fischart dar (Wiesner 2003).

Im Jahr 2000 wurde erstmals die Schwarzmaulgrundel (*Neogobius melanostomus*) nachgewiesen, und zwar im Hafen Lobau. In nur vier Jahren breitete sich diese Art ebenfalls über die gesamte österreichische Donau aus und drängte die Kesslergrundel stark zurück (Abb. 3.65). Heute dominiert die Schwarzmaulgrundel die Fischzönose der blockwurfgesicherten Ufer entlang der gesamten öster-

reichischen Donau. Im Gegensatz zu Schwarzmaul- und Kesslergrundel blieb die Nackthalsgrundel hauptsächlich auf die Donau östlich von Wien beschränkt, obwohl sie inzwischen lokal auch weiter stromauf (Melk, Ardagger, bayerische Donau) nachgewiesen ist. Eine fünfte Art, die Flussgrundel (*Neogobius fluviatilis*) wurde bereits 1984 in der ungarischen Donau nachgewiesen, breitete sich aber bisher nicht bis Österreich aus (Harka & Biro 2007).

Global betrachtet, beschränkt sich die Ausbreitung der ponto-kaspischen Grundelarten nicht nur auf die Donau und ihre Zubringer. Ähnliche Ausbreitungstendenzen in Richtung stromauf sind auch in anderen Zuflüssen des Schwarzen und Kaspischen Meeres zu beobachten. Über Schifffahrtskanäle wurden verschiedene Grundelarten auch in andere Einzugsgebiete wie zum Beispiel in das des Rheins und der Weichsel verschleppt und breiten sich auch dort rapide aus. Die Schwarzmaulgrundel ist inzwischen auch entlang der Küste der Nord- und Ostsee und in den Großen Seen Nordamerikas verbreitet. Nachweise existieren darüber hinaus auch von der türkischen Mittelmeerküste und dem Aralsee. Sie gilt als eine der am weitesten verbreiteten, invasiven Fischarten weltweit.

Betrachtet man die Ausbreitungswellen der einzelnen Grundelarten entlang der Donau, stellt sich die Frage, warum diese Arten plötzlich innerhalb weniger Jahre ihr ursprüngliches Verbreitungsgebiet rapide ausdehnen. Es ist davon auszugehen, dass eine Kombination unterschied-

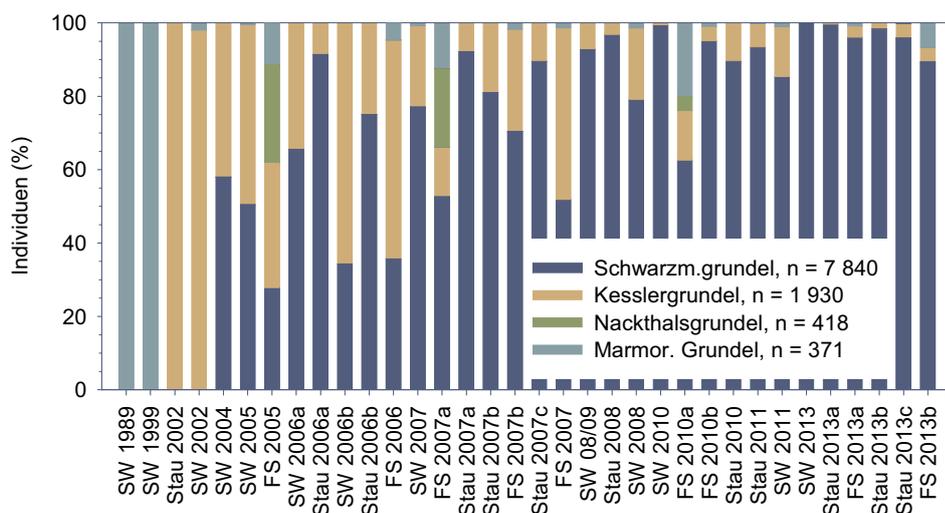


Abb. 3.65
Relative Verteilung der im Zeitraum 1989–2013 im Rahmen diverser fischökologischer Erhebungen in Stauen, Stauwurzeln (sw) und Fließstrecken (FS) der österreichischen Donau gefangenen vier Grundelarten (chronologisch gereiht seit 1989)

licher Faktoren dafür verantwortlich ist. Bereits im Zuge der großen Donauregulierung im 19. Jahrhundert entstanden durch eingebrachte Ufersicherungen aus Blocksteinen großflächig Habitate für die „speleophilen“ Grundelarten (vor allem Schwarzmaul- und Kesslergrundel). Die Umwandlung der Oberen Donau in eine Staukette stellte eine weitere Verbesserung der Lebensbedingungen für diese potamalen Arten dar, wobei sie allerdings auch in Fließstrecken hohe Dichten erreichen. Relevant für die Ausbreitung der Grundeln dürfte weiters der Temperaturanstieg gewesen sein. In den letzten 100 Jahren stieg die mittlere jährliche Wassertemperatur der österreichischen Donau um ca. 1,5° C (Abb. 3.40).

Darüber hinaus änderte sich auch die Zusammensetzung der Fischnährtiere in der Donau in den letzten Jahrzehnten stark. Invasive Arten aus dem ponto-kaspischen und asiatischen Raum, wie verschiedene Flohkrebse (*Dikerogammarus sp.*, *Chelicorophium sp.*), Wandermuscheln (*Dreissena polymorpha*, *D. bugensis*) und Körbchenmuscheln (*Corbicula sp.*), ersetzten die heimische Makrozoobenthoszönose weitgehend (siehe unten). Nahrungsanalysen zeigen, dass sich die invasiven Grundeln überwiegend von diesen Arten ernähren. Allerdings dürfte die Ausbreitung der Wirbellosenfauna nicht die Ursache für die Ausbreitung der Grundelarten sein, vielmehr scheinen beide Tiergruppen von den geänderten Bedingungen in der Oberen Donau zu profitieren (Brandner 2013). Durch den Rückgang der autochthonen Fischbestände in der Donau verringerte sich der Bestand an potenziellen Nahrungskonkurrenten und Fressfeinden, was eine erfolgreiche Ansiedelung ebenfalls begünstigt haben könnte. Die Schifffahrt stellt zudem einen geeigneten Ausbreitungsvektor dar, mit dem auch natürliche und künstliche Barrieren (z. B. als Lebensraum ungeeignete Flussabschnitte oder Staudämme) überwunden werden können. Die Invasion der ponto-kaspischen Grundelarten lässt sich somit wohl am ehesten durch das Zusammenspiel von mehreren Faktoren, wie veränderten Habitatbedingungen und Nahrungsressourcen, steigender Wassertemperatur, verringerter Konkurrenz und erleichterter Ausbreitung über hohe Distanzen erklären. Welcher dieser Faktoren die erfolgreiche Ausbreitung besonders

maßgeblich beeinflusste, beziehungsweise ob es noch weitere, bisher unbekannte Einflussfaktoren gibt, lässt sich mit dem derzeitigen Kenntnisstand allerdings nicht beurteilen.

Die verschiedenen Grundelarten sind heute in der österreichischen Donau ein etablierter Teil der Fischfauna. Aufgrund ihrer hohen Abundanz werden Auswirkungen auf die heimischen Fischarten sowohl seitens der Fischerei als auch der Ökologie befürchtet. In den letzten Jahren ist ein deutlicher Rückgang einiger benthischen Kleinfischarten (Koppe, Gründlingsarten, Donauperciden) zu beobachten. Es scheint zwar plausibel, dass die Ausbreitung der Grundeln dafür zumindest mitverantwortlich ist, klare Belege dafür fehlen freilich. Die heimische Koppe, die ihren Verbreitungsschwerpunkt in der Forellen- und Äschenregion hat, aber bezüglich Lebensweise und Habitatwahl den Grundelarten stark ähnelt, war bis in die 1980er und 1990er in der Donau abschnittsweise häufig vertreten. Heute ist sie nur mehr selten nachweisbar, was auf Konkurrenzphänomene mit den eingewanderten Grundelarten schließen lässt. Aufgrund der teils enormen Abundanz der Schwarzmaulgrundel ist davon auszugehen, dass von dieser Art ein hoher Fraßdruck auf Eier und Larven anderer Fischarten ausgeübt wird. Unter anderem deshalb wird auch seitens der Angelfischerei die Etablierung der Grundelarten in der Donau sehr kritisch gesehen. Dem gegenüber steht das Argument, dass zum Beispiel gerade die beliebte heimische Raubfischart Zander Grundeln mittlerweile bevorzugt als Nahrungsquelle nutzt.

Die Dynamik hinsichtlich der Invasion der österreichischen Donau durch Grundelarten zeigt, dass sich die Dominanzverhältnisse und Abundanzen einzelner Arten vielfach extrem rasch verändern (Abb. 3.65). Es lässt sich daher nur schwer beurteilen, ob der derzeitige Zustand über längere Zeit hinweg stabil bleiben wird, oder weitere Veränderungen in der Fischzönose zu erwarten sind. In der Invasionsbiologie, die inzwischen einen eigenen Wissenschaftszweig darstellt, geht man davon aus, dass es nach einem Massenaufreten einer neu eingewanderten Art

zufolge Übernutzung von Nahrungsressourcen, innerartlicher Konkurrenz, Krankheiten und Parasiten recht bald zu einem Zusammenbruch oder zumindest zu einem deutlichen Rückgang des Bestandes kommt. Ob dies auch für die Schwarzmaulgrundel zutreffen wird, bleibt abzuwarten. Schließlich ist auch die Einwanderung weiterer Arten durchaus möglich. So wurde beispielsweise bereits die aus dem Fernen Osten stammende Amur-Schläfergrundel (*Percottus glenii*) in der slowakischen Donau nachgewiesen. Diese Altwässer und andere wasserpflanzenreiche Stillgewässer bevorzugende Art wird bis zu 25 cm lang und gilt als aggressiver Räuber, der lokale Fischbestände stark dezimieren kann (Kottelat & Freyhof 2007).

Durch direkte Maßnahmen, wie gezielten Fang, lassen sich die Grundelbestände der Donau kaum dezimieren. In einem Fall wurde in Nordamerika versucht, einen neu aufgetretenen Bestand der Schwarzmaulgrundel mittels des Fischgiftes Rotenon zu eliminieren. Doch sogar diese Notmaßnahme blieb erfolglos. Im Rahmen von Renaturierungsprojekten in der Wachau und östlich von Wien stellte sich allerdings heraus, dass sich durch den Rückbau von Blockwurfufeln in naturnahe Kiesufer die Grundeldichte erheblich reduzieren und damit der Konkurrenz- und Fraßdruck durch Grundeln verringern lässt (Zauner et al. 2008; Keckeis et al. 2014).

Abb. 3.66 Sterlet aus der Population im Bereich Engelhartzell



Während die invasiven Grundelarten mittlerweile die Fischzönosen im gesamten Donausystem beeinflussen, ist das Auftreten einer weiteren allochthonen Fischart bisher nur von lokaler Bedeutung. Der Sibirische Stör (*Acipenser baerii*), der durch aktiven Besatz oder Entkommen aus Teichen bei Hochwasser seit mehreren Jahren auch in der Donau auftritt, gefährdet jüngsten Untersuchungen zufolge den heimischen Sterlet (*Acipenser ruthenus*). Im Bereich der Stauwurzel des Donaukraftwerks Aschach bei Engelhartzell (Grenzstrecke zu Bayern) konnte sich eine reproduzierende Population des Sterlets erhalten (Zauner 1997b). Es handelt sich dabei um den einzigen reproduzierenden Bestand Österreichs und Deutschlands (Abb. 3.66). Aufgrund der wahrscheinlich sehr geringen Bestandszahl und des beschränkten Lebensraums ist diese Population aber sehr verletzlich. Der Sterlet meidet den Staubereich. In der noch rascher strömenden Stauwurzel wurden hingegen in den letzten Jahrzehnten regelmäßig Fische nachgewiesen. Über die Gründe, warum sich der Sterlet nur hier beziehungsweise gerade hier halten konnte, kann man nur spekulieren. Möglicherweise ist die Sondersituation, dass an der Sohle dieser Stauwurzel eine stark überströmte Felsformation, das „Jochensteiner Kachel“ ansteht, dafür ausschlaggebend. In der Literatur gibt es Hinweise, dass derartige Bereiche Störartigen als Laichplatz dienen. Detaillierte genetische und morphologische Erhebungen im Jahr 2007 zeigten, dass in dieser Population neben reinrassigen Sterlets auch Hybriden mit dem Sibirischen Stör auftreten (Ludwig et al. 2009). Da diese Hybriden in der Aquakultur nicht produziert werden und Besatz somit ausgeschlossen werden kann, ist damit natürliche Reproduktion von Stören im Gewässer belegt. Andererseits wurde damit ein weiteres, bisher nicht bekanntes Gefährdungspotenzial im Hinblick auf die Erhaltung dieser letzten Sterletpopulation aufgezeigt.

Fremde Bodenbewohner

Noch stärker als bei den Fischen wird heute die wirbellose Bodenfauna (das sogenannte Makrozoobenthos) der Donau von invasiven Elementen – mehrheitlich aus dem pontokaspischen Raum – zahlenmäßig dominiert (Abb. 3.67). Der eingewanderte Schlickkrebs (*Chelicorophium curvispinum*) besiedelt die gesamte österreichische Donaustrecke in hohen Dichten (mehr als 1000 Individuen/m²). Die acht am konstantesten auftretenden Arten sind ebenfalls Neubesiedler, die in teils hohen Beständen vorkommen.

Corbicula fluminea, die asiatische Körbchenmuschel, kolonisierte beispielsweise innerhalb weniger Jahre die gesamte Donau in enormen Massen. In einem Linzer Hafen erreicht ihr Vorkommen 10 810 Individuen/m² beziehungsweise 2,2 kg/m² (Moog & Wieser 2010). Neben der in Österreich mittlerweile in größeren Gewässern allgegenwärtigen Zebra- oder Wandermuschel (*Dreissena polymorpha*) ist die nah verwandte Quagga-Muschel (*Dreissena bugensis*) ein junger Neubesiedler der österreichischen Donau und ihrer Nebengewässer (Fischer 2013; Fischer et al. 2014). Die größte Muschelart in Österreich, die bis zu 30 cm Durchmesser oder 350 g Gewicht erreichende chinesische Teichmuschel (*Sinanodonta woodiana*) kolonisiert neben dem Hauptstrom vermehrt die Nebengewässer der Donau in hohen Dichten. Alle Flussmuscheln (*Unionidae*) sind in ihrer Entwicklung auf Wirtsfische angewiesen, da sich spezielle Muschelstadien (*Glochidien*) in deren Kiemen entwickeln. Die chinesische Teichmuschel gelangte auf diese Weise mit dem Besatz von Graskarpfen in unsere Gewässer. Komplexe Interaktionen wie diese zeigen die Sensibilität aquatischer Ökosysteme und unterstreichen die Wichtigkeit einer umfassenden ökologischen Begleitung in Rahmen jeglicher Managementeingriffe.

Das verstärkte Auftreten von Neozoen und die möglicherweise damit in Zusammenhang stehende Verarmung der Fauna von großen Flüssen gilt europaweit als problematisch (z.B. Moog et al. 2007; Graf et al. 2008; Arbačiauskas et al. 2008; Panov et al. 2009). Die ökologische Bewertung des zum Teil massiven Auftretens pontokaspischer und anderer Einwanderer in großen mitteleuropä-

ischen Flüssen wird zurzeit im internationalen Kontext intensiv diskutiert (u. a. Schöll & Haybach 2000, 2001; Olenin et al. 2007; Cardoso & Free 2008; Orendt et al. 2010). Im Zusammenhang mit der sehr eingeschränkten Land-Wasser-Ver-netzung als Folge der Uferverbauungen ist der Wellenschlag durch die Schifffahrt ein zusätzlicher und oftmals unterschätzter negativer Einfluss. Entsprechende Untersuchungen zeigen, dass unter den Kleinkrebsen der Einwanderer *Dikerogammarus villosus* weitaus flexibler als die heimische Gattung *Gammarus* reagiert und dieser damit überlegen ist (Gabel et al. 2008, 2011a, 2011b). Der Einfluss des Wellenschlages auf die an der Wasseranschlagslinie schlüpfenden Insekten ist nicht detailliert untersucht, negative Auswirkungen sind jedoch anzunehmen. Schiffe werden zudem allgemein als Ausbreitungsvektor für Neozoen angesehen (Transport im Ballastwasser, Anheftung am Schiffsboden). Die Rolle des Wassertransports im Prozess der „McDonaldisation“ der Fauna großer Flüsse ist generell spärlich untersucht und bedarf dringend intensiverer Betrachtung (Lövei 1997).

Inwieweit invasive Neozoen die Struktur der Zönose ändern und die ehemaligen Donauorganismen verdrängen oder dazu beitragen, ist nicht restlos geklärt. Schöll (2006) stellt jedoch fest, dass vor allem durch das verstärkte Auftreten des Flohkrebses (*Dikerogammarus villosus*) am Rhein ein Einbruch der Bestände der Köcherfliegengattung *Hydropsyche* zu beobachten ist. Der räuberische – und daher oftmals als „killer shrimp“ bezeichnete – *Dikerogammarus villosus* ist durch höhere Fertilität den anderen indigenen Flohkrebsen wie *Gammarus fossarum* und *Gammarus roeselii* deutlich überlegen und verdrängt diese (Pöckl 2006). Starke zönotische Veränderungen sind auch an den von *Dikerogammarus villosus* neu kolonisierten Flüssen Rhein, Oder und Meuse zu beobachten (Bacela et al. 2008). Unklar bleibt, wovon das Auftreten von robusten und ökologisch flexiblen Neozoen abhängt. Eine Erklärung ist, dass die heimische Fauna aufgrund jahrhundertelanger anthropogener Eingriffe an der Donau (Verbauung, Begradigung, Aufstau, Schifffahrt, Verschmutzung) bereits

Das Makrozoobenthos der österreichischen Donau

Makrozoobenthos (MZB) ist eine Sammelbezeichnung für jene Kleinlebewesen, die die Gewässersohle (das Benthos) zumindest während eines Teils ihres Lebenszyklus besiedeln. Zu den wichtigsten Gruppen gehören Insekten, Würmer, Weichtiere (Schnecken und Muscheln) und Krebse. Das MZB hat viele Funktionen und beeinflusst den Stoffhaushalt von Gewässern nachhaltig. Außerdem dient es Fischen, Vögeln und anderen Tieren als Nahrung. Aufgrund seiner Artenvielfalt und Sensitivität hinsichtlich diverser Umweltparameter wird das MZB als wichtige Indikatorgruppe zur Bestimmung des ökologischen Zustands eingesetzt.

Die benthische Fauna der österreichischen Donau wurde seit den 1960ern von mehreren Autoren beschrieben und seit der Jahrtausendwende im Rahmen des Joint Danube Survey dreimal untersucht. Im Jahr 2000 werden 1 289 Arten gelistet, wobei Insekten 74% der Diversität ausmachen. Die höchste Artenzahl findet sich in Augewässern, gefolgt von den Fließabschnitten. Ein dramatischer Artenrückgang ist hingegen in den zentralen Stauräumen zu beobachten. Hotspots der Biodiversität sind somit die Auen, die heute jedoch zunehmend von untypischen Arten verlandender Nebengewässer besiedelt werden. Verglichen mit der Artenerhebung von Dudich (1967), zeigt sich eine deutliche Verschiebung der ponto-kaspischen Flohkrebbsfauna der Donau in Richtung Nordwesten. Die Donau ist aktuell eine Migrationsroute ponto-kaspischer und anderer invasiver Neozoen, die quantitativ die Donaufauna dominieren.

Fauna großer Flüsse, aufgezeigt am Beispiel der österreichischen Donau

Die großen Flüsse Mitteleuropas haben ihre typische Fauna durch die unterschiedlichsten anthropogenen Eingriffe weitgehend verloren. Auch die Donau ist diesbezüglich keine Ausnahme. Besonders die sensitiven und flusstypischen Eintagsfliegen (*Ephemeroptera*), Steinfliegen (*Plecoptera*) und Köcherfliegen (*Trichoptera*), die einst weite Areale in Europa besiedelten, sind aus vielen Flüssen weitgehend verschwunden und wurden durch euryöke und robustere Organismen ersetzt. Ihr einstiges Vorkommen ist freilich meist nur spärlich dokumentiert. Im Naturhistorischen Museum Wien sind beispielsweise einige Exemplare der Steinfliege *Isogenus nubecula* aufbewahrt. Manche tragen als Fundangabe „von der Mauer des Museums“ und deuten damit auf die ehemalige Allgegenwärtigkeit dieser Art im Wiener Raum hin. Brauer & Löw bezeichneten die Art 1857 als „bei Wien u. a. Orth an der Donau, sehr gemein“. Heute ist diese Art weltweit gesehen nur mehr aus der Theiß in Ungarn und dem Lafnitz/Raab-System in Österreich und Ungarn bekannt. Alle typischen Steinfliegenarten der Donau finden sich heute in Mitteleuropa auf diversen Roten Listen als „stark gefährdet“, meist bereits als „verschollen“ oder „ausgestorben“.

Die terrestrischen Lebensstadien typischer Flussarten treten zur Optimierung der Partnerfindung in Massen auf und sind – oder waren – daher auch dem Laien ein bekanntes Phänomen. Die Steinfliege *Brachyptera braueri* war in Prag einst so häufig, dass sie den Namen „Prag-Fliege“ erhielt. Spektakuläre Massenflüge sieht man heute wieder bei der Eintagsfliege *Ephoron virgo*, die damit große mediale Aufmerksamkeit erlangt. Nach längerer Abwesenheit zufolge starker organischer Verschmutzung der Donau taucht diese Art in den letzten Jahren Anfang August wieder regelmäßig in den Schlagzeilen deutscher Lokalzeitungen auf. Die sich vor allem auf beleuchteten Brücken zu Millionen sammelnden Tiere, die wie ein „sommernächtliches Schneetreiben“ erscheinen, müssen nach dem Ableben zwecks Vermeidung von Unfällen mit Räumfahrzeugen wieder beseitigt werden. Der deutsche Name „Uferas“ spricht den Verwesungsgeruch der etwa 3 cm langen Tiere an. Schaeffer (1757) wies darauf hin, dass die großen und grabend im Flusssediment lebenden Larven als Fischköder dienten und ebenfalls als „Aas“ („Äsung“ in der Jägersprache) bezeichnet wurden. Die abgestorbenen Tiere wurden früher auch an Schweine verfüttert. Tobias (1996) führt als Trivialnamen noch „Augustfliege“, „Laurentiusfliege“

(bezogen auf den Namenstag des Heiligen Laurentius am 10. August), „Sommerschnee“, „Weißwurm“ oder „Massenhaft“ an. Die Hauptflugzeit Anfang August, von der schon Schäffer im Jahre 1757 berichtete, hat sich seither trotz des Klimawandels im Wesentlichen nicht verschoben.

Auch Weichtiere (Mollusken) stellen typische Elemente großer Flüsse dar. In der Donau sind *Unio pictorum*, die Malermuschel, und *Unio tumidus*, die aufgeblasene Flussmuschel, häufig. Eine dritte Art, *Unio crassus*, erlitt in den letzten Jahrzehnten in ganz Europa starke Populationsverluste. Daneben sind die Teichmuscheln mit zwei Arten vertreten (*Anodonta anatina* und *Anodonta cygnea*), die strömungsberuhigte Bereiche besiedeln. Die beiden in Österreich seltenen Sumpfdockelschnecken, *Viviparus acerosus* und *Viviparus contectus*, leben in strömungsberuhigten Bereichen, wie Altwässern, während die invasive Kahnschnecke, *Theodoxus fluviatilis*, die strömenden Bereiche der Donau besiedelt.



Terrestrische Stadien der Eintagsfliege *Ephoron virgo*; Deggendorf an der Donau, August 2013



Abb. 3.67 Beispiele für benthische Neozoen der österreichischen Donau (von links oben): Neuseeländische Zwergdeckelschnecke *Potamopyrgus antipodarum*; pontokaspischer Großer Höckerflohkrebs *Dikerogammarus villosus* (oftmals als „Killer shrimp“ bezeichnet); Körbchenmuschel *Corbicula fluminea*; Süßwasser-Borstenwurm *Hypania invalida*; chinesische Teichmuschel *Sinanodonta woodiana*

geschädigt war und damit Nischen für die Besiedlung frei waren. Eine andere Möglichkeit ist, dass die ponto-kaspischen Einwanderer die Donaufauna aktiv verdrängten. Das verstärkte Auftreten von Neozoen ist in Österreich seit etwa 1985 dokumentiert. Als möglicherweise wichtige Auslöser gelten die ansteigenden Wassertemperaturen im Kontext mit dem Klimawandel (Rahel & Olden 2008; Moog et al. 2013). Vermutlich sind mehrere Prozesse dafür verantwortlich. Viele flusstypspezifische Arten waren jedenfalls schon vor der Dokumentation des massiven Auftretens von Neozoen am Rande ihrer Nachweisgrenze.

Untersuchungen, inwieweit die Ufermorphologie die Zusammensetzung der Donaufauna beeinflusst, sind derzeit im Laufen. Füreder & Pöckl (2007) merken jedoch an, dass eine weitgehende Rückführung Neozoenverseuchter Gewässer in den vorherigen Zustand praktisch nicht möglich ist.

Die Erwerbsfischerei – Spiegelbild der Veränderungen der Donau

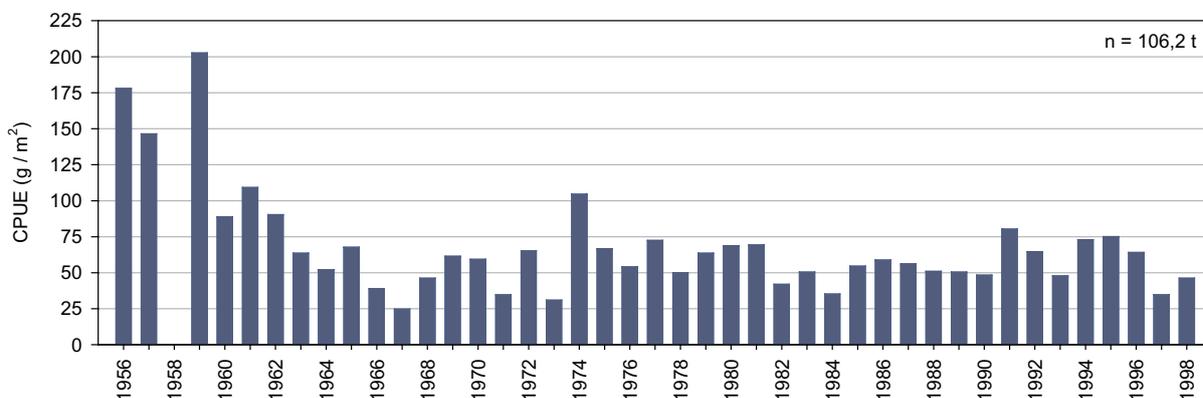
„Die Bedeutung der Fischerei, von der an manchen Orten im Mittelalter die ganze Bevölkerung lebte, ist im Laufe des 19. und 20. Jahrhunderts stark zurückgegangen. In Deutschland sind nur noch zwei Donaufischer aktiv. Einer fischt zwischen Straubing und Vilshofen, ein weiterer bewirtschaftet die Donau zwischen Passau und Engelhartszell. In Österreich wird in bescheidenem Maße noch um Linz und Wien gefischt. Von größerer Bedeutung ist die Fischerei noch im Donaudelta.“

Dieser Eintrag findet sich in Wikipedia unter „Donau, Fischerei“ und ist bezeichnend für die Situation der Erwerbsfischerei, insbesondere in der österreichischen Donau. Somit ist es auch nicht verwunderlich, dass kaum Daten über die jüngere Entwicklung der Erwerbsfischerei vorliegen (zur vorangegangenen Entwicklung der Berufsfischerei bis in die erste Hälfte des 20. Jahrhunderts vgl. Kapitel 2.2).

Vor diesem Hintergrund sind die Aufzeichnungen des Fischermeisters Alois Pröll aus Obernzell besonders wertvoll. Pröll ist der im oben genannten Wikipedia-Eintrag genannte Fischer zwischen Passau und Engelhartszell, dessen Fischereirecht sich über den zentralen Stauraum des Donaukraftwerkes Jochenstein erstreckt. Die peniblen Aufzeichnungen Prölls erlauben die differenzierte Betrachtung der Entwicklung der Fangergebnisse über einen Zeitraum von 45 Jahren (1956–1999). Mit diesen Daten lässt sich daher auch überprüfen, ob aus den Fangergebnissen eine Veränderung der Artverteilungen beziehungsweise der artspezifischen Dichte- und Biomasseanteile abzulesen ist.

Das Kraftwerk Jochenstein wurde zwischen 1952 und 1956 als erstes Donaukraftwerk in Österreich errichtet. Mit einer Fallhöhe von rund 9 m reicht der Rückstau ca. 27 km bis zur Staustufe Kachlet beziehungsweise bis zum Innkraftwerk Ingling. Im Hinblick auf die Dimensionen handelt es sich um eine eher kleinere Kraftwerksanlage.

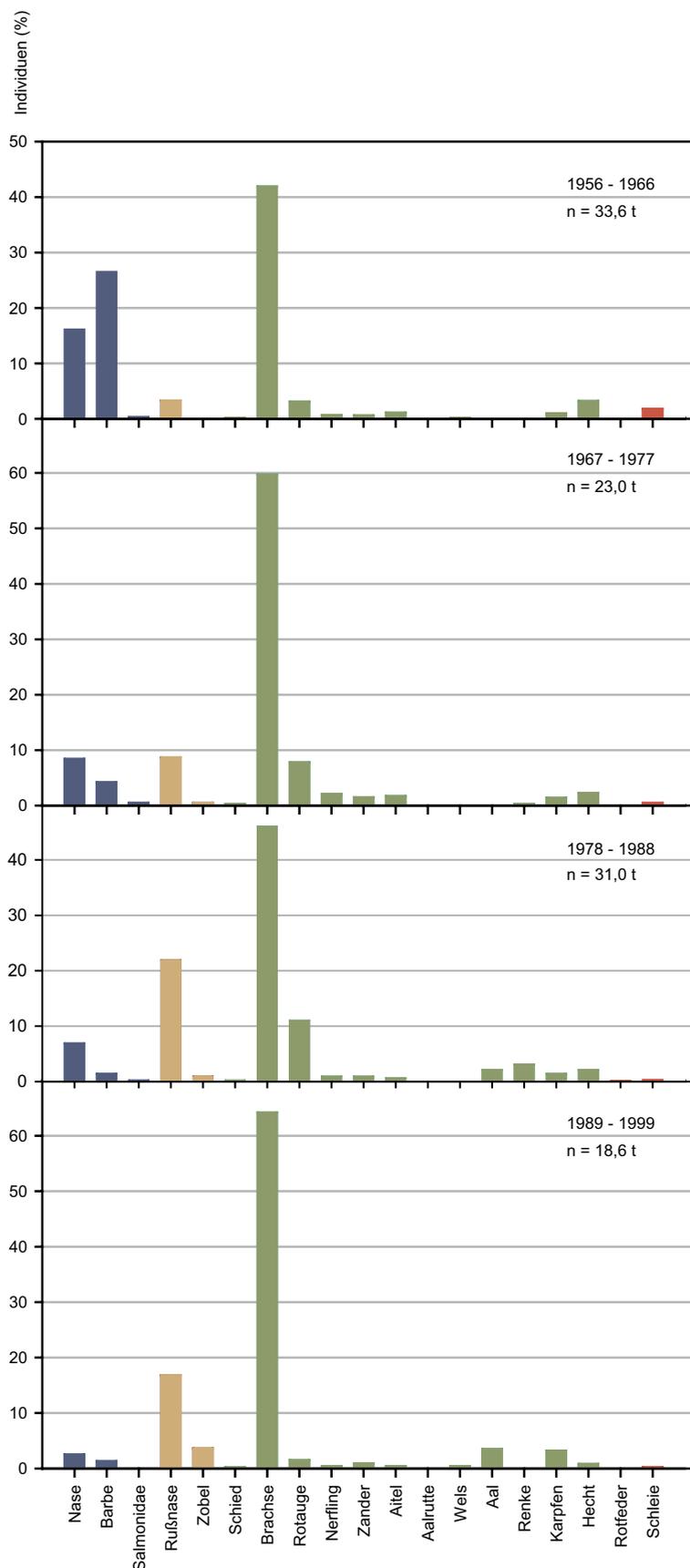
Abb. 3.68 Entwicklung der gefangenen Gesamtfischbiomasse im Stauraum Jochenstein im Untersuchungszeitraum 1956–1999 (CPUE = Catch per Unit Effort/Fangpro-Einheits-Versuch; Einheit: Fischbiomasse in g/m² Netzfläche)



Die Erwerbsfischerei in diesem Donauabschnitt findet vorwiegend mit sogenannten Spiegelnetzen statt. Mit einer definierten Maschenweite lassen sich in Abhängigkeit von der Körperhöhe Fische ab einer bestimmten Körperlänge fangen. Dabei ist die Mindestmaschenweite gesetzlich geregelt, um den Fang von „untermaßigen“, noch nicht reproduzierenden Fischen zu vermeiden. Die Daten der Netzfischerei basieren somit auf konstanten Fangbedingungen und bieten damit wertvolle Vergleichsmöglichkeiten. Die langjährigen Aufzeichnungen beinhalten Gewichtsangaben aller gefangenen Arten und erlauben somit artbezogene Aussagen in Bezug auf Verteilung und Dichte in den jeweiligen Jahren. Im Rahmen einer Fachbereichsarbeit wurden die Daten ausgewertet und interpretiert (Zauner 2013).

Bereits bei kumulativer Betrachtung aller Arten über den gesamten Beobachtungszeitraum zeigt sich ein eindrucksvoller Trend. Die *Abbildung 3.68* veranschaulicht die Entwicklung der Fangergebnisse im Stauraum Jochenstein in der Zeit kurz nach der Errichtung des Kraftwerkes 1956 bis zum Jahr 1999. Diese Darstellung zeigt, dass mit Ausnahme der ersten fünf bis sechs Jahre vergleichsweise ähnliche Fänge hinsichtlich der Gesamtbiomasse erzielbar waren. Für die ersten fünf bis sechs Jahre sind beinahe doppelt so hohe Fangdichten dokumentiert, wie in den nachfolgenden 40 Jahren. Dies erklärt sich daraus, dass aus der Zeit vor Stauerrichtung stammende Fische auch noch einige Jahre danach im Gewässersystem verbleiben und zu den anfänglich hohen Fängen beitragen. Gleichzeitig zeigt sich, dass die Stauhaltung einen generellen Rückgang des Fischaufkommens bewirkt, sofern die Fangdichten die Bestandssituation widerspiegeln. Gegen Ende der Untersuchungsreihe ist bei vergleichbarem Fangaufwand nur noch ein Drittel des in den 1950er Jahren vorliegenden Ausfanges dokumentiert.

Abb. 3.69 Prozentuelle Verteilung der Arten im Gesamtfang in unterschiedlichen Zeiträumen zwischen 1956 und 1999



Unterteilt man die gesamte Untersuchungsreihe in ca. vier gleich lange Perioden, ist ein klarer Trend in Bezug auf die Artenverteilung erkennbar (Abb. 3.69). In der ersten Dekade stammen 42% der gefangenen Biomasse von den klassischen rheophilen Flussfischarten Nase und Barbe. Ähnliche Werte zeigt die Brachse. Mit mehr als 3% sticht der Gewichtsanteil des Hechts ins Auge. Die typischen „Altwasserarten“ wie Schleie und Karpfen sind jeweils mit mehr als 1% Gewichtsanteil vertreten.

In der zweiten Dekade dominiert die Brachse mit 59% deutlich. Die in der ersten Dekade noch sehr dominanten Leitarten Barbe und Nase sind auf 4,2% und 8,4% gesunken. Bei der Rußnase hingegen kommt es zu mehr als einer Verdoppelung (8,7%). Ähnliches gilt auch für das Rotauge.

In der dritten Dekade 1978–1988 hat die Brachse nach wie vor den höchsten Gewichtsanteil (46%), doch macht nunmehr die Rußnase bereits rund die Hälfte im Vergleich zum Anteil der Brachse aus. Fänge von Nasen und Barben gehen weiter zurück. Mit Aal und Renke treten erstmals in relevanten Anteilen zwei Arten auf, die ausschließlich aus Besatz stammen.

In der vierten Dekade 1989–1999 ist der Anteil der ursprünglichen Leitfischarten Nase und Barbe bereits verschwindend gering (Abb. 3.69). Beide Arten zusammen sind von ehemals 42% auf nunmehr 3,8% und damit auf weniger als ein Zehntel abgesunken. Beinahe zwei Drittel der Biomasse fallen auf die Brachse. Zu rund 17% werden Rußnasen gefangen. Beide Arten – Brachse und Rußnase – bestimmen, wie auch schon in der vorangegangenen Zeitreihe, den Fang. Mit jeweils mehr als 3% sind Karpfen und Zobel vertreten, wobei erstere Art auf intensiven Besatz zurückzuführen ist. Beim Zobel, der ausschließlich aufgrund natürlicher Reproduktion vorkommt, ist über die gesamte Zeitreihe eine kontinuierliche Zunahme erkennbar.

Obige Befunde zeigen, dass sich die Veränderungen im Fischbestand auch in den Fangergebnissen der Erwerbsfischerei deutlich widerspiegeln. Mit der Errichtung des Donaukraftwerkes Jochenstein geht ein elementarer Wandel in den Lebensraumbedingungen einher. Die dokumentierten Zahlen zeigen, dass die Fangerträge in den ers-

ten sechs Jahren kontinuierlich abnehmen und dann in der gesamten anschließenden Untersuchungsperiode mit Ausnahme geringfügiger Schwankungen mehr oder weniger stabil auf gleichem Niveau bleiben. Während in den ersten Jahren nach der Stauerrichtung die typischen rheophilen Leitarten der Donau, nämlich Nase und Barbe, den Fischfang dominieren, unterliegen diese Arten in der Folge einem dramatischen Rückgang. Zur Reproduktion auf stagnierende Gewässerteile angewiesene Arten, wie Hecht und Schleie, unterliegen aber ebenfalls einer starken Abnahme. Dies bedeutet, dass sich in Stauräumen die Lebensraumbedingungen sowohl für typisch strömungsliebende Vertreter als auch für Krautlaicher eklatant ändern. Für die Rheophilen erweisen sich vor allem die große Wassertiefe und daraus resultierend die stark reduzierte Fließgeschwindigkeit und hohe Ablagerung von Feinsedimenten als besonders abträglich. Für Hecht, Schleie und andere Arten mit ähnlichen Ansprüchen ist der Verlust stagnierender Altwasserbereiche ausschlaggebend. Lediglich der Bestand der Brachse bleibt über die gesamte Untersuchungsdauer relativ konstant. Diese Art kommt als Ubiquist sowohl in rasch als auch langsam fließenden Gewässern gut zurecht. Dies erklärt die gleichbleibenden Erträge über den beobachteten Zeitraum. Neben der Brachse gibt es auch noch Arten wie Rußnase und Zobel, welche vor beziehungsweise kurz nach Stauerrichtung nur geringe Dichten aufwiesen, sich sukzessive etablierten und heute unter den neuen Lebensraumbedingungen relevante Anteile der Fischzönose ausmachen.



4

Revitalisierungen an der Donau und ihren Zubringern

	4.1
302	Grundsätze der Fließgewässerrevitalisierung
	4.2
310	Maßnahmentypen für die Donau
	4.3
342	Die Reaktion der Fischfauna auf Revitalisierungen



Stromkarte Rossatz-Krems (Freiherr v. Pacassi 1797-1812)

4.1

Grundsätze der Fließgewässerrevitalisierung

Vom Schutz der Gewässer zur leitbildorientierten Planungsphilosophie

Natürliche Gewässer und Flusslandschaften unterliegen aufgrund dynamischer Prozesse laufenden Veränderungen und sind zugleich ein Spiegelbild für das Ausmaß menschlicher Eingriffe. Nicht nur in Mitteleuropa, sondern auch weltweit ist ein zunehmend hoher Anteil der Gewässersysteme durch unterschiedlichste anthropogene Einflüsse massiv beeinträchtigt (Benke 1990; Dynesius & Nilsson 1994; Raven et al. 1998). Dies gilt ganz besonders für große Flüsse wie die Donau. Neben Regulierungen zählen Kraftwerke zu jenen Eingriffen in Fließgewässer-Ökosysteme, die tiefgreifend nachhaltige Änderungen des aquatischen Lebensraumes und damit der limnologisch-fischökologischen Verhältnisse bewirken (Jungwirth & Waidbacher 1989). Es ist daher eine wichtige Aufgabe für die Zukunft, solchermaßen degradierte Systeme mit Hilfe entsprechender Sanierungs- beziehungsweise Revitalisierungsmaßnahmen ökologisch möglichst weitgehend wieder aufzuwerten (Muhar et al. 1995).

Unter dem Begriff Gewässerschutz werden heute all jene Aktivitäten subsummiert, die einen Beitrag zur Beurteilung und Sicherung der ökologischen Funktionsfähigkeit und Integrität von Fließgewässersystemen leisten (Muhar 1999). Über viele Jahrzehnte standen die verschie-

denen Aspekte der Gewässergüte im Fokus. Seitdem – wie im Falle der Donau – die meisten dieser Probleme zumindest in den Oberläufen der mitteleuropäischen Flüsse weitgehend gelöst sind, rücken die negativen Auswirkungen von Regulierungen und Kraftwerken in den Vordergrund. Die damit verbundene Beeinträchtigung der hydromorphologischen und ökologischen Verhältnisse in unseren Fließgewässern ist mittlerweile weithin bekannt. Daher nimmt in der Öffentlichkeit auch das Verständnis für entsprechende Revitalisierungsprojekte immer mehr zu.

Maßnahmen zur ökologischen Verbesserung von Fließgewässersystemen sind vielfach sehr unterschiedlich. In der Literatur werden eine Vielzahl von Fachbegriffen und zum Teil sehr unterschiedliche Ansätze diskutiert. Das grundsätzliche Ziel von Revitalisierungen ist die Annäherung der hydromorphologischen Verhältnisse an den Naturzustand, um möglichst natürliche Lebensgemeinschaften zu etablieren. Da die vollständige Wiederherstellung nur in den seltensten Fällen möglich ist, sollte zumindest ein weitgehend naturnaher Zustand des revitalisierten Gewässerabschnittes angestrebt werden (Zauner 2002b). Schwierig ist dabei die Definition eines „natürlichen“ oder gar „ursprünglichen“ Zustandes von Gewässerlandschaften und ihrer Lebensgemeinschaften. Grund dafür ist, dass

die anthropogene Beeinflussung unserer Fließgewässer bereits Jahrhunderte oder länger zurückreicht und verschiedene Veränderungen im Einzugsgebiet zum Teil großräumige Auswirkungen auf weit entfernt liegende Flussabschnitte haben.

Die Wiederherstellung beziehungsweise Erhöhung der ökologischen Funktionsfähigkeit von Fließgewässern durch Revitalisierungsmaßnahmen sollte sich grundsätzlich am jeweiligen Fließgewässertyp und dem darauf aufbauenden ökologischen Leitbild orientieren (Muhar 1994). Durch eine solche „Planungsphilosophie“ wird ein standort- und typgerechter Rückbau von Gewässern gewährleistet. Zugleich lässt sich mit dieser Strategie vermeiden, dass im Überschwang neuer Ideen und technischer Machbarkeit unnatürliche oder standortsfremde Gewässer und Flussstrukturen hergestellt werden (Moog 1989).

Etwa seit den 1990ern werden Verbesserungs- und Rückbaumaßnahmen auch für große Flüsse international diskutiert und zunehmend auch umgesetzt (vgl. Habersack & Nachtnebel 1995; Ward & Stanford 1996; Schiemer et al. 1999). Für Planung, Umsetzung und Monitoring derartiger Projekte empfiehlt es sich, die spezifischen abiotischen und biotischen Parameter des jeweiligen Flusssystems im Sinne eines „visionären Leitbildes“ genau zu definieren (Muhar et al. 1995; Eberstaller & Haidvogel 1997). Da von den größeren Flüssen West- und Mitteleuropas seit dem 19. Jahrhundert kaum mehr ursprüngliche Referenzstrecken verblieben sind, ist man bei der Leitbilderstellung zunehmend auf Analysen historischer Quellen und modellhafter Beschreibungen angewiesen. Auch an der österreichischen Donau fehlen vor allem aufgrund der Regulierungsbauten des 19. Jahrhunderts und der Kraftwerkserrichtungen im 20. Jahrhundert „ursprüngliche“ Flussabschnitte, an denen man sich orientieren könnte.

Eine Möglichkeit, dennoch Kenntnisse über den Zustand der Donau vor Beginn der systematischen Regulierung zu erlangen, besteht in der Auswertung alter Stromkarten und Regulierungspläne. Durch Überlagerung und Verschneidung mehrerer historischer Karten können natürliche dynamische Umlagerungsvorgänge und Auswirkungen von Regulierungen über Jahrhunderte hinweg

analysiert und visualisiert werden (z.B. Hohensinner 2008; vgl. Kapitel 2.1). Solche Analysen erlauben es, quantitative Aussagen zur Lebensraumausstattung eines Fluss-Auen-systems im Zeitverlauf zu machen. Damit kann das von Ward (1989) formulierte Konzept der „multi-dimensionalen Natur“ von Flusslandschaftssystemen auch für die Donau überprüft und dargestellt werden. Betrachtet man in diesem Sinne Fließgewässer ganzheitlich, das heißt in ihren drei räumlichen Dimensionen und zugleich in ihrer zeitlichen Perspektive, so ergibt sich ein völlig neues Verständnis von solchen Systemen. Das Wissen um das komplexe Prozessgeschehen ist daher auch eine wichtige Voraussetzung für den Planungsprozess. Einbeziehung und Rückkoppelung des „visionären Leitbildes“ auf allen Ebenen des Planungsablaufes tragen wesentlich zum Erreichen der ökologischen Ziele bei. Fundierte Kenntnisse über die Zusammenhänge zwischen Gewässermorphologie und Ökologie der Lebensgemeinschaften sind letztlich aber auch eine essenzielle Grundvoraussetzung für die integrative Bewertung der ökologischen Funktionsfähigkeit, die heute in der EU-Wasserrahmenrichtlinie und in nationalen Gesetzgebungen vieler Staaten einen zentralen Stellenwert besitzt (Jungwirth et al. 2000).

Warum gerade Fische?

Die EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) sowie die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-RL) und die Vogelschutz-Richtlinie sind wertvolle und unverzichtbare Instrumente für Revitalisierungen. Die beiden letztgenannten Richtlinien bilden EU-weit den naturschutzrechtlichen Rahmen für die Ausweisung von Natura 2000-Gebieten. Die FFH-Richtlinie hat den langfristigen Schutz beziehungsweise das Erreichen eines „guten“ Erhaltungszustandes bestimmter Schutzgüter, wie Lebensraumtypen, Pflanzen- und Tierarten, darunter auch viele Fischarten, zum Ziel. Sie definiert somit verbindlich die naturschutzfachlichen Vorgaben, die bei Flussrevitalisierungen auf jeden Fall zu beachten sind.

Die im Jahr 2000 in Kraft getretene Europäische Wasserrahmenrichtlinie bereitet als gesetzliche Basis den Weg für ein einzugsgebietsweites, zwischenstaatlich abgestimmtes Management des Donaulebensraumes und ist damit ebenfalls eine wichtige Grundlage für Revitalisierungen. Die EU-weit geltenden, gewässerökologischen Vorgaben der WRRL wurden im Jahr 2003 auch in das österreichische Wasserrechtsgesetz (WRG) übernommen. Zudem trat auf Basis der WRRL im Jahr 2010 der „Nationale Gewässerbewirtschaftungsplan 2009“ (NGP) in Kraft, in dem die Wiederherstellung der Wandermöglichkeiten für aquatische Organismen in der Donau als ein prioritäres Ziel festgelegt wurde (BMLFUW 2009). Nachdem die österreichische Donau und ihre Zubringer kaum mehr Defizite hinsichtlich der Wasserqualität aufweisen, ein ökologisch guter Zustand aber vielfach noch immer nicht erreicht wurde, ist nunmehr die Verbesserung der Hydromorphologie ein vorrangiges Ziel.

Wichtigster biologischer Indikator für die Beurteilung des hydromorphologischen Zustandes eines Gewässers ist die Fischfauna. Fische sind als vagile und zum Teil sehr anspruchsvolle Tiere gute Zeiger für eine Reihe ökomorphologischer Funktionen und Strukturen (Schmutz et al. 2000). Einzelne Arten und Altersstadien wandern zwischen Laich-, Jungfisch- und Adulthabitaten teils lange Strecken und erweisen sich als wertvolle Indikatoren für die Konnektivität, der seitlichen und longitudinalen Vernetzung verschiedener Habitate. Anhand der Artenzusammensetzung lässt sich auch der Grad der Vernetzung zwischen der Donau und ihren Nebengewässern, die Anbindungsintensität, ablesen. Die Habitatansprüche einzelner Arten sind sehr unterschiedlich und bei gewissen Arten und Lebensstadien auf bestimmte Gewässerzonen festgelegt. Somit werden Strömungs- und Substratverhältnisse, aber auch Strukturelemente (Totholz, angeströmte Flachwasserzonen, Makrophytenbestände etc.) sowie der Gewässerzustand generell durch spezifische Arten oder Entwicklungsstadien gut angezeigt. Fischarven beispielsweise, mit ihren noch beschränkten Schwimmleistungen, reagieren sehr sensibel auf anthropogene Eingriffe wie schifffahrtsbedingten Wellenschlag oder Schwallbetrieb und indizieren somit hydraulische Belastungen.

Der insgesamt hohe Indikatorwert von Fischen prädestiniert diese Tiergruppe somit auch, die positiven Effekte von Revitalisierungsmaßnahmen aussagekräftig zu belegen. Im Wissen darum wurden bereits bei den ersten Revitalisierungsmaßnahmen an der Donau auch fischökologische Erfolgskontrollen durchgeführt (Zauner et al. 2001). Dabei zeigte sich, dass schon bei vergleichsweise geringem Umfang und niedriger „Intensität“ der Maßnahmen positive Auswirkungen auftreten. Im Zuge weiterführender fischökologischer Monitoringprogramme wurde sowohl in gestauten als auch in freifließenden Donauabschnitten die hohe Wirksamkeit leitbildorientierter Revitalisierungsmaßnahmen belegt. Im Rahmen einer Meta-studie konnte auch der Zusammenhang zwischen der Anzahl, Dimension und Großräumigkeit von Maßnahmen einerseits und deren positiven Wirkungen auf die Entwicklung der Artenzahl und der ökologischen Gilden andererseits statistisch belegt werden (Schmutz et al. 2014).

Aus diesen Erfahrungen lässt sich ableiten, dass eine umfassende Erfüllung der ökologischen Ziele vor allem durch leitbildorientierte Revitalisierungen mit großer Flächenwirkung gewährleistet werden kann. Bei den aktuellen Konzepten zur Revitalisierung der Donau und ihrer Zubringer wird daher besonders darauf geachtet, natürliche Lebensräume auf möglichst großer Fläche zu gewährleisten, die gut vernetzt weitgehend wieder einem natürlichen hydromorphologischen Prozessgeschehen unterliegen.

Die Donau – ein Fluss mit Potenzial?

Bei Regulierungen, Abdämmungen und Aufstauungen werden sowohl die dynamische Interaktion zwischen Fluss und angrenzender Au als auch die Abflusscharakteristik und der Feststoffhaushalt stark verändert. Im Zuge von Revitalisierungen müssen daher diese Aspekte für die Wiederherstellung leitbildkonformer, ökomorphologischer Verhältnisse im Zentrum der Überlegungen stehen. Interaktionen zwischen Fluss und Au sowie intakte Strömungs-

und Sedimentverhältnisse sind heute an der Donau nur mehr in Teilbereichen gegeben. Wo dies noch zutrifft oder zumindest teilweise wiederherstellbar ist, besteht durchaus Restrukturierungspotenzial.

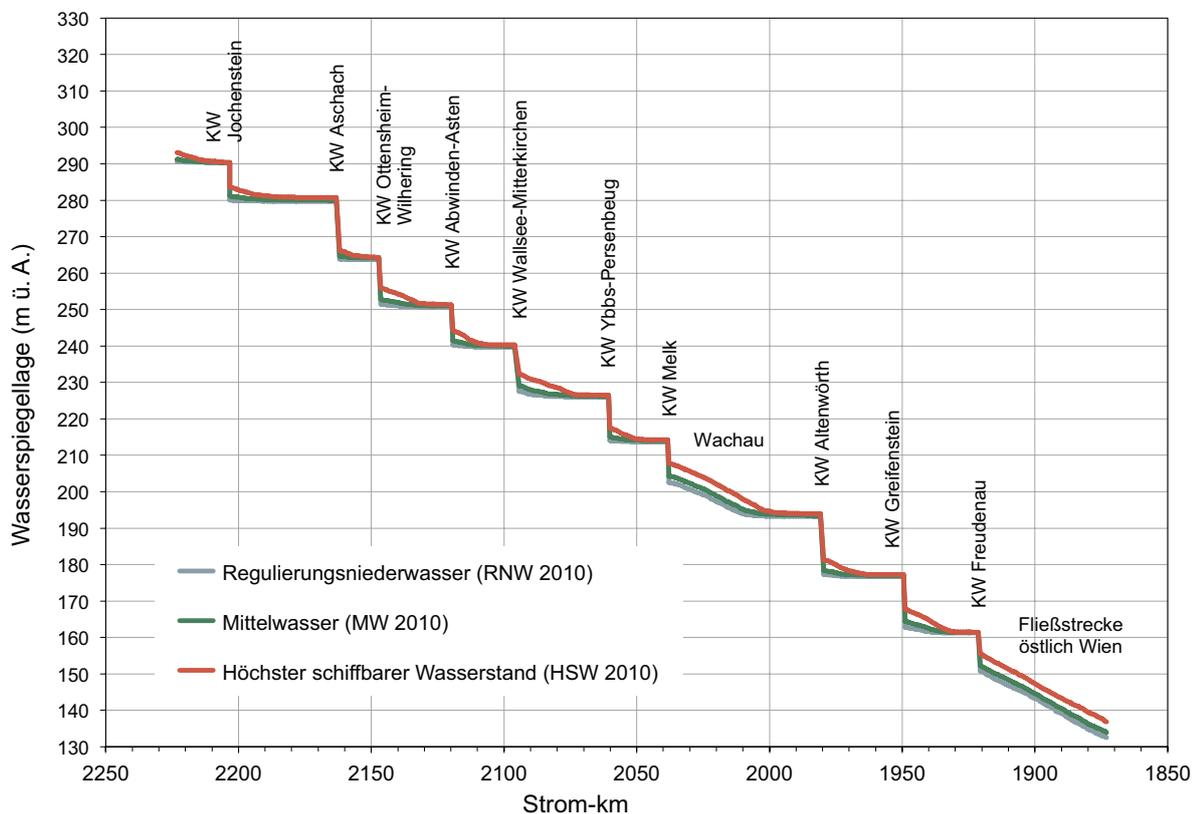
Für die österreichische Donau liegen mittlerweile über die gesamte Länge Potenzialstudien vor, in denen detailliert die Rahmenbedingungen für die Umsetzung und die zu erwartenden ökologischen Wirkungen möglicher Einzelmaßnahmen beschrieben werden (Zauner et al. 2006a, 2009). Dieses Potenzial lässt sich in folgende übergeordnete Maßnahmenbereiche untergliedern:

- Fließstrecken
- Stauwurzelbereiche
- Aubereiche seitlich hinter den Begleitädämmen der Stauräume
- Zubringersysteme (v. a. Mündungsbereiche und anschließende Strecken)
- Bereiche in zentralen Stauräumen

Fließstrecken

In den zwei heute noch verbliebenen Fließstrecken in der Wachau und im Nationalpark östlich von Wien entsprechen Gefälle und Wasserspiegelschwankungen noch weitgehend dem natürlichen Referenzzustand (Abb. 4.1). Die ökologischen Funktionen und das Potenzial für Revitalisierungsmaßnahmen dieser Strecken sind jedoch langfristig vor allem durch die Entkoppelung von Fluss und Aue gefährdet. Die Stromsohle der Donau tieft sich seit langem aus mehrfachen Gründen fortschreitend ein (siehe Kapitel 3.1). Zusätzlich führt die Auflandung der angrenzenden Umlandflächen durch Sedimentation von Schwebstoffen bei Hochwässern zu einer immer stärkeren Anhebung des Umlandniveaus. Zentrale Aufgabe von Revitalisierungsmaßnahmen in den Fließstrecken ist es daher, diesen beiden Mechanismen entgegenzuwirken. In beiden Fließstrecken stellt auch die Nutzung der Donau als Wasserstraße eine stark einschränkende Rahmenbedingung für die Umsetzung von Strukturierungsmaßnahmen dar.

Abb. 4.1 Gefällsverhältnisse in der österreichischen Donau bei verschiedenen Wasserständen: Die Stauwurzeln weisen bei Mittelwasser ein geringes Gefälle auf, während der Wasserspiegel in den zentralen Stauräumen annähernd horizontal verläuft. Das höchste Gefälle liegt in den beiden ungestauten Strecken in der Wachau und östlich von Wien vor.



In der Wachau gibt es nur bereichsweise Aufweitungen des Donautales ohne höherwertige Umlandnutzungen, die großflächige Vernetzungen von Fluss und Au ermöglichen (Abb. 4.2). Sogenannten „instream structures“, wie Kiesbänke und Kiesinseln innerhalb des Mittelwasserbettes der Donau, kommt in dieser überwiegend engen Talstrecke daher besondere Bedeutung zu.

Die Fließstrecke östlich von Wien bietet aus naturräumlicher Sicht ein besonders hohes Potenzial für Maßnahmen. Durch den Schutzstatus als Nationalpark besteht hier freilich eine hohe Sensibilität gegenüber Eingriffen jeglicher Art – auch wenn sie ökologisch motiviert sind. Großzügige Revitalisierungsmöglichkeiten im Bereich des Hauptstromes, aber auch im Nebengewässersystem, werden hier einer besonders kritischen Überprüfung aus naturschutzfachlicher Sicht und im Sinne eines dynamischen flussmorphologischen Leitbildes unterzogen. Deshalb ist hier auch mit längeren Vorlaufzeiten bei Revitalisierungsprojekten zu rechnen.

Stauwurzelbereiche

In den Stauwurzeln der zehn österreichischen Donaukraftwerke bestehen zum Teil noch ähnliche Verhältnisse wie in Fließstrecken. Die Länge solcher Abschnitte liegt zwischen 2 und 10 km. Das Fließgefälle und die Wasserspiegelschwankungen sind wesentlich geringer als unter natürlichen Verhältnissen. Unter besonderer Berücksichtigung der lokalen Verhältnisse lassen sich grundsätzlich die gleichen Maßnahmentypen wie in Fließstrecken realisieren, aufgrund der Rahmenbedingungen jedoch in vielen Fällen nur mit reduzierter Funktionalität (Abb. 4.3). Bei jenen Stauwurzeln, die in einem Engtal liegen, beschränkt sich das Maßnahmenpotenzial auf „instream structures“ und kleinere Nebengewässer.

Wegen des reduzierten Gefälles und der damit geringeren Strömung im Bereich von Stauwurzeln müssen neu geschaffene Nebenarme zur Verhinderung neuerlicher Verlandung besonders stark durchströmt werden. Nebenarme sind daher in der Regel nur realisierbar, wenn sich der Stauwurzelbereich in einer Talweitung oder Beckenlage mit geringer Umlandnutzung befindet.



Abb. 4.2 Leitbildkonforme Revitalisierungsmaßnahmen in der oberen Wachau: Nebenarmsystem Schallemmersdorf-Grimsing (links) und Kiesstruktur Schönbühel (rechts)

Stauwurzelbereiche (StW) mit unterschiedlichem Potenzial für Revitalisierungsmaßnahmen (unter Angabe der generellen geomorphologischen Rahmenbedingungen):

- StW kw Jochenstein (Engtal mit Talweitungen und teilweise hoher Umlandnutzung)
- StW kw Aschach (Engtal)
- StW kw Ottensheim-Wilhering (Engtal)
- StW kw Abwinden-Asten (Beckenlage und Engtal mit Talweitungen)
- StW kw Wallsee-Mitterkirchen (Beckenlage)
- StW kw Ybbs-Persenbeug (Beckenlage)
- StW kw Melk (Beckenlage mit hoher Umlandnutzung)
- StW kw Altenwörth (Beckenlage mit hoher Umlandnutzung)
- StW kw Greifenstein (Beckenlage)
- StW kw Freudenau (Beckenlage)

Aubereiche landseits der Begleitdämme der Stauräume

In den Beckenlagen der österreichischen Donau liegen abseits der Stauräume zum Teil noch weitläufige Aubereiche, in denen weitgehend natürliche Gefällsverhältnisse gegeben sind. Durch die variable Dotation aus den Stauwurzeln, gegebenenfalls in Verbindung mit Zubringern, lassen sich hier parallel zum Donaustau dynamische Nebenarmsysteme schaffen (Abb. 4.4). Diese entsprechen in vieler Hinsicht den typischen Lebensraumelementen der Flusslandschaft vor der Regulierung und erlauben zugleich die teilweise Wiederherstellung des Längskontinuums der Donau und die Vernetzung mit Nebengewässern. Die Großflächigkeit derartiger Umgehungsarme stellt bei der Planung und Umsetzung aufgrund der vielschichtigen Rechte und Interessen von Grundbesitzern und anderen Akteuren eine besondere Herausforderung dar. Die Rahmenbedingungen und Beeinflussungen hinsichtlich der Schifffahrt sind hier jedoch weitgehend ohne Bedeutung. Dadurch besteht ein besonders hohes Potenzial zur Verbesserung der Lebensraumfunktionen und für weitere Entwicklungsmöglichkeiten.

Abb. 4.3 Beispiel für bereits umgesetzte und weitere geplante Maßnahmen in der Stauwurzel des Kraftwerkes Abwinden-Asten. Das neu geschaffene Insel-Nebenarm-System in der Markttau wird noch vergrößert, Ufer werden rückgebaut und neue Kiesbänke angelegt.

Augebiete mit Potenzial für Umgehungsarme an Kraftwerken und Vernetzungen abgetrennter Augewässer:

- Stauraum kw Ottensheim-Wilhering, rechtsufrig (südliches Eferdinger Becken)
- Stauraum kw Ottensheim-Wilhering, linksufrig (nördliches Eferdinger Becken)
- Stauraum kw Abwinden-Asten, rechtsufrig (Ebelsberg bis Asten)
- Stauraum kw Abwinden-Asten, linksufrig (Steyregg bis Abwinden)
- Stauraum kw Wallsee-Mitterkirchen, rechtsufrig (St. Pantaleon bis Wallsee)
- Stauraum kw Wallsee-Mitterkirchen, linksufrig (Au a. d. Donau bis Mitterkirchen)
- Stauraum kw Melk, rechtsufrig (Pöchlarn bis Melk)
- Stauraum kw Altenwörth, rechtsufrig (Hollenburg bis Unterwasser KW Altenwörth)
- Stauraum kw Altenwörth, linksufrig (Krems bis Altenwörth)
- Stauraum kw Greifenstein, rechtsufrig (Zeiselmayer bis Greifenstein)
- Stauraum kw Greifenstein, linksufrig (gegenüber Zwentendorf bis Unterwasser kw Greifenstein, Gießgang)

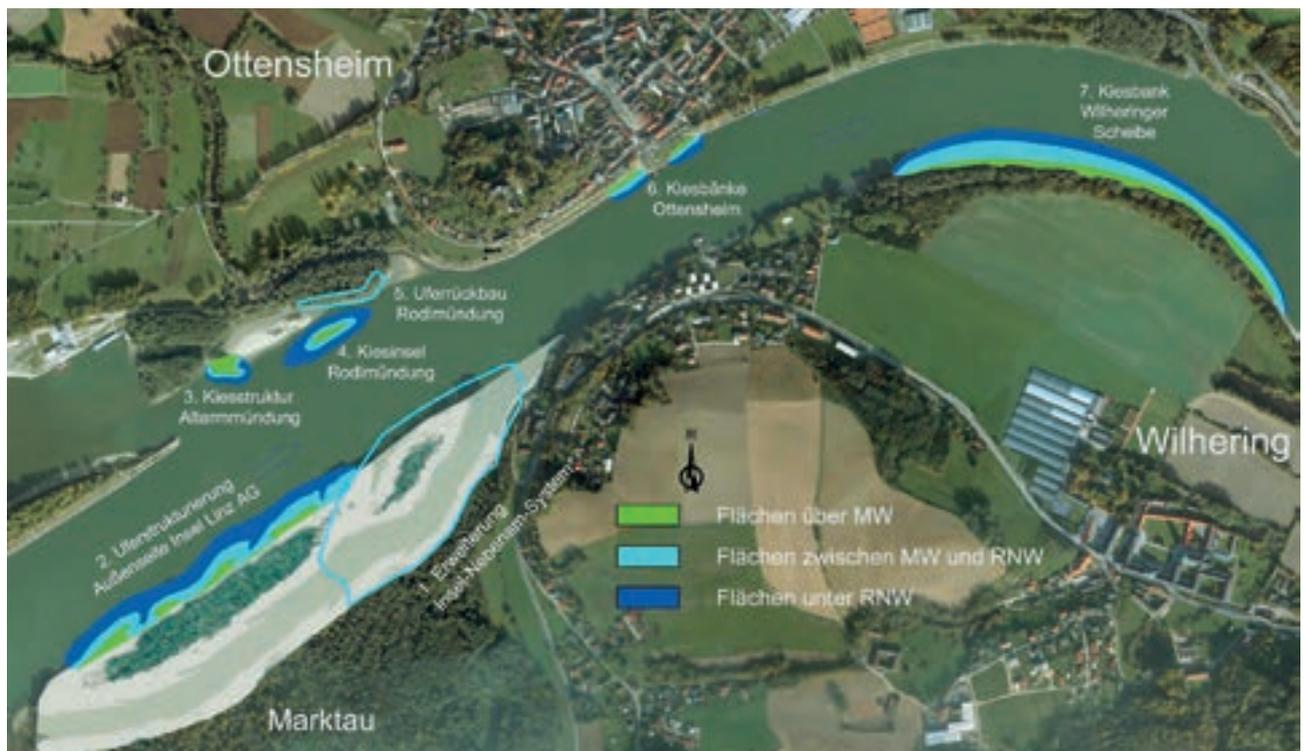




Abb. 4.4 Beispiel für den geplanten, 14 km langen Umgehungsarm (blaue Linie) im südlichen Eferdinger Becken (Stauraum Ottensheim-Wilhering)

Zubringersysteme (v.a. Mündungsbereiche und anschließende Strecken)

Nur wenige Zubringer der österreichischen Donau zeigen heute noch intakte Mündungsbereiche und flussaufwärts anschließende, flussmorphologisch wertvolle Strecken. In vielen Fällen sind diese ehemals so wichtigen Laich- und Brutgebiete durch Regulierungen morphologisch stark degradiert. Häufig wurden die Mündungen an der Donau weit flussabwärts verlegt und abgetrept (z.B. an Traisen, Kamp und Pielach), da sie beim Bau der Donaukraftwerke in künstlich ausgetiefte Unterwasserbereiche umgeleitet werden mussten. In anderen Fällen fehlt wiederum im Unterlauf oder Mündungsbereich der Zubringer ein ausreichender Abfluss, da für die energiewirtschaftliche Nutzung Wasserausleitungen vorgenommen wurden (z.B. an Traun, Enns und Erlauf).

Die Revitalisierung von Zubringermündungen und flussauf anschließenden Gewässerstrecken ist eine wichtige und zielführende Aufgabe der Zukunft. Da hier

Restriktionen durch die Schifffahrt weitgehend fehlen, sollten die bestehenden Potenziale möglichst großflächig genutzt werden.

Bereiche im zentralen Stauraum

In zentralen Bereichen von Stauen ist der Wasserspiegel mit Ausnahme der kurzen Zeit von Hochwässern nahezu horizontal, die Fließgeschwindigkeit drastisch reduziert und der ursprüngliche Fließgewässercharakter damit grundlegend verändert. Zuzufolge der langen Rückstaudämme, die eine völlige Isolierung zwischen Fluss und Au bewirken, ist das natürliche Wirkungsgefüge mit entsprechenden Austauschprozessen, Fischmigrationen etc. nicht mehr wiederherstellbar. In Teilbereichen ist jedoch unter gewissen Voraussetzungen durch sogenannte Stauraumbiotope Ersatz für verloren gegangene Lebensräume möglich.



Stromkarte Traismauer–Altenwörth (Freiherr v. Pacassi 1797–1812)

4.2

Maßnahmentypen für die Donau

Bereits in den 1970ern gab es erste Bemühungen, die Stauräume der Donau in den zentralen Bereichen ökologisch etwas aufzuwerten. Dabei standen vorerst gestalterische Gesichtspunkte im Hinblick auf die Struktur der Ufer im Vordergrund. Im Stauraum des Kraftwerkes Aschach entstanden auf diese Weise nach und nach immer mehr „Grüne Inseln“ mit künstlich angelegten Gräben und Mulden, die allerdings durch die Absenkung des Wasserspiegels im Zuge des großen Hochwassers 2002 wieder stark in Mitleidschaft gezogen und in ihrer Fläche reduziert wurden (z. B. Biotope Windstoß, Halbe Meile, Neuhaus und Schmiedelsau). Solche künstlich hergestellten Lebensräume können zwar funktionell durchaus wertvolle Jungfischhabitate darstellen, jedoch finden hier gerade die donautypischen Arten kaum entsprechende Habitate. Da solche „gebauten“ Strukturen nicht in das hydrologische Prozessgeschehen der freifließenden Donau eingebunden sind, meist rascher Verlandung unterliegen und daher regelmäßiger Instandhaltung bedürfen, wurde in jüngerer Zeit von solchen Maßnahmen immer mehr Abstand genommen.

Im Folgenden werden vor allem solche Revitalisierungsmaßnahmen näher beschrieben, die nach internationalen Standards den Kriterien einer modernen Restaurationsökologie entsprechen. Es geht um Maßnahmen, die auf die Erhaltung oder Wiederherstellung natürlicher Prozesse und damit in Verbindung stehender Konnektivität

zwischen Lebensräumen abzielen. Bauliche Maßnahmen dienen dabei primär der Initiierung eines solchen Prozessgeschehens oder als „Notlösung“, wenn sich zufolge der gegebenen Rahmenbedingungen die Ursachen von Defiziten nicht mehr beseitigen lassen und daher einzig Symptombekämpfung übrig bleibt.

In wenigen Fällen, wie zum Beispiel bei den „Staurambiotopen“ in hydromorphologisch stark beeinträchtigten Stauräumen, tritt allerdings der Leitbildgedanke zugunsten einer technischen und wirtschaftlichen Realisierbarkeit etwas zurück. Letztlich bewegen sich aber alle Maßnahmenvorschläge im Spannungsfeld zwischen ökologisch-naturschutzfachlichem Wert und gesellschaftspolitisch-wirtschaftlicher Machbarkeit.

Abbildung 4.5 bietet einen Überblick über die bisher an der österreichischen Donau durchgeführten oder in Umsetzung befindlichen Revitalisierungsprojekte. Wenn auch diese Übersicht vermutlich nicht vollständig ist, so vermittelt sie zumindest einen guten Eindruck über die räumliche Verteilung der hier diskutierten Maßnahmentypen entlang der Donau.



Abb. 4.5 Bisher an der österreichischen Donau durchgeführte und derzeit in Umsetzung befindliche Revitalisierungsmaßnahmen (die Nummern beziehen sich auf die im Buch beschriebenen Beispiele)

- (1) Schotterhabitate Fallauerbach/Engelhartszell
- (2) Schotterhabitate Kramesau
- (3) Stauraumbiotop Windstoß, Halbe Meile, Schmiedelsau etc.
- (4) Stauraumbiotop Langer Haufen
- (5) Umgehungsarm Stauraum Ottensheim-Wilhering
- (6) Insel-Nebenarm-System Markttau
- (7) Insel-Nebenarm-System Zizacker
- (8) Stauraumbiotop Raiger Haufen
- (9) Flutmulde Machland
- (10) Melk-Revitalisierung
- (11) Pielach-Revitalisierung
- (12) Lateiner-Mündung
- (13) Fischwanderhilfe Kraftwerk Melk
- (14) Nebenarmsystem Schallemmersdorf-Grimsing
- (15) Altarm Aggsbach
- (16) Kiesinseln Wösendorf-Joching
- (17) Nebenarmsystem Rührsdorf-Rossatz
- (18) Traisen-Mündungsstrecke
- (19) Gießgang Greifenstein
- (20) Fischwanderhilfe Kraftwerk Freudenau
- (21) Altarmsystem Haslau-Regelsbrunn
- (22) Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg
- (23) Uferrückbau Thurnhaufen



Uferstrukturierung mittels geschütteter Schotterbank

Bei dieser Maßnahme wird im Wesentlichen ein steiles, in der Regel mit Blockwurf gesichertes Ufer durch Vorschüttung oder Uferrückbau in ein flaches Kiesufer mit natürlichem Wasser-Land-Übergang umgewandelt. Angestrebt wird dabei, je nach Raumverfügbarkeit, die Herstellung eines möglichst flachen Ufergradienten. Angeströmte Kiesbänke stellen heute speziell in Stauräumen im Vergleich zur ehemaligen Donau ein sehr seltenes Habitat dar. Sie sind ökologisch besonders wertvoll, ihre Initiierung und Wiederherstellung hat daher hohe Priorität (Hohensinner 1996).

Zielgruppen, die am stärksten von derartigen Kiesstrukturen profitieren, sind rheophile und indifferente aquatische Organismen, Pionierpflanzen und in ungestörten Lagen auch schotterbrütende Vogelarten. Aus fischökologischer Sicht steht die Funktion als Laichplatz und Jungfischhabitat an erster Stelle. Starke Exposition gegenüber schiffahrtsbedingtem Wellenschlag führt jedoch zu deutlicher Verschlechterung der Habitatbedingungen (Kapitel 3.2). Als Nahrungshabitat adulter Fische sind vor allem große, seicht überströmte Kiesflächen mit hoher Primärproduktion von Bedeutung.

Die Verlandung mit Feinsedimenten stellt bei dieser Maßnahme ein deutlich geringeres Problem dar als bei Gewässervernetzungen. Der große „hydraulische Radius“, das Verhältnis zwischen benetzter Breite und Tiefe, bewirkt, dass die in den Uferbereichen wirkenden Schleppspannungen und Scherkräfte auch bei geringer Strömung noch vergleichsweise hoch sind und damit Feinsedimentanlandungen hintanhaltend.

Grundsätzlich ist die Schaffung derartiger Strukturen entweder durch Vorschüttung über bestehende Ufersicherungen oder durch Uferrückbauten (Entfernung der Sicherungselemente) möglich. Beide Maßnahmen sind sowohl in Fließstrecken als auch in Staubereichen möglich. Wesentlich ist dabei, dass im Bereich der zu schaffenden Schotterbänke noch starke Wasserspiegelschwankungen stattfinden. Ist dies nicht der Fall, bleiben die Übergangs-

bereiche zwischen Wasser und Land sehr schmal und ein Großteil der Strukturen wächst wieder zu oder liegt permanent unter Wasser. Die typische Abfolge der Habitatbedingungen im Land-Wasser-Übergangsbereich kann sich unter solchen Bedingungen nicht ausbilden. Stauraumabschnitte im Bereich des Kipppegels und flussab davon sind aufgrund ihrer geringen beziehungsweise „inversen“ Wasserspiegelschwankungen für derartige Strukturen nicht geeignet (vgl. Kapitel 3.1).

Bereits realisierte Maßnahmen

Im Jahr 1991 wurden in Reaktion auf die strukturellen Defizite in der Stauwurzel des Kraftwerkes Aschach und die damit verbundenen massiven Auswirkungen auf den gewässerökologischen Zustand erstmals drei Schotterbiotope realisiert (Abb. 4.6). Umfangreiche Untersuchungen der Maßnahmen und außerhalb gelegener Referenzbereiche zeigten, dass damit das angestrebte Ziel der Förderung leitbildkonformer Fisch- und Benthoszönosen erreicht werden konnte (Zauner et al. 2001; Zauner & Ratschan 2003). Gute Erfahrungen wurden auch im Hinblick auf den Erhaltungsaufwand der neu geschaffenen Habitate gemacht, da bisher kaum Instandhaltungsarbeiten erforderlich waren.

In weiterer Folge wurden in vielen Abschnitten der österreichischen Donau – zuletzt vor allem in der Fließstrecke der Wachau – Schotterbänke in größerem Umfang geschaffen. Seitens der viadonau wurden alleine in diesem Donauabschnitt mittlerweile weit mehr als eine Million Kubikmeter Donauschotter für ökologisch motivierte Maßnahmen verwendet. Die Bereiche für die Schottererschüttungen wurden aus hydraulischer Sicht jeweils so gewählt, dass bei Hochwasserereignissen möglichst geringer Materialabtrag zu erwarten ist.

Uferstrukturierung durch Entfernung des Uferschutzes

Die Entfernung von Ufersicherungen verfolgt eine andere Strategie als die Schaffung von Schotterbänken: Hier soll die Donau nach Abschluss der Bauarbeiten selbst die Restrukturierung bewerkstelligen. Befestigte Ufer einer

freien morphologischen Entwicklung zu überlassen, ist jedoch an einem schiffbaren Fluss dieser Größe keine Selbstverständlichkeit, vor allem wenn es bei Niederwasser ohnehin zu wenig Wasser für die Schifffahrt gibt. Diesen Anforderungen kann jedoch Rechnung getragen werden, indem in kritischen Bereichen die alte, mit Blocksteinen gesicherte Uferlinie auf dem Niveau des Regulierungsniederwassers (RNW) erhalten bleibt. Das bedeutet, dass Erosion der freigelegten Donauufer nur bei Wasserständen über RNW möglich ist. Dies entspricht durchaus den natürlichen Verhältnissen, sodass solche minimalen Ufersicherungen die lokale flussmorphologische Dynamik nur wenig stören. In Stauräumen (insbesondere in Stauwurzeln), wo die Wassertiefe für die Schifffahrt kein Problem darstellt, könnte demnach auf sämtliche Uferschutzbauten verzichtet werden. Aufgrund der geringen beziehungsweise fehlenden Strömung ist hier jedoch kaum mit einer dynamischen Entwicklung der Uferzonen zu rechnen.

Da das Regulierungsprofil der Donau heute weitaus schmaler ist, als es der natürlichen Breite der Donau entspricht, ist zu erwarten, dass rückgebaute Ufer vom Fluss bald erodiert und zurückversetzt werden. Für den Hochwasserschutz stellt der Uferrückbau sogar eine geringfügige Verbesserung dar, weil das Abflussprofil der Donau erweitert wird. Eine Einschränkung ist bei dieser Revitalisierungsmaßnahme durch den erforderlichen Flächenbedarf im angrenzenden Umland gegeben. Wie weit die Donau ins Umland vordringt und welche Strukturen sie ausbildet (Abbruchufer, flaches Ufer, Schotterbank), hängt primär davon ab, ob ein Prallufer, Gleitufer oder Übergangsbereich vorliegt. Eine zusätzliche Strukturierung der Uferbereiche ergibt sich, wenn die von der Donau erodierten Bäume liegen bleiben und so der aquatischen Fauna als Totholzhabitate dienen.

Bereits realisierte Maßnahmen

Im Zuge des Projektes „LIFE Natur Uferrückbau Thurnhaufen“ wurden zwischen 2002 und 2006 im Nationalpark Donau-Auen gegenüber Hainburg rund 50 000 m³



Abb. 4.6
Vor 25 Jahren
geschüttete
Schotterbank
Fallauerbach bei
Engelhartszell



Abb. 4.7
Von der Donau zurück-
erobert: neu entstandenes
Abbruchufer am
Thurnhaufen gegenüber
Hainburg

Wasserbausteine abgetragen und damit ein 2,5 km langer Uferabschnitt wieder freigelegt. Trotz der teilweise verbliebenen Ufersicherung für Niederwasser begann die Donau das Ufer bald zu erodieren. Im oberen Projektabschnitt, wo der Übergangsbereich zwischen Prall- und Gleitufer einer starken Strömung ausgesetzt ist, wurde die Uferkante bereits bei den ersten Hochwässern erheblich zurückversetzt. Nach nicht einmal 10 Jahren waren bereits 50 m Seitenerosion zu verzeichnen, wobei auch zahlreiche Bäume entwurzelt wurden und nunmehr als Totholz zusätzlich zur Strukturierung des Ufers beitragen (Abb. 4.7). Zusammen mit einer bis zu 140 m breiten Schotterbank, die durch einen Hinterrinner vom neu erodierten Ufer getrennt ist, entstand eine ökologisch besonders wertvolle Kombination unterschiedlicher Habitattypen. Es ist zu erwarten, dass die Seitenerosion im Lauf der nächsten Jahre noch erheblich weiter in den Auwald vordringen wird, bis sich irgendwann ein Gleichgewicht einzustellen beginnt.

Die Ergebnisse der Uferrückbau-Projekte Thurnhausen und weiter flussauf bei Witzelsdorf (ebenfalls im Nationalpark) zeigen, dass die Entfernung der Ufersicherung im Übergangsbereich vom Prallhang in den Gleithang keine unkontrollierbaren oder inakzeptablen Zustände nach sich zieht. Jüngst wurde daher auch der Schutz am rechten Ufer beim Johler Arm zwischen Bad Deutsch-Altenburg und Hainburg auf einer längeren Strecke entfernt.

Wasserbautechnisch ist der Uferrückbau heute somit eine erprobte Maßnahme, welche mit vertretbaren Kosten eine erhebliche ökologische Verbesserung am Flussufer bringt und zugleich eine langfristige flussmorphologische Perspektive eröffnet.

Uferstrukturierung mittels Insel-Nebenarm-System

Ebenso wie Schotterbänke lassen sich auch Insel-Nebenarm-Systeme auf verschiedene Weise neu anlegen. Inseln, die mehr als 50 cm über den Mittelwasserspiegel hinausreichen, werden von der Vegetation dauerhaft besiedelt. Liegen Inseln tiefer, dann siedeln sich Pioniergewächse in Niederwasserphasen nur vorübergehend an. Oft können jedoch aus Gründen des Hochwasserschutzes keine neuen Schotterbänke oder -inseln eingebaut werden, da sie das Abflussprofil einengen würden. In diesem Fall ist es bei Aufweitungen des Flussbettes oder notwendigen Sohlbaggerungen auch vertretbar, mit dem anfallenden Kiesmaterial höhere Inseln mit potenziellen Habitaten für die Auenvegetation zu schaffen. Damit wird das Abflussprofil zumindest für kleinere Hochwässer nicht verringert (Abb. 4.8).



Abb. 4.8
Bei Bacharnsdorf
in der Wachau
um das Jahr 2003
geschüttete
Schotterinseln



Abb. 4.9 Dauerhafte Insel bei Joching (rechts, Wasserstand: 0,5 m unter MW) und teils erodierte Schotterinsel bei Wösendorf (links)

Durch flache Uferneigungen der Schotterinseln entstehen ähnlich positive ökologische Effekte wie beim Maßnahmentyp Schotterbank. Durch eine Inselbildung wird die Länge der Uferlinie und damit der Uferhabitate im betreffenden Bereich verdreifacht. Hinzu kommt, dass im Nebenarm je nach Höhe der Insel Bereiche mit teilweise bis vollständigem Schutz vor dem Wellenschlag der Schiffe entstehen. Für Schotterbrüter und andere Wasservögel bieten die weniger leicht zugänglichen Inselbereiche wichtige Brutareale und Rückzugsgebiete.

Je weiter ein Insel-Nebenarm-System ins Hinterland eingebunden ist, umso mehr nähert es sich dem in Folge beschriebenen Maßnahmentyp „großer“ beziehungsweise „kleiner durchströmter Nebenarm“ an. Die Übergänge zwischen den beiden Typen sind fließend.

Bereits realisierte Maßnahmen

In der Fließstrecke der Wachau wurde in den letzten Jahren eine Vielzahl von Schotterinseln geschüttet. Das dafür erforderliche Kiesmaterial stammt von schiffahrtstechnisch nötigen Furt- und Haufenrandbaggerungen. Es wird im Sinne einer möglichst nachhaltigen Verwendung des Geschiebes stromaufwärts transportiert und dort mittlerweile ausschließlich im Rahmen ökologisch motivierter

Kiesschüttungen eingebracht. Kiesinseln sind meist großen hydraulischen Kräften ausgesetzt. Je nach Lage im Strom können daher solche Strukturen teilweise, manchmal auch weitgehend wieder erodiert werden. In breiteren Abschnitten mit „hydraulischer Beruhigung“ bleiben Kiesinseln auch dauerhaft erhalten (Abb. 4.9). Grundsätzlich ist aber in Fließstrecken unter beengten Verhältnissen bei Schotterinseln von einem erhöhten Erhaltungsaufwand auszugehen, da bei Hochwasser die Tendenz zu Erosion besteht.

Das neu geschaffene Insel-Nebenarm-System Zizacker befindet sich in der Stauwurzel des Kraftwerkes Abwinden-Asten (Abb. 4.10). Am rechten Ufer entstand hier bei Strom-km 2 141 durch Rückbaumaßnahmen ein ca. 300 m langer Nebenarm. Diese Maßnahme hat Pilotcharakter für ähnliche Projekte in Stauwurzeln mit reduziertem Gefälle. Die mittlerweile langjährigen Erfahrungen mit diesem Insel-Nebenarm-System zeigen, dass nur am Rand entlang der Ufer kleinräumige Akkumulation von Feinsedimenten stattfindet. Insgesamt gesehen, verlandet der Nebenarm aber nicht, seine Sohle wird weiterhin von kiesigem Substrat gebildet.



Abb. 4.10 Insel-Nebenarm-System Zizacker in der Stauwurzel des Kraftwerkes Abwinden-Asten (Blickrichtung flussabwärts)

Großer durchströmter Nebenarm

In den österreichischen Beckenlagen tendierte die unregulierte Donau dazu, sich ihrem Gefälle, Abfluss und Feststofftransport entsprechend großflächig „aufzugabeln“. In solchen „Furkationsstrecken“ waren permanent durchflossene Nebenarme weitverbreitet (Abb. 4.11; vgl. dazu die „anabranched“ Donau in Kapitel 2.1). Dieser Lebensraumtyp ist heute in der regulierten und staugeregelten Donau praktisch verschwunden.

Eine besonders intensive Wasser-Land-Verzahnung mit ausgedehnten Uferzonen war typisch für die furkierende Donau. Im Querprofil fanden sich eng nebeneinander liegend stark durchströmte, hochdynamische Flussarme, aber auch schwächer durchflossene und vergleichsweise stabile Arme, bis hin zu stagnierenden Wasserflächen. Aus fischökologischer Sicht ergab sich durch diese Abflussaufteilung ein äußerst vielfältiges und zugleich großflächiges Habitatangebot. Bereits bei Betrachtung auf großer Maßstabsebene wird deutlich, dass



solche Donauabschnitte um ein Vielfaches mehr an angeströmten Uferzonen aufwiesen, als dies in der heutigen, auf ein einziges Abflussprofil konzentrierten Donau der Fall ist. Dementsprechend standen damals bei gleichem Abfluss auch weitaus mehr Laichareale, Jungfischhabitate und Lebensräume für Adultfische zur Verfügung.

Mit der Regulierung wurden alle Nebenarmsysteme abgetrennt und diese meist in einseitig angebundene Altarme umgewandelt. Auf diese Weise kam es dazu, dass an der österreichischen Donau vor ca. 20 Jahren kein längerer, permanent durchströmter Nebenarm mehr existierte. Mit der im Zuge von Revitalisierungen teilweise wieder herbeigeführten Aufteilung des Abflusses lassen sich nicht nur Schlüsselhabitate für rheophile Flussfischarten in Nebenarmen schaffen, sondern auch die negativen Einflüsse der Schifffahrt im Hauptstrom teilweise kompensieren. So sind beispielsweise in Nebenarmen die schiffahrtstechnischen Anforderungen an die Tiefenverhältnisse der Donau oder der schiffahrtsbedingte Wellenschlag nicht relevant. Wiederanbindung und Neuschaffung durchströmter Nebenarme hat daher unter den Revitalisierungsmaßnahmen einen hohen Stellenwert.

Mit der Bezeichnung „groß“ wird in diesem Zusammenhang auf die Gewässerbreite und -tiefe und nicht auf die Länge Bezug genommen. Bei entsprechender Flächenverfügbarkeit im Umland der Donau sollten nach Möglichkeit immer große durchströmte Nebenarme hergestellt werden. Dabei ist, wie bei allen diesen Nebengewässern der Donau, auf eine möglichst stark durchströmte Anbin-

dung und ausreichendes Sohl- beziehungsweise Wasser-spiegelgefälle zu achten, um eine Verlandung mit Feinsedimenten zu vermeiden.

Um den Fließgewässercharakter von Nebenarmen auch in Stauwurzeln mit reduziertem Gefälle zu verstärken, sollten bevorzugt große anstatt kleiner Nebenarme vorgesehen werden. Aufgrund des größeren hydraulischen Radius ergeben sich höhere Fließgeschwindigkeiten und damit eine stärkere morphologische Dynamik. Außerdem bieten große Nebenarme mehr Raum für ausgedehnte Uferzonen und überströmte Kiesbänke mit flacher Neigung. Sofern eine gewisse Dynamik zugelassen wird, haben solche Nebenarme neben dem rein gewässerökologischen Aspekt auch eine wichtige Funktion für die Entstehung neuer Pionierstandorte und Auenhabitate. Ökologisch besonders wertvoll sind sie in Stauwurzeln mit ausreichend verfügbarem Umland, weshalb hier auch primär dieser Maßnahmentyp umgesetzt werden sollte.

Für die Anbindung von großen Nebenarmen werden durchaus nennenswerte Anteile des Gesamtabflusses aus dem Hauptstrom abgezweigt. In Fließstrecken können dadurch bei Niederwasserführung Probleme hinsichtlich ausreichender Fahrwassertiefe für die Schifffahrt entste-

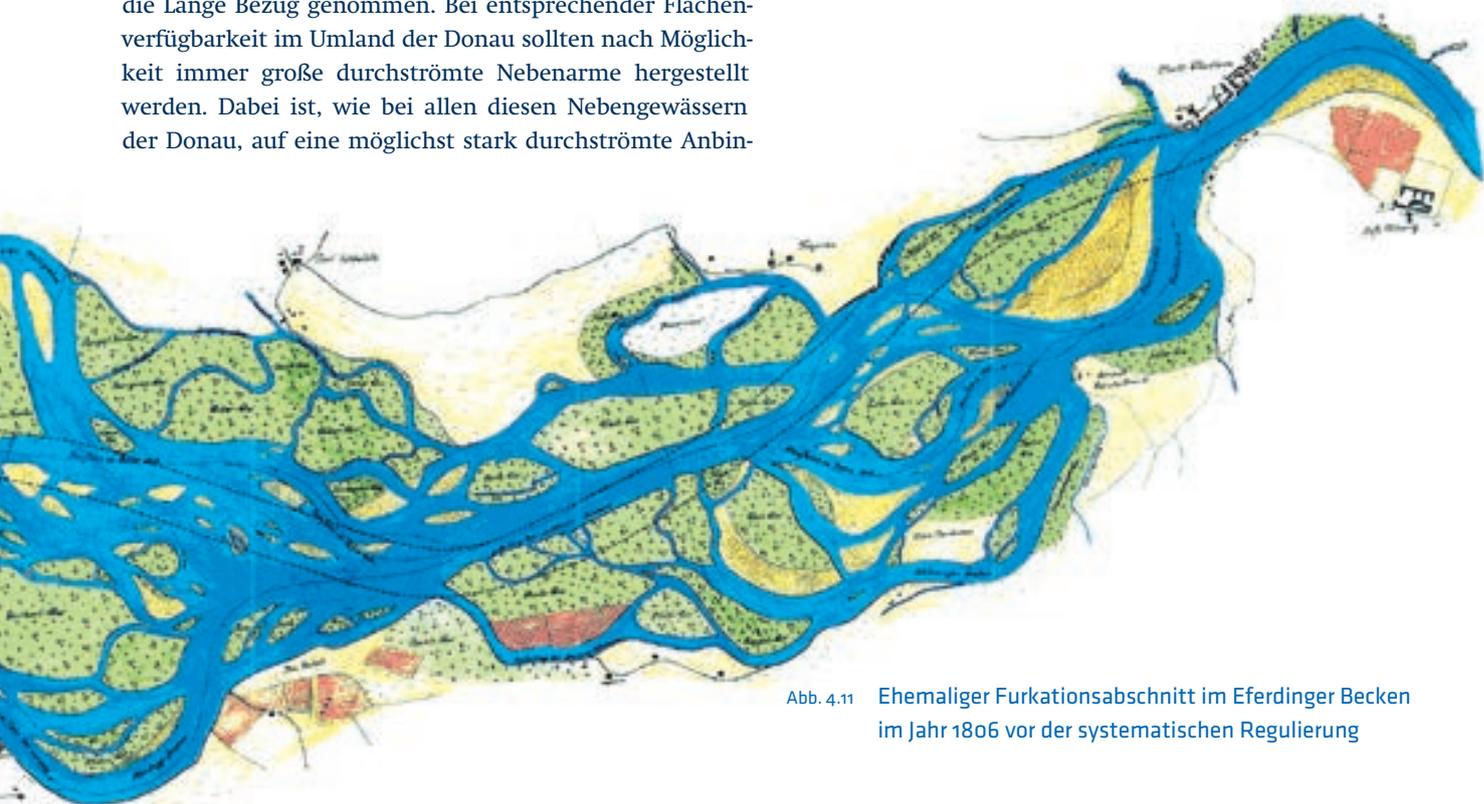


Abb. 4.11 Ehemaliger Furkationsabschnitt im Eferdinger Becken im Jahr 1806 vor der systematischen Regulierung

hen. Deshalb, aber auch aufgrund des günstigeren Gefälles, werden hier eher kleine Nebenarme Anwendung finden. In den Stauwurzeln hingegen ist die Fahrwassertiefe aufgrund des bereits spürbaren Aufstaus in der Regel nicht limitierend. Ein weiterer Gesichtspunkt, wie große Nebenarme die Schifffahrt beziehungsweise die Navigation beeinträchtigen können, sind starke Querströmungen bei den Ein- und Ausmündungen. Um derartige Probleme zu vermeiden, werden die Nebenarmöffnungen möglichst spitzwinkelig und mit einem großen Trichter gestaltet. Dadurch ergeben sich weitgehend mit dem Hauptstrom parallel laufende Strömungen; Querströmungen sind reduziert.

Bereits realisierte Maßnahmen

Direkt flussab des Kraftwerkes Ottensheim-Wilhering wurde im Rahmen des Projektes „Ottensheimer Markttau“ im Jahr 2013 bereits ein großer Nebenarm als Teil eines umfangreichen Maßnahmenpaketes realisiert (vgl. Abb. 4.3). Im Endzustand an drei Stellen mit der Donau verbunden,

beträgt der Durchfluss dieses Nebenarmes bei Mittelwasser ca. 110 m³/s. Die Abflussmengen und das Gefälle reichen aus, die Verlandung des Nebenarmes hintanzuhalten. Durch die Neuanlage von drei Inseln entsteht ein heterogenes, ökologisch sehr attraktives Fließgewässersystem (Abb. 4.12). Weitere Projektmodule sehen eine vollkommene Neugestaltung der Uferlandschaft auf 2 km Länge vor, wobei das Gelände auf insgesamt 27 ha Fläche abgesenkt wird. Ziel all dieser Maßnahmen ist die großflächige Wiederherstellung donautypischer Fließgewässerlebensräume und tiefliegender Aubereiche im Stauwurzelbereich des Kraftwerkes Abwinden-Asten. Dabei werden die Flurabstände deutlich reduziert und naturnahe Lebensraumverhältnisse wiederhergestellt. Die flachen Ufergradienten bieten großflächig wertvolle Übergangszonen vom aquatischen zum terrestrischen Bereich. Wie das bereits umgesetzte Modul des Inselsystems zeigt, werden diese auch rasch von leitbildkonformen Gesellschaften besiedelt.

Abb. 4.12 Vorgesehener Endzustand der Umgestaltungen im Unterwasser des Kraftwerkes Ottensheim-Wilhering (dieser Abschnitt ist zugleich die Stauwurzel des flussab gelegenen Kraftwerkes Abwinden-Asten)





Abb. 4.13 Gewässervernetzung Rührsdorf–Rossatz (links; entgegen der Fließrichtung betrachtet; Wasserstand: Regulierungs-niederwasser); Einströmöffnung der Gewässervernetzung Schallemmersdorf (rechts; in Fließrichtung betrachtet)

Kleiner durchströmter Nebenarm

Dem Leitbild entsprechend sind kleinere Nebenarme feiner strukturiert, stärker gewunden und von geringeren Fließgeschwindigkeiten geprägt. Bei der Wiederherstellung derartiger Strukturen ist die Verlandung mit Feinsedimenten wegen des geringeren hydraulischen Radius ein häufiges Problem. Zuzufolge des reduzierten Gefälles in Stauwurzeln sollten hier kleine Nebenarme vermieden und diese nur in Fließstrecken umgesetzt werden. Um ein langfristiges Bestehen zu gewährleisten, sind eher gestreckte und nahe am Hauptstrom gelegene Arme zu bevorzugen. Kleine Nebenarme eignen sich aber auch als Verbindungen zwischen großen Nebenarmen und dem Hauptstrom.

Im Hinblick auf ihre ökologische Funktion gilt Ähnliches wie bei großen Nebenarmen. Die Morphologie ist jedoch aufgrund der geringeren Dynamik stärker von der Ufervegetation geprägt. Flache Schotterufer sind meist weniger großflächig und die Habitatausstattung insgesamt deutlich kleinräumiger.

Bereits realisierte Maßnahmen

Im Rahmen der zwei Projekte „LIFE Wachau“ und „LIFE+ Flusslebensraum Mostviertel – Wachau“ wurden bislang vier permanent durchströmte Nebenarmsysteme mit einer Gesamtlänge von mehr als 10 km hergestellt (Gewässervernetzung (GV) Rührsdorf-Rossatz, GV Grimsing, GV Schallemmersdorf und GV Schönbüchel). Mit durchschnittlichen Breiten von ca. 30 bis 45 m sind diese als kleine Nebenarme zu bezeichnen. Die morphologische Entwicklung dieser Strukturen ist aus heutiger Sicht durchaus günstig und dauerhaft. Vor allem in Bezug auf die Verlandung mit Feinsedimenten, ein bei Vorläuferprojekten immer wiederkehrendes Problem, ergibt sich ein positives Bild. Lediglich in überbreiten Abschnitten und ausgeprägten Buchtbereichen lagerten sich Feinsedimente ab. An strömungsexponierten Stellen entstanden durch Ufererosionen lokal dynamische Strukturen in Form von Abbruchufern und Kiesumlagerungen. Großflächig ergeben sich dynamische Umlagerungen jedoch vorwiegend nur in den Einströmbereichen (Abb. 4.13).

Das Gefälle im Bereich dieser Nebenarme liegt bei ca. 0,3%. Einige Stauwurzelabschnitte der Donau weisen mit ca. 0,2% Gefälle bei Mittelwasser ähnliche Verhältnisse auf. Daher ist es durchaus erwägenswert, in den gefällereichen Stauwurzeln ebenfalls Nebenarmsysteme ähnlich jenen in der Wachau zu schaffen.

Exkurs: Optimale Anbindung gesucht – vom Rohrdurchlass zum durchströmten Nebenarm

Die Wiederherstellung ökologisch funktionsfähiger Nebenarme in den Fließstrecken der österreichischen Donau stellte schon vor Jahrzehnten ein wichtiges Revitalisierungsziel dar. Schon nach ersten Versuchen stellte sich dabei heraus, dass der Gestaltung der Einströmöffnungen eine zentrale Bedeutung zukommt. Die folgenden Abbildungen zeigen die Weiterentwicklung dieser Öffnungen im Rahmen verschiedener Gewässervernetzungsprojekte der letzten Jahrzehnte (Abb. 4.14 bis 4.24). Anfänglich stand als Planungsziel lediglich die „Anbindung“ im Vordergrund. Schon bald ergaben sich jedoch auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse und des Leitbildanspruches im Rahmen der neu entwickelten „Revitalisierungsphilosophie“ erweiterte Planungsanforderungen. Der Fokus lag zunehmend auch auf Aspekten wie adäquater Durchströmung im saisonalen Verlauf oder flusstypischer Habitatentwicklung.

Bei den ersten diesbezüglichen Maßnahmen standen die Wiederanbindung abgetrennter Nebenarme und deren Dotation mit Donauwasser im Vordergrund. Sehr bald zeigte sich freilich, dass Anbindungen, die Nebenarme nicht auf ganzer Breite dynamisieren, die Verlandung meist nur beschleunigen. Ursache dafür ist die hohe Schwebstofffracht der Donau. Bei gering durchströmten Anbindungen treten selbst bei Hochwässern nur vergleichsweise geringe Fließgeschwindigkeiten auf. Die mitgeführten Schwebstoffe sedimentieren daher und verfüllen auf diese Weise insbesondere schmale Nebenarme sehr rasch.

Bei der Konzeption von Nebenarm-Anbindungen jüngerer Datums wurde speziell darauf geachtet, möglichst viel Abfluss und damit Energie aus dem Hauptstrom in die Nebenarme umzuleiten. Anstatt mit Schwebstoffen zu verlanden, werden in diesen Nebenarmen teilweise auch große Mengen an Feinsedimenten remobilisiert und wieder ausgetragen. Speziell im Einströmbereich und bei hydraulischen Engstellen erfolgt starker Angriff der Uferzonen, sofern diese nicht wasserbaulich gesichert sind. Durch diese Dynamisierung wird erstmals der laufenden Auflandung der Aubereiche entgegengewirkt. Neben der positiven Feinsedimentbilanz führt die eigendynamische Aufweitung der Nebenarme auch zur Entstehung natürlicher Gewässerstrukturen in Form flacher Kiesbänke, steiler Abbruchufer, Buchten und Totholzstrukturen (Abb. 4.25). Diese bilden Habitate für jene Schutzgüter und Indikatorarten, auf welche die Revitalisierungsmaßnahmen abzielen. Je breiter solche Nebenarmsysteme sind, desto stärker ist die Dynamik zur Neubildung derartiger Strukturen.

- Abb. 4.14 Rohranbindung Nebenarm Schallemmersdorf in der Wachau (Errichtung Mitte der 1980er)
- Abb. 4.15 Rohranbindung Nebenarm Schönbühel in der Wachau (Errichtung Mitte der 1990er)
- Abb. 4.16 Flutmulde Nebenarm Schallemmersdorf in der Wachau (Errichtung Mitte der 1990er)
- Abb. 4.17 Kastendurchlass Altarm Haslau-Regelsbrunn in der Fließstrecke östlich von Wien (Fertigstellung 1998)
- Abb. 4.18 Überströmstrecke Altarm Haslau-Regelsbrunn in der Fließstrecke östlich von Wien (Fertigstellung 1998)
- Abb. 4.19 Überströmstrecke Nebenarm Schönau in der Fließstrecke östlich von Wien (Fertigstellung 2004)
- Abb. 4.20 Einströmbereich Altarm Orth in der Fließstrecke östlich von Wien (Fertigstellung 2002)
- Abb. 4.21 Einströmbereich Nebenarm Rührsdorf in der Wachau (Fertigstellung 2007)
- Abb. 4.22 Einströmbereich Nebenarm Pritzenau in der Wachau (Fertigstellung 2008)
- Abb. 4.23 Einströmbereich Nebenarm Schönbühel in der Wachau (Fertigstellung 2012)
- Abb. 4.24 Einströmbereich Nebenarm Schallemmersdorf in der Wachau (Fertigstellung 2013)

Abb. 4.14



Abb. 4.15



Abb. 4.16



Abb. 4.17

Abb. 4.18

Abb. 4.19

Abb. 4.20



Abb. 4.21



Abb. 4.22



Abb. 4.23

Abb. 4.24

Die auf den bisherigen Erfahrungen beruhende Weiterentwicklung von Nebenarm-Anbindungen zielt darauf ab, schmale Nebenarme stärker als bisher aufzuweiten. Bei breiten Nebenarmsystemen, wie sie vor allem östlich von Wien noch existieren, besteht das Ziel vor allem in sohlgleicher Anbindung auf voller Breite, um damit flächig zu dynamisieren. Auch bei der Neuschaffung beziehungsweise Initiierung von durchströmten Nebenarmen gilt das Prinzip, dass wesentliche ökologische Verbesserungen erst dann erreicht werden, wenn die Nebenarmsysteme eine gewisse Mindestbreite und -tiefe aufweisen.

Bei der Entwicklung von durchströmten Nebenarmen in Stauwurzelbereichen ist das lokale Fließgefälle in besonderem Maße zu berücksichtigen. Die Uferzonen müssen hier eher stromlinienförmig ausgebildet werden, um zu verhindern, dass bei erhöhter Wasserführung ausgeprägte Stillwasserbereiche mit Feinsedimenten verlanden (Abb. 4.26).

Periodisch durchströmter Altarm

Auch Nebengewässer, die nur zeitweise durchströmt werden, waren ehemals typische Elemente der Donaulandschaft. Sie entstanden durch beginnende Verlandung von Nebenarmen, entwickelten sich in weiterer Folge – wenn sie nicht zuvor wieder von der Donau erodiert wurden – zu einseitig angebundenen Altarmen und schließlich zu Totarmen. Der natürliche Entwicklungsweg dieser Gewässer zeigt schon die innewohnende Problematik: die Tendenz zur Verlandung. Wenn auch primär permanent durchströmten Nebenarmen der Vorzug zu geben ist, so kann es unter bestimmten Umständen auch sinnvoll sein, nur periodisch angebundene Gewässer wiederherzustellen; zum Beispiel dann, wenn naturschutzfachliche Vorgaben, Nutzungen des Umlandes oder andere Interessen im Projektgebiet eine vollständige Anbindung und Reaktivierung nicht erlauben.

Bereits realisierte Maßnahmen

Es war ein revolutionäres Konzept, als in den frühen 1990ern die Wasserstraßendirektion (heutige viadonau) gemeinsam mit wwf, Universität Wien und Nationalparkplanung die sogenannte „Gewässervernetzung Maria Ellend – Regelsbrunn“, die Reaktivierung eines rund 9 km langen Donau-Altarmes, ankündigte. Der wesentliche Teil des Projektgebietes war kurz zuvor im Rahmen einer „Natur Freikaufen“-Aktion in den Besitz des wwf gelangt und hatte damit eine Perspektive als Schutzgebiet. Erhebliche Ängste und Befürchtungen wurden sehr bald seitens der anrainenden Ortschaften vorgebracht und auch die beigezogenen Amtssachverständigen äußerten vielfältige Bedenken.

Könnte der Seitenarm das südliche Hochgestade unterspülen und damit die Ortschaft Haslau gefährden? Würden Donauschiffe durch die Querströmung versetzt und zum Stranden gebracht – oder bei hohen Wasserständen gar in die Au gezogen? Und wie sollte man verunglückten Schiffen helfen, wenn der Treppelweg unterbrochen war? Aber auch von ökologischer Seite gab es Widerstand gegen eine zu intensive Anbindung: Wie würden die Augewässer auf den zusätzlichen Nährstoffeintrag reagieren? Welche Folgen würden sich für Stillwasserarten ergeben? Wäre dann insgesamt ein Rückgang der Artenvielfalt die Folge?

Nach jahrelangen Diskussionen wurde endlich ein Kompromiss gefunden, der zwar keine permanente Dotation des Gewässersystems vorsah, dafür aber zumindest an rund 200 Tagen im Jahr (Anbindung ab 0,5 m unter Mittelwasser). Um den Zustrom von Wasser besser kontrollieren zu können, wurden dazu 1997/98 drei Einströmbereiche mit 10 m breiten Kastendurchlässen in Kombination mit mehreren, jeweils 30 bis 50 m breiten Flutmulden errichtet (Abb. 4.17). Zeitgleich erfolgte die Verbesserung der Durchgängigkeit innerhalb des Altarmes durch Umbau mehrerer Traversen.

Durch die punktuell verstärkte Anbindung und die erhöhte Durchströmung des Gewässerzuges steigerte sich die Umlagerungsdynamik in den ersten Jahren

Abb. 4.25
Eigendynamischer
Aufweitungsbereich im
Nebenarm Pritzenau in
der Wachau



Abb. 4.26
Insel-Nebenarm-System
Markttau in der Stau-
wurzel Abwinden-Asten
(Fertigstellung 2014)

erheblich (Abb. 4.27). Dabei war stärkere Seitenerosion vor allem nahe der Einströmbereiche zu beobachten. Das generelle Ziel, die Wassertiefe des Altarmes wesentlich zu vergrößern, konnte aber nicht erreicht werden. Durch die fortschreitende Sohlerosion der Donau wurde die Anbindungsintensität seit der Projektumsetzung sogar erheblich gemindert. Zugleich reduzierte die Uferwallbildung am Donauufer die flächige Zuströmung bei Hochwasser immer mehr. Mittlerweile erfolgt die Anbindung erst bei ca. Mittelwasser nur mehr an 160 Tagen im Jahr. Als Folge der abnehmenden Durchflutung erobern Weidenbestände zunehmend die Kiesflächen. Die Anbindungsintensität reicht nicht aus, rheophilen Fischarten dauerhaft einen adäquaten Lebensraum zu bieten. Zeitweise wandern zwar strömungsliebende Fische ein und nutzen die Kiesflächen auch zum Laichen, doch wird dies zunehmend zur Ausnahme.



Rückblickend mag die zaghafte Vernetzungsintensität auf Basis der Erfahrungen seither realisierter Folgeprojekte als Schwäche des damaligen Projektes gesehen werden. Letztlich war es aber der Einstieg in eine damals unerprobte Projektidee, die zumindest an der Donau diese Art von Revitalisierungsprojekten erst ermöglichte.

Kleiner Umgebungsbach als Fischwanderhilfe

Die Wiederherstellung der Wandermöglichkeiten für aquatische Organismen in der Donau ist ein zentrales gewässerökologisches Anliegen, das auch im „Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplan 2009“ (NGP) als ein prioritäres Ziel festgelegt wurde (BMLFUW 2009). Seit 2012 gibt es zum Bau von Fischwanderhilfen, auch als Fischaufstiegshilfen (FAH) bezeichnet, einen Leitfaden, der den Stand der Technik bei Planung und Umsetzung klar definiert (BMLFUW 2012). Grundsätzlich geht es dabei nicht nur um flussaufwärts, sondern auch um flussabwärts gerichtete Migrationen vieler Fischarten. Bei sehr großen und breiten Flüssen wird in Zukunft wahrscheinlich sogar die Errichtung von zwei oder mehreren FAH mit unterschiedlicher Lage des Einstieges im Unterwasser notwendig sein.

Die Möglichkeiten zur Errichtung funktionstüchtiger FAH sind breit gefächert. Diese reichen von sehr technischen Anlagen, wie „vertical slots“ (Schlitzpässe), die ausschließlich der Wanderung dienen, über naturnahe Tümpelpässe und kleinere Umgebungsbäche bis hin zu größeren „dynamischen Umgebungsarmen“, die selbst auch als Lebensraum fungieren (siehe nachfolgenden Maßnahmenentyp). Kleine Umgebungsbäche werden im unmittelbaren Kraftwerksbereich errichtet. Da sie die Höhendifferenz einer Staustufe auf einer Länge von nur 1 bis 2 km überwinden, weisen sie mit rund 5% ungefähr das zehnfache Gefälle der Donau auf. Das hohe Gefälle würde theoretisch dynamische Umlagerungsprozesse ermöglichen, jedoch erlauben dies die beengten räumlichen Verhältnisse im Nahbereich von Kraftwerken meist nicht. Außerdem können die starke Strömung im Umgebungsbach und die erforderlichen Überfälle zu einem Problem für Jungfische und

Abb. 4.27 Blick über das Nebengewässersystem Haslau-Regelsbrunn fünf Jahre nach der Reaktivierung 2003

Arten mit geringem Schwimmvermögen werden. Wenn es die Nutzungen im Umland zulassen und genügend Raum vorhanden ist, sollte deshalb längeren, dynamischen Umgehungsarmen der Vorzug gegeben werden.

Bereits realisierte Maßnahmen

Von den zehn österreichischen Donaukraftwerken hatte bis vor kurzem lediglich das jüngste, im Jahr 1997 errichtete Kraftwerk Freudenau eine Fischaufstiegshilfe. Alle älteren Anlagen bekamen zum Zeitpunkt ihrer Errichtung seitens der Behörde noch keine FAH vorgeschrieben. Die erste Nachrüstung mit einem Umgehungsbach erfolgte beim 1982 gebauten Kraftwerk Melk im Jahr 2007. Weitere Maßnahmen bei den anderen Donaukraftwerken sollen im Rahmen des Projektes „LIFE+ Netzwerk-Donau“ folgen, wobei auch längere Umgehungsarme geplant sind.

Der Umgehungsbach beim Kraftwerk Freudenau ist linksufrig auf der Wiener Donauinsel gelegen und überwindet eine Höhe von 8,7 m (Abb. 4.28). Er untergliedert sich in einen 200 m langen, zweiarmigen Mündungsbereich, der bei Niederwasser der Donau flussab des Kraftwerkes deltaartig ausläuft. Nach oben hin schließen der eigentliche, ca. 1000 m lange Umgehungsbach sowie ein relativ steiler Tümpelpass mit 420 m Länge an. Die Dotation der FAH beträgt jahreszeitlich gestaffelt zwischen 1,5 und 3,6 m³/s.

41 Fischarten, das entspricht 72% aller aufstiegsfähigen Arten, konnten bisher beim Durchwandern der FAH dokumentiert werden. Die Leitarten der freifließenden Donau, Nase und Barbe, ziehen im Frühjahr sogar in Massen in den Umgehungsbach und laichen dort (Eberstaller et al. 2001). Problematisch ist, dass jedoch nur wenige Nasen weiter zum Stauraum Freudenau hinaufwandern. Flussabwärts gerichtete Wanderungen über die FAH sind quantitativ unbedeutend. Im Jahresverlauf nutzen insgesamt 42 Fischarten das Gerinne als Habitat.

Der erst 2007 fertiggestellte Umgehungsbach beim Kraftwerk Melk überwindet auf rund 2 km Länge einen Höhenunterschied von 12 m. Das großteils naturnahe gestaltete Umgehungsgerinne weist am oberen Ende unmittelbar nach dem Dotationsbauwerk einen „vertical slot“ auf (Abb. 4.29). Dieser dient dazu, den Fischaufstieg im Falle einer Spiegelabsenkung im Stauraum weiterhin zu gewährleisten. Der Abfluss im Umgehungsgerinne beträgt im Normalfall 1,5 m³/s und kann sich bis auf 3,2 m³/s erhöhen. Am unteren Ende erhält die FAH zusätzlichen Zufluss vom Altarm Melk, der wiederum vom Weitenbach gespeist wird.

Das fischökologische Monitoring ergab, dass 40 Fischarten verschiedenster Größen und Altersklassen in die FAH einwanderten. Während der Monitoringphase im Frühjahr/Frühsummer 2007 wurden in den installierten Reusen rund 3500 Fische gefangen. Parallel dazu durch-

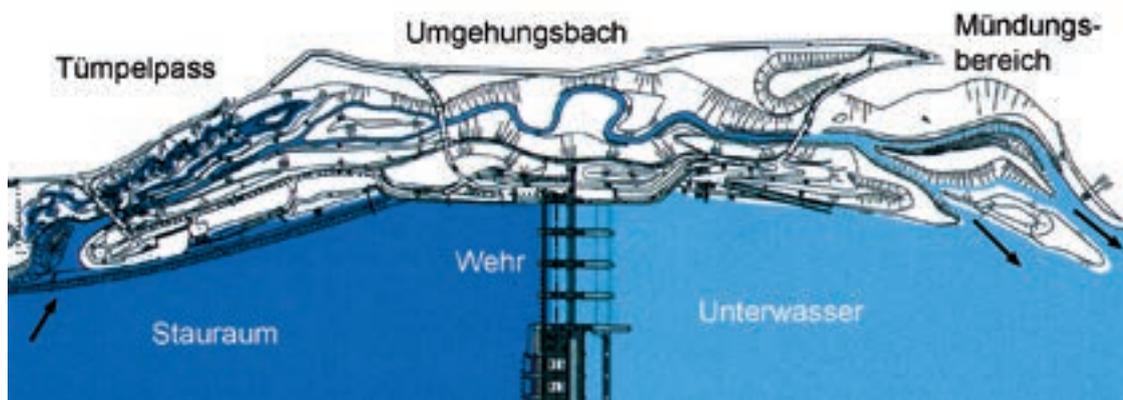


Abb. 4.28 Fischwanderhilfe bestehend aus Tümpelpass, Umgehungsbach und verzweigtem Mündungsbereich beim 1997 fertiggestellten Kraftwerk Freudenau

geführte Telemetrie-Untersuchungen an Nasen zeigten, dass ein Großteil der mit Sendern versehenen Fische bei Laichwanderungen unterhalb des Kraftwerkes den Unterlauf der Pielach aufsuchte und nicht in die FAH einstieg. Gründe für die vergleichsweise geringen Aufstiegszahlen dürften einerseits die insgesamt stark zurückgegangenen Nasenbestände der Donau sein, andererseits die mittlerweile guten Habitatbedingungen in der flussab liegenden Wachau. Zudem dürfte zwischenzeitlich der sogenannte „Homingeffekt“ verloren gegangen sein, da seit der Errichtung des Kraftwerkes Melk bis zu den Untersuchungen 2007 bereits 25 Jahre vergangen waren. Ursprünglich auf flussauf gelegene Laichplätze geprägte Fische lebten nicht mehr und konnten diese Prägung daher nicht mehr an ihre Nachkommen weitergeben.

Auf Basis der bisher gemachten Erfahrungen und des flussmorphologischen Leitbildes erscheint heute daher ein längerer, dynamischer Umgehungsarm am besten geeignet, die angestrebten gewässerökologischen Ziele zu erreichen (siehe nächster Maßnahmentyp).

Dynamischer Umgehungsarm als Fischwanderhilfe

In den Beckenlagen der Donau existieren landseits der Begleitdämme zum Teil noch großflächige Aubereiche. Erstrecken sich diese von einer Stauwurzel bis zur nächsten, lässt sich die Au durch eine permanente, saisonal dynamisch gestaffelte Dotation naturnahe bewässern. Zugleich wird auf diese Weise ein Augewässersystem geschaffen, das hinsichtlich seiner Abfluss- und Breitendimensionen am ehesten einem kleinen Nebenarm entspricht. Solche Gerinne umgehen das jeweilige Kraftwerk und vernetzen dabei sowohl die Stauräume als auch die Gewässer der abgedämmten Auen. Sie repräsentieren auf diese Weise den Idealfall einer Fischeaufstiegshilfe, da neben der Herstellung der Durchgängigkeit insbesondere Schlüsselhabitate wie Laichplätze, und Jungfischstuben wiederhergestellt

werden. Derartige Nebenarme erstrecken sich über viele Kilometer und bieten trotz vergleichsweise geringen Abflusses großflächig annähernd standorttypische und dynamische Habitate. Besonders hervorzuheben sind die langen Uferlinien, welche eine Fülle an Mangelhabitaten bereitstellen. Das Gefälle wird in natürlichen Kolk-Furt-Sequenzen abgebaut, welche ebenfalls wertvolle Habitate darstellen.

Restriktionen für die Ausleitung von Donauwasser in solche Umgehungsarme ergeben sich einerseits durch die Unterwasseraustiefungen, die erst ab einer gewissen Entfernung vom Kraftwerk eine niveaumäßig entsprechende Anbindung ermöglichen. Andererseits ist die Verfügbarkeit ausreichender Flächen für solche Gerinne häufig limitierend. Wesentliches Element eines funktionstüchtigen Umgehungsarmes ist ein Mindestmaß an hydrologischer Dynamik. Ein solches lässt sich entweder durch die Einbindung von Hochwässern der Zubringer, oder aber durch Überlaufmulden erzielen, die bei Donauhochwasser anspringen. Optimale Verhältnisse sind dann gegeben, wenn sowohl Donauhochwässer als auch Zubringer zur Dotation des Umgehungsarmes beitragen.

Abb. 4.29 Fischeaufstiegshilfe in Form eines Umgehungsgerinnes beim Kraftwerk Melk (obere Ausstiegsstelle mit Dotationsbauwerk und „vertical slot“ im Vordergrund; links davon der Altarm Melk)





Abb. 4.30 Der Gießganges Greifenstein erstreckt sich auf 43 km Länge vom Unterwasserbereich des Kraftwerkes Altenwörth bis ins Unterwasser des Kraftwerkes Greifenstein bei Korneuburg (links: Einströmbereich mit Flutmulde).

Nebenarme, die Kraftwerke großräumig umgehen, zeichnen sich im Vergleich zu solchen in Stauwurzeln durch mehrere ökomorphologische Vorteile aus:

- Im dynamischen Umgehungsarm ist standortgemäßes, natürliches Gefälle gegeben, wodurch typische hydromorphologische Prozesse ermöglicht werden und entsprechende Lebensraumverhältnisse entstehen. Das

weitgehend natürliche Gefälle führt auch zu geringeren Problemen mit der Verlandung durch Feinsedimente. In Beckenlagen liegt das Talgefälle mit 0,55 bis 0,60‰ in der Regel deutlich über dem Durchschnitt von 0,43‰ (Schmautz et al. 2002; vgl. Kapitel 2.1). Selbst wenn der Umgehungsarm stärker gewunden ist, besitzt das Gerinne daher ausreichend hohes Gefälle.

- Die Stauräume und ausgedehnten Aubereiche werden miteinander auf sehr naturnahe Weise verbunden, wodurch ein wertvoller Habitatverbund entsteht.
- Im Auwald hinter den Rückstaudämmen finden annähernd natürliche Wasserspiegelschwankungen statt, die ein wesentliches Element donautypischer Auwaldzönosen sind (Herrmann 2002; Jürging & Patt 2005)

Bereits realisierte Maßnahmen

Ein Vorreiter dieses Maßnahmentyps stellt der bereits vor 30 Jahren (1984) errichtete, rund 43 km lange Gießgang Greifenstein dar. Dieser erhält am oberen Ende im Bereich Altenwörth über das Kamp-/Kremsgerinne eine vergleichsweise geringe Basisdotierung von rund 1 m³/s, die sich im weiteren Verlauf durch die linken Zubringer auf bis zu 4,5 m³/s erhöht. Gegenüber von Zwentendorf liegt eine Flutmulde, die ab einer Wasserführung der Donau von ca. 3 100 m³/s an ca. 30 Tagen pro Jahr anspringt und damit das System des Gießganges in das Hochwassergehen einbezieht (Abb. 4.30 und 4.31). Die Abtreppung





Abb. 4.31 Der Gießgang Greifenstein flussab vom Kraftwerk Greifenstein kurz vor der Mündung in die Donau

des gesamten Gefälles über insgesamt 25 Stauhaltungen unterscheidet dieses System jedoch noch vom leitbildgerechten Grundprinzip eines kontinuierlichen Gefälleabbaues dynamischer Umgehungsarme.

Die Höhe der Stauhaltungen wird durch 25 Querdämme mit Kastendurchlässen kontrolliert, die zur Regelung des Grundwasserspiegels in der Au dienen. Dabei unterbinden diese Querwerke vor allem in den langen Zeiten niedriger Wasserführung dynamische Prozesse, fragmentieren den Lebensraum und verhindern Fischwanderungen um das Kraftwerk. Das Gießgangsystem stellt zwar aus hydrologischer Sicht eine Verbesserung für das zuvor schon sehr trockene Augebiet dar, entspricht aber nicht mehr den heutigen Anforderungen an einen dynamischen Umgehungsarm mit entsprechenden Migrationsmöglichkeiten für Fische. Verbesserungen in Bezug auf die Hydromorphologie und Fischwanderungen sowie die Erreichung eines guten ökologischen Potenziales gemäß der Wasserrahmenrichtlinie wären technisch relativ einfach, würden aber die Entfernung der Querdämme und damit das Einverständnis der betroffenen Grundeigentümer und anderer Interessenten voraussetzen.

Ein wesentlich jüngeres Beispiel ist die im Jahr 2012 fertiggestellte Flutmulde im Machland, welche im Zuge des „Hochwasserschutzprojektes Machland Nord“ als ökologische Ausgleichsmaßnahme konzipiert wurde. Über ein Verbindungsbauwerk im mittleren Bereich des Stauraumes Wallsee-Mitterkirchen wird ein naturnahe ausgestaltetes Augewässer mit einer Länge von rund 8,5 km ständig dotiert. Das Gerinne verläuft entlang des linken Begleitdammes bis zum Hüttinger Altarm, wo es ins Unterwasser der Staustufe Wallsee-Mitterkirchen mündet. Diese als dynamischer Umgehungsarm bezeichnete Maßnahme hat eine naturnahe Hydrologie, bestehend aus Basisdotation und zusätzlicher Beaufschlagung bei Hochwasser. Damit entspricht das Gewässer annähernd einem kleinen Nebenarm der Donau. Auf diese Weise sollten einerseits typische Fließgewässerlebensräume, andererseits durch die Hochwasserdynamik dauerhafter Bestand und ökologische Funktionsfähigkeit gewährleistet sein.

Je nach Abfluss der Donau sind zwei unterschiedliche Zustände möglich: Bei permanenter Dotation von $3 \text{ m}^3/\text{s}$ Donauwasser über einen Schlitzpass („vertical slot“) und ein asymmetrisches Raugerinne ergibt sich in der Flutmulde quasi „Niederwasserführung“ (Abb. 4.32). Ein dazu parallel geführtes Kleinfischgerinne gewährleistet unter moderaten hydraulischen Bedingungen die permanente Migration von Jung- und Kleinfischarten flussaufwärts ins Oberwasser. Saisonale Schwankungen der Dotationsmenge mit bis zu weiteren $2 \text{ m}^3/\text{s}$ werden über eine Anlage zur dynamischen Dotation erreicht. Der Jahresgang der Dotationswassermenge liegt somit zwischen 3 und $5 \text{ m}^3/\text{s}$. Zusätzlich werden bis zu $70 \text{ m}^3/\text{s}$ in die Flutmulde eingeleitet, wenn der Donauabfluss den Ausbaudurchfluss des Kraftwerkes Wallsee-Mitterkirchen im Ausmaß von $2700 \text{ m}^3/\text{s}$ übersteigt. Die dynamische Dotation ergibt sich durch das Anspringen einer bereits bestehenden Überströmstrecke am Rückstaudamm. Daten über die ökologischen Effekte, die mit dieser Maßnahme verbunden sind, liegen bislang noch nicht vor.

Vor Baubeginn steht derzeit die Fischwanderhilfe des Kraftwerkes Ottensheim-Wilhering in Form eines 14 km langen, dynamischen Umgehungsarmes. Dieser

wird die Zubringer Aschbach und Innbach miteinschließen und flussab des Kraftwerkes in einen großen Nebenarm münden.

Einseitig angebundener Altarm

Einseitig angebundene Altarme nahmen in der ehemaligen Donauf Flusslandschaft zwar weitaus geringere Flächen ein als durchströmte Nebenarme, waren aber als Schlüsselhabitats im Entwicklungszyklus vieler Arten dennoch von großer Bedeutung. Die meisten Altarme der heutigen Donau gehen auf lange zurückliegende Abtrennung im Zuge der Regulierungsarbeiten zurück. Heute stellt dieser Habitattyp vor allem für Fische, Mollusken und für die gewässergebundene Vegetation einen wichtigen Lebensraum dar. Die bei höheren Wasserständen überstaute Ufervegetation ist für die Reproduktion krautlaichender, indifferenter Fischarten von besonderer Bedeutung.

Geeignete Bereiche für solche Gewässer befinden sich an den freifließenden Strecken sowie in der oberen Hälfte von Stauräumen. Je näher der Arm beim Kipppegel liegt, desto geringer ist die Dynamik der Wasserspiegelschwankungen. Trotzdem lassen sich für die oben erwähnten Organismengruppen auch in diesen Bereichen wertvolle Habitats schaffen. Typisch für die Morphologie einseitig angebundener Altarme ist der kontinuierliche Anstieg der Sohle von der flussab gelegenen Anbindung an die Donau bis zum flussauf gelegenen Ende. Die Auenvegetation erhält dadurch unterschiedliche Zonen für verschiedene Sukzessionsstadien. Solche Bereiche sind

Abb. 4.32 Dotationsbauwerke der Machland-Flutmulde beim Einströmbereich des dynamischen Umgehungsarmes (Stauraum des Kraftwerkes Wallsee-Mitterkirchen). Im Vordergrund das Raugerinne mit einem „vertical slot“ am oberen Ende, dahinter das Kleinfischgerinne und am Donauufer das Dotationsbauwerk





Abb. 4.33 Beispiel für einen einseitig angebundenen Altarm mit standorttypischer Morphologie bei Aggsbach in der Wachau. Die flach auslaufenden Ufer sind bei Mittelwasser überstaut (Aufnahme bei Niederwasser).



Abb. 4.34 Der Aggsbacher Altarm zum Ende der zweiten Bau-
phase: neu geschaffene Flachwasserbereiche als
Laichzonen für krautlaichende Arten (Aufnahme bei
Niederwasser)

speziell auch für die Reproduktion krautlaichender Fische von großer Bedeutung. Bei der Herstellung einseitig angebundener Altarme ist daher darauf zu achten, dass auf unterschiedlichen Niveaus – von Niederwasser bis stark erhöhtem Mittelwasser – großflächig Flachwasserbereiche entstehen (Abb. 4.33). Diese Bereiche sollten am oberen Ende des Altarmes flach auslaufen. Die Uferzonen entwickeln sich zufolge der Durchströmung bei Hochwasser und der damit verbundenen Auflandung mit Feinsedimenten meist zu steilen Böschungen. Eine flache Ausgestaltung dieser Bereiche ist daher meist nicht sehr dauerhaft. Die morphologische Dynamik ist bei einseitig angebundener Flussarme zwar weitgehend ausgeschaltet; werden solche Arme bei Hochwasser aber stark durchströmt, so finden lokal trotzdem noch Umlagerungen statt. Grundsätzlich sind jedoch einseitig angebundene Arme durch stetig fortschreitende Verlandung geprägt.

Auch in den abgedämmten Auen befinden sich vielfach Altarme, die sich über dynamische Umgehungsarme mit dem Hauptstrom vernetzen lassen. In manchen Fällen ist dabei keine niveaugleiche Anbindung des Altwassers mehr möglich, oder aber nur unter hohem Aufwand herstellbar. In derartigen Situationen ist die Anbindung auch mithilfe künstlich hergestellter „alluvial plugs“, das heißt mit Kiesstrukturen quer zum Anbindungsbereich und mit flachen Böschungen geschüttet, überlegenswert. Diese haben die Funktion, bei niedrigen Wasserständen das völlige Ausrinnen des angebundener Altarms zu verhindern, werden aber bei höheren Abflüssen überstaut. Einwanderungen großer Fische zum Laichen erfolgen daher in der Regel bei hohen Wasserständen im Frühjahr und Frühsommer.

In Stauwurzelbereichen geringeren Gefälles sind hingegen angebundene Altarme mit häufiger Durchströmung aufgrund der damit verbundenen Verlandung wenig zielführend. Sie sollten hier daher erst spät, bei flächiger Überstauung der Au, durchströmt werden. Zum Hauptstrom parallel verlaufende Altarme sind zu bevorzugen, um bei Hochwasser eine möglichst starke Strömung zu erzeugen, die einer allzu starken Verlandung entgegenwirkt.

Im unmittelbaren Mündungsbereich eines einseitig angebundener Altarmes werden durch Kehrströmungen meist rasch große Mengen an Feinsedimenten abgelagert. Zur Verhinderung weiter in den Altarm eindringender Sedimente eignen sich lokale Verengungen bei der Mündung. Diesbezüglich gute Erfahrungen konnten bei der Anbindung der Schopperstattlacke im Rahmen des Gewässervernetzungsprojektes Rührsdorf–Rossatz gemacht werden. Die Erhaltungsmaßnahmen lassen sich dadurch deutlich reduzieren.

Bereits realisierte Maßnahmen

Der Altarm bei Aggsbach entstand bereits in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts als Folge der Errichtung eines langen Leitwerkes. Der hinter dem Leitwerk verbliebene Wasserkörper verlandete im Laufe der Zeit zusehends. Neben den flächigen Auflandungen führte zusätzlich auch die kontinuierliche Eintiefung der Donau zu einer schleichenden Degradierung dieses ehemals großflächigen Altwassers. In den sukzessive entstandenen Auwaldflächen verblieben schließlich drei größere, stark verlandete Stillgewässer, die in heißen Sommern fast vollständig austrockneten und in strengen Wintern bis zum Grund durchfroren.

Im Winter 2006 wurde mit der Reaktivierung des Altarmsystems begonnen. Die unteren beiden Gewässer wurden erweitert und an den Hauptstrom angebundener. Die obere Lacke wurde als isoliertes Laichgewässer für die seltenen Amphibienarten Donau-Kammolch und Laubfrosch belassen. Da der Altarm nach Umsetzung der ersten Maßnahmen noch immer fischökologisch ungünstige Steilufer aufwies, erfolgte in einem zweiten Schritt im Winter 2013 eine großflächige Absenkung der Vorländer (Abb. 4.34). Dadurch ergaben sich wesentlich bessere Verzahnungen mit dem Umland und Standorte für eine gewässertypische Ufervegetation. Bei höheren Wasserständen im Frühjahr wird die aus Seggen und Röhrichten bestehende Vegetation großflächig eingestaut. Damit stehen nunmehr auch ideale Laichhabitate für krautlaichende Fischarten zur Verfügung.

Isoliertes Kleingewässer

Durch das weitgehende Fehlen dynamischer Abflussprozesse in den flussbegleitenden Auegebieten der Donau entstehen heute kaum mehr neue Kleingewässer. In Verbindung mit der abschnittswisen Eintiefung des Hauptstromes und der parallel laufenden Aufhöhung des Auenniveaus sind bestehende Kleingewässer akut vom Verschwinden bedroht. Damit reduziert sich auch das Habitatangebot für die aquatische Vegetation, Amphibien und insbesondere die Spezialisten innerhalb der stagnophilen Fischzönose drastisch.

Isolierte Kleingewässer unterliegen grundsätzlich denselben Verlandungsprozessen wie andere stehende Gewässer. Allzu häufige Anbindung beziehungsweise Durchströmung erweist sich daher vor allem in Bezug auf die Verlandung mit Feinsedimenten als kontraproduktiv. Andererseits ist es selbst für hoch spezialisierte Fischarten dieses Gewässertyps wesentlich, dass zumindest in mehrjährigen Intervallen bei großen Hochwasserereignissen

wieder eine Anbindung an den Hauptstrom erfolgt, da nur so der Austausch mit anderen Populationen und die Ausbreitung in andere Gewässerteile gewährleistet wird.

Um die natürliche Besiedelung und den Austausch zwischen isolierten Kleingewässern zu erleichtern, sollten diese nicht allzu weit auseinander liegen. Ökologisch anzustreben sind Verbindungen über sogenannte „Trittsteinbiotop“. Im Rahmen der Planung großflächiger Revitalisierungen bietet sich auch die Schaffung von lokalen Gruppen solcher Kleingewässer an. Dabei sollten sich die einzelnen Gewässer oder deren Teile idealerweise auf unterschiedlichem Niveau und in unterschiedlichen Sukzessionsstadien befinden. Durch die Kombination mit einseitig angebundenen Nebenarmen entstehen auf relativ engem Raum Bereiche mit unterschiedlichem Vernetzungsgrad und verschiedenen Lebensgemeinschaften. Bestehende Kleingewässer sollten nach Möglichkeit nicht oder nur sehr behutsam künstlich „reaktiviert“ werden, da auch fortgeschrittene Sukzessionsstadien für spezialisierte Arten und gefährdete Artenassoziationen hohen Wert besitzen. Statt Reaktivierung ist häufig Neuschaffung solcher Habitate in enger räumlicher Nähe zu bestehenden oder stark verlandeten Kleingewässern anzustreben. Die Herstellung dieses Maßnahmentyps ist in fast allen Auebereichen entlang der Donau möglich.

Bereits realisierte Maßnahmen

Im Zuge des Projektes „LIFE Hang- und Schluchtwälder im Oberen Donautal und Aschachtal“ wurde entlang des Stauraumes Aschach eine Vielzahl von isolierten Kleingewässern angelegt (Abb. 4.35). Primäres Ziel war die Förderung von seltenen Amphibienarten, wie Gelbbauchunke und Donau-Kammolch. Dabei entstand ein Verbund von Kleingewässern, welcher typischen stagnophilen Arten Habitate bietet. Weitere derartige Kleingewässer wurden auch in der „Schildorfer Au“ im Stauraum Jochenstein angelegt. Diese werden durch Initialbesatz im Rahmen eines „Kleinfischprojektes“ dem seltenen Schlammpeitzger als neue Lebensräume dienen.



Abb. 4.35 Neu angelegtes Kleingewässer entlang des Stauraumes Aschach

Zubringersysteme (v. a. Mündungsbereiche und anschließende Strecken)

Zubringer müssen aus ökologischer Sicht mit natürlichem Gefälle und ohne Unterbrechungen des Sohl-, Wasserspiegel- und Energiegefälles in die Donau münden. Durch das gezielte „Verschleppen“ zuvor steil und abgetrept in die Donau fallender Mündungsbereiche von Zubringern lassen sich gewässerökologisch attraktive Bereiche mit Standorten für eine Weiche Au schaffen. Zudem kann dadurch das Fließgewässerkontinuum für aquatische Organismen verbessert oder sogar wiederhergestellt werden.

Zubringer der Donau haben vor allem im Hinblick auf ihre fischökologischen Funktionen herausragende Bedeutung. Ganz speziell gilt dies für die Reproduktion rheophiler und lithophil-indifferenter Arten. Das Ausmaß der Bedeutung und damit das ökologische Potenzial hängen wesentlich von der Größe des Zubringers und der Verfügbarkeit an Schlüsselhabitaten für Laichgeschehen und Jungfischauftreten ab. Damit spielt auch die ungehinderte Hin- und Rückwanderung eine essenzielle Rolle. Zubringer, die im Zuge der Errichtung von Donaukraftwerken in das Unterwasser umgeleitet wurden, entsprechen funktionell in mehrfacher Hinsicht dem schon weiter oben beschriebenen Typ des dynamischen Umgehungsarmes.

Die Palette an Möglichkeiten für Verbesserungen in den Zubringern ist breit und reicht von punktuellen Maßnahmen zur Wiederherstellung des Längskontinuums bis hin zur umfassenden Revitalisierung ganzer Unterläufe. Darüber hinaus wirken sich auch Maßnahmen, wie Sanierungen unterbrochener Fischmigrationen im Mittel- und Oberlauf oder gezielte Erhöhungen von Geschiebeeinträgen aus dem oberen Einzugsgebiet positiv auf längere Gewässerabschnitte aus.

Bereits realisierte Maßnahmen

Das zwischen 1999 bis 2004 umgesetzte Projekt „LIFE Natur Lebensraum Huchen“ zielte auf die umfassende gewässerökologische Verbesserung in drei Flussabschnitten des Natura-2000-Gebietes „Niederösterreichische Alpenvorlandflüsse“ ab. Das Projektgebiet umfasste die Unter-

läufe und Mündungsbereiche der Flüsse Pielach (auf rund 20 km Länge), Melk (ca. 15 km) und Mank (ca. 7 km), einen Zubringer der Melk. Pielach und Melk münden am oberen Ende des freifließenden Donauabschnittes in der Wachau. Hier beherbergt die Donau eine charakteristische Gemeinschaft an Fischarten, darunter mehrere FFH-Arten, die alljährlich zum Laichen in die beiden Flüsse aufsteigen. Namensgebend für das Projekt und stellvertretend für die gesamte Fischfauna, die von den Maßnahmen des LIFE-Projektes profitiert, ist der Huchen.

Insgesamt 13 Hindernisse, wie Wehranlagen und Sohlrampen, verhinderten in den Flüssen des Projektgebietes die freie Fischwanderung. Die Wiederherstellung des sogenannten Fließgewässerkontinuums durch die Vernetzung von Donau, Pielach, Melk und Mank zu einem insgesamt 78 km langen, frei bewanderbaren Gewässersystem war zentrales Anliegen des Projektes. Durch Ankauf größerer Flächen konnten die letzten dynamischen Wildflussabschnitte an der Pielach in der Neubacher Au und Mühlau langfristig gesichert werden. Zusätzlich fanden auf 2,6 km Länge erste Revitalisierungen statt, wofür 75 ha Uferschutz- und Pufferstreifen für Rückbau- und Schutzmaßnahmen erworben wurden.

Ein umfangreiches fischökologisches Monitoring belegte, dass bei neun der überprüften Fischwanderhilfen während der Laichzeit insgesamt 3 434 Individuen von 38 Fischarten erfolgreich aufsteigen konnten. Durch die Vernetzungsmaßnahmen konnten 21 neue typspezifische Fischarten in vormals abgetrennte Gewässerabschnitte einwandern. Alleine in dem auf wenige hundert Meter Länge rückgebauten Abschnitt der Mank kam es zu einer Verdoppelung der Fischarten von sechs auf zwölf und zu einer Vervielfachung der Dichte und Biomasse des Gesamtfischbestandes. Dazu gesellte sich der Huchen, der an der unteren Mank nur im rückgebauten Bereich auftrat.

Die im Zuge dieses LIFE-Projektes umgesetzten Maßnahmen erwiesen sich jedoch im Bereich der Pielachmündung noch immer nicht als ausreichend. Eine deutliche Verbesserung wurde jüngst im Zuge des Projektes

„LIFE+ Mostviertel–Wachau“ realisiert. Dabei wurde anstatt der zuvor abgetrepten Mündung eine neue verschleppte Mündung hergestellt (Abb. 4.36). Bereits oberhalb der zuvor bestehenden Abtreppung mündet nunmehr auch der sogenannte Lateinerarm, ein ehemaliger Seitenarm der Donau mit Altarmcharakter, ein. In diesen zogen im Frühsommer 2014 bereits zahlreiche, für Augewässer typische Fischarten zum Laichen.

Das zweite Beispiel für Revitalisierungsmaßnahmen an Zubringern ist die Traisen, der größte Donauzubringer Niederösterreichs. Beim Bau des Donaukraftwerkes Altenwörth wurde die Traisen um 7,5 km verlängert und mündet heute in das damals ausgetiefte Unterwasser des Kraftwerkes (vgl. Abb. 3.12 und 3.13 in Kapitel 3). Der Fluss verläuft seither im Auegebiet der Donau zwischen Traismauer und der Mündung beinahe geradlinig, das Gerinne besteht aus einem monotonen Doppeltrapezprofil. Dadurch ist dieser Flussabschnitt kaum mit den angrenzenden Augewässern vernetzt. Eine Sohlrampe bei der Mündung erschwert das Einwandern von Fischen aus der Donau, der anschließende Gewässerlauf ist durch hohe Sohlstufen stark fragmentiert. Kiesstrukturen, die für das

ehemals furkierende System typisch waren, fehlen. Alles in allem war der Unterlauf der Traisen über Jahrzehnte ein stark degradierter Lebensraum für die traisen- und donautypische Fischfauna.

Das Projekt „LIFE+ Traisen“ ist derzeit eines der größten Revitalisierungsvorhaben in Europa. Ziel des Projektes ist es, den Fluss für Fische aus der Donau wieder voll durchgängig zu machen und seine hydromorphologischen Lebensraumbedingungen vollkommen neu zu gestalten. Dabei ist auch eine wesentlich stärkere, den ursprünglichen Verhältnissen in den Donau-Traisen-Auen entsprechende Vernetzung von Fluss und Augewässern sowie im neu geschaffenen Mündungsbereich mit der Donau vorgesehen.

Im Zuge des Projektes wird über rund 10 km Länge ein weitgehend neuer, gewundener Flussabschnitt angelegt, der bei Hochwasser dynamischen Veränderungen unterliegt (Abb. 4.37). Im stark aufgeweiteten neuen Traisenbett besteht Raum für die Ausbildung von Schotterbänken und Umlagerungen der Gewässersole. Durch die Profilaufweitungen und die damit verbundene Erhöhung der Abflusskapazität ergeben sich keine Verschlechterun-



Abb. 4.36 Mündung der Pielach in die Donau: abgetrept und vom direkt flussauf liegenden Lateinerarm getrennt (linkes Bild); neu gestalteter und verschleppter Mündungsbereich unter Einbeziehung der Mündung des Lateinerarmes (rechtes Bild)



Abb. 4.37
Altes, geradliniges
Flussbett und geplanter,
gewundener Lauf der
rund 10 km langen neuen
Mündungsstrecke der
Traisen

Abb. 4.38
Der kleinste von drei
Bauabschnitten im
Revitalisierungsprojekt
Traisen: Oberster Bereich
des neuen Traisenlaufes
kurz vor der Flutung;
Stauraum des Kraftwerkes
Altenwörth im Hinter-
grund (vgl. Abb. 3.12 und
3.13 in Kapitel 3)



gen der Hochwassersituation für die Anlieger flussauf. Das Projekt schafft neuen Lebensraum für rund 40 Donau-Fischarten und viele andere gefährdete Pflanzenarten und Tiergruppen (Säugetiere, Vögel, Reptilien, Amphibien, Insekten etc.). Einzigartig ist die Initiierung von rund 54 ha Weicher Au samt neuen Augewässern durch niveaumäßige Absenkung des unmittelbaren Traisen-Umlandes (Abb. 4.38). Neben der Weichen Au werden zusätzlich noch 30 ha wertvoller Trockenrasen geschaffen. Die Entwicklung von Flussmorphologie, Auenvegetation und Fischfauna wird in einem mehrjährigen Monitoring dokumentiert.

Uferstrukturierung im zentralen Stauraum

Der konstante Wasserspiegel im Bereich zentraler Stauräume ermöglicht selbst bei flacher Uferneigung nur die Ausbildung eines schmalen Wasser-Land-Überganges, der lediglich einem Saum von Weidengehölz Raum bietet. Aus fischökologischer Sicht ist der Nutzen hier angelegter Strukturen meist auf indifferente und eher anspruchslose Arten beschränkt. Für diese stellen jedoch Flachuferzonen auch sehr wertvolle Habitats dar. Zwar nicht dem gewässerökologischen Leitbild der österreichischen Donau entsprechend, erhöhen solche Maßnahmen zumindest die strukturelle Ausstattung und Vielfalt der ansonsten sehr strukturarmen Stauräume. Für Wasservögel entstehen dadurch auch Flachwasserzonen und Rückzugsbereiche, die höher gelegenen Flächen werden von dauerhafter Vegetation besiedelt.

Bereits realisierte Maßnahmen

Bereits Ende der 1970er Jahre wurde im zentralen Stauraum des Kraftwerkes Aschach mit dem Bau von ufernahen „Feinsediment-Biotopen“ begonnen. Dabei fanden die bei Erhaltungsmaßnahmen im kraftwerksnahen Bereich anfallenden Schwebstoffe Verwendung. Im Laufe der Zeit entstanden dadurch großflächige Biotope, die allerdings durch die Wasserspiegelabsenkungen im Zuge des großen Hochwassers 2002 wieder stark in ihrer Flächenausdehnung reduziert wurden (z.B. die Biotope Windstoß, Halbe Meile, Neuhaus und Schmiedelsau; Abb. 4.39).

Im Vordergrund solcher Maßnahmen stand eine sinnvolle Verwendung des anderweitig nicht verwertbaren Materials. Aus rein gewässerökologischen Überlegungen heraus solche Einbauten zu fordern, wäre aufgrund der vergleichsweise beschränkten Erfolge kaum zu rechtfertigen. Begleituntersuchungen zeigten, dass solche Feinsedimentstrukturen vor allem von ubiquitären und indifferenten Arten gut genutzt werden, da die geringen Fließgeschwindigkeiten strömungsliebenden Fischarten kaum adäquate Bedingungen bieten.

In Bereichen flussab des Kipppegels, wo bei Hochwasser zum Teil starke Absenkungen des Wasserspiegels erfolgen, können für aquatische Organismen in den Mulden solcher Strukturen Falleneffekte entstehen (Zauner & Ratschan 2004). Daher sollten solche Biotope jedenfalls mit zum Ufer hin ansteigender Sohle hergestellt werden. Nicht vermeidbar ist freilich eine Anlandung am Außenrand der Strukturen, die zu oben beschriebenen Falleneffekten führt.

Eine Weiterentwicklung der Feinsedimentstrukturen im zentralen Stauraum besteht darin, Überdeckungen mit Kies vorzunehmen. Durch die erodierende Wir-

Abb. 4.39 Aus Feinsedimenten aufgeschüttetes „Biotop Halbe Meile“ im Stauraum Aschach vor dem Hochwasser 2002



kung des von Schiffen erzeugten Wellenschlags werden Feinsedimentstrukturen oft auf einem Niveau von ca. 0,5 m unter der Wasseroberfläche gehalten. Um bei den oben beschriebenen Biotopen im zentralen Stauraum dennoch Wasser-Land-Übergänge zu schaffen und auch erhalten zu können, ist eine Überdeckung mit Material erforderlich, das dem Wellenschlag und der Strömung standhält. Idealerweise wird für solche Überschlüttungen Kies der Donausohle verwendet, wie dies bereits bei der Struktur „Langer Haufen“ im Stauraum Ottensheim-Wilhering und bei der Struktur „Raiger Haufen“ im Stauraum Abwinden-Asten geschehen ist.

Ein Pilotprojekt für die Donau

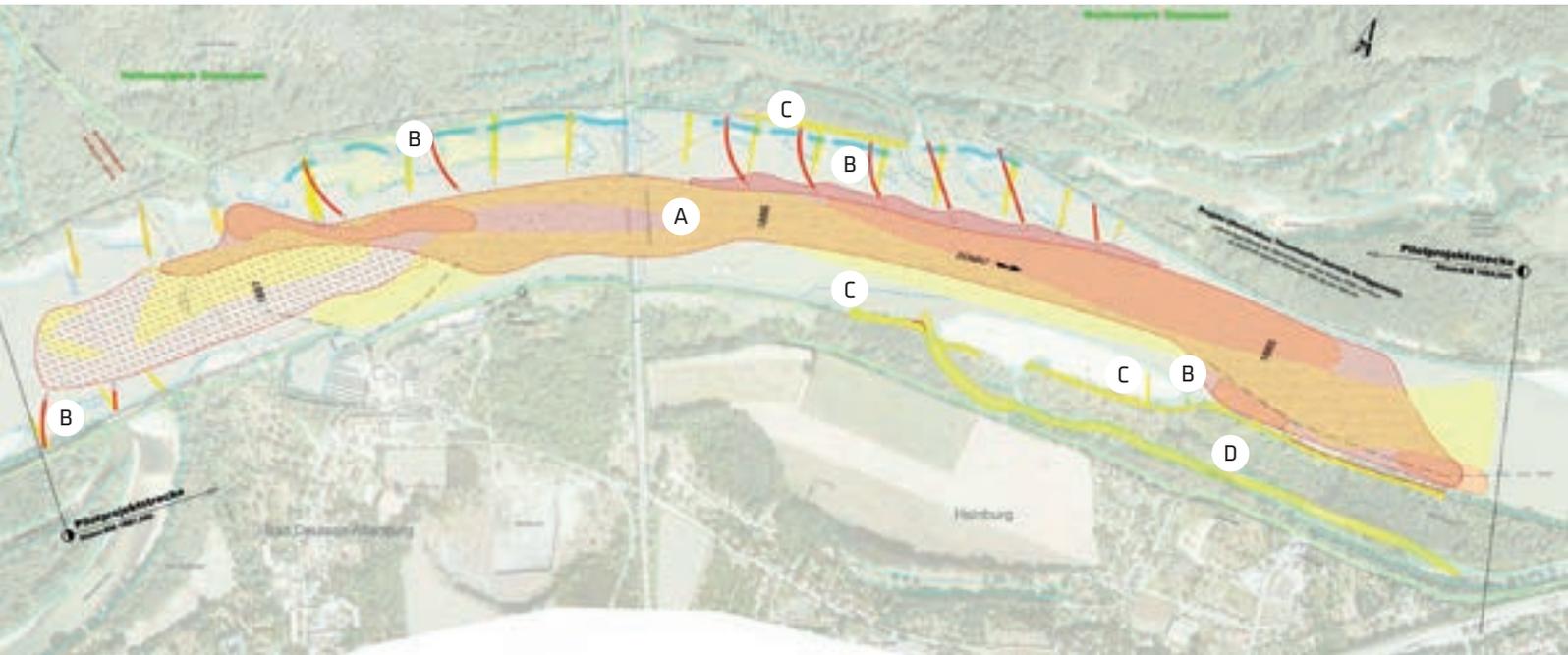
Ein interessantes Vorhaben, das zugleich mehrere Maßnahmentypen vereint, ist das erst 2014 abgeschlossene „Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg“. Wie der Name besagt, war dieses Projekt als vorbereitender Schritt für eine umfassende Sanierung und Revitalisierung der Donau und ihrer Auenlandschaft im Rahmen des „Flussbaulichen Gesamtprojektes Donau östlich von Wien“ (FGP) konzipiert. Das Pilotprojekt zeigt auf einem 3 km langen Abschnitt des Nationalparks Donau-Auen, wie man mit einer Kombination aus mehreren wasserbaulichen Maßnahmen einen degradierten Donaulebensraum vor weiterer Verschlechterung bewahren und ökologisch wieder aufwerten kann. Dabei dient das Pilotprojekt nicht nur der Erprobung wasserbaulicher Maßnahmen und bautechnischer Vorgänge, sondern auch der Entwicklung technischer und ökologischer Beurteilungsverfahren.

Eine Revitalisierung der Augewässer im Projektgebiet – so wie im gesamten Nationalpark – ist nur dann langfristig erfolgreich, wenn man das zugrundeliegende Problem, die anhaltende Eintiefung der Donausohle, in den Griff bekommt. Andernfalls würden die reaktivierten Augewässer in absehbarer Zeit wieder austrocknen. Deshalb ist die erstmalige Erprobung der sogenannten „Granulometrischen Sohlverbesserung“ in der Natur ein wesentliches Ziel des Projektes (vgl. „A“ in *Abb. 4.40*). Dieses für die Donau neu entwickelte Verfahren sieht vor, die

Stromsohle durch das Aufbringen eines geringfügig größeren Sohlmaterials (Geschiebe in Form von Kies) vor weiterer Eintiefung zu schützen. Zugleich soll aber weiterhin lokale Umlagerung des Materials an der Sohle möglich sein, damit das Lückenraumsystem der Sohle als Lebensraum der aquatischen Zönose erhalten bleibt. Welche Korngrößen des eingebrachten Kiesmaterials dafür am besten geeignet sind, ist die entscheidende Frage. Um darauf eine Antwort zu finden, wurden an der Sohle mehrere Felder mit unterschiedlich großem Geschiebe belegt. In Summe wurden etwa 100 000 m³ Kies eingebracht, wobei zur Kompensation der Austräge durch das Hochwasser im Juni 2013 noch zusätzliches Material nötig war. Im Zuge eines längeren Monitorings ist nun zu klären, in welchem der Felder die besten Ergebnisse erzielt werden.

Zusätzlich wurde die sogenannte „Niederwasserregulierung“ adaptiert, da die über 100 Jahre alten Buhnen durch die Eintiefung der Donau mittlerweile viel zu hoch herausragen und damit eher einer „Mittelwasserregulierung“ entsprechen („B“ in *Abb. 4.40*). Dabei wurden die Buhnen ökologisch und schiffahrtstechnisch optimiert. Entgegen ihrer ursprünglichen Bestimmung, die Ufer vor Erosion zu schützen, sollen sie nun dynamische Veränderungen im Uferbereich fördern. Außerdem sind die Buhnen so geplant, dass sie bei Niederwasser den Wasserspiegel in der Strommitte leicht anheben und damit eine etwas größere Fahrwassertiefe für die Schifffahrt ermöglichen.

Am besten sichtbar sind allerdings die Rückbaumaßnahmen im Johler Arm und an den Donauuferrn. Der 1350 m lange Johler Arm („D“), ein stark verlandeter Altarm direkt flussauf von Hainburg, wurde ganzjährig an die Donau angebunden und wird nun bereits bei Niederwasser mit bis zu 10 m³/s durchströmt. Damit ist er entsprechend den oben dargestellten Maßnahmentypen als „kleiner durchströmter Nebenarm“ anzusehen. Zu diesem Zweck wurden sowohl die Einströmöffnung als auch das Bett des Johler Armes deutlich abgesenkt. Der zuvor stark verlandete Arm eignet sich nun wieder als Lebensraum für



(A) Sohlanpassung und Granulometrische Sohlverbesserung:
Erprobung der Einbaumethode

(B) Bühnenoptimierung: Neubau bzw. Umbau;
Absenkung an der Bühnenwurzel



(C) Uferrückbau: Abtrag der Steinsicherungen

(D) Gewässervernetzung Johler Arm: Schaffung eines
permanent durchströmten Nebenarmes

Abb. 4.40 Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg: Lageplan der Bauarbeiten und Maßnahmentypen

donautypische, strömungsliebende Fischarten, die hier passende Laichplätze und vor Wellenschlag geschützte Jungfischhabitate finden.

Daneben wurde die harten Uferverbauung aufgelöst, um der Donau die Möglichkeit zu bieten, wieder naturnahe Uferbereiche auszubilden („C“; rechtsufrig, Strom-km 1885,8 – 1884,6). Auf rund 900 m Länge wurde die Ufersicherung vollkommen entfernt, im stärker angeströmten Bereich wurde hingegen eine 300 m lange Böschungfußsicherung bis knapp auf dem Niveau des Regulierungsniederwassers belassen. Dadurch wird zwar Seitenerosion zugelassen, eine grundlegende Lageveränderung des Donaulaufes aber verhindert. Am linken Ufer wurde die Ufersicherung über dem Niveau des Mittelwassers auf ca. 200 m Länge ebenfalls entfernt, um bei höheren Wasserständen das Einströmen von Donauwasser in die Stopfenreuther Au zu erleichtern.

Bei all den unterschiedlichen Maßnahmen besteht naturgemäß eine Menge offener Fragen:

Welche Korngröße muss gewählt werden, damit das neu eingebrachte Geschiebe bei Hochwässern zwar lokal umgelagert, nicht aber zu stark ausgeschwemmt wird? Eignet sich die Bauweise der optimierten Buhnen dazu, die Uferdynamik zu verstärken und zugleich die Schifffahrtsverhältnisse zu verbessern? Bleibt der Johler Arm als durchströmter Nebenarm bestehen oder neigt er zur Verlandung? Welche Pflanzen- und Tierarten siedeln sich in den neu entstandenen Habitaten an?

Um diese und viele Fragen mehr zu klären, wurde ein interdisziplinäres, an mehreren Universitäten angesiedeltes Monitoringteam beauftragt, die langfristige Entwicklung genau zu dokumentieren (Abb. 4.41). Einerseits wird untersucht, ob die geplanten Ziele des Pilotprojektes erreicht werden, andererseits sollen durch weiterführende Studien neue Erkenntnisse gewonnen werden, die bei zukünftigen Sanierungs- und Rückbauprojekten an der Donau hilfreich sind.



Abb. 4.41 Ein Gerät zum Sammeln von Geschiebeproben (Kies) wird in die Donau gehievt.



4.3

Die Reaktion der Fischfauna auf Revitalisierungen

Die in Folge dargestellten Auswirkungen von Revitalisierungen auf die Fischfauna sind bewusst auf wenige ausgewählte Beispiele konzentriert oder umfassen die zusammengeführten Ergebnisse ganzer Maßnahmenbündel. Dabei liegt der Fokus auf donautypischen Arten oder Gemeinschaften, die Aussagekraft für das Gewässersystem der Donau besitzen. Vorrangiges Ziel ist es, die Chancen für die Erholung des Fischbestandes abzuschätzen, wenn künftig das Revitalisierungspotenzial der Donau weitergehend genutzt oder – besser – voll ausgeschöpft wird.

Erste Evaluierungen des Fischbestandes

Erste Revitalisierungsmaßnahmen in Stauwurzelzonen der Donau erfolgten bereits Mitte der 1980er Jahre durch die damalige Wasserstraßendirektion, die heutige viadonau. Dabei stand primär die ökologische Aufwertung der Uferlandschaft im Vordergrund. So fanden etwa Schottererschüttungen am unteren Ende der Hundsheimer Insel bei Mautern oder an der Insel Hochau im Stauraum Ybbs-Persenbeug statt.

Untersuchungen des Fischbestandes für eine fischökologisch motivierte Maßnahmenplanung wurden erstmals 1989 im Stauwurzelbereich des Kraftwerkes Aschach durchgeführt. Diese Erhebungen sollten die Besiedlung der Stauwurzel hinsichtlich ökologischer Defizite dokumen-

tieren und gleichzeitig eine Basis für die Evaluierung geplanter Strukturierungsmaßnahmen schaffen. Untersucht wurden in erster Linie die monotone Ausgestaltung der Ufer, die Überstauung von Schotterbänken und das Fehlen von strömungsberuhigten Zonen. Im Vergleich zu freien Fließstrecken zeigte sich, dass vor allem die Leitfischarten Barbe und Nase nur mehr äußerst geringe Bestände aufwiesen, was auf das Fehlen adäquater Laich- und Jungfischhabitats hindeutete. Auf Basis dieser Erkenntnisse wurden Maßnahmen zur Verbesserung des Lebensraumes für eine leitbildkonforme Fischfauna formuliert (vgl. Kapitel 2.2).

Bei der anschließenden Umsetzung wurden schwerpunktmäßig flach überströmte Schotterbereiche, strömungsberuhigte Buchten mit überschwemmter Ufervegetation und strömungsgeschützte Stellen als Refugien bei Hochwasser hergestellt. Die Entnahme des notwendigen Schottermaterials erfolgte unmittelbar neben den Maßnahmenbereichen zur Strommitte hin. Mit 60 000 m³ Schotter wurde dabei ein insgesamt 1 700 m langer Uferabschnitt strukturiert (Abb. 4.42).

Im Rahmen einer neun Jahre später durchgeführten Folgestudie wurde untersucht, inwieweit die angestrebten Ziele aus fischökologischer Sicht erreicht werden konnten (Zauner et al. 2001). Großer Wert wurde dabei

speziell auf Jungfische und deren saisonale Einnischung in unterschiedlichen Habitaten gelegt. Die Erhebungen dazu fanden im Juli, August und Oktober sowie im April, Juni und August des Folgejahres statt.

Bereits beim Vergleich der Artenverteilung aller Befischungsstrecken inklusive der neu strukturierten Bereiche in den Jahren 1989 und 1998/99 zeigte sich ein erster Trend: Die hohen Anteile von euryöken Arten, welche starke Bindung an lückenreiche Strukturen des vormaligen Blockwurfes haben, waren nach 10 Jahren nicht mehr im selben Ausmaß nachweisbar (Abb. 4.43). Vor allem das Aitel, welches die Artengemeinschaft 1989 noch mit 35% dominierte, erfuhr starke Einbußen. Sehr ähnlich erwies sich die Situation beim Aal. Hingegen war bei der Nase ein umgekehrter Trend sichtbar. Ihr verschwindend geringer Anteil von ca. 3% im Jahr 1989 erhöhte sich auf über 22%. Für den Großteil der restlichen Arten änderte sich im Vergleich zur Situation 1989 nur wenig.

Auch wenn nur ca. 20% der Uferlinie umgestaltet wurden, so verzeichnete die Fischfauna einen signifikanten Wandel. Die teilweise Umwandlung des lückigen Blockwurfes in flache Schotterufer hatte klar erkennbare

Konsequenzen. Die Veränderungen spiegelten sich nicht nur in den Anteilen einzelner Arten wider, sondern auch in deutlich höheren Fischdichten.

Beispielhaft sei nachfolgend die Situation der damals neu strukturierten Untersuchungsstrecke „Kramesau“ näher beschrieben. Dabei handelt es sich um einen mehr als 800 m langen Abschnitt mit starker Differenzierung hinsichtlich Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlsubstrat, der sich somit durch eine hohe Heterogenität der Habitats auszeichnet. Vor Durchführung der Strukturierungsmaßnahmen bestand die 800 m lange Uferlinie zur Gänze aus Blockwurf. Durch die Maßnahmen wurde die Uferlinie auf 1220 m verlängert. Demnach resultieren die im Jahr 1998/99 gefangenen Fische dieser Strecke aus einer nunmehr um ca. 50% längeren Befischungseinheit.

Die Befischungsdaten stammen ausschließlich aus Ergebnissen von Elektrobefischungen, welche die Besiedlung der Ufer selbst beziehungsweise der ufernahen Bereiche wiedergeben. Durch die Strukturierungsmaßnahmen wurde das rheophile Spektrum klar gefördert (Abb. 4.44). Besonders hohe Fangdichten zeigten sich für die Nase. Die im Jahr 1989 verschwindend geringen Fangzahlen werden

Abb. 4.42 Neu geschüttetes Schotterufer in der Stauwurzel des Kraftwerkes Aschach bei Engelhartzell



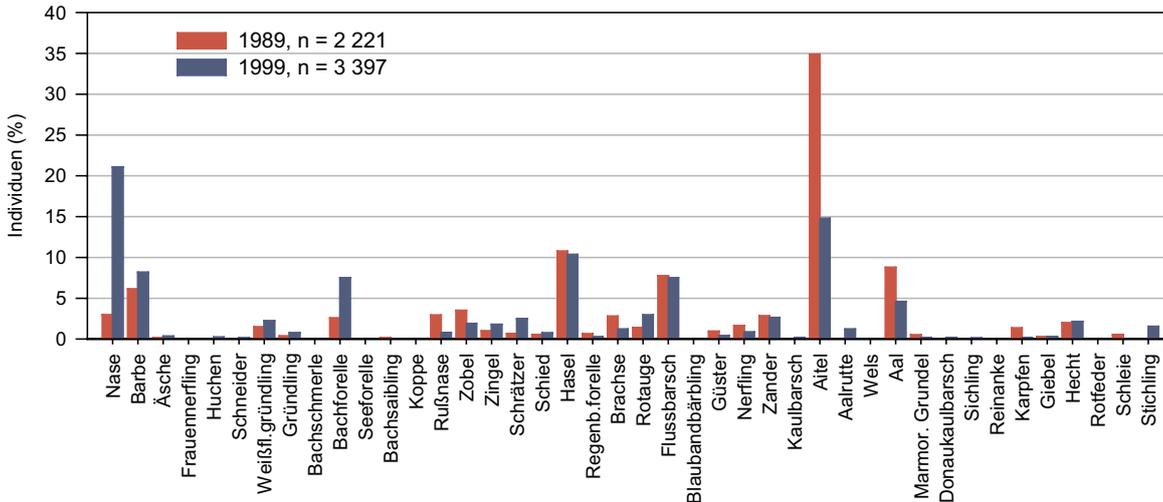


Abb. 4.43 Vergleich der gesamten Artenverteilung aller Befischungsstrecken (%) inklusive der neu strukturierten Strecken in den Jahren 1989 und 1998/99 (die Fischarten sind entsprechend ihrer Rheophilie gereiht: links strömungsliebende Arten und rechts Arten, die stagnierende Gewässer bevorzugen)

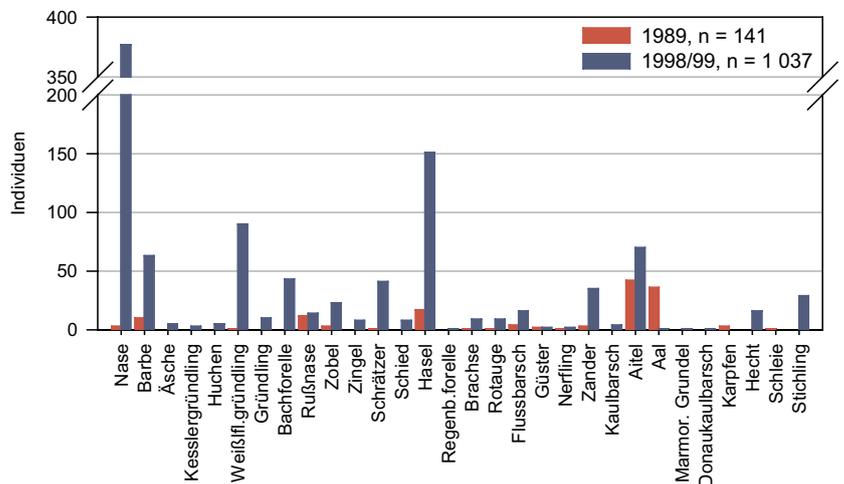
zehn Jahre später um ein Vielfaches übertroffen. Der Zusammenhang zwischen Änderung der Uferstruktur und Erhöhung der Abundanz ist bei dieser Schlüsselart der Donau besonders offensichtlich. Auch weitere Arten, wie Barbe, Weißflossengründling, Schrätzer, Hasel und Zander waren zwar schon vor den Strukturierungsmaßnahmen anzutreffen, ihre Dichten erhöhten sich aber in Folge deutlich.

Zu den bereits in der Vorstudie nachgewiesenen Arten gesellten sich weitere hinzu. So wurden mit dem zusätzlichen Auftreten von Äsche, Huchen und Bachforelle auch regionstypische Rhithral-Arten des Oberen Donautales dokumentiert. Aber auch typische Vertreter der strömungsindifferenten und stagnophilen Gilden traten in relevanten Dichten auf, was auf strömungsberuhigte Areale in Buchten zurückzuführen ist.

Reproduktion und Jungfischauftreten der Schlüsselart Nase in Flachwasserhabitaten

Im Stauraum Aschach fanden, ähnlich wie in den meisten Donauabschnitten, gravierende Änderungen der abiotischen Rahmenbedingungen statt. Verringerte Fließgeschwindigkeit und vor allem Überstauung der meisten Schotterbänke verschlechterten die Lebensverhältnisse der Nase dramatisch. Damit entwickelten sich vor allem Reproduktionsareale und adäquate Areale für Jungfische zu Mangelhabitaten, die im Rahmen oben beschriebener Maßnahmen wiederhergestellt werden sollten.

Abb. 4.44 Vergleich der Fangzahlen in der Untersuchungstrecke „Kramesau“ vor und nach Durchführung der Strukturierungsmaßnahmen (Reihung entsprechend der Rheophilie)



Im Zuge der saisonalen Erhebungen wurde versucht, wesentliche Lebensphasen der Nase zu dokumentieren. Einzig an einem Untersuchungstermin Ende März gelang es, während der Laichsaison adulte Individuen in größerer Anzahl unmittelbar auf seicht überströmten Schotterflächen zu fangen (Abb. 4.45). Entsprechend der Entwicklungsdauer der Eier erfolgten nach 40 Tagen Befischungen zur Überprüfung der frühen Larvenphase. Dabei konnte belegt werden, dass sich die vom überströmten Laichplatz abdriftenden Nasenlarven zügig in Areale einnischen, welche nur wenige Zentimeter Tiefe und praktisch keine Strömung aufweisen (Abb. 4.46). Spätere Befischungen dokumentieren den wenige Wochen darauf folgenden Wechsel in geringfügig tiefere Habitats, die nunmehr sehr geringe Fließgeschwindigkeiten von weniger als 10 cm/s aufweisen. Mit steigender Körperlänge gegen den Sommer zu nischen sich die Jungfische in zunehmend tiefere und rascher überströmte Bereiche (bis zu 50 cm/s) ein.

In den Strukturierungsbereichen bieten vor allem die eingestauten, bewachsenen Schotterbänke und deren Randbereiche ideale Habitats für Larven mit ca. 12 mm Länge. Morphologisch bereits ausdifferenzierte Kleinnasen (20 bis 30 mm) finden sich in weiterer Folge auf schwach

angeströmten Schotterbänken, welche geringe Wassertiefen (10 bis 40 cm) aufweisen. In den Sommermonaten Juli und August sind Jungnasen mit einer Körperlänge von 35 bis 70 mm auf gut angeströmten (bis zu 50 cm/s) Schotterflächen anzutreffen. Bemerkenswert ist die habitatspezifische Verteilung der Jungfische im Oktober. Ein Großteil der 0+ und 1+ Nasen wird schon zu Beginn der kalten Jahreszeit in strömungsarmen Buchten gefunden, die offensichtlich für Jungfische ideale Refugialhabitats darstellen.

Die saisonalen Erhebungen zeigen sehr deutlich, dass die Verfügbarkeit unterschiedlicher Habitats im Jahresverlauf vor allem für Nasen im ersten Lebensjahr essenziell ist. Dabei spielen sowohl die Abfolge und Lage der Habitats in Fließrichtung, als auch die Ausformung und der laterale Gradient der Strukturen (Neigungswinkel zur Donau hin) eine große Rolle. Besondere Bedeutung kommt auch der Lage der Laichplätze zu, die in geringer Entfernung flussauf oder parallel zu den danach erforderlichen Larven- und Jungfischhabitats liegen müssen. Da die Embryonalentwicklung nach dem Ablachen im oberflächlichen Lückenraum des Schotters erfolgt, ist die ausreichende Verfügbarkeit und Qualität von Schotterflächen sehr wichtig. Aus den Untersuchungsergebnissen lässt

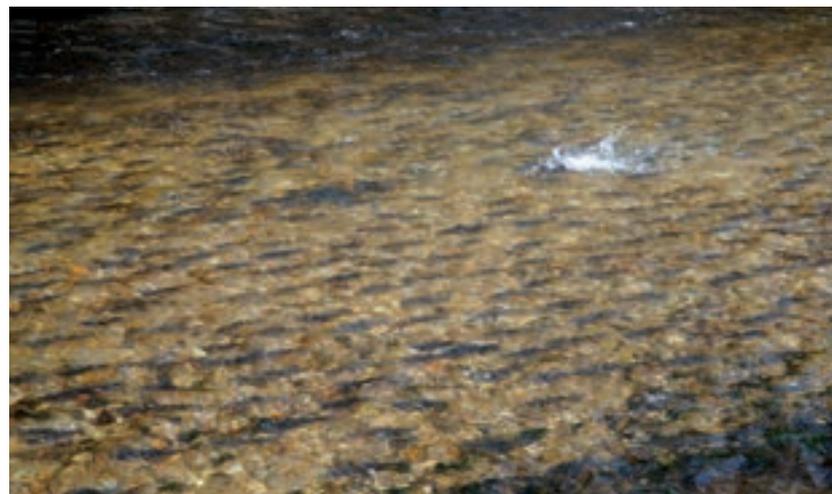


Abb. 4.45 Nase am Laichplatz

sich somit die elementare Rolle der Verdriftungsphase der Larven von den Laichhabitaten zu den weiteren Larven- und Jungfischhabitaten belegen. Großflächige, breite und zugleich flache Schotterbänke, die ein breites Spektrum unterschiedlicher Strömungsverhältnisse, uferseitig Vegetation sowie einen fließenden Übergang in das Umland aufweisen, stellen während der warmen Jahreszeit die Idealhabitate für das Aufkommen von Jungnasen dar.

Auch in Bezug auf die Entwicklung der Larven und Jungfische zeigten die saisonalen Untersuchungen interessante Ergebnisse. Die Längenfrequenzen im August weisen für 0+ Individuen bereits ein überraschend breites Spektrum auf. Die bereits im August erkennbare 2-gipfelige Kurve der Längenfrequenzen wird von Termin zu Termin stärker ausgeprägt (Abb. 4.46). Auch im April des darauffolgenden Jahres ist dies bei den nunmehr einjährigen Individuen klar wiedererkennbar.

Zur Laichzeit herrschen häufig instabile Witterungsverhältnisse. Warmwetterphasen werden oft von Kaltwettereinbrüchen abgelöst. Da im Fall der Nase der Laichtermin zumeist auf Ende März bis Anfang April fällt, wird der Laichvorgang häufig unterbrochen und erst wenige Wochen später wieder fortgesetzt. Damit erklärt sich auch der Wachstumsvorteil der Larven des ersten Laichtermins. Untersuchungen an anderen Donauabschnitten und in Donauzubringern zeigen ähnliche Ergebnisse (Pokorny 2000; Eberstaller et al. 2001). Auf Basis der Erkenntnis, dass großflächige Schotterinseln Schlüsselhabitate für donautypische Kieslaicher darstellen, wurden in den Folgejahren seitens der viadonau mittlerweile zahlreiche Projekte zur Schaffung entsprechender Strukturen realisiert. Mit Ausnahme des Stauraumes Greifenstein erfolgten solche Maßnahmen bisher in allen Stauwurzeln der österreichischen Donau, wobei deren Dimensionen zum Teil sehr unterschiedlich sind. Neben eher kleinräumigen Strukturen wurden auch schon ganze Biotopverbundsysteme realisiert.

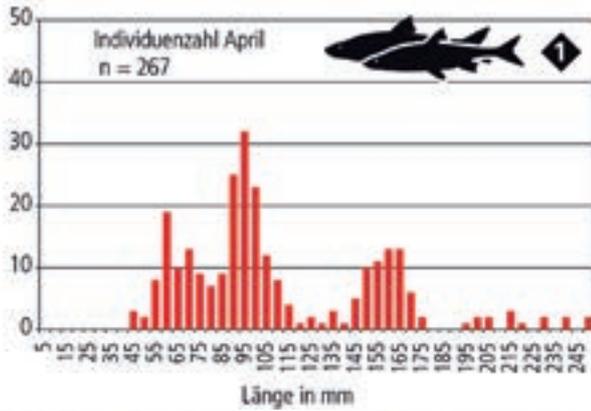
Warum ist die Form der Ufer wichtig?

Die Bedeutung flach geneigter Uferbereiche speziell für frühe Lebensstadien (Larven) wurde bereits bei der Problematik des Wellenschlages erörtert (Kapitel 3.2). Überströmte Flachwasserzonen weisen für rheophile Arten in jenen Bereichen die höchste Wertigkeit auf, wo kein Wellenschlag auftritt. Derartige Zonen finden sich zum Beispiel in durchströmten Nebenarmen mit flachen und seichtgründigen Ufern. Da Uferzonen von Fließgewässern zu den am intensivsten von Fischen besiedelten Habitaten zählen, ist die Uferausformung aber auch für die Räuber-Beute-Beziehungen von Relevanz. An steilen Ufern treffen unterschiedlichste Größenklassen von Raub- und Beutefischen unmittelbar aufeinander. Futterfische haben hier keine Möglichkeit in flache Bereiche auszuweichen, wo sie für große Räuber unerreichbar sind. Es fehlt sozusagen die räumliche Barriere unterschiedlicher Wassertiefe. Große Raubfische mit hohem Futterbedarf haben damit die Möglichkeit, einen wesentlichen Teil der Uferzone zu bejagen und Beutefische aller Größen und Altersstadien in hoher Zahl zu nutzen. Kleine Jungfische sind dadurch besonders starkem Räuberdruck ausgesetzt. Dieser verschärft sich zusätzlich bei Blockwurfufern, die günstige Einstände für eine Reihe speleophiler (höhlenbewohnender) Räuber, wie zum Beispiel Aalrutte und mehrere Grundelarten, bieten. Ganz anders ist hingegen die Situation bei flach auslaufenden Uferbereichen. Hier können sich juvenile Fische in Flachwasserzonen zurückziehen, in denen sie lediglich von Räufern gejagt werden, deren Größe ihre eigene nicht wesentlich übersteigt (Abb. 4.47 unten). Sind solche Habitate im Strom starkem Wellenschlag ausgesetzt, zwingt dies die Jungfische in größere Tiefen auszuweichen.

Die positive Wirkung von Flachwasserzonen in Bezug auf die Räuber-Beute-Beziehung gilt insbesondere auch für Jungfische anspruchsvoller Arten. In Abbildung 4.48 ist die Individuendichte von „Rote-Liste-Arten“ in unterschiedlichen Habitattypen der Wachau dargestellt. Es handelt sich dabei um mittels Polstangenbefischungen ermittelte Ergebnisse. Mit dieser Methode werden vor allem Klein- und Jungfische gefangen, die sich ufernahe auf-

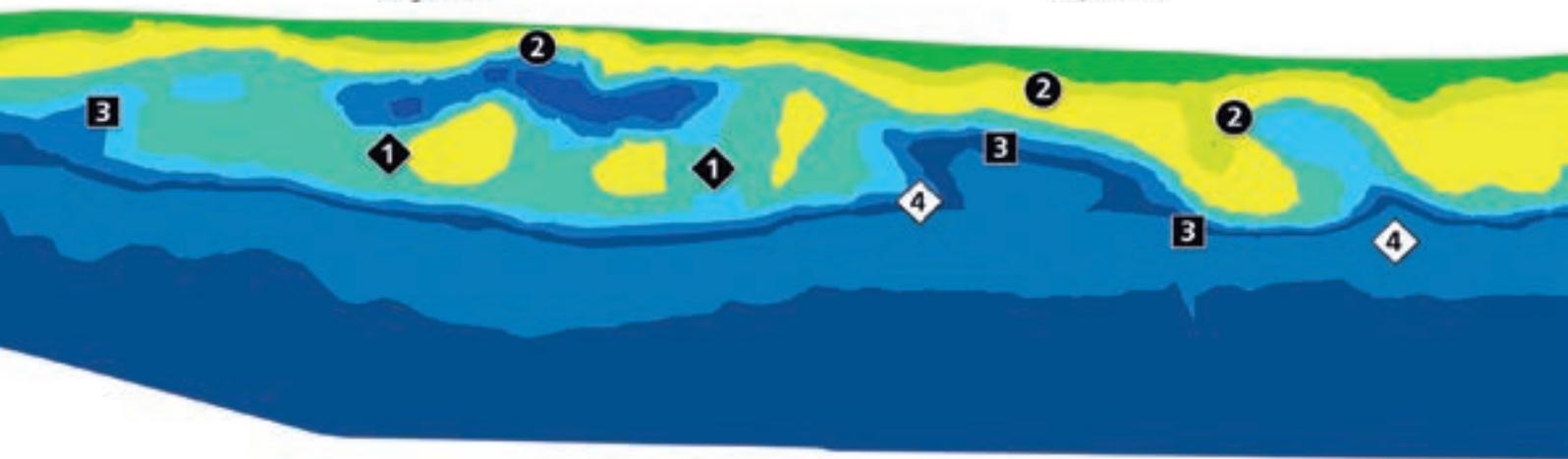
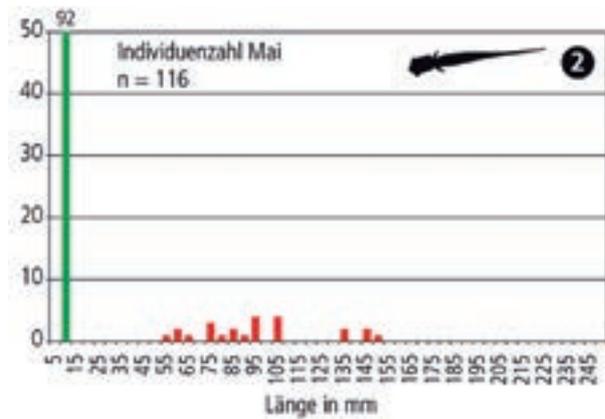
April

Im zeitigen Frühjahr suchen die laichbereiten Nasen bei einer Wassertemperatur von ca. 9° Celsius seichte, stark überströmte Schotterbänke auf (siehe (1) und Fotos unten). Nachdem die Eier abgelegt sind, bewirkt die hohe Strömung in der oberen Schicht des Schottersubstrats eine optimale Sauerstoffversorgung.



Mai

Wenige Wochen später schlüpfen die etwa 12 mm langen Larven aus den Eiern und sammeln sich in strömungsberuhigten Zonen (Balken links). In flachen Buchten erwärmt sich bei intensiver Sonneneinstrahlung das Wasser rasch und bietet auch für die Jungfischschwärme des letzten Jahres gute Bedingungen.

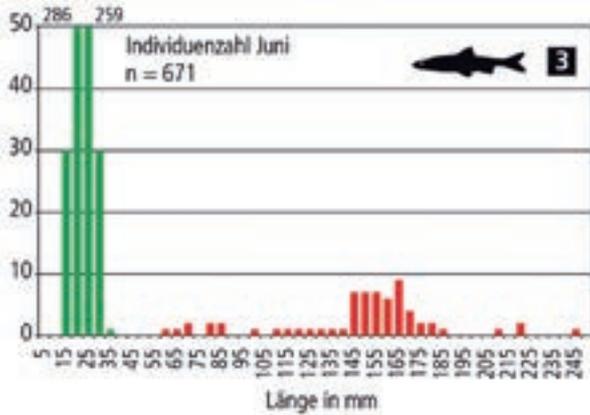


LAGEPLAN KRAMESAU:
■ verschiedene Wassertiefenzonen
■ Bereich zwischen Nieder- und Mittelwasser
■ Vegetationszone



Juni

Mit einer Körperlänge von 20 bis 30 mm werden im Frühsommer seichte, mäßig strömende Bereiche aufgesucht. Kleinlebewesen im Schotterlückenraum dienen hier als Nahrung. Bis zum August erreichen die Fische Längen von etwa 70 mm, wobei zunehmend stärker strömende Bereiche in tieferen Zonen besiedelt werden.



Oktober

Im Herbst sammeln sich die Jungnasen in tieferen, strömungsarmen Wasserzonen. Die neugeschaffenen Schotterstrukturen bieten mit ihrer kleinräumigen und heterogenen Strukturierung für die verschiedenen Lebensphasen der Nase adäquate Habitate.

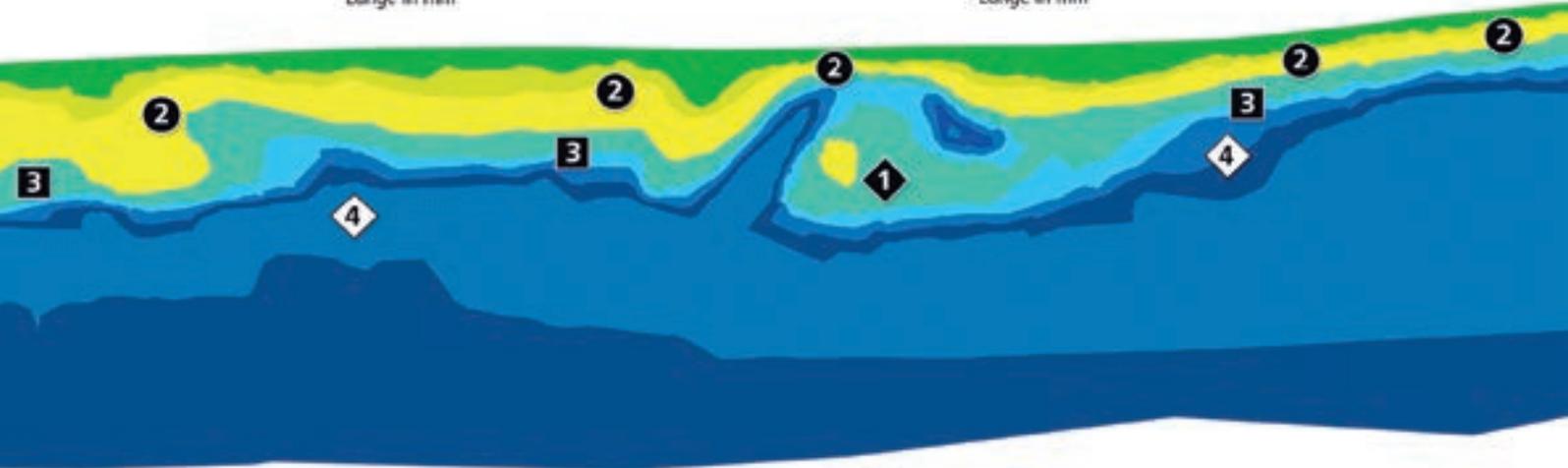
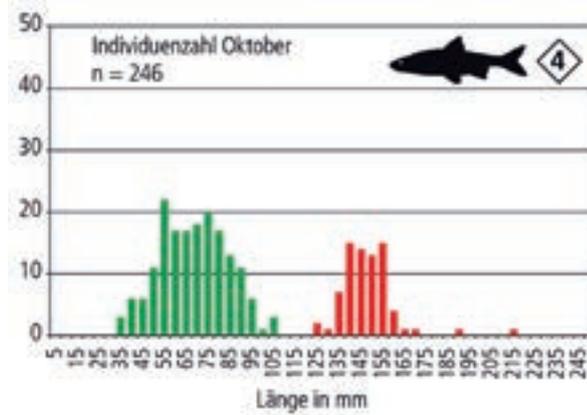


Abb. 4.46 Darstellung der saisonalen Einnischung von Jungnasen im ersten Lebensjahr (grüne Balken in den Diagrammen: 0+ Jahrgang = Individuen des diesjährigen Reproduktionsjahrganges); Längenfrequenz-Diagramme und typische Habitate von links nach rechts: juvenile Nasen und Laichareale der Nasen im April, Nasenlarven und Larvenhabitate im Mai, Jungfische und deren Habitate im Frühsommer, Jungfische und Herbsthabitate im Oktober



halten. Natürlich lässt sich dabei nicht der gesamte Fischbestand der Uferzone quantitativ erfassen. Bei den Individuendichten handelt es sich daher nicht um Absolutwerte, sondern um sogenannte Fang-pro-Fangaufwand-Werte (CPUE), die aber gute Vergleichsmöglichkeiten zwischen einzelnen Habitattypen bieten.

Entlang von monotonen Blockwurfuferern ist die Dichte an gefährdeten Arten mit etwa zwei Individuen pro 100 m Befischungsstrecke vergleichsweise gering. Dabei handelt es sich hauptsächlich um Zingel, eine bodenorientierte, nachtaktive Barschart. Zudem bewohnt die Koppe den Lückenraum des Blockwurfs. Diese Art findet sich allerdings heute in der Donau nur noch selten, da sie von den neu eingewanderten Grundelarten stark zurückgedrängt wurde. Entlang von Schotterbänken ist die Dichte gefährdeter Arten mit etwa 16 Individuen pro 100 m hingegen wesentlich höher. Von den stark gefährdeten Arten sind hier Huchen, Schied und Nerfling nachgewiesen. Häufiger auftretende Arten der Vorwarnliste sind vor allem Barbe, Nase und Hasel. Im Bereich wellenschlaggeschützter Hinterrinnen beträgt die Dichte gefährdeter Arten 43 Individuen pro 100 m. Als stark gefährdete Arten werden hier neben den oben genannten unter anderem noch Frauenerfling und Wolgazander sowie die als „gefährdet“ eingestuft Schrärtzer, Zingel und Rußnase belegt.

Am höchsten ist die Dichte gefährdeter Arten mit 54 Individuen pro 100 m Befischungsstrecke in den Neben-

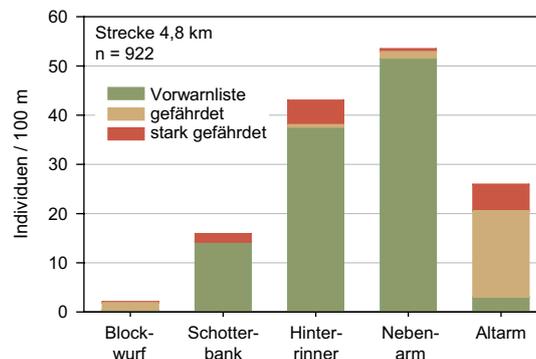


Abb. 4.48 Individuendichten gefährdeter Fischarten in unterschiedlichen Habitattypen der Wachau pro 100 m Befischungsstrecke (Befischung mittels Polstangen)

armen, wobei hier vor allem juvenile Nasen dominieren. Weiters sind auch Frauenerfling, Schrärtzer, Zingel, Aalrutte und Koppe dokumentiert. In Altarmen ist die Dichte gefährdeter Arten mit 26 Individuen pro 100 m zwar geringer als in Hinterrinnen und Nebenarmen, allerdings finden sich hier mit Steinbeißer, Bitterling und Hecht auch Arten, die im Hauptstrom wenig bis gar nicht festgestellt werden. Weitere in den Altarmen nachgewiesene Arten der Roten Liste sind Rußnase, Hasel, Zander, Schied sowie einzelne Individuen von Barbe und Nase.

Abb. 4.47 Bild unten: Je seichter die Ufer, umso kleinere und weniger Raubfische (Beutefische oben und entsprechende Raubfische unten). Bild rechts: In steilen Uferzonen finden sowohl im freien Wasser lebende, als auch in Höhlen (Blockwurf) lauernde Raubfische leichte Beute (kleine Fische dazwischen).

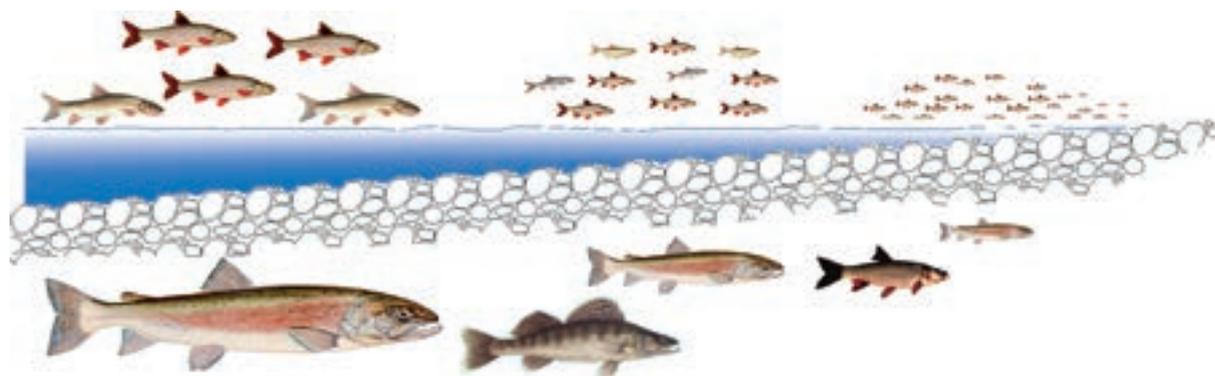
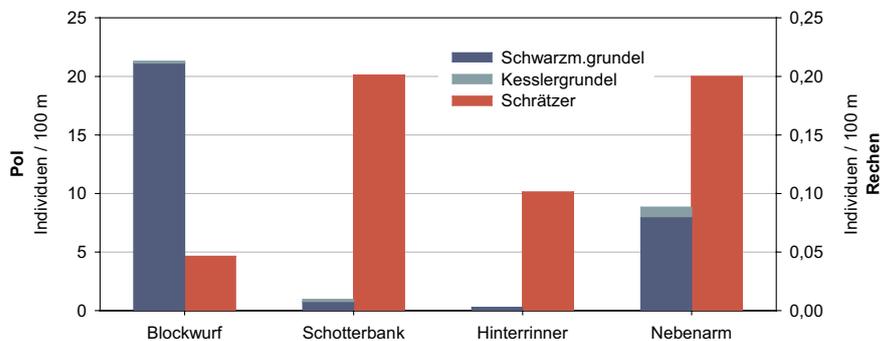


Abb. 4.49 Individuendichte invasiver Grundelarten (blau, Befischungen mit Polstangen) und des heimischen Schrätzers (rot, Befischungen mit Anodenrechen) in unterschiedlichen Habitattypen in der Wachau



Während die einheimischen Arten von den Revitalisierungsmaßnahmen profitieren, lassen sich die invasiven Grundelarten durch den Rückbau von Blockwürfen sogar zurückdrängen (siehe Kapitel 3). Entlang von Blockwurfufer sind über 20 Grundeln pro 100 m dokumentiert, auf Schotterbänken hingegen sinkt deren Dichte auf 0,8 Individuen und in Hinterrinnen sogar auf 0,3 Individuen pro 100 m (Abb. 4.49). In den Nebenarmen steigen die Dichten wieder an, was in erster Linie auf abschnittsweise noch bestehende Ufersicherung mit Blockwurf zurückzuführen ist. Als heimischer Vertreter mit bodengebundener Lebensweise zeigt der Schrätzer genau gegenteilige Habitatpräferenz. Diese Art tritt bevorzugt entlang buchtenreicher Schotterufer oder in ruhiger strömenden Bereichen der Nebenarme auf, entlang monotoner Blockwurfufer hingegen nur selten. Mit Zingel und Koppe existieren aber auch unter den einheimischen Kleinfischen zwei Vertreter, die Blockwurfufer bevorzugt besiedeln.

Nebenarme als Lebensraum – alles eine Frage der Anbindung

Bereits in den 1990ern wurden erste Gewässervernetzungsprojekte durchgeführt. Schwerpunktartig im Nationalpark Donau-Auen umgesetzt, war es Ziel dieser Projekte, abgetrennte Nebenarme wieder in das Abflussgeschehen der Donau einzubeziehen und damit leitbildkonforme Lebensgemeinschaften zu fördern. In erster Linie handelte es sich dabei um die Nebengewässersysteme bei Haslau-Regelsbrunn, Orth (Große und Kleine Binn) und Schönau. Bei den Projekten östlich von Wien wurde zwar eine Annäherung an das Leitbild als Zielzustand definiert, eine permanent Durchströmung konnte jedoch bis zur jüngst erfolgten Reaktivierung des Johler Armes bei Hainburg nicht erreicht werden (vgl. Kapitel 4.2). Grund dafür ist, dass die Eintiefung der Donau weiter fortgeschritten ist beziehungsweise nicht gestoppt werden konnte, lediglich lokale Anbindungsbereiche hergestellt und die hoch gelegenen Sohlpunkte der Seitenarme nicht tiefer gelegt wurden. Auf diese Weise riss die Durchströmung der Arme bereits bei Mittelwasserführung der Donau ab.

Tab. 4.1 Vergleich reaktivierter Nebengewässersysteme mit unterschiedlicher Anbindungsintensität und fischökologische Erhebungen

Nebengewässer	Durchströmung ab Wasserstand bzw. in Tagen pro Jahr	Vorerhebung	Nacherhebung	Bearbeitung
Haslau-Regelsbrunn (östlich von Wien)	ca. MW (ca. 160 Tage)	1996	1999	Zweimüller (2004)
Orth (östlich von Wien)	ca. MW - 0,5 m (< 200 Tage)	1999	2001	Schabuss & Reckendorfer (2002)
Schönau (östlich von Wien)	ca. MW (ca. 133 Tage)	–	2005	Zauner et al. (2006b)
Pritzenau (Wachau)	< RNW (ca. 365 Tage)	2005	2006/07	Zauner et al. (2008)
Grimsing (Wachau)	< RNW (ca. 365 Tage)	2006	2007	Zauner et al. (2008)

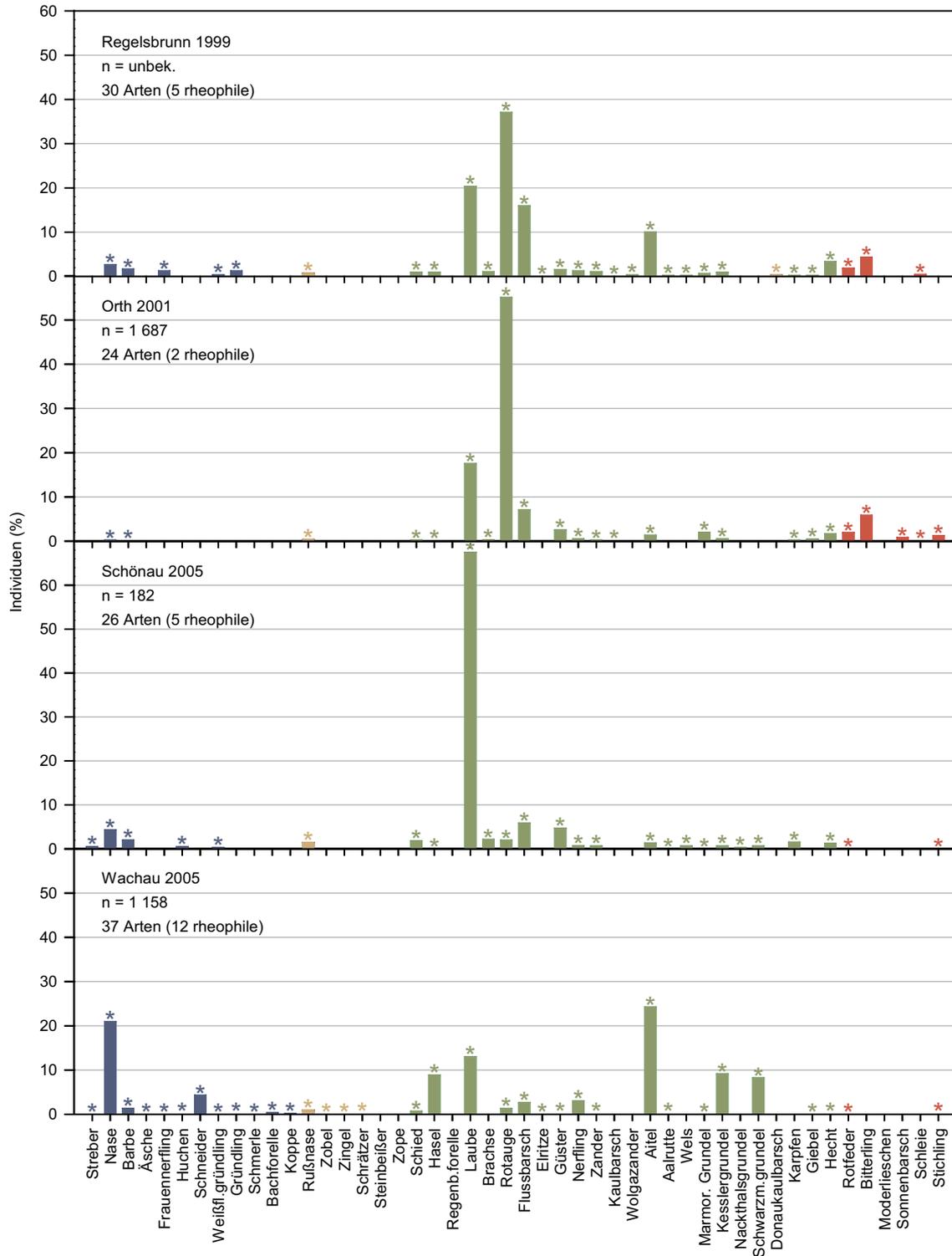


Abb. 4.50 Artenzusammensetzung und Arteninventar bei Nachuntersuchungen von Gewässervernetzungsprojekten. Der Stichprobenumfang n bezieht sich nur auf die Polstangenbefischungen (Sterne: inkl. Jungfische und ergänzende Methoden; basierend auf Schabuss & Reckendorfer 2002; Zweimüller 2004; Zauner et al. 2006b)

Nachfolgend wird nun aufgezeigt, inwieweit eine permanente Durchströmung für die Erhaltung oder Wiederherstellung rheophiler Fischgemeinschaften notwendig ist. Die Referenzgewässer östlich von Wien wurden ähnlich wie in der Wachau fischökologischen Vor- und Nachuntersuchungen unterzogen, deren Ergebnisse in Form von Artenverteilungen dargestellt sind (Tab. 4.1 und Abb. 4.50). In den nicht permanent durchströmten Nebengewässern konnten insgesamt 24 bis 30 Arten, davon zwischen 2 und 5 rheophile nachgewiesen werden (in Regelsbrunn 6,9% aller Arten, in Orth 0,3% und in Schönau 7,5%). Insbesondere in Orth und Regelsbrunn waren auch nach der Wiederanbindung immer noch nennenswerte Anteile Limnophiler nachweisbar.

Im Vergleich dazu ist die Zahl in den Nebengewässern der Wachau mit 37 Fischarten deutlich höher (bei Grimsing 28 und bei Pritzenau 35 Arten). Bemerkenswert ist der Nachweis von insgesamt 12 Rheophilen, wobei in Grimsing 8 und in der Pritzenau 11 Arten zu verzeichnen waren. Der Anteil von Rheophilen liegt somit bei 20 beziehungsweise 31%.

Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass eine Durchströmung erst ab Mittelwasserführung der Donau für die Etablierung rheophiler Fischzönosen nicht ausreicht. Der Fließgewässercharakter ist auf diese Weise nicht nur zeit-

lich zu sehr beschränkt, sondern bei den meisten Wasserständen auch räumlich auf lokale Gefällsstrecken der Nebenarme eingengt (Zauner et al. 2006b). Zwar sind auch in periodisch angebundenen Altarmen bei erhöhter Wasserführung gewisse Anteile rheophiler Arten belegbar, doch handelt es sich dabei eher um eingewanderte Fische als um reproduzierende Bestände. Ein für diese Arten ganzjährig geeigneter Lebensraum ist jedenfalls nicht gegeben. Im Gegensatz dazu bestehen in ständig durchströmten Nebenarmen ganzjährig adäquate Habitate für rheophile Arten. Aus dem Vergleich der aufgezeigten Revitalisierungsprojekte zeigt sich, dass nur die tiefgründige und sohlgleiche Anbindung eine permanente Durchströmung gewährleistet, die letztlich Grundvoraussetzung für die Etablierung rheophiler Fischzönosen ist. Permanent durchströmte Nebenarme sind nicht zuletzt wertvolle Habitate von seltenen donautypischen Arten mit hohem Gefährdungsgrad (Abb. 4.51).

Reaktivierte Altarme als neue Lebensräume

Der Altarm bei Aggsbach wurde bereits im Kapitel 4.2 als Prototyp für die Reaktivierung eines einseitig angebundenen Altarmes näher beschrieben. Vor der Revitalisierung existierten hier aufgrund der starken Verlandung nur

Abb. 4.51 Im Nebenarm in der Pritzenau (Wachau) können Streber (Vordergrund) und Zingel (Hintergrund) nachgewiesen werden – ein Indiz für die gute Durchströmung.

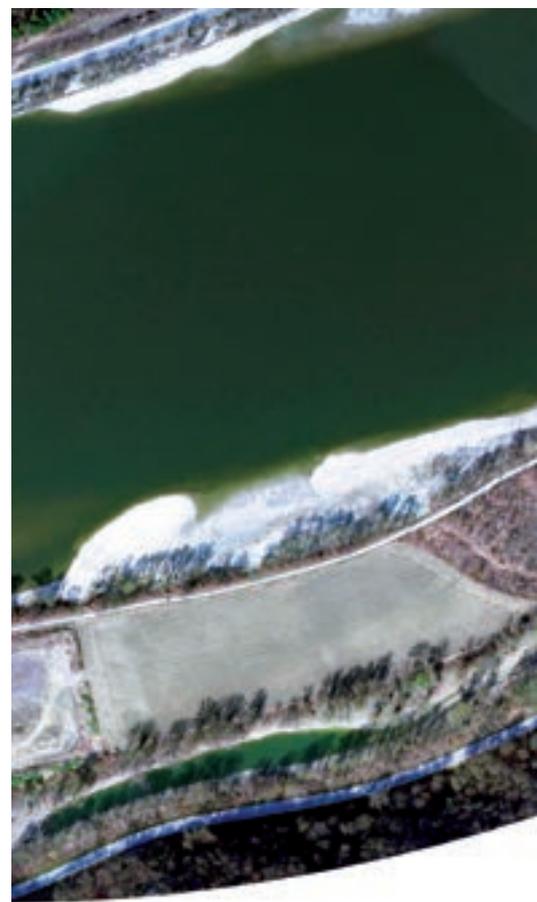
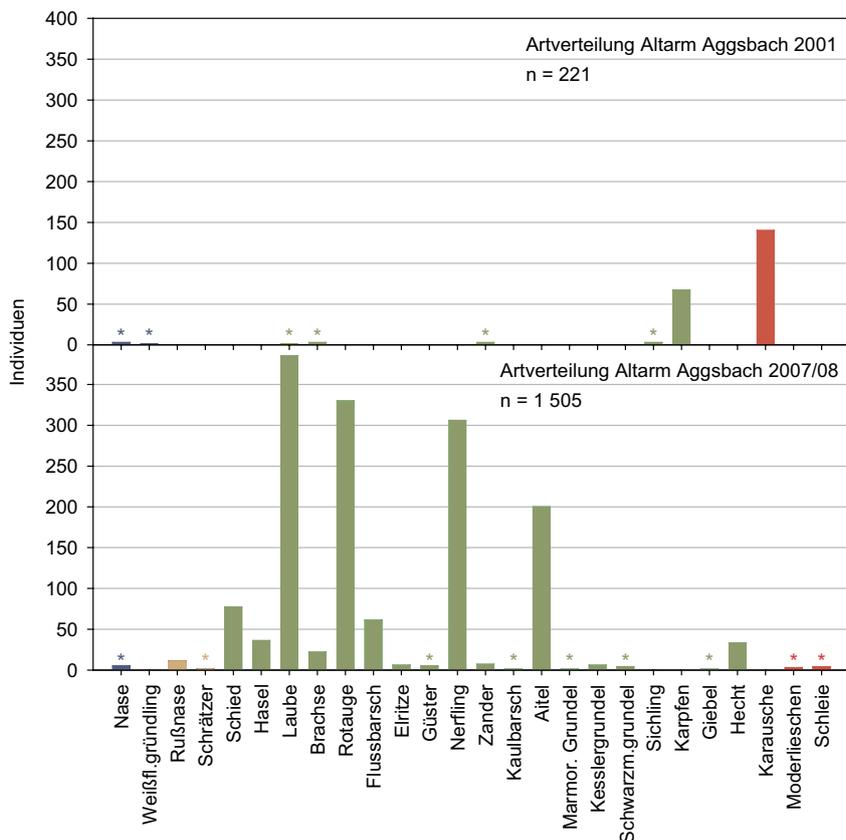


mehr drei temporäre Stillgewässer, die zeitweise austrockneten oder durchfroren. Wiederholt gelangten bei Hochwässern Fische in die Altwässer. Der Bestand wurde aber auch durch Besatz gefördert. Bei Niederwasser der Donau mussten die Fische mittels Zugnetzen geborgen werden. Um die Jahrtausendwende entstand die Idee, hier wieder ein tiefgründiges, mit der Donau in Verbindung stehendes Alarmsystem herzustellen, um Laich- und Jungfischhabitate für krautlaichende Fischarten aus dem Hauptstrom zu schaffen. Eine erste Bestandsaufnahme im Jahr 2002 zeigte, dass neben den eingesetzten Karpfen und Karauschen nur wenige Individuen von insgesamt lediglich acht Fischarten vorhanden waren (Abb. 4.52). Bei einer Totalabfischung mittels Zugnetz vor Beginn der Baumaßnahmen im Herbst 2005 wurden insgesamt 15 Arten nachgewiesen. Die häufigsten Arten waren Rotauge, Karpfen,

Flussbarsch, Brachse, Rotfeder und Hecht. Zudem konnte ein Einzelexemplar des stark gefährdeten Moderlieschens dokumentiert werden.

Im Jahr 2006 erfolgte in einer ersten Bauphase die Ausschürfung und Wiederanbindung des Altarmes an die Donau (Abb. 4.53). Mit Elektrobefischungen und Kiemennetzen konnte daraufhin in den Jahren 2007 und 2008 dokumentiert werden, dass der Fischbestand um ein Vielfaches und die Artenzahl von 15 auf 22 zugenommen hatte (Abb. 4.52). Laube und Rotauge sind nunmehr die häufigsten Arten, der seltene Nerfling ist die dritthäufigste Art. Der Altmarm wird von vielen donautypischen Arten intensiv als Jungfischhabitat genutzt, wobei auch Nase, Rußnase und Schrätzer belegt werden. Vertreter der stagnophilen Gilde, wie Schleie und Moderlieschen, verbleiben im hinteren Teil des Altarms auch noch nach der Anbindung.

Abb. 4.52 Zusammensetzung der Fischarten im Altmarm Aggsbach vor (oben) und nach (unten) der Wiederanbindung an die Donau
(blau) rheophil (braun) oligorheophil (grün) indifferent (rot) stagnophil



Bereits kurz nach der Fertigstellung der zweiten Bauphase im Frühjahr 2014, als das Vorland großflächig abgesenkt wurde, konnten in den neu geschaffenen Flachuferzonen hohe Dichten an Fischlarven und Jungfischen festgestellt werden. Die Artenanzahl erhöhte sich auf insgesamt 27.

Die Reaktivierung oder Neuschaffung unterstromig angebundener Altarme ist eine wirksame Maßnahme zur Wiederherstellung donautypischer Lebensräume. Besondere Bedeutung hat dabei die Entwicklung flach abfallender Ufer mit möglichst großen Zonen, die regelmäßig überflutet werden. Allerdings weist ein solcher Gewässertyp naturgemäß mehr oder weniger starke Tendenz zur Verlandung auf. Dies betrifft vor allem den Anbindungsbereich, wo im Hochwasserfall bedingt durch den hohen Schwebstoffgehalt der Donau starke Verlandungsprozesse stattfinden. Dieser Gewässertyp wird daher unter den heutigen Rahmenbedingungen der Donau mittelfristig wiederkehrend einer Instandhaltung bedürfen.



Abb. 4.53
Im ersten Umsetzungsschritt 2006 wurden die Altwässer des Aggsbacher Armes wieder an die Donau angebunden und die Sohle ausgetieft; größere Flachzonen fehlten noch.

Wie kommen Donaufische in höher gelegene Augewässer?

In *Abbildung 4.57* ist direkt flussab von Melk ein großer Nebenarm ersichtlich. Wie in vielen anderen Fällen wurde auch dieser im Zuge der Regulierung am oberen Ende von der Donau abgetrennt. Der dadurch entstandene Altarm, der sogenannte Lateiner, wurde später in geringem Umfang vom Melkfluss dotiert. Im Zuge der Unterwasser-austiefung des Kraftwerkes Melk (Fertigstellung 1982) kam es zur vollständigen Isolierung des Mündungsbereiches von der Donau. Der Lateiner mündete seither unmittelbar flussauf der Pielachmündung mit einem für Fische unpassierbaren Überfall in die Donau (vgl. *Abb. 4.36* links). Dadurch kam es zu einer erheblichen Beeinträchtigung der rheophilen Fischarten. Strömungsindifferente und stagnophile Arten hingegen wurden innerhalb des Lateiners gefördert, da durch die Abtrennung ein großflächiges Altarmsystem entstand. Die Donaufischfauna verlor mit diesem Eingriff aber einen weiteren permanent durchflossenen Seitenarm, was für diesen Teil der Wachau einen massiven Lebensraumverlust bedeutete.

Im Rahmen des Projektes „LIFE+ Mostviertel – Wachau“ wurde eine Fischaufstiegshilfe (FAH) errichtet, die bei sämtlichen Wasserständen der Donau die Einwanderung in den Lateiner-Altarm ermöglichen soll. Der Einstieg liegt an der Pielach etwa 180 m stromauf von deren Mündung in die Donau. Aufstiegswillige Fische müssen daher über den Mündungsbereich der Pielach in den Lateiner einwandern. Die FAH selbst wurde als naturnaher Beckenpass gestaltet, der bei Niederwasser der Pielach auf einer Länge von 130 m einen maximalen Höhenunterschied von 1,4 m überwindet.

Um die Effekte der neu geschaffenen Anbindung zu überprüfen, fand ein Monitoring statt, wobei auch die Migrationsbewegungen in den Lateiner mithilfe eines dynamischen Fischwehres nach Mühlbauer et al. (2003) untersucht wurde (Jung et al. 2014). Mit diesem System wird die gesamte Gewässerbreite bei allen Wasserständen flexibel abgesperrt. Über den gesamten Untersuchungszeitraum konnten in der Reuse des Fischwehres 2465

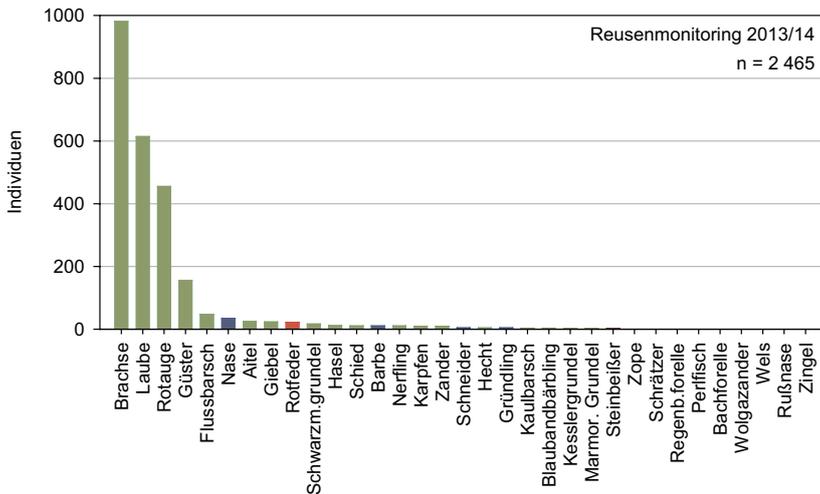


Abb. 4.54 Art-Rangkurve aller am Fischwehr bei der Fischaufstiegshilfe von der Pielach zum Lateiner gefangenen Fische
 (blau) rheophil
 (braun) oligorheophil
 (grün) indifferent
 (rot) stagnophil

Individuen aus 33 Fischarten, davon 28 heimische Arten, nachgewiesen werden (Abb. 4.54). Fünf der Arten (Schied, Schrätzer, Zingel, Steinbeißer, Perlfisch) sind im Anhang II der FFH-Richtlinie gelistet, viele andere gelten in der aktuellen Roten Liste Österreichs als „stark gefährdet“ oder als „gefährdet“.

Insgesamt dominieren euryöke, strömungsindifferente Arten zu knapp 90%. Die übrigen Arten wurden nur in geringen Stückzahlen oder überhaupt nur als Einzelindividuen nachgewiesen, so zum Beispiel die in der Donau sehr seltenen Arten Zope und Perlfisch. Wie zu erwarten, ist mit ca. 97% der überwiegende Teil der Arten der strömungsindifferenten Gilde zuzurechnen, deren Vertreter sowohl den Hauptstrom als auch Altarme als Lebensraum nutzen. Rheophile und oligorheophile Arten machten hingegen nur 2,4% des Gesamtfanges aus.

Anhand der Brachse seien die Wanderbewegungen im Frühjahr kurz näher aufgezeigt. Bei dieser Art ist ein klarer Zusammenhang zwischen steigenden Wasserständen der Donau und Einwanderungen erkennbar. Dies betrifft vor allem die Einwanderungswellen Ende Mai 2013 und Mitte Mai 2014. Erste Wanderbewegungen finden ab einer Wassertemperatur der Donau von 13° Celsius und einem vergleichsweise geringen Frühjahresabfluss von 1250 m³ statt. Weitere nachfolgende Einwanderungswellen sind mit dem starken Anstieg des Donauabflusses erklärbar. Die Einwanderer setzten sich überwiegend aus laichreifen, adulten Individuen zusammen. Die mitt-

lere Länge von 508 mm ist dabei bemerkenswert hoch, der Anteil juveniler und subadulter Tiere zwischen 150 und 350 mm erweist sich hingegen als sehr gering.

Zur Migration der Fischfauna von der Donau in die Zubringer existieren zwar zahlreiche Untersuchungen, doch kaum solche über Wanderbewegungen in angebundene Altarme. Dadurch fehlt es an brauchbaren Vergleichsmöglichkeiten. Eine Ausnahme stellen die Untersuchungen am etwa 3,5 km stromab des Lateiners gelegenen Schönbüheler Altarm dar (Zauner & Pinka 1998). Dieser Altarm war zum Zeitpunkt der Untersuchungen 1996 bis 1997 am oberen und unteren Ende mit Rohrdurchlässen an die Donau angebunden und mit bis zu 3 m³/s dotiert. Nichtsdestotrotz hatte das System überwiegend Altarmcharakter. Im Unterschied zum Lateiner liegt der Schönbüheler Altarm niveaugleich mit der Donau. Fische konnten daher zum Zeitpunkt der Untersuchung über die Rohrdurchlässe ungehindert in den Altarm einwandern. Insgesamt ist die am Fischwehr des Lateiner festgestellte Artenzahl von 33 hoch und somit mit jener der Migrationsstudie am Schönbüheler Altarm (35 Arten) vergleichbar. Dort konnten an 122 Tagen verteilt auf zwei Jahre insgesamt 914 Individuen nachgewiesen werden. Im Lateiner wurden hingegen an insgesamt 108 Tagen 2 465 Individuen gefangen. Dies ist insofern überraschend, als die in den Lateiner einwandernden Fische über die stark strömende Mündungstrecke der

Pielach aufsteigen müssen. Somit ist davon auszugehen, dass der Großteil der nachgewiesenen Individuen gezielt in den Altarm einsteigt, da es sich um typischerweise in Altarmen vorkommende beziehungsweise laichende Arten handelt. Vermutlich orientieren sich die migrationswilligen Fische in diesem Fall primär olfaktorisch.

Das Wandern ist der Fische Lust

Die hohe ökologische Bedeutung von Fischwanderungen wurde bereits bei der Einteilung von Fischarten in Gilden mit ähnlichen Migrationsansprüchen berücksichtigt (Schiemer & Waidbacher 1992). De facto führen alle heimischen Arten im Jahresverlauf oder während ihrer Entwicklung vom juvenilen zum adulten Fisch Wanderungen zwischen unterschiedlichen Habitaten durch. Freilich sind dabei Intensität und zurückgelegte Distanzen artspezifisch sehr unterschiedlich. Dementsprechend unterscheiden Schmutz et al. (2000) unter den „potamodromen“ Süßwasserfischen Kurz- und Mittelstreckenwanderer. Ein Gutteil der in Donau, Inn und anderen größeren Zubringern vorkommenden Leitarten ist der Gilde der Mitteldistanzwanderer zuzuordnen. Arten dieser Gruppe legten ursprünglich bei ihren Migrationen nachweislich Distanzen von 100 km und mehr zurück (vgl. Kapitel 1.4 und 2.2).

Wie schon zuvor aufgezeigt, sind die Donau und ihre großen Zubringer aktuell durch zahlreiche Wehranlagen und andere Eingriffe massiv fragmentiert. Erfolg versprechende Maßnahmen zur Sanierung dieser hydromorphologischen Defizite zielen daher im Wesentlichen auf die Wiederherstellung, Verbesserung und Vernetzung verloren gegangener und noch bestehender aquatischer Lebensräume ab. Im Fall von Stauketten, wie an der Donau, besteht dabei das größte Potenzial neben den zwei noch erhaltenen Fließstrecken und den Stauwurzeln mit geringem Gefälle bei Zubringern und staubegleitenden Fließgewässern (Zauner et al. 2010). Quantitative Daten zur aktuellen und potenziellen Nutzung derartiger Nebengewässer durch die Fischfauna liegen nur in Einzelfällen vor, wären aber eine wichtige Grundlagen zur künftigen Priorisierung von Maßnahmen und in weiterer Folge zur Kontrolle deren Wirksamkeit.

Im Rahmen des EU-Projektes „LIFE Lebensraum Huchen“ war die Wiederherstellung des Längskontinuums und die Vernetzung der Fließstrecken von Donau, Pielach, Melk und Mank zwecks Schaffung freier Migrationsmöglichkeiten für die Fischfauna übergeordnetes Ziel. Mit diesen Vernetzungsmaßnahmen sollte insbesondere den auf Laichhabitats in den Zubringern angewiesenen Huchen- und Cypriniden-Populationen in der Wachau Möglichkeit geboten werden, die ursprünglichen Reproduktionsareale wieder zu erreichen und zu nutzen (Abb. 4.55).

Abb. 4.55 Laichendes Huchenpärchen in der Pielach



Am Melkfluss stellte die „Melkrampe“ als mündungsnächstes Querbauwerk das erste Migrationshindernis für die aus der Donau einwandernden Fische dar. Bei Donauhochwasser war diese Rampe in der Vergangenheit immer wieder eingestaut, wodurch sich Möglichkeiten zur Einwanderung von Fischen in die Melk ergaben. Dies erklärt auch, weshalb typische Vertreter der Donau (z.B. Schied und Zingel) bereits bei den Vorerhebungen im Unterlauf der Melk nachweisbar waren. Mit Hilfe eines umgehenden Raugerinnes mit rund 3,8% Gefälle und einer je nach Donauwasserstand variierenden Länge wurde dieses Migrationshindernis schließlich ebenfalls im Zuge des Projektes „LIFE Lebensraum Huchen“ fischpassierbar gemacht.

Um die saisonale Einwanderung möglichst aller einwandernden Fische quantitativ zu erfassen, wurde im Rahmen des Projektes ein „dynamisches Fischwehr“ entwickelt (Mühlbauer et al. 2003; Abb. 4.56). Mithilfe dieser Fangvorrichtung wurden von Anfang März bis Ende Juni 2003 insgesamt 2 032 Fische bei der Überwindung des Raugerinnes dokumentiert. Der Gesamtfang verteilt sich auf 33 Arten. 74% der in der Reuse gefangenen Fische machen die Hauptfischarten Barbe, Brachse und Laube aus, die somit die zielgerichtete Migration von Flussfischarten in einen vergleichsweise kleinen Zubringer belegen.



Abb. 4.56 Dynamisches Fischwehr zur Erfassung der Fischwanderung flussauf der Melkrampe

Neben diesen Fischarten waren noch Güster und Rotauge relativ häufig. Darüber hinaus wurden Arten nachgewiesen, deren Lebensraum grundsätzlich die Donau ist (z.B. Zingel). Von den im flussab angrenzenden Abschnitt der Wachau nachgewiesenen 45 Arten überquerten im Monitoringzeitraum 33 Arten die Rampe und wanderten in die Melk ein (Zauner 2002).

Die geringe Repräsentanz der Nase, aber auch das Fehlen des Huchens in Rahmen des Monitorings lässt sich mit dem sogenannten „Homing-Effekt“ erklären. Dieses erstmals bei Lachsen entdeckte Phänomen bedeutet, dass Fische bevorzugt jene Gewässer aufsuchen, in denen ihre angestammten Laichareale liegen. Wiederangebundene Gewässer, in denen über viele Generationen keine Einwanderung mehr möglich war, werden zu Beginn häufig nicht als geeignet „erkannt“. Die Prägung auf diese Gewässer erfolgt erst über sogenannte „strayer“ (Erstbesiedelung durch streunende Individuen) und deren Nachkommen. Auch an der Melk ist somit zu erwarten, dass in den nächsten Jahren der Anteil genannter Arten steigt.

Neben vielen anderen interessanten Befunden konnte gezeigt werden, dass die Barbe besonders starke Ausbreitungstendenz besitzt. Der Vorstoß einzelner markierter Individuen dieser Art erfolgte weit in die Zubringersysteme hinein. Auch Gründling, Laube und Schied sind, nicht zuletzt auf Basis der Ergebnisse weiterführender Untersuchungen an der Melk, Arten mit starker Ausbreitungstendenz. Bei Laube und Schied fand bereits im ersten Jahr nach Wiederherstellung des Kontinuums rund 14 km flussauf der Donau Reproduktion statt. Dies belegt zugleich, dass beide Fischarten im Zuge ihrer Wanderung vier im Zuge des Projektes neu errichtete Fischaufstiegsanlagen überwunden haben müssen (Zitek et al. 2004).

Revitalisierung eines ganzen Donauabschnittes – Beispiel Wachau

Ein ganzes Biotopsystem von besonderer Qualität liegt zwischenzeitlich in der Wachau vor. Hier kam es in den letzten 15 Jahren zur Realisierung einer ganzen Reihe lebensraumverbessernder Maßnahmen, die sehr unter-

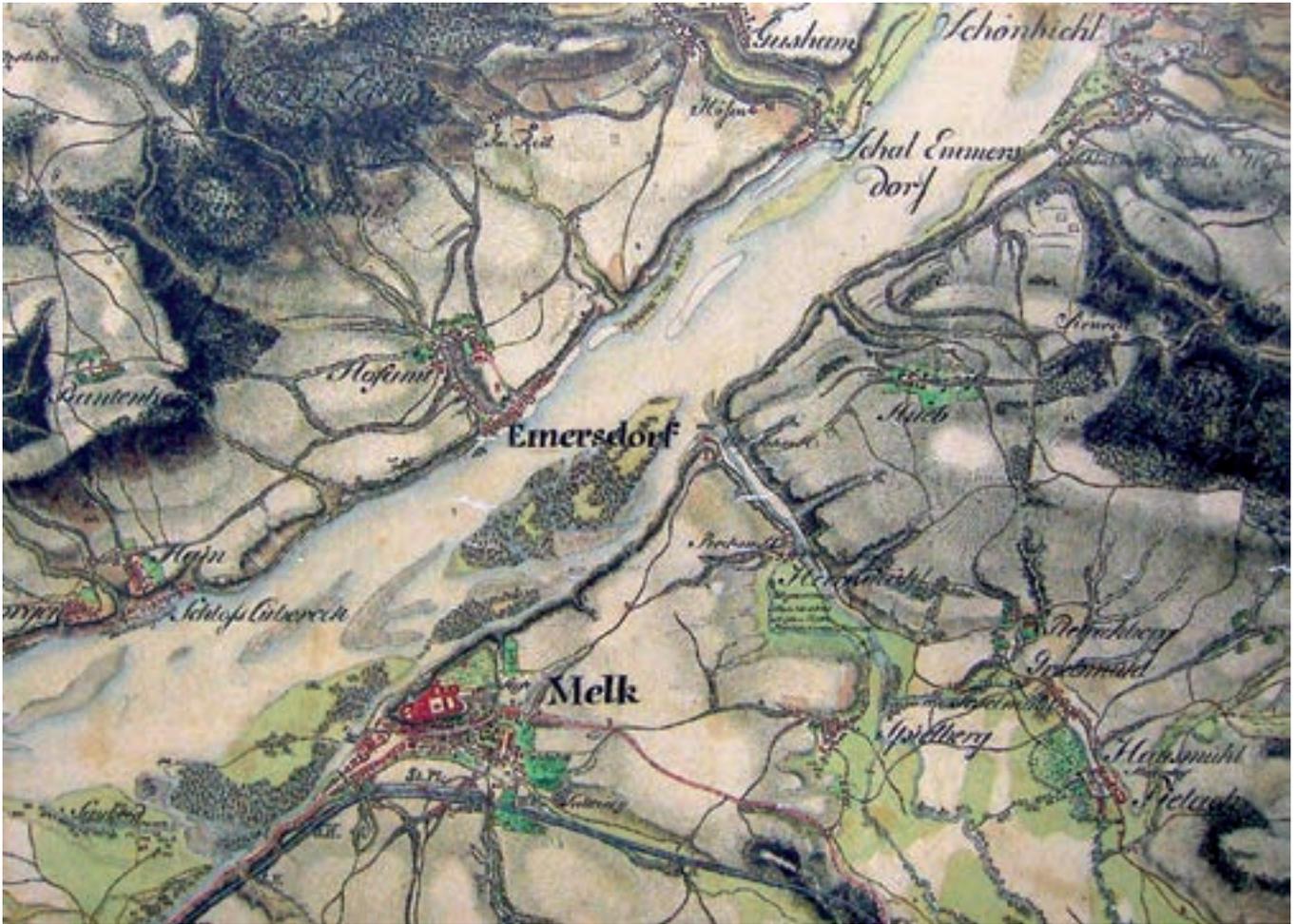


Abb. 4.57 Die Flusslandschaft am Eingang der Wachau um 1815 hat Leitbildcharakter: Flussinseln und permanent durchströmte Seitenarme prägten den Strom.

schiedliche Habitattypen umfasst. In vielen Teilbereichen der 33 km langen Fließstrecke wurden mittlerweile ca. 1 Million m³ Schotter, die von schiffahrtstechnisch notwendigen Baggerungen stammen, für ausschließlich ökologisch orientierte Schüttungen von Schotterbänken und Inseln verwendet. Weiters wurden fünf Altarme, welche zuvor zur Gänze von der Donau abgetrennt waren, wieder an den Strom angebunden. Dabei wurden auch deren Größe, Wassertiefe und Uferausformung gewässerökologisch optimiert. Als Besonderheit sind zudem permanent durchströmte Nebenarme zu nennen. Entsprechend

dem Leitbild der historischen Flusslandschaft wurden schwerpunktmäßig am oberen Ende der Wachau, im Bereich Grimsing, und im unteren Abschnitt der Wachau, im Bereich Rossatz, reliktiäre Arme wieder voll in das Abflussgeschehen der Donau eingebunden (vgl. Abb. 4.57 und 4.58). Auf diese Weise entstanden auf einer Länge von mehr als 10 km Nebenarme, die selbst bei Niederwasser durchströmt werden. Zudem wurde auch die Pielach niveaugleich wiederangebunden und die Melk für Fische durchgängig passierbar gestaltet.

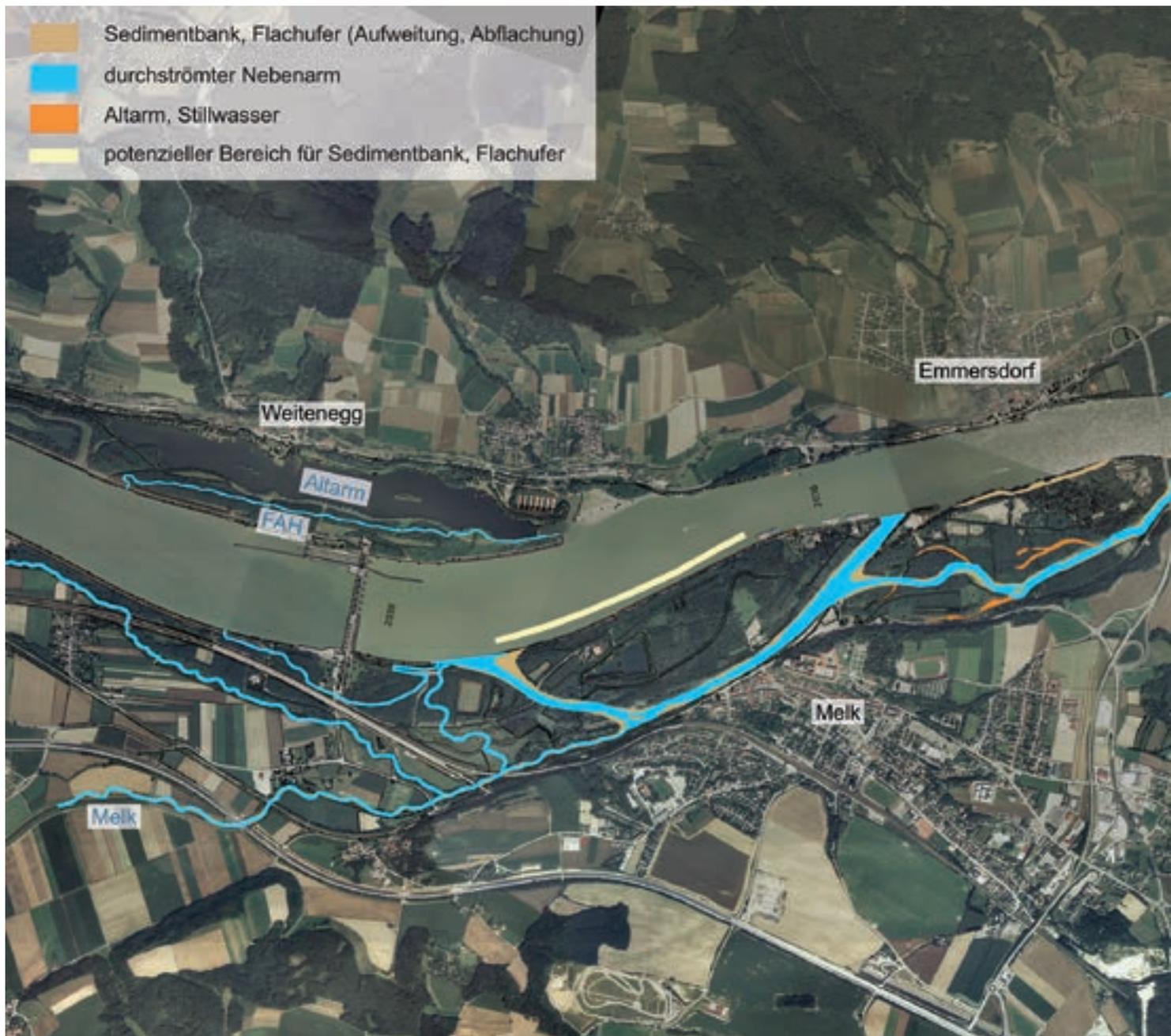


Abb. 4.58 Geplante und mittlerweile bereits umgesetzte Maßnahmen in der oberen Wachau.
 Linkes Ufer: Umgehungsbach (FAH) beim Kraftwerk Melk und Nebenarmsystem Schallemersdorf-Grimsing.
 Rechtes Ufer: Neugestaltung der Melk- und Pielachmündung (unter Einbindung des Lateiner-Altarmes),
 neue Schotterstrukturen entlang der Donauufer und bereichsweise Revitalisierung bzw. Wiederherstellung der
 Fischpassierbarkeit an den Zubringern Melk und Pielach (vgl. dazu die Beschreibung der einzelnen Beispiele)



Das Set an Maßnahmen erstreckt sich mittlerweile über die gesamte Fließstrecke der Wachau. Dadurch sind aus fischökologischer Sicht nicht nur punktuelle Effekte zu erwarten. Vielmehr ist mittelfristig und nachhaltig ein positiver „systemarer Wandel“ in der fischökologischen Situation zu erhoffen.

Ein solcher Wandel wird vorerst einmal im Erscheinungsbild der Flusslandschaft erkennbar. Im Rahmen projektbegleitender Monitoringprogramme zeigte sich aber auch, dass sich die neu geschaffenen Strukturen sehr rasch positiv auf den Fischbestand auswirkten. Dies lässt sich anhand der Schlüsselarten Nase und Barbe sehr klar belegen. Betrachtet man den Populationsaufbau der Nase in unterschiedlichen Habitattypen, so wird das Wiedererstarken dieser Art nachvollziehbar (Abb. 4.59). Entlang von Blockwurfufer wurde bei den zwischen 2012 und 2014 mit dem Anodenrechen durchgeführten Elektrobefischungen im Durchschnitt je 400 m Uferlänge nur eine Nase gefangen. Dabei handelte es sich vorwiegend um Adulttiere. Jüngere Altersklassen waren hingegen völlig unterrepräsentiert, da für diese die weitverbreiteten Blockwurfufer als Lebensraum ungeeignet sind.

Bei den anderen, im Zuge der Revitalisierungen entstandenen Habitattypen ergab sich hingegen eine intakte Populationsstruktur mit dominierendem Jungfischanteil. In Hinterrinnen – kleinen durchströmten Armen zwischen Schotterinseln und Ufer, die bei höheren Wasserständen mit dem Hauptarm flächig verbunden sind – und entlang von Schotterbänken war darüber hinaus auch die Dichte von Adultfischen um ein Vielfaches höher. Insgesamt fanden sich im Habitattyp Hinterrinner knapp drei Individuen und auf Schotterbänken knapp vier Individuen pro 100 m Uferlänge, was im Vergleich zu Blockwurfufer einer 12- beziehungsweise 16-fachen Dichte entspricht. In den Nebenarmen blieb die Dichte der Nase jedoch geringer. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Nebenarme in der Wachau über weite Strecken recht steile Ufer aufweisen und damit für juvenile Nasen als Habitate eher unattraktiv bleiben. Lokal, im Bereich von Furten und entlang von Flachuferr, sind hingegen gerade in den Nebenarmen sehr hohe Jungfischdichten dieser Art zu finden.

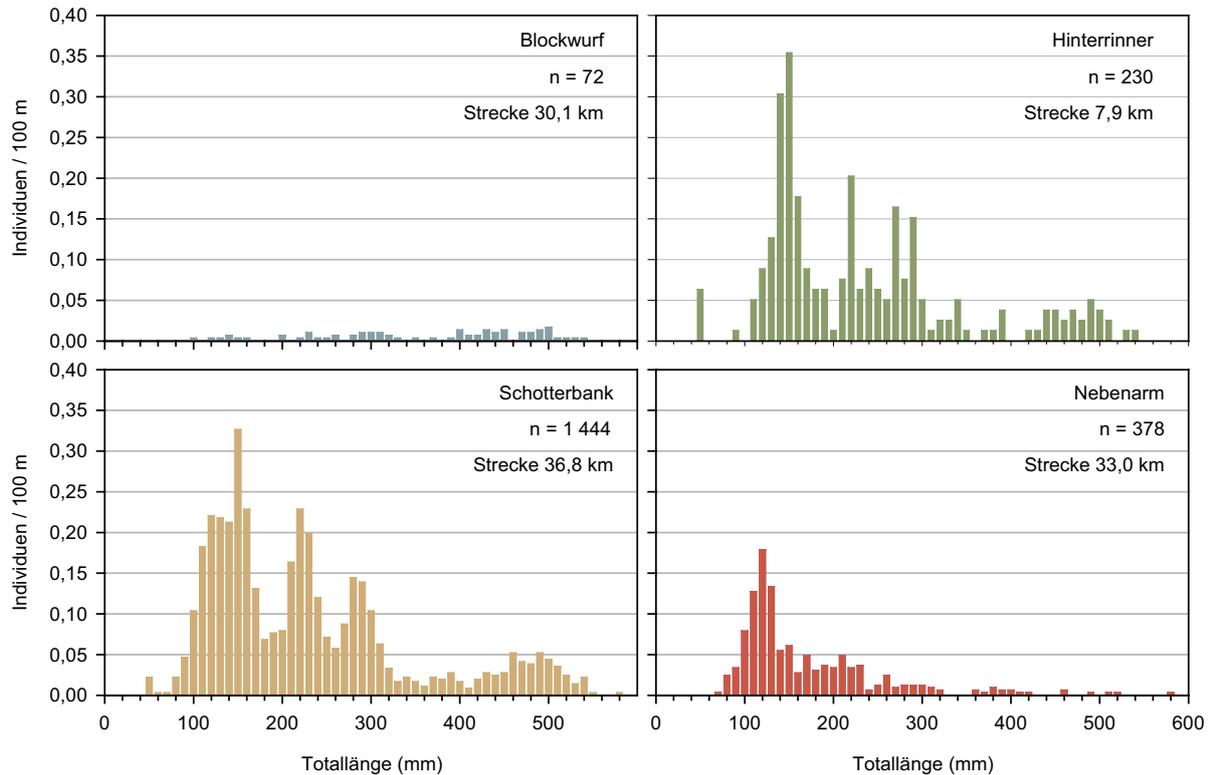


Abb. 4.59 Längenfrequenz-Diagramme der Leitfischart Nase an Blockwurfufern (links oben) und in verschiedenen im Rahmen von Revitalisierungsprojekten geschaffenen Strukturen (restliche Grafiken; Anzahl der Individuen je Längensklasse pro 100 m befischter Strecke)

Interessanterweise werden die Nebenarme der Wachau keineswegs nur von Jungfischen als Lebensraum genutzt. Vielmehr konnten im Rahmen der Elektrofischungen neben vielen anderen Arten auch kapitale Welse und Huchen nachgewiesen werden. Die Diversifizierung des Habitatangebotes wirkt sich auch sehr positiv auf Rote-Liste-Arten wie Frauenerfling, Zingel und Schrätzer aus. Beim Frauenerfling ist diese Entwicklung besonders auffällig. Nachdem diese bereits in den 1980ern seltene Art um die Jahrtausendwende bei Befischungen nur noch ganz sporadisch auftrat, konnte sie in den letzten Jahren wieder häufiger nachgewiesen werden (Abb. 4.60 und 4.61). Bemerkenswert ist dabei, dass sich auf den neu geschaffenen Schotterbänken wieder regelmäßig juvenile Frauenerflinge aufhalten.

Für einen Großteil der einheimischen Flussfischfauna stellen flache Schotterufer und vor Wellenschlag geschützte Hinterrinner und Nebenarme Schlüsselhabitate dar. Besonders als Laich- und Jungfischhabitate sind diese Bereiche von essenzieller Bedeutung. Durch die Wiederherstellung dieser Lebensräume konnte im Donauabschnitt der Wachau eine Trendwende in der Entwicklung des Fischbestandes erreicht werden. Nachdem die Fischbiomasse seit den ersten Erhebungen Mitte der 1980er Jahre kontinuierlich zurückgegangen war, ist in den letzten Jahren wieder eine Zunahme des Fischbestandes zu beobachten (Abb. 4.62).

Anhand der Fischdichte und der Biomasse lässt sich die Entwicklung des Bestandes in der Wachau während der letzten 30 Jahre klar erkennen. Ausgehend von relativ hohen Werten in den 1980ern findet zur Jahr-

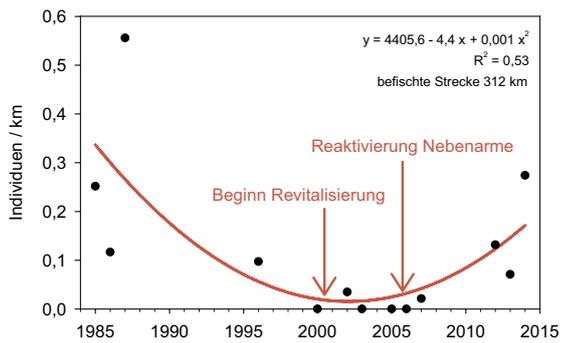


Abb. 4.60 Entwicklung des Frauennerflings seit Beginn der fischökologischen Untersuchungen in der Wachau (Elektrobefischungen mit Anodenrechen)

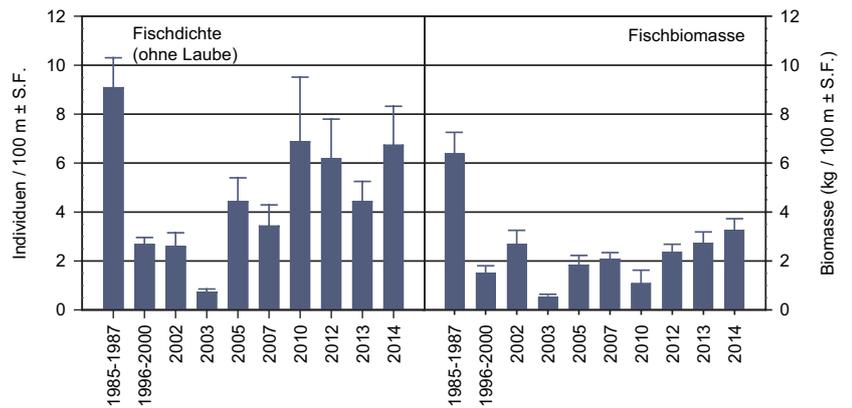


Abb. 4.62 Entwicklung des Fischbestandes (Dichte und Biomasse) in der Wachau seit den 1980ern (s. F.) Standardfehler



Abb. 4.61 Männlicher Frauennerfling mit Laichauschlag

tausendwende ein Einbruch statt. Dieser Trend ist für das gesamte österreichische Donausystem dokumentiert. Während diese Situation in vielen anderen Donauabschnitten in den Folgejahren weiterhin bestehen bleibt, ist im Abschnitt der Wachau eine Trendumkehr sichtbar. Der Aufwärtstrend korreliert dabei zeitlich deutlich mit den seit der Jahrtausendwende sukzessive gesetzten Revitalisierungsmaßnahmen.

Erfolgsaussichten und Grenzen

Die ausgewählten Fallbeispiele belegen, dass trotz der intensiven Nutzungen der Donau als Wasserstraße, Energielieferant, Vorfluter etc. nach wie vor Möglichkeiten bestehen, die Lebensraumbedingungen für die Fischfauna wirksam zu verbessern. Speziell die vorgestellten Monitoringergebnisse verdeutlichen die positive Wirkung vieler Maßnahmen auf die Fischfauna. Trotz der insgesamt sehr traurigen Entwicklung der Fischbestände während der letzten Jahrzehnte werden gerade in jüngster Zeit auch klare Erfolge in revitalisierten Bereichen sichtbar. Dabei ist augenscheinlich, dass merkbare Erhöhungen des Habitatangebotes zwar rasche Verbesserungen der Reproduktion bewirken, sich jedoch im Gesamtfischbestand nur langsam widerspiegeln. Dies dürfte darin begründet sein, dass die Hauptfischarten durchwegs der Familie der Cypriniden angehören, die nur relativ langsames Wachstum zeigen. Somit werden bestandsrelevante Veränderungen oft erst nach 10 Jahren und mehr sichtbar. Zudem wirken Einflüsse wie Wellenschlag, Neozoen und Fischfresser zum Teil massiv weiter. Umso erstaunlicher ist es daher, dass sich die jüngst vermutlich in erster Linie durch Rückbaumaßnahmen in der Wachau bewirkte Trendumkehr auffallend deutlich manifestiert. So zeigen unter anderem die statistischen Analysen im Rahmen einer Metastudie, dass bei den umgesetzten Revitalisierungen vor allem die Anzahl und die Dimension der Maßnahmen in unmittelbarem Zusammenhang mit der Entwicklung der Artenzahl und der ökologischen Gilden stehen (Schmutz et al. 2014).

Bei konsequenter Weiterführung und Umsetzung der Revitalisierungskonzepte, die bereits für die gesamte ober- und niederösterreichische Donau vorliegen (Zauner et al. 2006a, 2009) besteht daher berechtigte Hoffnung zu einer weiteren Verstärkung des positiven Trends. Durch Nutzung aller Restaurationspotenziale sollten sich viele der aktuell bestehenden Defizite beheben und echte Verbesserungen der derzeit noch immer unbefriedigenden fischökologischen Verhältnisse erzielen lassen. Dies kann freilich nicht innerhalb weniger Jahre, sondern nur mittel- bis längerfristig geschehen. Voraussetzung ist eine entsprechende Gesamtkonzeption, die leitbildorientierte Revitalisierungen mit möglichst großer Flächenwirkung verfolgt.



5

Perspektiven

- 368 **5.1. Es geht nur gemeinsam – internationale Probleme erfordern internationale Anstrengungen**
- 372 **5.2. Hausgemachte Probleme – Handlungsbedarf in Österreich**



Internationale Kooperation heißt Denken im Großen

5.1

Es geht nur gemeinsam – internationale Probleme erfordern internationale Anstrengungen

Bereits das einleitende Kapitel über das internationale Donausystem zeigt ganz klar: Die österreichische Donau ist kein isolierter Landschaftsraum, sondern auf vielfältige Weise mit halb Europa verbunden – kulturell, politisch und wirtschaftlich (*Kapitel 1.1*), geologisch (*1.2*), naturräumlich (*1.3*) und natürlich auch in fischökologischer Hinsicht (*1.4*).

Damit teilen wir auch die derzeit bestehenden Probleme und Defizite entlang der europäischen Donau, wie zum Beispiel hinsichtlich der Wassergüte und Nährstoffeinträge, des Feststoffhaushaltes oder wertvoller Naturräume, mit unseren Nachbarn. Im Gesamtsystem der Donau spielt gerade Österreich aufgrund seiner Lage am Oberlauf und der zahlreichen alpinen Zubringer mit hohen Zuflüssen und Feststoffeinträgen eine gewichtige Rolle. Bei den hier gesetzten Eingriffen und deren Folgen besitzt Österreich somit auch über seine Grenzen hinaus eine besondere Verantwortung für diesen zentralen Fluss Europas.

Da die Donau das „internationalste“ Flusssystem der Welt mit besonders vielfältigen Nutzungsansprüchen repräsentiert, lassen sich die anstehenden Probleme nur in internationaler Kooperation zwischen allen Donau-Anrainerstaaten lösen. Die aktuell bestehenden Rahmenbedingungen und jüngsten Entwicklungen geben dabei

berechtigten Anlass zu vorsichtigem Optimismus. Speziell die im Jahr 2000 in Kraft getretene Europäische Wasserrahmenrichtlinie bereitet als gesetzliche Grundlage den Weg für ein einzugsgebietsweites, zwischenstaatlich abgestimmtes Management des Donaulebensraumes. Für die im internationalen Vergleich noch immer großflächigen Aulandschaften und Feuchtgebiete des Donausystems mit ihren vielfältigen Lebensräumen und hoher Artenvielfalt sind zudem die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie und die Vogelschutz-Richtlinie, beide den rechtlichen Rahmen für die Ausweisung von Natura-2000-Schutzgebieten bildend, wertvolle und unverzichtbare Instrumente (vgl. *Kapitel 4.1*).

Neben den aktuellen gesetzlichen Rahmenbedingungen gewährleistet vor allem die „Internationale Kommission zum Schutz der Donau“ eine neue Herangehensweise (ICPDR 2007). Zwecks Implementierung der 1994 von allen Ländern des Donaoraumes unterzeichneten „Konvention zum Schutz der Donau“ im Jahre 1998 gegründet, entwickelt die IKS_D/ICPDR auf das gesamte Donau-Einzugsgebiet bezogene und für alle Donau-Anrainerstaaten verpflichtende Konzepte. So wurde bis zum Jahr 2000 das sogenannte „Joint Action Programme“ erstellt, das im selben Jahr Ergänzung durch die EU-Wasserrahmenrichtlinie er-

fuhr. Um den vier wesentlichsten Problembereichen, nämlich organischer Verschmutzung, Nährstoffbelastung, Belastung mit Gefahrenstoffen und hydromorphologischen Änderungen, zu begegnen, wurde bis zum Jahr 2009 der sogenannte „Donau-Flussgebietsbewirtschaftungsplan“ erarbeitet. Dieser gibt den Gewässerzustand im Einflussgebiet der Donau wider, beschreibt die vorliegenden Umweltprobleme und stellt die dazu passenden Gegenmaßnahmen samt deren Evaluierung vor. Die dargestellten Konzepte und Maßnahmenprogramme sollen in Zukunft insbesondere der abgestimmten Bewältigung anstehender schiffahrtstechnischer, wasserwirtschaftlicher und ökologischer Probleme dienen. Für die Umsetzung des oben genannten Schutzabkommens steht der IKSD mittlerweile das international größte und aktivste Netzwerk von Wasserexpertinnen und Wasserexperten Europas zur Verfügung. Das gemeinsame Ziel besteht in der Förderung eines nachhaltigen Managements der Ressource Wasser und der Koordinierung der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit. Dies umfasst sowohl den Schutz als auch die nachhaltige Nutzung von Gewässern und der dazugehörigen Lebensräume. Als übergeordnete Aufgabe gilt die Förderung einer nachhaltigen Wasserwirtschaft, wobei das Flusseinzugsgebiet der Donau zu einer Modellregion entwickelt werden soll. Bei einem Ministertreffen im Februar 2010 erreichte die IKSD schließlich auch die Unterzeichnung einer Erklärung durch die Umweltminister der Mitgliedsländer, der sogenannten „Donau-Deklaration“. Diese betont den Bedarf nach mehr intersektoraler Kooperation und bringt politische Unterstützung für den Flussgebietsbewirtschaftungsplan. Eine wichtige Grundlage für die koordinierte Entwicklung von Lösungsstrategien bietet zudem die EU-Strategie für den Donaauraum, die von der Europäischen Kommission 2010 vorgeschlagen und im Juni 2011 vom Europäischen Rat angenommen wurde.

Im Rahmen internationaler Kooperationen vermag Österreich wichtige Beiträge zu liefern. So wurde beispielsweise durch die Initiative und Federführung von via-donau nach intensiver einjähriger Arbeit und Diskussion die „Gemeinsame Erklärung zu den Leitprinzipien für die Entwicklung der Binnenschifffahrt und den Umweltschutz

im Donaueinzugsgebiet“ verfasst und 2008 von den beteiligten Flusskommissionen angenommen. Dieses für die Donau und deren große Zubringer verbindliche internationale Abkommen dient seither als Basis für eine ökologisch verträgliche Entwicklung der „Wasserstraße Donau“. Ein weiteres Beispiel, wie Österreich seiner Mitverantwortung für die Ökologie der internationalen Donau Rechnung tragen kann, ist das vom Nationalpark Donau-Auen initiierte Netzwerk DANUBEPARKS, in dem Nationalparke, Naturparke, Naturschutzgebiete und Biosphärenreservate von der bayerischen Donau bis ins rumänische Delta in Abstimmung mit den einschlägig befassen EU-Kommissionen und internationalen Organisationen eng zusammenarbeiten (Abb. 5.1).

Die angeführten Beispiele zeigen, dass an einem großen Flusssystem wie jenem der Donau gemeinsame Verantwortung aller Anrainerstaaten notwendig ist. Wie von der EU-Wasserrahmenrichtlinie unter dem Titel „Flussgebietsmanagement“ gefordert, bedarf es dabei einer gesamtheitlichen, einzugsgebietsweiten Betrachtung und Abstimmung aller Probleme und Defizite sowie eines interdisziplinären Vorgehens bei der Lösung der vielfältigen Probleme. Die bereits in Kapitel 1.1 aufgezeigten Trends erfolgreicher Verminderung der Nährstoffeinträge und damit rückläufiger Eutrophierung im Schwarzen Meer sind nur ein positives Beispiel. Dieses zeigt, wie neue gesetzliche Rahmenbedingungen und durch internationale Institutionen verbindlich festgelegte Vorgaben innerhalb vergleichsweise kurzer Zeiträume bestehende Defizite zu reduzieren vermögen und damit künftig auch ökologische Potenziale erschließen lassen.

Obwohl die Probleme mit der Erfassung und Klärung von Abwässern sowie der Reduktion von Nährstoffeinträgen im Einzugsgebiet der Donau zunehmend besser in den Griff bekommen werden, bestehen dennoch in anderen Bereichen weiterhin schwerwiegende Defizite. Wichtige Fragen sind beispielsweise im Zusammenhang mit dem Feststoffhaushalt, sowohl Grobgeschiebe als auch Feinsedimente betreffend, noch offen. Im Bereich der Obe-



Abb. 5.1 Nicht nur die Bewahrung, sondern auch die Renaturierung der verbliebenen wertvollen Ökosysteme entlang der Donau ist das Ziel von DANUBEPARKS, einem grenzüberschreitenden Netzwerk von Donau-Schutzgebieten (Stand 2014; das Netzwerk wird ständig erweitert).

- (1) Biosphärenreservat Donau-Delta
- (2) Naturreservat Unterer Prut
- (3) Naturpark Untere Prut-Auen
- (4) Naturpark Braila
- (5) Schutzgebiet Kalimok-Brushlen
- (6) Naturpark Rusenski Lom
- (7) Naturpark Persina
- (8) Naturpark Eisernes Tor
- (9) Nationalpark Djerdap
- (10) Naturpark Lonjsko Polje
- (11) Naturpark Kopacki rit
- (12) Naturreservat Gornje Podunavlje
- (13) Nationalpark Donau-Drau (inkl. Ramsar-Schutzgebiet Gemenc)
- (14) Nationalpark Donau-Ipoly
- (15) Nationalpark Fertö-Hanság
- (16) Landschaftsschutzgebiet Dunajské Luhy
- (17) Landschaftsschutzgebiet Záhorie
- (18) Nationalpark Donau-Auen
- (19) Donau-Engtal im Landkreis Passau
- (20) Donau-Auwald Neuburg-Ingolstadt

ren Donau und speziell auf österreichischem Staatsgebiet hervorgerufene Änderungen bewirken unter Umständen auch noch weit flussab beträchtliche Probleme. Dies gilt speziell im Hinblick auf Eintiefungen der Stromsohle und damit verbundene Entkoppelungen der Niveaus von Fluss und Auen. Abflussbeschleunigung und damit einhergehend verstärkte Hochwasserspitzen zufolge linearer Verbauungen und reduzierter Retentionsflächen sind ein weiterer Problemkreis, der international aus wasserwirtschaftlicher und ökologischer Sicht entsprechender Lösungen bedarf. Unterbrechungen des Längskontinuums durch Kraftwerke aber auch durch sonstige wasserbauliche Einrichtungen (Letztere vor allem in den Zubringern) wirken flussauf und flussab über weite Strecken des Donaukorridors. Alle diese und viele Eingriffe mehr bedürfen künftig zur Lösung einer interdisziplinären und akkordierten Herangehensweise. Voraussetzung dafür ist freilich nicht zuletzt das Bewusstsein aller Beteiligten, im Rahmen des internationalen Flusssystemes der Donau gemeinsam verantwortlich zu sein.



Rückgebautes Donauufer gegenüber Hainburg

5.2 Hausgemachte Probleme – Handlungsbedarf in Österreich

Wie die geschichtliche Entwicklung der österreichischen Donaulandschaft in *Kapitel 2.1* zeigt, ergaben sich als Folge der verschiedensten menschlichen Eingriffe auch viele hausgemachte Probleme. Im Vordergrund der Betrachtungen standen dabei die anfänglich vor allem für die Schifffahrt getätigten Regulierungsmaßnahmen. Die geänderte Habitatausstattung der Flusslandschaft und die reduzierte Gewässervernetzung wirkten sich sehr negativ auf die Fischbestände und die Erwerbsfischerei aus (vgl. *Kapitel 2.2*). In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts kamen bis in jüngste Zeit immer mehr und stärker werdende Eingriffe (Wassergüte, Hochwasserschutz, Kraftwerke, Schifffahrt etc.) hinzu, die schließlich um die Jahrtausendwende ihren negativen Kulminationspunkt erreichten. Das Resultat, nämlich dramatisch rückläufige Fischbestände, lässt sich heute klar belegen (*Kapitel 3.2*).

Führt man sich nochmals die in *Abbildung 3.42* schematisiert dargestellten zeitlichen Trends der verschiedenen menschlichen Eingriffe und anderer Umwelteinflüsse an der österreichischen Donau vor Augen, ergibt sich ein insgesamt recht unerfreuliches Bild. Als einziger der zehn hier behandelten Eingriffe zeigt die Wassergüte spätestens in den 1990ern eine ganz klare Verbesserung. Alle anderen Eingriffsformen oder Einflüsse setzen

ihren negativen Trend zumindest bis vor kurzem fort. Die triste Situation des aktuellen Fischbestandes ist somit ganz offensichtlich nichts anderes als das Spiegelbild des Zusammenwirkens dieser nachteiligen Einflüsse und langfristigen Entwicklungen.

Sanierungsmöglichkeiten und die Grenzen des Machbaren

Die gegebenen Defizite machen deutlich, dass im Hinblick auf den ökologischen Zustand der österreichischen Donau ein sehr hoher Handlungsbedarf besteht. Dabei stellt sich freilich die grundsätzliche Frage, bei welchen Eingriffsformen und Nutzungen überhaupt realistische Möglichkeiten für Verbesserungen bestehen. Welche Eingriffe sind – zumindest teilweise – reversibel? Bei welchen Eingriffen ist es heute nur mehr möglich, die langfristigen Symptome zu behandeln, anstatt die zugrundeliegenden Ursachen zu bekämpfen? Welche Eingriffsformen erlauben durch gezielte Maßnahmen eine Abminderung oder Teilkompensation ihrer Auswirkungen? Diese und viele Fragen mehr sind heute zentrales Thema der Restaurationsökologie, die sich als wichtiger Teilbereich und Partner einer modernen Wasserwirtschaft versteht.

Geht man die in *Abbildung 3.42* dargestellten Einflussgrößen einzeln durch, lassen sich im Hinblick auf die Möglichkeiten zur Verbesserung, Kompensation, Sanierung oder Steuerung für bestimmte Bereiche durchaus grobe Abschätzungen ihrer weiteren Entwicklung vornehmen.

Bei der Wassergüte besteht hinsichtlich organischer Verschmutzung, Nährstoffbelastung sowie Belastung mit Gefahrenstoffen in Österreich derzeit ein durchaus hoher Standard, der den gesetzlichen Vorgaben entspricht. Geringfügige Defizite sind meist lokal begrenzt und beziehen sich eher auf Grundwasserkörper oder Kleingewässer, die Abwasserreinigungsanlagen als Vorfluter dienen. Weiterführende Verbesserungen sind auch noch bei den diffusen Nährstoffeinträgen anzustreben. Regelmäßig überprüft und aufmerksam verfolgt werden seitens der österreichischen Gütewasserwirtschaft Belastungen mit Schwermetallen, Pestiziden, Hormonen oder hormonartig wirkenden Substanzen. Die österreichische Donau, als Vorfluter und damit Spiegelbild aller aus ihrem Einzugsgebiet zusammenkommenden Zubringersysteme, zeigt gegenwärtig für einen Großfluss jedoch ein insgesamt erstaunlich gutes Gesamtbild der Gewässergüte. Für die österreichische Wasserwirtschaft eine alles in allem klar positive Bilanz, mit auch für die Zukunft positiver Perspektive.

Ganz anders stellt sich die Situation beim „Qualitätskriterium Wassertemperatur“ dar. Wie in *Kapitel 3.1* aufgezeigt, stieg die Wassertemperatur der österreichischen Donau seit den 1930er Jahren vorerst zwar nur langsam, der Anstieg beschleunigte sich aber seit den 1980ern rasant. Das Jahresmittel stieg im 20. Jahrhundert um rund 1,5° Celsius, wobei auch hier zwei Drittel des Gesamtanstieges auf die letzten 30 Jahren entfielen. Wie auch immer der Anstieg der Wassertemperatur im Einzelnen zustande kommt, er ist jedenfalls Realität und trägt sehr wahrscheinlich bereits kräftig zu den gerade stattfindenden Änderungen der Fischfauna bei. Die Zunahme der invasiven Grundelarten oder die erhöhte Reproduktion des Welses sind die eine Seite der Medaille, die negative Beeinflussung jener Arten, die kühles und sauerstoffreiches Wasser benötigen, hingegen die andere. Die Perspektive ist

ziemlich eindeutig: Der Anstieg der Wassertemperatur der Donau wird weitergehen. Bis zu welchem Ausmaß, lässt sich derzeit kaum abschätzen. Kurz- bis mittelfristiges Eingreifen in diese Entwicklung ist unrealistisch.

Nicht viel anders erweist sich die Situation hinsichtlich mehrerer invasiver Grundelarten, deren explosionsartige Vermehrung und Ausbreitung vermutlich zumindest teilweise der erhöhten Wassertemperatur zuzuschreiben ist. Eine direkte Bekämpfung dieser Neozoen durchzuführen, ist völlig unvorstellbar. Erwartet werden kann hingegen in gewissem Ausmaß mittelfristig ein konkurrenzbedingtes „Einpendeln“ mit anderen Arten. Eine realistische Perspektive für eine teilweise Bestandsreduktion der Grundeln ergibt sich dort, wo großflächige Rücknahme blockwurfgesicherter Längs- und Querbauwerke stattfindet, wie bereichsweise etwa bereits im Nationalpark östlich von Wien und in der Wachau geschehen (vgl. *Kapitel 3.2* und *4.3*).

Neben den invasiven Fischarten üben in den letzten Jahrzehnten als weitere „biologische Komponente“ massiv zunehmende Fischfresser, allen voran Kormorane, in den letzten Jahren aber auch Gänsesäger, einen erheblichen Fraßdruck auf die Donaufischbestände aus. Da manche Beobachter meinen, dass die Entnahme durch Kormorane im Vergleich zu jener durch die Angelfischerei nur von marginaler Bedeutung sei, wurde in *Kapitel 3.1* die Entnahmemenge an Donaufischen durch Angler hochgerechnet und jener von Kormoranen gegenübergestellt. Das Ergebnis zeigt klar, dass hier sehr wohl eine sehr wesentliche Beeinflussung vorliegt, die im Gesamtkontext aller Eingriffe auf den Donaufischbestand jedenfalls berücksichtigt werden muss. Beispiele aus der Schweiz und Deutschland, aber auch von Salmonidengewässern in Österreich zeigen, dass die Reduktion der Kormoranpräsenz durchaus zu einer deutlichen Erholung von Fischbeständen beitragen kann. Die diesbezüglichen Perspektiven für die Donau abzuschätzen, erscheint freilich schwierig. Da die Donau Hauptwanderachse und wichtigster winterlicher Aufent-

haltsort für Kormorane ist, dürfte sich hier eine spürbare Bestandsreduktion nur auf Basis eines international abgestimmten Managements erzielen lassen. Wie weit sich diesbezüglich die Positionen von Vertretern der Fischerei und des Naturschutzes harmonisieren und damit entsprechende Beschlüsse herbeiführen und realisieren lassen, ist derzeit kaum absehbar.

Bezüglich der Angelfischerei und des damit verbundenen Befischungsdruckes ist in den letzten Jahrzehnten Einiges geschehen. Novellierungen der Landesfischereigesetze in Niederösterreich und Oberösterreich bewirkten eine klare Umlagerung und Neupositionierung in Richtung nachhaltiger Fischerei mit entsprechender Adaptierung beziehungsweise artgerechter Anpassung von Brittelmaßen, Schonzeiten, Entnahmemengen, Fanggeräten(-techniken) etc. und speziell der Planung von Besatzmaßnahmen. In *Kapitel 3.1* sind erstmals die Fangmengen der Angler für die österreichische Donau abgeschätzt und dargestellt. Diese erweisen sich als vergleichsweise gering; insbesondere wenn man beachtet, dass es sich bei rund der Hälfte der entnommenen Fische um aus Besatz stammende Karpfen handelt. Als wesentlicher Schwerpunkt des in den Landesfischereigesetzen für die Zukunft festgelegten Managements gilt es, den Gewässerlebensraum und die Habitatausstattung als natürliche Grundlage intakter Fischbestände mit natürlicher Reproduktion zu fördern. Ein hoher Anteil der jährlichen Budgets der Landesfischereiverbände fließt solcherart bereits seit rund 20 Jahren in Revitalisierungsprojekte unterschiedlichster Art, und zwar sowohl an der Donau als auch an deren Zubringern. Die diesbezüglichen Perspektiven sind positiv, da seit Jahren kein größeres Restaurationsvorhaben ohne erhebliche Mitfinanzierung durch die zuständigen Landesfischereiverbände beziehungsweise Fischereivereine erfolgt. Zudem geht die Initiative für viele Revitalisierungsprojekte primär auf die Fischerei zurück. Dieser Trend dürfte auch in Zukunft ganz klar anhalten.

Zwar nicht wirklich neu, aber durch stark ausgeweitete Passagierschiffahrt und Sportboote weiter zunehmend, erweist sich die Wirkung des Wellenschlages hinsichtlich Frequenz und Intensität heute als ernsthaftes

Problem für Fische. Aufgrund der Regulierung und der Errichtung von Stauräumen sind heute im Gegensatz zu früher fast alle Laichplätze, Brut- und Jungfischhabitate auf den Hauptstrom beschränkt, wo sie unmittelbar dem Wellenschlag ausgesetzt sind. Die dadurch stark reduzierte Reproduktion ist einer der wesentlichen Gründe für das aktuell niedrige Niveau der Donaufischbestände. Was kann nun dagegen unternommen werden? Ganz pragmatisch gesehen, sind an der internationalen Wasserstraße Donau echte Einschränkungen der Schifffahrt weder gewünscht noch möglich. Gewisse Restriktionen, etwa im Hinblick auf besonders heikle Jahreszeiten oder Flussstrecken, wie zum Beispiel im Bereich des Nationalparks östlich von Wien, wären höchstens hinsichtlich limitierter Fahrgeschwindigkeit einzelner Schiffstypen denkbar. Die eingeschränkte Befahrbarkeit von ökologisch wertvollen Nebengewässern ist vielfach schon heute Praxis.

Zielführende und zugleich realistische Möglichkeiten größeren Umfangs sind hingegen Maßnahmen, die der Schaffung von vor Wellenschlag geschützten Flachwasserhabitaten dienen. Solche ergeben sich im Zuge von großflächigen Restaurationsmaßnahmen entweder durch Schüttung längerer Kiesinseln im Strom selbst, oder durch die Neuschaffung beziehungsweise Wiederanbindung ehemaliger Nebengewässersysteme. Von den hier behandelten Einflussgrößen ergibt sich daher gerade beim schiffahrtsbedingtem Wellenschlag durchaus die Perspektive, diesen Aspekt durch gezielte Planung im Zuge umfangreicher Revitalisierungsmaßnahmen quasi „mitzunehmen“ (vgl. *Kapitel 3.2* und diesbezügliche Beispiele unter *4.2*).

Hydromorphologie – Defizite und Chancen

Die größten Defizite, zugleich aber auch die interessantesten Möglichkeiten und Potenziale zu deren Behebung, bestehen an der österreichischen Donau in Bezug auf den hydromorphologischen Zustand der Flusslandschaft. Diese auf den ersten Blick eher widersprüchlich scheinende

Feststellung hat jedoch ihre guten Gründe. Die großräumigen hydromorphologischen Defizite gehen auf die schon lange zurückliegende Mittelwasserregulierung zurück, deren Auswirkungen jedoch nach wie vor bestehen (vgl. *Kapitel 2.1*). Dazu kommen die Folgen der vor allem seit den 1950ern getätigten Maßnahmen zum Hochwasserschutz sowie der Wasserkraftwerke an der Donau und ihren Zubringern (*Kapitel 3.1* und *Abb. 3.42*). Möglichkeiten, diese harten und stabilen Strukturen zu durchbrechen, und dabei wieder leitbildkonforme Flussbett- und Uferstrukturen, dynamische Nebengewässersysteme, Auegebiete mit wiederhergestellter hydrologischer Konnektivität und frei bewanderbare Zubringer zu schaffen, bieten sich dabei vor allem in den beiden verbliebenen Fließstrecken sowie in den Stauwurzelbereichen der meisten Donaukraftwerke. Wie in *Kapitel 4* aufgezeigt, werden diese Möglichkeiten und Potenziale in den letzten 20 Jahren an der österreichischen Donau auch zunehmend recht erfolgreich genutzt (*Abb. 5.2*).

Bei näherer Betrachtung und Analyse solcher Restaurationsprojekte, die sich im Rahmen eines modernen Planungsprozesses auch eines gewässerökologisch fundierten Leitbildes bedienen, stößt man freilich in einigen Punkten sehr rasch an die Grenzen des Möglichen. Reversibilität im Hinblick auf natürliches Prozessgeschehen beispielsweise würde bei der ehemals verzweigten Donau intakten Feststoffhaushalt voraussetzen. Da ein solcher nicht mehr existiert und zumindest mittelfristig auch nicht mehr wiederherstellbar ist, müssen Wege gefunden werden, unter den neuen Rahmenbedingungen langfristig wirksame Lösungen zu finden.

Dass und wie dies dennoch auch unter den derzeitigen Gegebenheiten geschehen kann, wurde bereits anhand mehrerer Beispiele in *Kapitel 4* demonstriert. Die Aussichten, das derzeit bereits bestehende Netz von Revitalisierungsprojekten an der österreichischen Donau nicht nur zu ergänzen, sondern auch noch deutlich zu erweitern, scheinen durchaus gut. Für die Bundesländer Nieder- und Oberösterreich liegen bereits übergeordnete Konzepte und Vorschläge vor, in welchen Donauabschnitten weitere Projekte realisierbar wären (Zauner et al. 2006a, 2009). Zu-

sätzlich besteht in diesem Kontext freilich auch die Notwendigkeit, bei Vorliegen großräumiger Eingriffe, die über Landesgrenzen hinweg reichen (wie die Unterbrechungen des Längskontinuums, Beeinflussungen des Feststoffhaushaltes etc.), im Sinne eines integrativen Flussgebietsmanagements (EU-WRRL) entsprechende Sanierungsmaßnahmen vorzusehen. Ein Vorteil solcher Revitalisierungen ist im Gegensatz zu anderen Sanierungsmaßnahmen auch, dass die Veränderungen in der Donaulandschaft nicht nur für Fachleute, sondern auch für die an der Donau lebenden Menschen sofort erkennbar sind. Neu entstandene Nebenarme oder Kiesbänke erfreuen sich großen Interesses und laden zum Erholen ein.

Prozessorientiertes Arbeiten, Forschungsbedarf, offene Fragen

Grundprinzip bei allen Restaurationsprojekten muss künftig prozessorientiertes Arbeiten sein. Egal um welche Maßnahmen es sich handelt, Habitate sollten möglichst wenig gebaut, sondern ihre Entwicklung unter Bedachtnahme auf die ursprünglich typischen Funktionen des jeweiligen Flussabschnittes der strukturgebenden Dynamik des Gewässersystems überlassen werden. Ein ganz wesentlicher Gesichtspunkt ist dabei, derartige Maßnahmen so zu setzen, dass sie „selbsterhaltend“ und damit langfristig möglichst nachhaltig angelegt sind. Regelmäßige Instandhaltung und Ausbaggerung von über Rohrverbindungen dotierten Altwässern ist wenig zielführend. Völliger Verzicht auf Nachjustierung, Instandhaltung und Pflege wird jedoch in vielen Bereichen unserer „Fluss-Kulturlandschaft“ auch nicht möglich sein.

Die attraktivsten Bereiche der mittlerweile schon recht zahlreichen Revitalisierungsprojekte entlang der österreichischen Donau sind jene, in denen die gestaltende Kraft des Wassers – die Abflusssdynamik – wieder die Strukturen, Formen und damit die gesamte Habitatausstattung von Fluss und angrenzenden Auen sowie Zubringer-

Abb. 5.2 Gemeinsam ist vieles möglich – Revitalisierungen an der Donau und ihren Zubringern durch Zusammenwirken zahlreicher öffentlicher und privater Institutionen.



systemen bestimmt. Die positiven Beispiele dafür werden immer mehr. Es sind zugleich jene Abschnitte, in welchen aufgrund der neu entstandenen Habitatvielfalt auch der höchste Artenreichtum Platz greift. Diese Abschnitte sind als „hot spots“ freilich nicht nur die Grundlage für hohe Biodiversität, vielmehr ziehen sie wegen ihrer natürlichen Schönheit und Ästhetik auch Menschen magisch an.

So schön es klingt, prozessorientiertes Arbeiten und Minimieren des Instandhaltungsaufwandes zu fordern, so schwierig ist die Realisierung solcher Ziele. Flussmorphologische Prozesse, dynamisches Abflussgeschehen und Feststofftransport sind zwar anerkannterweise die Basis für vielfältige Habitatausstattung und hohe Biodiversität, aber alle zusammen eine höchst komplexe Angelegenheit. Das Wissen um die übergeordneten Zusammenhänge heißt noch lange nicht, diese im Einzelnen zu verstehen. Aus diesem Grunde ist es auch dringend erforderlich, sich bei den bisher gesetzten Restaurationsprojekten nicht nur auf ein begleitendes Monitoring zwecks Erfolgskontrolle zu beschränken. Vielmehr ist es notwendig, darüber hinausgehend im Rahmen gezielter wissenschaftlicher Begleituntersuchungen und Forschungsprojekte auch die komplexen Zusammenhänge und Wechselwirkungen der einzelnen Systemkomponenten zu analysieren (Abb. 5.3). Dies ist nicht zuletzt deshalb notwendig, um bereits stark degradierte alluviale Fluss-Auensysteme wie die Donau möglichst nachhaltig als zwar geänderte, aber unter den gegebenen Rahmenbedingungen nach wie vor funktionierende Ökosysteme erhalten zu können.

Forschungsbedarf besonderen Ausmaßes besteht bezüglich des Feststoffhaushaltes, speziell bei Defiziten von Grobgeschiebe und damit verbundener Sohleintiefung. Aber auch zur Problematik von Feinsedimenten, vor allem hinsichtlich des Transportes durch Stauketten sowie der Akkumulation und Remobilisierungsmöglichkeiten in Auen, sind noch viele Fragen offen. Im Hinblick auf die Vegetationsentwicklung und Sukzessionsprozesse bei Revitalisierungen hat wiederum die Neophytenfrage hohen Stellenwert.

Was bedeutet integrative Wasserwirtschaft?

Die oben behandelten, aber auch noch viele andere relevante Einflüsse und Defizite mehr zeigen, dass für umfassende Sanierungen in einem ersten Schritt die Erstellung von Gesamtkonzepten auf der räumlichen Maßstabebene von Flussgebieten notwendig ist. Aber auch für die Einbindung, Organisation und Lenkung unterschiedlicher Fachdisziplinen im Rahmen der leitbildorientierten und vielfach sehr komplexen Planungsprozesse einzelner Restaurationsvorhaben bedarf es einer integrativen Wasserwirtschaft als übergeordnete Leit- und Koordinationsstelle. Im Falle der österreichischen Donau hat diese auch die Aufgabe, als Verbindungsstelle zu internationalen Gremien, maßgeblichen EU-Institutionen und vor allem der IKSD/ICPDR zu fungieren. Innerhalb Österreichs sind viadonau und die Verbund AG wichtige Institutionen und Partner. Zusätzlich werden je nach Größe und räumlichem Umfang von Projekten Universitäten, NGOs, Fischereiverbände und die interessierte Öffentlichkeit eingebunden.

Eine wichtige Aufgabe einer modernen Wasserwirtschaft ist es zudem, in ihrer Rolle als Verbindungsglied zur Politik die Unterstützung für notwendige Restaurationsvorhaben einzufordern, offene Forschungsfragen und den Adaptierungsbedarf bei gesetzlichen Bestimmungen aufzuzeigen, aber auch bei differierenden Positionen den Ausgleich einzelner Stakeholder herbeizuführen. Dazu einige Beispiele:

Ist es wirklich zielführend und gerechtfertigt, für größere EU-LIFE-Natur-Projekte mit mehr als 20 ha Rodungen zwingend eine umfassende Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) vorzusehen, deren Kosten bis zu 10% und mehr der Projektsomme ausmachen? Bei Natura-2000-Gebieten liegt dieses Limit bereits bei 10 ha Rodungsfläche. Wäre es der Sache nicht wesentlich dienlicher und zielführender, dieses Geld für Erweiterungen des jeweiligen Projektes zu verwenden? Oder: Ist es bei Revitalisierungsprojekten sinnvoll, das Forstgesetz so rigide anzuwenden,

Abb. 5.3 Schrittweise hin zu größeren Revitalisierungsmaßnahmen – dafür müssen offene Forschungsfragen geklärt und die Auswirkungen bereits umgesetzter Projekte analysiert werden.



dass für jegliche Rodung Ersatzaufforstungen vorzunehmen sind? Ist es tatsächlich im Sinne des Gesetzgebers, bei großzügigen Restaurationsmaßnahmen, zum Beispiel für Aufweitungen des Flussbettes, um teures Geld Ackerflächen für Aufforstungen ablösen zu müssen?

Aber auch fundamentalistische Haltung einzelner Sachverständiger im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen oder Wasserrechtsverhandlungen können für Restaurationsvorhaben äußerst kontraproduktiv sein. Ist es beispielsweise wirklich gerechtfertigt, dass an einem durch Regulierung völlig degradierten Flussabschnitt ein einzelner alter Baum als Nist- oder Wohnplatz einer seltenen Tierart die Neuanlage und dynamische Entwicklung einer Mäanderschlinge zu Fall bringen kann? Darf die dem Leitbild entsprechende Entfernung von Blocksteinwürfen zwecks Dynamisierung der Flusslandschaft unterbunden werden, wenn in einem solchen Fall alte Silberweiden fallen oder Libellenlarven ihr Habitat verlieren würden? Interessant ist auch die Frage, ob über Jahrzehnte zur Stromerzeugung völlig ausgeleitete Flussstrecken tatsächlich keine Restwasserdotations erhalten dürfen, da sonst mittlerweile dort angesiedelte Spezialisten für Trockenstandorte ihr Habitat verlieren.

Wenn in Zukunft nicht mit Vernunft und Pragmatismus gehandelt und von rein sektoraler Betrachtung und fundamentaler Haltung Abstand genommen wird, bedarf es rasch neuer gesetzlicher Anpassungen. Andernfalls stößt „die Restauration“ im praktischen Alltagsleben bald an ihre Grenzen. Das Aufgreifen oben aufgezeigten Adaptierungsbedarfes im Bereich gesetzlicher Bestimmungen sowie der Ausgleich fundamentaler Positionen verschiedener Parteien werden jedenfalls auch in Zukunft wichtige Aufgaben einer integrativen Wasserwirtschaft bleiben.

Übergeordnetes Ziel einer modernen Wasserwirtschaft ist und bleibt letztlich die Erhaltung und Wiederherstellung der ökologischen Funktionsfähigkeit von Gewässersystemen in gesamtheitlicher Sicht (Abb. 5.4). Selbst wenn die Verhältnisse der ursprünglichen Naturlandschaft nur mehr eingeschränkt erhalten sind, muss das Ziel darin bestehen, unter den nunmehr geänderten Rahmenbedingungen so weit wie möglich intakte Verhältnisse und

natürliche Prozesse der neu entstandenen „Fluss-Kulturlandschaft“ zu gewährleisten. Auch solche „etwas anderen“ Systeme können durch erstaunlich hohe Biodiversität gekennzeichnet sein, für deren Beurteilung die Fischfauna erneut einen guten Indikator bietet. Zugleich sind solche Fluss-Kulturlandschaften ideale Erholungs- und Erlebnisbereiche für die Menschen vor Ort.

Fließgewässer und Flusslandschaften zählen weltweit seit jeher zu den für Menschen wichtigsten Lebensräumen. Unter der Voraussetzung intakter Prozesse und Strukturen bieten Flusslebensräume nachhaltig mannigfaltige Lebensgrundlagen, Möglichkeiten und Leistungen (Trinkwasserversorgung, Vorflut für Abwässer, Schifffahrt, Energiegewinnung, Möglichkeiten für Viehzucht, Jagd und Fischerei, aber auch Naturerlebnis und vieles mehr), die heute international als „ecosystem services“ bezeichnet werden (Böck et al. 2013). An der Unteren Donau und im Delta sind noch jene Lebensgrundlagen und Ökosystemleistungen von großer Bedeutung, die mit hoher Intaktheit und Großflächigkeit des Naturraumes in Verbindung stehen. Im Gegensatz dazu stehen an der österreichischen Donau neben Trinkwasser- und Energiegewinnung sowie Hochwasserretention zunehmend die Funktionen Freizeitnutzung und Naherholung im Vordergrund. Hier sind es speziell die in den letzten 20 Jahren restaurierten Flussabschnitte, die viele Menschen nahezu magisch anziehen, wie dies auch in *Abbildung 5.5* ersichtlich ist.

Das Bedürfnis für solche Maßnahmen steigt dabei umso mehr, je zahlreicher bereits realisierte Projekte persönliche Erlebnisse ermöglichen. Zunehmend mehr Gemeinden erkennen den Wert restaurierter Flussabschnitte für ihre Bevölkerung und zugleich als Attraktion für den Fremdenverkehr.

Abb. 5.4 Nicht nur seltene, sondern vor allem donautypische Tiere und Pflanzen sollen wieder ideale Lebensbedingungen entlang der Donau finden.



Rührsdorf wieder an der Donau!

Wie ich das Ende und die Wiedergeburt des Donauarmes durch die Venediger Au und die Pritzenau erlebte

Mein Vater und mein Großvater, beide gebürtige Rührsdorfer, erzählten mir oft, wie es früher einmal war und ich lauschte immer mit Wehmut ihren Erzählungen. Früher floss ein mächtiger Donauarm an Rührsdorf vorbei. In der Mitte der Donau befanden sich Inseln, genannt Venediger Au bei Rührsdorf und Pritzenau bei Rossatz. Entlang dieses Donauarmes führte ein Treppelweg, auf dem die Pferdegepanne, die vorher von der Dürnsteiner Seite der Donau an das Südufer bei Rossatz übersetzt wurden, die Lastkähne stromaufwärts zogen. Reste dieses Treppelweges sind heute noch erhalten und dienen beim neuen Seitenarm immer noch als Ufersicherung.

Im Zuge der Donauregulierung wurde der Hauptstrom an die Außenseite der Rossatzer Scheibe mit ihrer fast 180°-Kurve verlegt, mit dem Hintergedanken, den Weg der Donau zu verlängern und so die Fließgeschwindigkeit zu verringern, um den neuen dampfbetriebenen Donauschiffen die Fahrt zu erleichtern. Der Zufluss des Rührsdorfer Donauarmes wurde durch die Regulierung unterbrochen und zusätzlich drei sogenannte „Traversen“ errichtet. Diese Quereinbauten sollten die Fließgeschwindigkeit bei Hochwasser verringern und die Anlandung im Seitenarm fördern. Die Gewinnung von Agrarflächen und die Versorgung der Bevölkerung mit Nahrungsmitteln war nach dem Ende des Ersten Weltkrieges vorrangig. Anfangs waren die ver-

bliebenen Lacken sehr groß, was Bilder aus den 30er Jahren bestätigen. Die Erzählungen über den enormen Fischreichtum waren für mich als Kind abenteuerlich und nicht vorstellbar. Ein Sommergast aus Wien, der seinen dreiwöchigen Urlaub mit der Fischerei verbrachte und mich täglich in den Ferien dazu mitnahm, erzählte ebenfalls von der Entwicklung dieses Gewässers, das er von Kindheit an kannte.

Die Lacken verlandeten rasch und anstatt derselben entstanden mit riesigen Aubäumen bewaldete Flächen. In den verbliebenen kleinen Lacken lebende Fische wurden im Winter vom Eis erdrückt oder sie verendeten im Sommer durch die Erwärmung des Wassers und den Sauerstoffmangel. Ich war einige Male dabei, wie Hunderte von toten Fischen eingesammelt und begraben wurden. Diese Erlebnisse waren für mich der Ausgangspunkt für die Idee, einen Zufluss in Form eines Kanals von der Donau her zu schaffen und so die Lacken bei höherem Wasserstand mit Wasser zu versorgen. Die Idee gefiel auch DI Hans Wösendorfer von der damaligen „Wasserstraßendirektion“ sehr gut. Er erstellte ein Projekt und reichte es zur wasserrechtlichen Bewilligung ein. Leider war ein Grundbesitzer dagegen und das Projekt kam nicht zustande.

Nach einigen Interventionen und Zeitungsberichten über die katastrophalen ökologischen Zustände in diesen Seitenarmresten war es Bürgermeister Hannes Hiertzberger, der als Vorsitzender des „Arbeitskreises Wachau“ die Möglichkeit sah, über das „EU-Life-Natur-Programm“ für

ein Vernetzungsprojekt EU-Förderungen zu erhalten. Die Projektträgerschaft übernahm die viadonau. Sie sah in diesem Projekt auch die Chance, nach den gesammelten Erfahrungen mit der Vernetzung zwischen Donau und der Hainburger Au ein vorbildliches und perfektes Projekt umsetzen zu können. Weiters konnten als Projektpartner der NÖ. Landesfischereiverband, der NÖ. Landschaftsfonds und die Marktgemeinde Rossatz-Arnsdorf gewonnen werden.

Schon in der Planungsphase erkannte ich, dass dieses Projekt alle meine Träume übertreffen würde. War doch geplant, das neu zu schaffende Gerinne einen Meter unter Regulierungsniederwasser (RNW) auszubaggern. Neben der Einströmöffnung von der Donau her unterhalb der Rollfähre Weißenkirchen – St. Lorenz fanden wir bald eine Möglichkeit, eine zweite Öffnung bei Rührsdorf für die Versorgung des breiteren Pritzenauarmes zu schaffen. Nach langen, zum Teil heftig geführten Debatten einigte man sich auf die Errichtung zweier Betonbrücken zu den künftigen Donauinseln Venedigerau und Pritzenau.

Ein großes Problem war, dass das Projekt und die Baggerungen im Umfang von bis zu 200 000 m³ großteils auf Privatgründen geplant waren. Es erfüllt mich heute noch mit Stolz, dass alle Grundbesitzer die Notwendigkeit des Vorhabens erkannten und den für die wasserrechtliche Bewilligung notwendigen Revers unterschrieben. Besondere Unterstützung bei der Überzeugungsarbeit erhielt ich von Mag. Hannes Seehofer als Zuständigen für Naturschutzangelegenheiten im „Arbeitskreis Wachau“.

Weitere Sorgen machte uns das geplante Einbringen des Aushubmaterials in die Donau. Die Aussage der Sachverständigen bei der Wasserrechtsverhandlung überraschte und freute uns zugleich. Die anfallende Menge stelle für die häufig hochwasserführende Donau eine „Kleinigkeit“ dar, und so war auch diese Genehmigung kein Problem.

Nach der naturschutz- und wasserrechtlichen Bewilligung konnte im November 2005 gemeinsam mit LR Josef Plank auf der Rührsdorfer Traverse der Spatenstich vorgenommen werden. Für die Rührsdorfer war das der Beginn eines Abenteuers, da sich kaum jemand vorstellen konnte, wie umfangreich die geplanten Arbeiten wer-

den. Schon bei den Rodungsarbeiten halfen viele mit und es konnte bereits im Dezember mit den Baggerungen begonnen werden. Begünstigt durch den strengen Winter mit Dauerfrost und Niederwasser der Donau wurden die Arbeiten bereits Mitte März abgeschlossen. Die verbliebenen Dammreste bei den Einströmöffnungen wurden durch das März-Hochwasser teilweise weggespült und die Donau floss zum ersten Mal wieder durch die Arme an Rührsdorf vorbei. Für uns Rührsdorfer war das ein erhebender Augenblick. Zum ersten Mal brachte die Donau bei Hochwasser nicht noch mehr Schlamm, sondern sie nahm diesen wieder mit. Das war der erste Beweis, dass dieses europaweit einmalige Projekt auch wirklich funktionierte und sich auch in Zukunft selbst erhalten wird. Neben den landwirtschaftlichen und kleinklimatischen Verbesserungen (durch die Rodung der Auwälder) erlebten wir beim Hochwasser 2013 (nach elf Jahren das zweite hundertjährige Hochwasser) eine weitere Verbesserung: War bei früherem Hochwasser die Donau bei Rührsdorf ein gemächlich fließender Strom, so können jetzt durch den neu geschaffenen Seitenarm große Wassermengen schneller abfließen. Die Anschlaglinie wurde damit durchschnittlich um 20 cm abgesenkt. Für den neu geschaffenen Hochwasserschutz in Rührsdorf stellt die Erhöhung des Freibordes (Reserve des Hochwasserschutzes) eine zusätzliche Verbesserung dar.

Sehr zur Freude der Fischereiberechtigten konnte auch ein starker Anstieg der Jungfische festgestellt werden. Dieser Umstand wird durch laufende Kontrollen dokumentiert und somit das Erreichen des Zieles, nämlich die Verbesserung beziehungsweise Erhöhung des Fischbestandes in der Donau mit diesem Projekt bewiesen.

Vision für die Donau

Da die österreichische Donau in der Vergangenheit sehr einseitig für Schifffahrt und Hochwasserschutz reguliert und für die energiewirtschaftliche Nutzung ausgebaut wurde, zudem aber auch zusätzlichen Nutzungen und Einflüsse unterliegt, besteht zunehmend breiter gesellschaftlicher Konsens darüber, dass nunmehr ökologische Wiederherstellung und Verbesserung prioritäre Ziele sind. Die gesetzlichen Voraussetzungen dafür bestehen bereits.

Die Umsetzung dieses für zukünftige Generationen sehr relevanten gesellschaftspolitischen Anliegens sollte umso leichter sein, je klarer Erhaltung und Wiederherstellung intakter Donau-Flusslandschaften als primär für Menschen getätigte Maßnahmen verstanden werden. Steht bei der Diskussion des Wertes intakter Flusslandschaften vorerst der Mensch und nicht unbedingt der Artenschutz im Zentrum des Geschehens, und werden in Folge die Erhaltung von Biodiversität und Schlüsselarten nicht per se, sondern als wichtige Anliegen im Interesse der Gesellschaft argumentiert, ist plötzlich der Durchbruch geschafft – Restaurationsvorhaben werden auf einmal als gemeinsames Anliegen gesehen und umgesetzt.

Vision für die zukünftige Entwicklung der Donau, ihrer begleitenden Flusslandschaften und Zubringersysteme ist somit eine im breiten Konsens getragene Restauration all jener Bereiche, in denen solche Maßnahmen möglich und sinnvoll sind. Zentraler Betreiber ist dabei die Wasserwirtschaft von Bund und Ländern, die in Kooperation mit Naturschutz, IKSD/ICPDR, viadonau und Verbund AG, und unter integrativer Miteinbeziehung aller notwendigen Fachdisziplinen und Stakeholder die Restaurationsvorhaben plant, koordiniert und lenkt. Unter derartigen Voraussetzungen sollte es möglich sein, über weite Bereiche der bestehenden Fließstrecken, Stauwurzeln und Zubringersysteme ein Netz intakter Fluss-Kulturlandschaften wiederherzustellen.

Vision ist ein Netzwerk an großflächigen Flusslandschaften, mit dem sich breite Kreise der Gesellschaft identifizieren und das aufgrund seiner dynamischen Prozesse und Habitatausstattung hohe Biodiversität und

damit naturschutzfachlichen Wert besitzt. Dann kommt es nicht mehr so sehr darauf an, ob ein einzelner alter Nistbaum einer Revitalisierungsmaßnahme zum Opfer fällt. Vielmehr wird das Fluss-Auensystem dazu befähigt, selbstständig neue „alte“ Nistbäume hervorzubringen. Eine solche Flusslandschaft trägt schließlich mit ihrem hohen ästhetischen Wert zur Erholung bei und lädt zum Urlauben ein. Baden, Bootfahren, Lagerfeuer machen, Fischen, Tiere beobachten; oder einfach nur ruhen, dahintümpeln, die Seele baumeln lassen. Wo ist individuelles Erholen und Erleben besser vorstellbar, als an rückgebauten Abschnitten der Donau? Das Rauschen des Stromes, das Treiben mit der Strömung, der Geruch der Donauletten, das Knirschen des Kieses ... Im Wasser liegende Bäume, vom Biber angespitzte Stümpfe, Totholz, Sandbuchten mit Jungfischschwärmen, Spenadler und Kaulquappen in verbliebenen Wasserlachen, tanzende Mückenschwärme, von der Böschung springende Frösche, Eidechsen, Schlangen, Vögel ... Natur, vorne der Strom, im Hintergrund Altwässer und grüner Dschungel.

Eltern liegen dösend im Sand. Kinder spielen. Vertieft, stundenlang. Mit Material, das der Fluss bietet. Junghuchen, Flussuferläufer und Eisvogel sind tolle Indikatoren für die wiedererstandene Flusslandschaft. Spielende Kinder aber noch mehr, da sie den meisten von uns noch näher stehen.

Abb. 5.5 Auch Menschen sind „Bewohner“ des Donaulebensraumes. Neu geschaffene Flusstrukturen sollten daher nicht nur Tieren und Pflanzen, sondern auch Menschen zugutekommen.







Glossar

0+ Individuen: Jungfische des diesjährigen Reproduktionsjahrganges.

1+ Individuen: Jungfische des letztjährigen Reproduktionsjahrganges.

Aare-Donau: Entwicklungsstufe der Urdonau, als sie vor rund 4,5 Millionen Jahren das größte Einzugsgebiet hatte; damals gehörten die Aare, der Alpenrhein, der Urmain, der Urneckar, die Obere Moldau und die Obere Rhone zum Gewässersystem der Donau.

Abundanz: Dichte einer (Fisch-)Population; meist als Anzahl der Individuen (Fische) pro Hektar oder befischter Uferlänge gemessen.

Adulte: erwachsene geschlechtsreife Organismen.

alluvial: abgeleitet vom lateinischen Wort „alluvio“ (Anschwemmung); alluviale Gewässer fließen in den Ablagerungen, die sie selbst antransportiert haben. Im Gegensatz zu Fließgewässern mit felsigem Untergrund, können sie ein ausgedehntes Schwemmland (Augebiet) ausbilden.

Alluvium: Anschwemmungen entlang von Gewässern; von Fließgewässern abgelagerte Sedimente.

Alterskohorte: gehäuftes Auftreten von gleich alten Tieren mit ähnlichen Längen.

Altmühl-Donau: regionale Bezeichnung für die Urdonau vor ca. 0,2 bis 3 Millionen Jahren; damals floss sie in der Fränkischen Jura durch das Altmühltal, wo heute teilweise auch der Rhein-Main-Donau-Kanal verläuft; vor rund 200 000 Jahren verließ die Donau dieses Tal und verlagerte sich nach Süden; seit einer neuerlichen Verlagerung vor ca. 80 000 Jahren fließt sie heute zwischen Neuburg und Kelheim durch die Weltenburger Enge.

anabranched (anabranching): englischer Fachbegriff (mangels eines deutschen Terminus) für Fließgewässer, die sowohl Merkmale eines verzweigten als auch gewunden/mäandrierenden Flusses aufweisen; basierend auf der Flusstyp-Klassifizierung von Nanson & Knighton (1996).

anadrom: vom Meer in Flüsse (meist zum Laichen) einwandernde Fische.

anastomos: im weiteren Sinn werden in der Literatur oft alle verzweigten Flüsse als anastomos bezeichnet; hier sind weit verzweigte Tieflandflüsse mit sehr geringer Fließgeschwindigkeit und Feinsedimenten in Anlehnung an Knighton & Nanson (1993) gemeint.

Anmoor: Mineralböden, die aufgrund von Wasserüberschuss und Sauerstoffarmut einen hohen Anteil an organischer Masse (15 bis 30 %) im 1 bis 4 dm mächtigen Oberboden aufweisen.

Anodenrechen: rechenförmige Anordnung von Anoden (Pluspolen) an einem Elektrofangboot; die Fische werden von den Anoden angezogen und betäubt.

Antezedenz: fluvialer Eintiefungsprozess, der unter gleichzeitiger tektonischer Hebung einer Landschaftsform abläuft; der Flusslauf existierte bereits zuvor und behält trotz der Hebung seine ursprüngliche Laufrichtung bei; Voraussetzung sind geringe Hebungsraten, damit die Tiefenerosion mit der Hebung Schritt halten kann.

Äschenregion: siehe Hyporhithral.

Avulsion: bezeichnet die schlagartige Verlagerung eines Gerinnelaufes im Zuge eines Hochwassers; dabei kann ein bestehender Altarm wieder reaktiviert werden oder ein vollkommen neuer Arm im Umland entstehen; Avulsion ist charakteristisch für verzweigte und anabranched Flüsse

und steht im Gegensatz zu einer kontinuierlichen Verlagerung des Gerinnebetts (z. B. durch Mäandermigration).

Baersches Gesetz: Demnach führt die Corioliskraft dazu, dass auf der Nordhalbkugel die rechten Flusssufer im Mittel stärker erodiert werden als die linken. Dieses Phänomen wurde erstmals von P. A. Slowzow (1827) und Karl Ernst von Baer (1856) zu erklären versucht. Beide Forscher glaubten, dass der Effekt nur bei Flüssen auftritt, die von Süden nach Norden fließen. Albert Einstein fand 1926 heraus, dass dieser Effekt theoretisch von der Fließrichtung unabhängig ist. Die Zweifel am Baerschen Gesetz beziehen sich darauf, dass dieser Effekt nur zeitweise zu beobachten ist und viele andere flussmorphologische Eingangsgrößen vermutlich wesentlich stärkeren Einfluss auf die Dynamik eines Flusses haben.

Ballastwasser: wird von Schiffen aufgenommen, wenn diese ohne Ladung verkehren, um die Stabilität zu gewährleisten. Das Ballastwasser wird direkt aus dem Fluss oder Meer aufgenommen und daher gelangen auch Organismen mit an Bord.

Barbenregion: siehe Epipotamal.

Benthos(zönose): Gesamtheit aller in der Bodenzone eines Gewässers, dem Benthos, vorkommenden Lebewesen; es schließt sowohl die festsitzenden (sessilen) Organismen als auch die kriechenden, laufenden oder vorübergehend schwimmenden (vagilen) Bodentiere ein.

Biodiversität: Kurzform des Begriffs „biologische Vielfalt“; Biodiversität umfasst die Lebensraumvielfalt, die Vielfalt von Tier- und Pflanzenarten in einem Ökosystem sowie die genetische Vielfalt von Organismen.

Biofilm: eine dünne Schicht lebender Mikroorganismen (Bakterien, Algen, Pilze etc.), die Pflanzen, totes Holz und Sohlsubstrate überzieht und wesentlich zur Selbstreinigung der Gewässer beiträgt.

Brittelmaß (auch Schonmaß oder Mindestmaß): gesetzlich vorgeschriebene Länge, die ein Fisch bei der Entnahme aufweisen muss.

Buhne: ein strömungslenkendes Bauwerk, das meist im rechten Winkel vom Ufer Richtung Flussmitte errichtet wird; dient dem Schutz des Ufers vor Erosion oder zur Konzentrierung des Durchflusses bei Niederwasser in der Mitte des Flusses.

Caldera: kesselförmige geologische Struktur vulkanischen Ursprungs.

Catch per unit effort (CPUE): standardisierter Wert für den Fangerfolg pro Fangaufwand; auch als „Fang pro Einheitsversuch“ bezeichnet; Diese Methode eignet sich gut für vergleichende Bestandsaufnahmen.

CITES-Abkommen: auch „Washingtoner Abkommen“ genannt; die „Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (kurz CITES, deutsch „Übereinkommen über den internationalen Handel mit gefährdeten Arten freilebender Tiere und Pflanzen“) ist sowohl ein Abkommen als auch eine internationale Organisation mit dem Ziel, den Handel mit Wildtieren und Pflanzen zu regulieren, um wildlebende Tier- und Pflanzenarten zu schützen.

Corioliskraft: tritt in rotierenden Bezugssystemen zusätzlich zur Zentrifugalkraft auf, wenn eine Masse innerhalb des rotierenden Bezugssystems nicht ruht (wenn sie also nicht einfach nur „mitrotiert“), sondern sich relativ zum Bezugssystem bewegt; ein bekannter Versuch dazu ist die Bahn einer Kugel, die sich auf einer rotierenden Scheibe vom Zentrum zum Rand bewegt: aus Sicht eines mitrotierenden Beobachters bewegt sich die Kugel aber nicht auf einer Geraden, sondern auf einer spiralförmigen Bahn; benannt ist diese Scheinkraft nach Gaspard Gustave de Coriolis, der sie 1835 erstmals mathematisch herleitete.

Donaukommission (bzw. Europäische Donau-Kommission): ständige Behörde der Donau-Anrainerstaaten zur Regelung der internationalen Schifffahrts- und Strompolizei-Vorschriften für die Donau; die „Europäische Donaukommission“ wurde 1856 mit Sitz in Wien gegründet;

heute „Donaukommission“ mit Sitz in Budapest; nicht ident mit „Internationale Kommission zum Schutz der Donau“ (IKSD/ICPDR).

Donauversinkung (auch Donauversickerung): eine unterirdische Flussanzapfung (z. B. durch ein Karsthöhensystem), bei der Wasser im Flussbett flächig versickert.

ecosystem services (auch Ökosystemdienstleistungen): Nutzen oder Vorteile, die Menschen von Ökosystemen beziehen (bei Flüssen z. B. Bewässerungs- und Trinkwasser, Fisch als Nahrungsmittel etc.); Diese Dienstleistungen der Natur sind von hohem wirtschaftlichem Wert, der sich aber meist nur schwer berechnen lässt.

Einwohnergleichwert (EGW): dient als Umrechnungseinheit zum Vergleich von gewerblichem oder industriellem Schmutzwasser mit häuslichem Schmutzwasser; der EGW ist für die Planung und Dimensionierung einer Abwasserbehandlungsanlage von Bedeutung.

Eisstau, Eisstoß: Eisplatten, die sich im Flussbett ineinander verkeilen und „aufschoppen“ (auftürmen); ein Eisstoß kann so anwachsen, dass das Wasser nicht mehr abfließt und sich zurückstaut, wodurch Hochwässer verursacht werden können. Taut ein Eisstoß auf, so kann sich dieser unter dem hohen Wasserdruck plötzlich auflösen. Die dabei entstehende Flutwelle ist oft wesentlich gefährlicher als Hochwässer, die durch Regen oder Schmelzwässer entstehen.

Elektrofischerei: Im Zuge der Elektrofischerei wird elektrischer Strom zum Fang von Fischen eingesetzt. Dabei wird im Wasser ein Gleichstromfeld aufgebaut, wodurch bei sachgemäßer Anwendung die im Stromkreis befindlichen Fische zur Anode schwimmen und dort betäubt werden.

endemisch: meint generell das Auftreten einer Art ausschließlich in einem bestimmten, klar abgegrenzten Gebiet.

Epigenese: fluvialer Eintiefungsprozess, in dessen Folge ältere, erosionsresistentere Gesteine exhumiert werden, in die sich ein bestehendes Fließgewässer sukzessiv einschneidet; dabei entsteht ein epigenetisches Durchbruchstal.

Epipotamal (auch Barbenregion): Fischregion im Längsverlauf eines Flusses, in der die Barbe als Leitfischart dominiert.

Eutrophierung: übermäßiger Nährstoffeintrag von Stickstoff und vor allem Phosphor, und das daraus resultierende Pflanzen- und speziell Algenwachstum im Gewässer.

Feldberg-Donau: Entwicklungsstufe der Urdonau auf die Aare-Donau folgend; nach dem Verlust des Aare-Gewässersystems vor ca. 4 Millionen Jahren wurde der Alpenrhein zum größten Quellfluss der Urdonau; trotzdem wird sie Feldberg-Donau genannt, da der vom Schwarzwälder Feldberg kommende Quellfluss schon weitgehend dem Lauf der heutigen Donau entsprach; vor ca. 20 000 Jahren wurde auch der Oberlauf der Feldberg-Donau ins Rheinsystem eingegliedert, wodurch die heutige Donau entstand.

Feststoffe: Gesamtheit aller in einem Gewässer transportierten feinen und groben Materialien (Geschiebe, Schwebstoffe und Schwimmstoffe).

Fischaufstiegshilfe (auch Fischwanderhilfe oder Fischtreppe): wasserbauliche Anlage an Fließgewässern, die wandernden Fischen die Möglichkeit bietet, Wehranlagen zu überwinden. Fischaufstiegshilfen können als kurzer Umgehungs-bach, langer Umgehungsarm, Tümpelpass, vertical slot (Schlitzpass) etc. ausgeführt werden.

Fischereireviervereinbarung (FRV): Die fünf NÖ Fischereireviervereine haben als Organe des NÖ Landesfischereivereines insbesondere die regionalen Interessen der Fischerei zu wahren. Sie sind im Rahmen ihres Wirkungsbereiches auch für die Ausstellung der Fischerkarten zuständig. Die Donau in NÖ liegt im Zuständigkeitsbereich der Fischereireviervereine I – Krems und II – Korneuburg.

Flurabstand: Höhenunterschied zwischen Grundwasserspiegel und Geländeoberkante; die damit verbundene Verfügbarkeit von Wasser ist einer der wichtigsten Faktoren für die Entwicklung der Vegetation.

Flussmorphologie: beschreibt als Teil der Geomorphologie die Gestalt der Fließgewässer und versucht die Vorgänge, die zu deren Ausbildung führen, zu erklären bzw. deren Ursachen zu beschreiben.

fluvial (auch fluviatil): von Flüssen verursacht, vom lateinischen Wort „fluvius“ für „Fluss“ stammend.

Furkation: stark verzweigter („aufgegabelter“) Abschnitt eines Gewässers mit großen Schotterbänken und bewachsenen sowie unbewachsenen Inseln.

Geschiebe: vom fließenden Wasser auf oder nahe der Gewässersohle gleitend, rollend oder springend fortbewegtes Gesteinsmaterial.

glazio-nivales Regime: die vom Gletscherabfluss und von der Schneeschmelze dominierte Wasserführung eines Fließgewässers.

Global change: unter diesem Begriff werden verschiedene globale Veränderungsprozesse zusammengefasst; im engeren Sinn werden damit die durch globale Erwärmung hervorgerufenen Umweltveränderungen, wie zum Beispiel die Erhöhung der Luft- und Wassertemperatur, verstanden.

Glochidien: Larven von verschiedenen Flussmuschelarten, die in den Kiemen von Fischen heranwachsen.

Grundgebirgsschwelle: Felsformation, die die Sohle eines Flusses höhenmäßig im Längsverlauf fixiert; das Gefälle flussauf einer solchen Stelle wird dadurch maßgeblich beeinflusst.

Haplotyp: Gruppe von Genen, die Nachkommen von ihren Eltern erben; unterschiedliche Haplotypen kennzeichnen bestimmte genetische Typen einer Art.

Hauer-Elefant (Deinotherium): eine ausgestorbene Gattung der Rüsseltiere, zu denen auch die heute lebenden Elefanten zählen; Hauer-Elefanten lebten vor 1 bis 22 Millionen Jahren in einem Großteil der Alten Welt; der Name leitet sich von den nach unten gerichteten Stoßzähnen des Unterkiefers ab.

Haufenrandbaggerungen: aus schiffahrtstechnischen Gründen durchgeführte Baggerung am stromseitigen Rand einer Schotterbank oder -insel.

Herbivore: pflanzenfressende Arten.

Hinterrinner: kleiner, durchströmter Arm zwischen (Schotter-)Insel und Ufer, der bei höheren Wasserständen mit dem Hauptarm flächig verbunden ist.

Holozän: jüngster Zeitabschnitt der Erdgeschichte, der bis heute andauert; begann vor etwa 12 000 Jahren mit der Erwärmung des Klimas am Ende des Eiszeitalters (Pleistozän).

Homing(effekt): Prägung der Fische, im laichreifen Stadium an ihren Geburtsort zurückzukehren.

HQ_x: in der Hydrologie gebräuchliche Abkürzung für „Hochwasserabfluss“ (Q steht generell für Abfluss, gemessen in m³/s); x bezeichnet die Jährlichkeit, das heißt die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten eines Hochwassers (z. B. 100-jährliches Hochwasser = HQ₁₀₀); bezieht man sich nicht auf den Abfluss, sondern auf den Wasserstand, dann verwendet man analog dazu die Abkürzung HW_x.

hydraulischer Radius (R = A/U): wichtige Größe zur Charakterisierung des Gerinneprofils; beschreibt das Verhältnis zwischen dem durchströmten Gerinnequerschnitt (A) und dem benetzten Umfang (U = Breite der wasserbedeckten Sohle bzw. Uferbereiche). Vereinfacht gesagt, weisen bei gleichem Durchflussprofil kompaktere, tiefere Gerinne mit kleinem benetztem Umfang bessere Fließeigenschaften auf, als breitere und seichtere Gewässer.

hydrologisches Regime (auch Abflussregime): der mittlere jahreszeitliche Verlauf des Abflusses (Wasserführung) eines Gewässers; wird vom Klima, Geländere Relief oder auch von menschlichen Eingriffen beeinflusst.

Hydromorphologie: wissenschaftliche Disziplin, welche die vorhandenen Gewässerstrukturen und das damit verbundene Abflussverhalten eines Gewässers in seiner räumlichen und zeitlichen Ausdehnung beschreibt; unter diesem Begriff wird auch der generelle physische (abiotische) Zustand eines Gewässers verstanden.

Hyporhithral (auch Äschenregion): Fischregion im Längsverlauf eines Flusses, in dem die Äsche dominiert.

ICPDR/IKSD: Die „International Commission for the Protection of the Danube River“ (ICPDR) bzw. „Internationale Kommission zum Schutz der Donau“ (IKSD) ist eine Internationale Organisation mit Sitz in Wien. Die rechtliche Grundlage der 1998 gegründeten ICPDR ist die 1994 in Sofia von den Mitgliedstaaten unterzeichnete „Danube River Protection Convention“ (DRPC). Das erklärte Ziel der Organisation ist die Umsetzung dieses Donauschutz-Übereinkommens und der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie im Donaoraum.

indifferent: Organismen (Fische) ohne besondere Präferenz hinsichtlich der Fließgeschwindigkeit.

instream structures: Gewässerstrukturen, wie Kiesbänke, Kiesinseln oder Felsen, die innerhalb des aktiven Gerinnes (ca. Mittelwasserbett) vorkommen.

Inundationsgebiet (auch Überschwemmungsgebiet): generell bei Hochwässern überflutete Landfläche; in Wien wurde das im Zuge der großen Wiener Donauregulierung 1870–1875 linksufrig abgegrabene Vorland explizit als Inundationsgebiet bezeichnet, das bei Hochwässern ab HQ₁ überflutet wurde (siehe auch Retentionsraum).

IUCN: „International Union for Conservation of Nature and Natural Resources“ oder „Internationale Union für die Bewahrung der Natur und natürlicher Ressourcen“; Ziel der IUCN ist es, den Natur- und Artenschutz zu fördern. Sie erstellt die Rote Liste gefährdeter Arten.

Jura: der Jura ist ein geologischer Zeitabschnitt, der vor 201 Millionen Jahren begann und vor 145 Millionen Jahren endete; er dauerte somit 56 Millionen Jahre und war die erste Blütezeit der Dinosaurier; die Jura ist ein Gebirge, das hauptsächlich aus Ablagerungen (Kalkstein, Mergel und Ton) besteht, die während des Jura am Rande des damaligen Urmeeres (Tethys) abgelagert wurden.

Kachlet: ein Flussabschnitt mit herausragenden Felsen und manchmal auch mit kleinen Inseln; für die Schifffahrt nicht nur wegen der Felsen, sondern auch wegen überraschend auftretenden Querströmungen sehr gefährlich.

Kehrwasser(bereich): Bereiche in Fließgewässern, in denen sich die Strömung flussaufwärts kehrt oder beinahe zum Stillstand kommt; diese „Umkehr“ (oder Verlangsamung) der Fließrichtung wird durch Wirbelbildung im Strömungsschatten von angeströmten Hindernissen (z. B. größere Ufervorsprünge) hervorgerufen; die Grenze zwischen der Hauptströmung und dem Kehrwasser wird als Kehrwasserlinie oder Verschneidungslinie bezeichnet.

Kies: siehe Schotter.

Kipppegel (auch Wendepiegel): die aktuell gültigen Wehrbetriebsordnungen der Donaukraftwerke beziehen sich auf Wasserstände an bestimmten Pegeln, wie zum Beispiel Kipppegeln; wird ein bestimmter Wasserstand an diesen Pegeln erreicht, müssen die Wehre beim Kraftwerk so weit geöffnet werden, dass ein vorgegebener Wasserstand am Kipppegel nicht überschritten wird; bei der vollständigen Öffnung der Wehre im Zuge von Hochwässern senkt sich der aufgestaute Wasserspiegel flussab des Kipppegels ab, während er flussauf infolge des Hochwasserabflusses ansteigt.

Kleine Eiszeit: eine Periode relativ kühlen Klimas, die von Anfang des 15. Jahrhunderts bis um 1850 dauerte; oft werden als Beginn der Kleinen Eiszeit auch die 1560er-Jahre angegeben, da dies der Anfang einer besonders extremen Kältephase war.

Kolmation (Kolmatierung): auch als Selbstabdichtung einer Gewässersohle bezeichnet; dabei wird durch den Eintrag von Feinsedimenten das Porenvolumen des Sohlsubstrats verfüllt, wodurch die Durchlässigkeit des Gewässerbetts und der damit verbundene Austausch zwischen Grundwasser und Fließgewässer behindert wird.

Längenfrequenzdiagramm: Darstellung der Anzahl der Individuen (Fische) je Längensklasse.

Längskontinuum: Begriff für einen ungehindert passierbaren, aquatischen Lebensraum im Längsverlauf eines Flusses; Talsperren, Wehre oder Sohlstufen unterbrechen den Lebensraum; die Fragmentierung in Teillebensräume gefährdet vor allem Arten, die in ihrem Lebenszyklus lange Wanderungen durchführen.

Laufentwicklung (auch Sinuosität): das Verhältnis zwischen der Lauflänge eines Flusses und der Länge der Luftlinie (gemessen zwischen Anfangs- und Endpunkt eines Flussabschnittes); statt der Luftlinie wird in jüngerer Zeit meist die Mittelachse des Flussstales als Vergleichsbasis herangezogen; wenn der Lauf annähernd gleich lang wie die Luftlinie (bzw. Talachse) ist, dann spricht man von einem gestreckten Fluss (Sinuosität = 1 bis 1,1); wenn der Lauf zumindest 1,5 Mal länger als die Luftlinie (Talachse) ist, dann handelt es sich um einen mäandrierenden Fluss; bei Werten zwischen 1,1 und 1,5 ist es ein gewundener Fluss.

Leichter (oder Barge): Schiffe ohne eigenen Antrieb, die überwiegend in der Binnenschifffahrt verwendet werden; sie werden entweder gezogen oder geschoben und dienen hauptsächlich dem Transport von Gütern.

Limes: im Römischen Reich vom 1. bis 6. Jahrhundert n. Chr. angelegte Grenzwälle oder militärische Grenzsicherungssysteme.

limnisch: in Süßwasserseen entstandene Sedimente bzw. in Süßwasserseen lebende Arten.

limnophil: aquatische Organismen, die stehende oder kaum fließende Gewässer bevorzugen; auch als stagnophil bezeichnet.

Löss (auch Löß): ein hellgelblich-graues Sediment, das vorwiegend aus Schluff (feinem Sand) besteht; Löss wurde überwiegend während der Eiszeiten vom Wind abgelagert und ist ein Ausgangssubstrat für ackerbaulich sehr gut geeignete Böden (z. B. für Weinbau).

mäandrierend: ein Gewässer, das sehr enge Flussschlingen (Mäander) ausbildet und damit einen wesentlich längeren Lauf hat, als es der Luftlinie entsprechen würde; ist der Lauf mindestens 1,5 mal länger als die Luftlinie, dann spricht man von einem mäandrierenden Fluss; ansonsten handelt es sich um einen gestreckten oder gewundenen Lauf.

Makrophyten: submerse Wasserpflanzen, Moose, lebende Pflanzenteile etc., die mit bloßem Auge deutlich erkennbar sind.

Makrozoobenthos: Gesamtheit aller in der Bodenzone eines Gewässers, dem Benthos, vorkommenden Lebewesen, die mit freiem Auge gerade noch erkennbar sind; dazu gehören Insektenlarven, Krebse, Muscheln, Würmer, Schnecken, Egel etc.

Marschland (englisch Marshland): Schwemmland, das nach der Eiszeit in den letzten 10 000 Jahren entlang von Flüssen oder Küsten entstanden ist; mehr oder weniger stark versumpft.

Mesolithikum: Mittelsteinzeit; Beginn nach der letzten Eiszeit vor ca. 10 000 Jahren; dauerte bis zur Einführung des Ackerbaues (Neolithikum), der im Süden Europas vor ca. 6 000 Jahren begann.

Miozän: geologischer Zeitabschnitt des sogenannten Neogens (nach früherer geologischer Nomenklatur dem Tertiär zugerechnet); es begann vor ca. 23 Millionen Jahren und endete vor 5,3 Millionen Jahren; das Klima im Miozän war global noch warm, obwohl eine allmähliche Abkühlung das bevorstehende Eiszeitalter ankündigte.

Mittelalterliche Warmzeit: bezeichnet eine geringfügige Klimaerwärmung, deren Höhepunkt zwischen 1000 und 1300 n. Chr. war; wird oft mit der Besiedelung Grönlands und Weinbau an späteren Ungunsthängen in Zusammenhang gebracht.

Mittelwasser: über einen bestimmten Zeitraum gemessenes arithmetisches Mittel des Wasserstandes oder der Wasserführung (Abfluss); wird als MW abgekürzt, wenn es sich auf den Wasserstand bezieht und als MQ, wenn der Abfluss gemeint ist.

Molasse: generelle Bezeichnung für Sedimente und Sedimentgesteine, die bei der Abtragung eines Faltengebirges entstanden sind; im Vorland der Alpen wird zwischen der Süßwassermolasse mit fluvialen und limnischen Ablagerungen und der Meeresmolasse mit mehr marinen Sedimenten unterschieden.

Molassemeer: siehe Paratethys.

Molassezone (auch Molassebecken): bildete sich in einer Vorlandsenke, die in der Endphase der Alpenentstehung nördlich der Alpen entstanden ist; diese Vorlandsenke war ein Meeresarm des Molassemeeres, der sich mit Sedimenten füllte und verlandete; heute gehören das schwäbische, bayerische und österreichische Alpenvorland dazu.

Neobiota: Tier- oder Pflanzenarten, die sich – mit oder ohne menschliche Einflussnahme – in einem Gebiet etabliert haben, in dem sie zuvor nicht heimisch waren.

Neolithikum: Jungsteinzeit; wird mit der Einführung des Ackerbaues von der Mittelsteinzeit abgegrenzt; Beginn in Südeuropa vor ca. 6 000 Jahren.

Neolithische Revolution: der Wechsel der Menschen von der Lebensweise als Jäger und Sammler zu produzierenden Wirtschaftsweisen (Ackerbau, Viehzucht) kombiniert mit Vorratshaltung zu Beginn des Neolithikums (Jungsteinzeit); damit beginnt auch die Anlage fester Siedlungsplätze; in Mitteleuropa vor ca. 5 500 Jahren vom Donaauraum ausgehend.

Neophyten: Pflanzenarten, die in historischer Zeit einwanderten oder eingeschleppt wurden und sich in der einheimischen Pflanzenwelt eingebürgert haben; Überbegriff: Neobiota.

Neozoen (auch Neozoa): aus entfernten Gebieten oder anderen Kontinenten nach 1492 (neu) eingewanderte oder eingebürgerte Tierarten; Überbegriff: Neobiota.

nominale oder nominelle PS (Pferdestärken): die Maschinenleistung, die für Dampfschiffe in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts angegeben wurde, ist aufgrund der geänderten Konstruktion von Dampfmaschinen bzw. der Berechnung der Leistung nicht direkt vergleichbar mit den heute gebräuchlichen PS; die tatsächliche Maschinenleistung konnte daher erheblich größer sein als die angegebenen nominalen PS.

ökologische Funktionsfähigkeit: Fähigkeit zur Aufrechterhaltung des gewässertypischen Wirkungsgefüges in einem Gewässerlebensraum sowie in Wechselwirkung mit dem Umland.

ökologisches Leitbild: beschreibt im Zuge eines Planungsprozesses die gewünschte flussmorphologische und gewässerökologische Entwicklungsrichtung eines Gewässers; wird zumeist auf Basis des ehemaligen, unregulierten Gewässerzustandes definiert, kann aber unter den aktuell gegebenen Rahmenbedingungen stark vom historischen Zustand abweichen.

Ökoregion: geowissenschaftlicher Begriff zur Einteilung der Erde nach Großräumen unter verschiedenen geo- oder biologischen Gesichtspunkten; Ökoregionen umfassen relativ große Gebiete von Land oder Wasser und enthalten charakteristische Pflanzen- und Tiergemeinschaften.

oligorheophil: geringe Fließgeschwindigkeiten bevorzugend.

Omnivore: Allesfresser, deren Nahrung sich sowohl aus Tieren als auch Pflanzen zusammensetzt.

Pannon-See (auch Pannonischer See): ein im tektonischen Senkungsbereich zwischen Alpen und Karpaten vor ca. 12 Millionen Jahren aus der Paratethys (Urmeer) entstandener riesiger See, der sich zunächst zu einem Brackwassersee und schließlich zu einem Süßwassersee verwandelte; die letzten Reste im westlichen Kroatien und nördlichen Serbien trockneten vor ca. 2 bis 3 Millionen Jahren aus; der Neusiedler See und der Plattensee entstanden erst viel später.

Paratethys (auch Urmeer oder Molassemeer): ein flachgründiges Meer, das sich zwischen den auffaltenden Gebirgen und dem eurasischen Festland vor ca. 34 Millionen Jahren bildete; sie

erstreckte sich zeitweise vom Rhone-Gebiet Frankreichs bis zum heutigen Aralsee; in der Ungarischen Tiefebene entwickelte sich daraus vor ca. 12 Millionen Jahren der Pannon-See und in der Walachischen Tiefebene (Rumänien, Bulgarien) vor ca. 7 Millionen Jahren der Pontische See; die Reste der Paratethys sind das Schwarze Meer, das Kaspische Meer und der Ohridsee im Grenzgebiet von Mazedonien und Albanien.

Phylogenese: bezeichnet die stammesgeschichtliche Entwicklung der Lebewesen, also die Entwicklung von genetisch unterschiedlichen Arten.

Pleistozän: geologischer Zeitabschnitt, der vor etwa 2,6 Millionen Jahren begann und vor 11 700 Jahren mit dem Beginn des Holozäns (Jetztzeit) endete; das Pleistozän ist vor allem durch den Wechsel von Eiszeiten und Warmzeiten geprägt.

Pliozän: geologischer Zeitabschnitt, der vor 5,3 Millionen Jahren begann und mit dem Beginn des Pleistozäns vor 2,6 Millionen Jahren endete; es ist der letzte Abschnitt des Tertiärs, der im Gegensatz zum Pleistozän ein relativ stabiles Klima aufwies; die durchschnittliche Jahrestemperatur lag um ca. 2° Celsius höher als heute (IPCC 2007).

pluvio-nivales Regime: die von Regen und Schneeschmelze dominierte Wasserführung eines Fließgewässers.

Point abundance-Befischung: punktförmige Befischung (meist elektrisch) mit definiertem Flächen- und Habitatbezug.

Pontischer See: ein im tektonischen Senkungsbereich zwischen den Karpaten und dem heutigen Schwarzen Meer vor ca. 7 Millionen Jahren aus der Paratethys (Urmeer) entstandener See, der sich zunächst zu einem Brackwassersee und schließlich zu einem Süßwassersee verwandelte; je nach Höhenlage des Meeresspiegels wurde er wiederholt an das Meer angebunden; er verschwand allmählich im Laufe der letzten Eiszeiten.

ponto-kaspisch: nicht eindeutig abgegrenzte Region auf dem eurasischen Kontinent; Fauna des Schwarzen und Kaspischen Meeres und deren Zuflüsse, die aufgrund der geologischen und klimatischen Bedingungen Gemeinsamkeiten aufweist.

Potamoplankton: Flussplankton; dieses tritt in höherer Dichte erst im Unterlauf (Potamal) auf, wo die Strömungsgeschwindigkeiten reduziert und die sommerliche Wassertemperatur hoch ist.

Prädonau: Vorläufer der Donau, der vor ca. 25 Millionen Jahre entstanden ist; verschwand durch die neuerliche Überflutung des Alpenvorlandes durch die Paratethys (Urmeer) vor ungefähr 20 Millionen Jahren; die Prädonau floss von Westen nach Osten.

prämiozän: älter als das Miozän (siehe Miozän).

Prärhone: Vorläufer der Donau, der vor ca. 17 Millionen Jahre entstanden ist; existierte bis vor ungefähr 10 Millionen Jahren, als sich die Urdonau entwickelte; die Prärhone floss von Osten („Schwelle von Amstetten“) nach Westen.

Primärproduktion: Produktion von Biomasse durch Primärproduzenten (Pflanzen, Algen und manche Bakterien) mit Hilfe von Licht oder chemischer Energie aus anorganischen Substanzen.

Ramsar-Schutzgebiet: Schutzgebiet, welches der im Jahr 1971 in der iranischen Stadt Ramsar unterzeichneten Konvention zum Schutz von Feuchtgebieten internationaler Bedeutung als Lebensraum für Wasser- und Watvögel unterliegt.

Referenzstrecke: Gewässerabschnitt bzw. dessen Lebensgemeinschaft, der zum Vergleich mit einem aktuell untersuchten Bereich herangezogen wird. Eine Referenzstrecke kann entweder räumlich an einem anderen Fluss(abschnitt) oder zu einem anderen Zeitpunkt (z. B. vor der Regulierung) angesiedelt sein. Bei der Erstellung eines ökologischen Leitbildes wird oft auf Referenzstrecken zurückgegriffen.

Rehabilitierung: meist synonym für „Revitalisierung“ verwendet (siehe Revitalisierung).

Renaturierung: meist synonym für „Revitalisierung“ verwendet (siehe Revitalisierung).

Reproduktion: Fortpflanzung von Organismen.

Restauration: abgeleitet vom englischen Fachbegriff „Restoration“; meist synonym für „Revitalisierung“ verwendet (siehe Revitalisierung).

Restaurationsökologie: beschäftigt sich mit Maßnahmen, die das Ziel haben, durch Menschen beeinträchtigte Ökosysteme in einen ähnlichen Zustand zu versetzen, wie er vor der Störung durch die Menschen gegeben war.

Retentionskapazität: die Fähigkeit eines Landschaftsraumes (Augebiet), Wasser aufzunehmen bzw. zurückzuhalten; damit wird Wasser temporär dem Hauptfluss entzogen und die Hochwasseramplitude reduziert.

Retentionsraum/-fläche: Bereich für den Rückhalt und die Zwischenspeicherung von Wasser während eines Hochwassers; dadurch wird die Hochwasserwelle gedämpft.

Revitalisierung: (teilweise) Wiederherstellung eines menschlich veränderten Ökosystems gemäß seinem ungestörten, natürlichen oder historischen Zustand; Ziel ist die Reaktivierung systemtypischer ökologischer Funktionen und Strukturen, um der darauf spezialisierten Fauna und Flora langfristig adäquate Lebensräume zu bieten.

rezentes Augebiet: Bereich eines Augebietes, der unter den gegenwärtigen klimatischen und hydrologischen Bedingungen entstanden ist; in der Geologie wird darunter oft das gesamte nach-eiszeitliche Alluvium eines Flusses verstanden; in der Flussmorphologie wird noch näher zwischen Bereichen unterschiedlicher Ablagerungsvorgänge bzw. -zeiträume unterschieden; so werden ältere Bereiche, wie jene aus der Römerzeit oder dem Frühmittelalter, nicht mehr als rezent bezeichnet, wenn sie schon seit Jahrhunderten nicht mehr Umlagerung durch den Fluss erfahren.

rheophil: strömungsliebend, Lebensräume mit starker Strömung bevorzugend.

Rheophilie: Grad der Vorliebe von Organismen, sich in strömenden Gewässern aufzuhalten.

Salmonidengewässer: meist im Oberlauf gelegene, stärker strömende und sommerkühle Gewässer, in denen vor allem Salmoniden wie Forellen und Huchen oder Äschen auftreten.

Sauerstoff-Isotope: In der Atmosphäre kommen drei verschiedene Formen des Sauerstoffs mit unterschiedlichem Atomgewicht vor (^{16}O , ^{17}O und ^{18}O), wobei das leichtere Isotop ^{16}O mit einem Anteil von 99,76 % dominiert. Da das leichtere Isotop ^{16}O auch leichter verdunstet, ist das Verhältnis der Sauerstoff-Isotope im Wasser temperaturabhängig. Durch die Analyse des ^{18}O -Isotopgehaltes in Eisbohrkernen können daher Rückschlüsse auf das Klima der Vergangenheit gezogen werden.

Schleppkraft (auch Schleppspannung oder Sohlschubspannung): vom fließenden Wasser (Strömung) auf die Sedimentteilchen an der Sohle ausgeübte Kraft; übersteigt diese Kraft einen kritischen Wert, so setzt sich das Sediment in Bewegung und es kommt zur Erosion der Sohle; wird in Newton pro m^2 gemessen.

Schleppleichter: ein Leichter (Barge), der von einem Zugschiff geschleppt wird (siehe Leichter).

Schlier: feinere Anteile der Molasse-Sedimente, die im Molassemeer (Paratethys) bis ins Innere des Meerestrogos trieben; die Ablagerung erfolgte vor 17 bis 20 Millionen Jahren; im bayerisch-österreichischen Alpenvorland als „Schlier“ bezeichnet.

Schlitzpass: siehe vertical slot.

Schlüsselarten: Arten, die im Rahmen einer Lebensgemeinschaft eine zentrale Rolle spielen und damit hinsichtlich der Beurteilung des Erfolges von Revitalisierungsmaßnahmen hohe Bedeutung besitzen.

Schotter: durch den Transport im Fluss abgerundete Lockergesteine mit einer Korngröße zwischen 2 und 6,3 cm; der im Bauwesen und Flussbau heute gebräuchliche Begriff dafür ist Kies, welcher auch kleinere Fraktionen mit Korngrößen ab 0,2 cm umfasst; umgangssprachlich wird Schotter oft mit Kies synonym verwendet, so auch in diesem Buch.

Schütze (plural; singular: das Schütz): eine Anlage (Schieber, Platte etc.) zur Regelung des Wasserdurchflusses von Leitungen bzw. zum Absperrern und Aufstauen von Wasserläufen oder Schleusen; größere Anlagen werden als Wehr bezeichnet.

Schwefstoffe: im Wasser durch Turbulenz in Schwebe gehaltene feste Stoffe; oft auch als Feinsedimente, Schluff, Silt oder „Letten“ bezeichnet.

Schwellbetrieb (auch Schwallbetrieb): eine besondere Form des Betriebs von Wasserkraftwerken, bei der zur Deckung des Spitzenbedarfs an Strom Kraftwerke entweder nur zeitweise betrieben (Speicherkraftwerke) oder zusätzliche Turbinen in Betrieb genommen (Laufkraftwerke) werden; dies verursacht unterhalb des Kraftwerkes künstlich erzeugte Unterschiede der Wasserführung; hohe Wasserführung wird als Schwall bezeichnet, zurückgehender Abfluss als Sunk; die unterschiedlichen Wasserführungen können mehrmals am Tag auftreten und verursachen eine Reihe von ökologischen Problemen.

Sedimentfächer (auch Schwemmfächer oder Schwemmkegel): Ablagerungsbereich fluvialer Sedimente beispielsweise beim Übertritt eines Flusses vom Gebirge in eine Ebene; wegen der Abnahme der Fließgeschwindigkeit und der damit verbundenen Transportkapazität bildet sich ein dreieckiger oder kegelförmiger Schwemmfächer aus.

semi-aquatisch: im Übergangsbereich von aquatischen und terrestrischen Habitaten lebende beziehungsweise teils an Land und teils im Wasser lebende Organismen.

Sinuosität: siehe Laufentwicklung.

sommerliches Mittelwasser (SMW): Mittelwasserstand während der Vegetationsperiode April bis September; der SMW ist etwas höher als der Mittelwasserstand (MW) eines gesamten Jahres, da die Flüsse im Sommer mehr Wasser führen; historisch lag der SMW an der Donau um 0,3 bis 0,4 m höher als der MW; heute sind es aufgrund der Kanalisierung der Donau ca. 0,5 m; vor der Regulierung entsprach der SMW etwa dem aktiven Gerinne der Donau, welches sich aus Wasser- und unbewachsenen Sedimentflächen zusammensetzte.

speleophil: Höhlen als Lebensraum bevorzugend.

Spenadler: österreichische Bezeichnung für Jungfische donautypischer Fischarten.

Spitzenstrom (auch Spitzenlast): kurzzeitig auftretende hohe Leistungsnachfrage im Stromnetz.

stagnophil: nicht strömende (stagnierende) Lebensräume bevorzugend.

Stauwurzel: oberster Abschnitt eines Stauraumes, in dem noch Fließgeschwindigkeiten, Wasserspiegelschwankungen und Sedimente vorherrschen, die jenen einer freien Fließstrecke ähnlich sind.

Stauziel: die für den Kraftwerksbetrieb vorgesehene Wasserspiegelhöhe flussauf einer Stauanlage.

strayer: herumstreunende Fische, die neue Lebensräume entdecken und besiedeln.

subadult: Altersklasse zwischen dem Juvenil- (Jungfisch-) und Adultfisch-Stadium.

Systematik: Klassifizierung und Benennung von Lebewesen unter Berücksichtigung der Verwandtschaftsverhältnisse.

Talmäander: Mäander eines Flusses, die tief in der umgebenden Landschaft (Bergland) eingeschnitten sind; dadurch kann sich die Form der Mäander kaum noch ändern; größtenteils entstanden durch Antezedenz und Epigenese.

Taxonomie: Teilgebiet der Biologie, das die verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen Lebewesen untersucht und diese in einer Systematik erfasst und klassifiziert.

tektonisch (Tektonik): durch Bewegungen im oberen Teil des Erdmantels entstandene geologische Strukturen; die Tektonik ist die Lehre vom Aufbau der Erdkruste und von den in ihr stattfindenden großräumigen Bewegungen.

Telemetrie(-untersuchung): Beobachtung des Wanderverhaltens von Fischen durch Applikation oder Implantation von Sendern.

Tertiäreliekt: Art, die die Eiszeiten in bestimmten Refugien überdauert und seither keine wesentliche Änderung ihrer Ausbreitung erfahren hat.

Tethys (auch Urmeer): ein Ozean der Erdgeschichte, der vor ungefähr 250 Millionen Jahren südlich des Kontinents Eurasien entstand und bis zur Gebirgsbildung vor ca. 30 Millionen Jahren bestand; die Tethys verschwand größtenteils, als Afrika und Indien mit Eurasien kollidierten; durch die Entstehung der Alpen wurden Teile der Tethys abgetrennt, wodurch nördlich und östlich der Alpen die Paratethys entstand (siehe Paratethys); Reste der Tethys finden sich heute im Mittelmeer, Schwarzen Meer und nordwestlich von Australien.

Theresianische Fassion (auch Theresianischer Kataster oder Steuerrektifikation): eine von Kaiserin Maria Theresia im Jahr 1748 angeordnete Steuererhebung; die Steuerrektifikation trat in den meisten Kronländern 1758 in Kraft; es wurde dabei keine Katastralvermessung und Mappierung durchgeführt; die Ergebnisse der Rektifikationen sind in sogenannten Fassionen festgehalten.

Treppelweg: Weg entlang des Donauufers, auf dem Pferde Schifffzüge flussaufwärts zogen (auch Treidelweg, Hufschlag oder Leinpfad genannt).

Tümpelpass: eine Fischaufstiegshilfe, die sich aus aneinandergereihten Becken mit dazwischenliegenden, für Fische passierbaren Schwellen zusammensetzt.

Ubiquist: Art, die eine Vielzahl unterschiedlicher Lebensräume innerhalb ihres Verbreitungsgebietes besiedelt.

Umlaufberg: Geländehöhe, die innerhalb eines Talmäanders zurückgeblieben ist.

Unterwasseraustiefung: künstliche Tieferlegung der Flusssohle direkt unterhalb eines Kraftwerkes zum Zwecke der Leistungsoptimierung; dadurch wird der Wasserspiegel im Unterwasser eines Kraftwerkes abgesenkt, die Fallhöhe vergrößert und das aus den Turbinen strömende Wasser kann mit geringerem Widerstand abfließen.

Unterwassereintiefung: passiver, meist durch wasserbauliche Eingriffe hervorgerufener Prozess, bei dem sich der Fluss tiefer in die Sohle eingräbt; erfolgt oft direkt flussab von Wehren oder Sohlstufen.

Urdonau: Mit diesem Begriff, der sich meist auf den Donaulauf nördlich der Alpen bezieht, werden mehrere Entwicklungsstufen der heutigen Donau (seitdem sie von West nach Ost fließt) bezeichnet. Die Urdonau entstand vor ca. 10 Millionen Jahren; die jüngeren Entwicklungsstufen der Urdonau werden unterschiedlich bezeichnet (siehe Aare-Donau, Altmühl-Donau, Feldberg-Donau).

vertical slot (auch Schlitzpass): eine technische Fischaufstiegshilfe, die aus aneinandergereihten Becken mit vertikal geschlitzten Zwischenwänden besteht; die erforderlichen Beckenabmessungen hängen von den wandernden Fischarten, dem Durchfluss und der Schlitzbreite der Zwischenwände ab.

Vorwarnliste: Tiere und Pflanzen, welche aktuell noch ungefährdet sind, aber zufolge verschiedener Einflüsse in nächster Zeit eine Gefährdung erwarten lassen.

Walachische Tiefebene: ausgedehnten Tiefebene in Südosteuropa an der Unteren Donau; sie ist Teil des eurasischen Steppengürtels; im engeren Sinn ist eigentlich nur der rumänische Teil nördlich der Donau gemeint (der bulgarische Teil südlich der Donau wird als „Donautiefebene“ bezeichnet); hier sind beide Gebiete gemeint.

Wasserrahmenrichtlinie, Europäische: Richtlinie, die den rechtlichen Rahmen für die Wasserpolitik innerhalb der EU vereinheitlicht und bezweckt, die Wasserpolitik stärker auf eine nachhaltige und umweltverträgliche Wassernutzung auszurichten (offizielle Bezeichnung: „Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik“).

Wasserwirtschaft: Bewirtschaftung der Wasserressourcen durch den Menschen (z. B. Nutzung von ober- und unterirdischen Gewässern, Trinkwassergewinnung, Entsorgung von Abwässern, Bewässerung von Agrarflächen etc.). Um die vorhandenen Wasserressourcen ökologisch nachhaltig zu sichern und wirtschaftlich zu nutzen, bedarf es einer staatlichen bzw. zwischenstaatlichen Wasserwirtschaftsplanung.

Zönose (auch Biozönose): Gruppe verschiedener Arten, die gemeinsam in einem Gebiet vorkommen und zumindest teilweise miteinander in Beziehung stehen; oft vereinfacht als Lebensgemeinschaft bezeichnet.

Literatur

- Agoston, G. (2009):** Where Environmental and Frontier Studies Meet: Rivers, Forests, Marshes and Forts along the Ottoman-Hapsburg Frontier in Hungary. In: Peacock, A. C. S. (Hrsg.), *The Frontiers of the Ottoman World. Proceedings of the British Academy*, 156, Oxford University Press, Oxford, S. 57–79
- Ahnelt, H. (1988):** Zum Vorkommen der Marmorierten Grundel (*Proterorhinus marmoratus* (PALLAS), Pisces: Gobiidae) in Österreich. *Annalen des Naturhistorischen Museum Wien*, 90, S. 31–42
- Ahnelt, H., Banarescu, P., Spolwind, R., Harka, A. & Waidbacher, H. (1998):** Occurrence and distribution of three gobiid species (Pisces, Gobiidae) in the middle and upper Danube region – examples of different dispersal patterns? *Biologia*, 53, S. 665–678
- Albrecht V. (1553):** Bairische Landtsordnung. Ingolstadt
- Alt, J. & Ermini, L. (1824):** Donau-Ansichten vom Ursprunge bis zum Ausflusse ins Meer. 2 Teile, A. Kunike, Wien
- Andrasfalvy, B. (1989):** Die traditionelle Bewirtschaftung der Überschwemmungsgebiete Ungarns (Volkstümliche Wassernutzung im Karpatenbecken). *Acta Ethnographica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 35, S. 39–88
- anonym (1686):** Koch- und Arzneibuch. Widmannstetterische Erben, Graz
- anonym (1740):** Nützlichtes Koch-Buch, oder: Kurtzer Unterricht, in welchem unterschiedene Speise gut zu zubereiten beschrieben seynd. Johann Adam Holtzmayr seel. Wittib und Erben, Steyr
- anonym (1853):** Geschichte der Entwicklung der österreichischen Dampfschiffahrt auf der Donau. Als ein Beitrag zu unserer Zeitgeschichte. *Deutsche Vierteljahrs Schrift*, Jg. 1853, S. 163–216
- anonym (1880):** Die Abnahme der Fische in der Donau. *Österreich-Ungarische Fischerei-Zeitung*, 3, S. 59–70
- anonym (1884):** Aussetzung junger Aale im Donaugebiete. *Mitteilungen des österreichischen Fischerei-Vereines*, 4, 62–63
- anonym (1905):** Die wirtschaftliche Bedeutung des Huchens in der Donau vom Standpunkt des Sportfischers aus betrachtet. *Österreichische Fischerei-Zeitung*, 2, S. 289–292
- anonym (1906a):** Wieder etwas zur Huchenswanderung. *Österreichische Fischerei-Zeitung*, 4, S. 177
- anonym (1906b):** Zum Artikel „Über die geographische Verbreitung des Huchens“. *Österreichs Fischerei*, 4, S. 205
- anonym (1924):** Schiede in der Donau. *Österreichische Fischereizeitung*, 21, S. 126
- anonym (1931):** Jettenbach. *Der Tiroler und Vorarlberger Fischer*, 6, S. 77–78 und 88–91
- Antipa, G. (1912):** Das Überschwemmungsgebiet der Unteren Donau. Sein heutiger Zustand und die Mittel zu seiner Verwertung. In: *Stummer-Traunfels, R. v. (Hrsg.), Verhandlungen des VIII. Internationalen Zoologenkongresses in Graz*, Gustav Fischer, Jena, S. 163–208
- Arbačiauskas, K., Semenenko, V., Grabowski, M., Leuven, R., Paunović, M., Son, M.O., Csányi, B., Gumuliauskaitė, S., Konopacka, A., Nehring, S., van der Velde, G., Vezhnovetz, V. & Panov, V.E. (2008):** Assessment of biocontamination of benthic macroinvertebrate communities in European inland waterways. *Aquatic Invasions*, 3 (2), S. 211–230
- Arlinghaus, R., Engelhardt, C., Sukhodolov, A. & Wolter, C. (2002):** Fish recruitment in a canal with intensive navigation: Implications for ecosystem management. *Journal of Fish Biology*, 61, S. 1386–1402
- Avise, J. C. (2000):** Phylogeography. The History and Formation of Species. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts
- Bacalbasa-Dobrovici, N. (1989):** The Danube River and its Fisheries. In: Douglas, P.D. (Hrsg.), *Proceedings of the International Large River Symposium (LARS)*. Department of Fisheries and Oceans, Ottawa, S. 455–468
- Băcela, K., Grabowski, M. & Konopacka, A. (2008):** *Dikergammarus villosus* (Sowinsky, 1894) (Crustacea, Amphipoda) enters Vistula – the biggest river in the Baltic basin. *Aquatic Invasions*, 3 (1), S. 95–98
- Balon, E. (1968):** Einfluß des Fischfangs auf die Fischgemeinschaften der Donau. *Archiv für Hydrobiologie, Supplementband*, 34, S. 228–249
- Balon, E. (2006):** The oldest domesticated fishes, and the consequences of an epigenetic dichotomy in fish culture. *Journal of Ichthyology & Aquatic Biology*, 11, S. 47–86

- Balon, E. (1995a):** The common carp, *Cyprinus carpio*: its wild origin, domestication in aquaculture, and selection as colored nishikigoi. *Guelph Ichthyology Reviews*, 3, S. 1–56
- Balon, E. (1995b):** Origin and domestication of the wild carp, *Cyprinus carpio*: from Roman gourmets to the swimming flowers. *Aquaculture*, 129, S. 3–48
- Banarescu, P. (1991):** Zoogeography of Fresh Waters, 2: Distribution and Dispersal of Fresh Water Animals in North America and Eurasia. AULA-Verlag, Wiesbaden
- Bartosiewicz, L. & Bonsall, C. (2004):** Prehistoric fishing along the Danube. *Antaeus*, 27, S. 253–272
- Bartosiewicz, L., Bonsall, C. & Sisu, V. (2008):** Sturgeon fishing in the middle and lower Danube region. In: Bonsall, C., Boroneant, V. & Radovanovic, I. (Hrsg.), *The Iron Gates in Prehistory: New perspectives*. Blenheim, Oxford, S. 39–54
- Bartosiewicz, L., Hertelendi, E. & Figler, A. (1994):** Seasonal dating of hand-collected fish remains from a prehistoric settlement in Hungary. In: van Neer, W. (Hrsg.), *Fish Exploitation in the Past: Proceedings of the 7th Meeting of the ICAZ Fish Remains Working Group*. Musee Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren, Belgien, S. 107–114
- Baumann, F. (1951):** Vom älteren Flussbau in Österreich. *Schriftenreihe des Österreichischen Wasserwirtschaftsverbandes*, 20, S. 1–44
- Baumgartner, J. (1862):** Die Regulierungsbauten an der Donau in Oberösterreich. *Allgemeine Bauzeitung*, Jg. 27, S. 83–93
- Becker, B. (1978):** Beiträge zur postglazialen Landschaftsentwicklung des Donautales. *Beiträge zur Quartär- und Landschaftsforschung*, Festschrift zum 60. Geburtstag von Julius Fink, Wien
- Becker, B. (1982):** Dendrochronologie und Paläoökologie subfossiler Baumstämme aus Flußablagerungen. Ein Beitrag zur nacheiszeitlichen Auenentwicklung im südlichen Mitteleuropa. *Mitteilungen der Kommission für Quartärforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften*, 5, 120 S.
- Behringer, W. (1999):** Climatic change and witch-hunting: The impact of the Little Ice Age on mentalities. *Climatic Change*, 43, S. 335–351
- Benke, A. C. (1990):** A perspective on America's vanishing streams. *Journal of the North American Benthological Society*, 9, S. 77–88
- Berger, J.-P., Reichenbacher, B., Becker, D., Grimm, M., Grimm, K., Picot, L., Storni, A., Pirkenseer, C., Derer, C. & Schaefer, A. (2005):** Paleogeography of the Upper Rhine Graben (URG) and the Swiss Molasse Basin (SMB) from the Eocene to Pliocene. *International Journal of Earth Sciences (Geologische Rundschau)*, 94, S. 697–710
- Bleicher, N. (2010):** Altes Holz in neuem Licht. Archäologische und dendrochronologische Untersuchungen an spätneolithischen Feuchtbodensiedlungen in Oberschwaben. *Materialhefte zur Archäologie in Baden-Württemberg*, Stuttgart
- Blösch, J., Jones, T., Reinartz, R. & Striebel, B. (2005):** Sturgeons in the Danube River – Biology, Status, Conservation. Report for the International Association for Danube Research
- Blühberger, G. (1996):** Wie die Donau nach Wien kam. Die erdgeschichtliche Entwicklung der Landschaft des Donautals und der Nebenflüsse vom Ursprung der Donau bis zum Wiener Becken. Böhlau Verlag, Wien, 285 S.
- BMLFUW (2009):** Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2009 – NGP 2009. Bericht Nr. BMLFUW-UW.4.1.2/0011-1/4/2010, Wien, 225 S.
- BMLFUW (2012):** Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen. Wien, 102 S.
- BMLFUW (2014):** Hochwasser im Juni 2013. Die hydrologische Analyse. Bericht, 50 S.
- Böck, K., Polt, R., Muhar, S. & Muhar, A. (2013):** River landscapes and their multiple functions – the ecosystem service concept as a way to support integrative river landscape management. *Proceedings of the 5th European River Restoration Conference*, 11–13. Sept. 2013, Wien
- Bork, H.-R., Bork, H., Dalchow, C., Faust, B., Pierr, H.-P. & Schatz, T. (1998):** Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa. Wirkungen des Menschen auf Landschaften. Klett-Perthes, Gotha/Stuttgart, 305 S.
- Borsy, Z. & Félégyházi, E. (1983):** Evolution of the network of watercourses in the end of the Pleistocene to our days. *Quaternary Studies in Poland*, 4, S. 115–125
- Brand, L. (1920):** Die Regulierung der Donau als Schifffahrtsstraße. Sonderdruck aus der „Wasserwirtschaft“, Jg. 1920, Heft 4–6, 36 S.
- Brandner, J. (2013):** Ecology of the invasive neogobiids *Neogobius melanostomus* and *Ponticola kessleri* in the upper Danube River. Dissertation an der TU München, 149 S.
- Brazdil, R., Kundzewicz, Z. W. & Benito, G. (2006):** Historical hydrology for studying flood risk in Europe. *Hydrological Sciences Journal*, 51, S. 739–764
- Breuninger, F. W. (1719):** Fons Danubii et naturalis. Die Ur-Quelle des Welt-berühmten Donau-Stroms welche in dem Herzogthum Württemberg/ und nicht zu Don-Eschingen/wie bißhero darvor gehalten worden/zu seyn gründlich behauptet wird/und von ...annen der Fluß/als von seinen wahren und eigentlichen Ursprung an/bis zu seinen Ostiis und Aueflüssen unter mancherley Anmerkungen/ neben verschiedenen Pr... liminarien/..., Tübingen, 388 S.
- Brix, F. (1970):** Der Raum von Wien im Lauf der Erdgeschichte. In: Starmühlner, F. & Ehrendorfer, F. (Hrsg.), *Naturgeschichte Wiens*, Band 1 (Lage, Erdgeschichte und Klima), S. 27–190
- Brockhaus, F. A. (1897):** *Konversations-Lexikon* 1894–1896, 14. Auflage, Supplementband 1897, S. 366
- Buch, M. W. & Heine, K. (1988):** Klima- oder Prozeß-Geomorphologie. Gibt das jungquartäre fluviale Geschehen der Donau eine Antwort? *Geographische Rundschau*, 40 (5), S. 16–26
- Buchner, E. (1998):** Die süddeutsche Brackwassermolasse in der Graupensandrinne und ihre Beziehung zum Ries-Impakt. *Jahresberichte und Mitteilungen des Oberrheinischen Geologischen Vereins*, 80, S. 399–459
- Buchner, E., Schwarz, W.H., Schmieder, M. & Trieloff, M. (2010):** Establishing a 14.6 +/- 0.2 Ma age for the Nördlinger Ries impact (Germany) – A prime example for concordant isotopic ages from various dating materials. *Meteoritics and Planetary Science*, 45 (4), S. 662–674

Bürgisser, H. M. (1981): Zur zeitlichen Einordnung der Oberen Süßwassermolasse in der Nordostschweiz. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, Geologisches Institut ETH Zürich, 126 (3), S. 149–164

Busnita, T. (1967a): Die Ichthyofauna des Donauflusses. In: Liepolt, R. (Hrsg.), Limnologie der Donau – Eine monographische Darstellung. Teil v, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, S. 198–224

Busnita, T. (1967b): Die wirtschaftliche Bedeutung der Donau. Die Fischerei und Fischwirtschaft. In Liepolt, R. (Hrsg.), Limnologie der Donau – Eine monographische Darstellung. Teil VII, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, S. 26–41

Cardoso, A. C. & Free G. (2008): Incorporating invasive alien species into ecological assessment in the context of the Water Framework Directive. Aquatic Invasions, 3 (4), S. 361–366

Clauzon, G., Suc, J.-P., Popescu, S.-M., Marunteanu, M., Rubino, J.-L., Marinescu, F. & Melinte, M.C. (2005): Influence of Mediterranean sea-level changes on the Dacic Basin (Eastern Paratethys) during the late Neogene: the Mediterranean Lago Mare facies deciphered. Basin Research, 17, S. 437–462

Codicis Austriaci (1704): Codicis Austriaci Ordine alphabetico compilati pars prima. Das ist: Eigentlicher Begriff und Inhalt Aller Unter des Durchlauchtigsten Ertz-Hauses zu Oesterreich; Fürnemblich aber Der Allerglorwürdigsten Regierung Ihro Röm. Kayserl. Auch zu Hungarn und Böheimb Königl. Majestät Leopoldi I., Ertz-Hertzogens zu Oesterreich und u. Ausgegangenen und publicirten In das Justitz- und Polizey Wesen und was einem oder andern anhängig ist ...; Anno MDCCIV. Cum Gratia et Privilegio Sac. Cas. Majest. Gedruckt zu Wienn in Oesterreich, bey Leopold Voigt, Univers. Buchdruckern

Copp, G. H., Bianco, P. G., Bogutskaya, N. G., Erős, T., Falka, I., Ferreira, M. T., Fox, M. G., Freyhof, J., Gozlan, R. E., Grabowska, J., Kováč, V., Moreno-Amich, R., Naseka, A. M., Peñáz, M., Povž, M., Przybylski, M., Robillard, M., Russell, I. C., Stakénas, S., Šumer, S., Vila-Gispert, A. & Wiesner, C. (2005): To be, or not to be, a non-native freshwater fish? Journal of Applied Ichthyology, 21, S. 242–262

Dielhelm, J. H. (1785): Antiquarius des Donau-Stroms oder ausführliche Beschreibung dieses berühmten Stroms von seinem Ursprung und Fortlauf, ... bis ins verfloßene 1784. Jahr accurat beschrieben. Zum Nutzen der Reisenden und andern Liebhabern zusammen getragen und ans Licht gestellet. Frankfurt am Main, 878 S.

Dinu, A. (2010): Mesolithic fish and fishermen of the Lower Danube (Iron Gates). Documenta Praehistorica, 38, S. 299–310

Direction der administrativen Statistik (1855): Verwaltungs-Bericht ueber die Ergebnisse des Betriebes der k. k. oesterreichischen Staats-Eisenbahnen im Verwaltungs-Jahre 1854. Mittheilungen aus dem Gebiete der Statistik, Wien

Donaukommission (2008): Statistisches Nachschlagwerk der Donaukommission für den Zeitraum 1950–2005. Budapest, 75 S.

Donau-Regulierungs-Commission (1868): Bericht und Anträge des von der Commission für die Donauregulirung bei Wien ernannten Comités. Vorgetragen in der Plenarversammlung am 27. Juli 1868 und von derselben einstimmig angenommen. Bericht, Wien, 215 S. mit Kartenbeilage

Drescher, A. & Egger, G. (2013): Wiener Holz – Vegetation. Bericht zum Forschungsprojekt des Jubiläumsfonds der Stadt Wien für die öAW „Genug Holz für Stadt und Fluss? Wiens Holzressourcen in dynamischen Donau-Auen“, 22 S.

Dudich, E. (1967): Faunistisch-floristischer Überblick. 1. Systematisches Verzeichnis der Tierwelt der Donau mit einer zusammenfassenden Erläuterung. In: Liepolt, R. (Hrsg.), Limnologie der Donau – eine monographische Darstellung. Kapitel II, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, S. 4–69

Durand, J. D., Persat, H. & Bouvet, Y. (1999): Phylogeography and postglacial dispersion of the chub (*Leuciscus cephalus*) in Europe. Molecular Ecology, 8, S. 989–997

Duval, P. (1685): Geographia Universalis ... allgemeine Erd-Beschreibung, Theil 2: Darinnen der berühmteste Haupt-Theil der Welt, Nemlich Europa, Samt dessen vornehmsten Königreichen, Ländern, Inseln, Städten und Schlässern, wie auch Land-Charthen und Wappen, neben denen sich daselbst so wohl vor langer als kurtzer Zeit zugetragnen Denck- und noch heutiges Tages

Sehenswürdige Sachen auf das deutlichste enthalten. Verlag Johann Hoffmann, Nürnberg, 449 S. (hier zitiert nach Dielhelm 1785)

Dynesius, M. & Nilsson, C. (1994): Fragmentation and flow regulation of river systems in the northern third of the world. Science, 266, S. 753–762

Eberstaller, J. & Haidvogel, G. (1997): Fisch-ökologisches Konzept als Grundlage für eine umfassende Revitalisierung des Alpenrheins. Teil 3: Leitbild und Rahmenbedingungen. Studie der Universität für Bodenkultur Wien im Auftrag von Amt für Umweltschutz Liechtenstein, Jagd- und Fischereinspektorat Graubünden, Jagd- und Fischereiverwaltung, St. Gallen und Amt der Vorarlberger Landesregierung

Eberstaller, J., Pinka, P. & Honsowitz, H. (2001): Fischaufstiegshilfe Freudenau: Überprüfung der Funktionsfähigkeit der FAH am KW Freudenau. Schriftenreihe der Forschung im Verbund, 72, 87 S.

ebswien hauptkläranlage Ges.m.b.H. (2011): Wir klären alles. We'll clear it up. Informationsbroschüre im PDF-Format, 67 S.

Egger, G., Drescher, A., Hohensinner, S. & Jungwirth, M. (2007): Riparian vegetation model of the Danube River (Machland, Austria): changes of processes and vegetation patterns. In: Jowett, I. & Biggs, B. (Hrsg.), Handbook, extended Abstract published on cd, 6th International Symposium on Ecohydraulics, 18.–23. Februar 2007, Christchurch, Neuseeland, 4 S.

Einsele, W. (1958): Zukunftsaussichten des Huchens – kapitale Fänge und das Problem des Raumfaktors. Österreichs Fischerei, 11, S. 170–178

Faupl, P. (2003): Historische Geologie. Eine Einführung. UTB Facultas, Wien, 271 S.

Ferdinand I. (1557): Neue Fischordnung der Stadt Wien. Singriener, Wien

Fernandez, M. & Krausse, D. (2012): Heuneburg. First city north of the Alps. Current World Archaeology, 55, S. 28–34

Fiala, L. (1882): Die moderne Wiener Küche: Praktisches Kochbuch. Wagner, Wien

Fink, J. & Majdan, H. (1954): Zur Gliederung der pleistozänen Terrassen des Wiener Raumes. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, 97 (2), S. 211–249

- Fink, J. (1967):** Die Paläogeographie der Donau. In: Liepolt, R. (Hrsg.), *Limnologie der Donau – Eine monographische Darstellung*. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, S. 1–50
- Fischer, W. (2013):** Beiträge zur Kenntnis der österreichischen Molluskenfauna XXIX. *Dreissena bugensis* (Andrusov 1897) im Kuchelauer Hafen, Wien. *Nachrichtenblatt der Ersten Vorarlberger Malakologischen Gesellschaft*, 20, S. 39
- Fischer, W., Schuller, N. & Reischütz A. P. (2014):** Beiträge zur Kenntnis der österreichischen Molluskenfauna XL1. Nochmals zur Ausbreitung von *Dreissena bugensis* (Andrusov 1897) im Donauebiet von Wien und Niederösterreich. *Nachrichtenblatt der Ersten Vorarlberger Malakologischen Gesellschaft*, 21, S. 39–41
- Fischnetz (2004):** Dem Fischrückgang auf der Spur. Schlussbericht des Projekts Netzwerk Fischrückgang Schweiz. Dübendorf, Bern, EAWARE, BUWAL, 184 S.
- Fittkau, E. J. & Reiss, F. (1983):** Versuch einer Rekonstruktion der Fauna europäischer Ströme und ihrer Auen. *Archiv für Hydrobiologie*, 97, S. 1–6
- Fitzinger, L. (1832):** Ueber die Ausarbeitung einer Fauna des Erzherzogthumes Oesterreich. Beiträge zur Landeskunde Oesterreich's unter der Enns, 1, S. 280–340
- Freudlsperger, H. (1915):** Die Fischerei im Erzstift Salzburg. *Österreichische Fischereizeitung*, 12, S. 51–52 und 62–64
- Freudlsperger, H. (1921):** Die Fischerei im Erzstift Salzburg und ihre Lehren. *Österreichische Fischerei-Zeitung*, 18, S. 89–124
- Freudlsperger, H. (1936):** Kurze Fischereigeschichte des Erzstiftes Salzburg. *Mitteilungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde*, 76, S. 81–128
- Füreder, L. & Pöckl, M. (2007):** Ecological traits of aquatic NIS invading Austrian freshwaters. In: Gjiardi, F. (Hrsg.), *Biological invaders in inland waters: Profiles, distribution, and threats*. S. 233–259
- Gabel, F., Garcia, X. F., Brauns, M., Sukhodolov, A., Leszinski, M. & Pusch, M. T. (2008):** Resistance to ship-induced waves of benthic invertebrates in various littoral habitats. *Freshwater Biology*, 53, S. 1567–1578
- Gabel, F., Pusch, M. T., Breyer, P., Burmester, V., Walz, N. & Garcia, X. F. (2011a):** Differential effect of wave stress on the physiology and behaviour of native versus non-native benthic invertebrates. *Biological Invasions*, 13, S. 1843–1853
- Gabel, F., Stoll, S., Fischer, P., Pusch, M. T. & Garcia, X. F. (2011b):** Waves affect predator-prey interactions between fish and benthic invertebrates. *Oecologia*, 165, S. 101–109
- Gamerith, W. (1999):** Donau-Auen. Naturreichtum im Nationalpark. Tyrolia, Innsbruck, 269 S.
- Genser, K. (1989):** Der österreichische Donaulimes in der Römerzeit. Ein Forschungsbericht. *Der römische Limes in Österreich*, 33, S. 662
- Gesner, C. (1558):** *Medici Tigurini Historiae Animalium Liber IIII, qui est de Piscium & Aquatilium animantium natura*. Froschauer, Zürich
- Giamboni, M., Ustaszewski, K., Schmid, S. M., Schumacher, M. E. & Wetzel, A. (2004):** Plio-Pleistocene transpressional reactivation of Paleozoic and Paleogene structures in the Rhine-Bresse transform zone (northern Switzerland and eastern France). *International Journal of Earth Sciences (Geologische Rundschau)*, 93, S. 207–233
- Gibbard, P. & Cohen, K. M. (2008):** Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years. *Episodes*, 31 (2), S. 243–247
- Gietl, R., Kronberger, M. & Mosser, M. (2004):** Rekonstruktion des antiken Geländes in der Wiener Innenstadt. *Fundort Wien*, 7, S. 32–53
- Gigl, A. (1965):** Geschichte der Wiener Marktordnungen. Vom sechzehnten Jahrhundert an bis zu Ende des achtzehnten. Aus Urkunden entwickelt. *Archiv für österreichische Geschichte*, 35, S. 1–240
- Giosan, L., Coolen, M. J. L., Kaplan, O., Constantinescu, S., Filip, F., Filipova-Marinova, M., Kettner, A. J. & Thom, N. (2012):** Early Anthropogenic Transformation of the Danube-Black Sea System. *Scientific Reports*, 2 (582), S. 1–6
- Graf, W., Csányi, B., Leitner, P., Paunovic, M., Chiriac, G., Stubauer, I., Ofenböck, T. & Wagner, F. (2008):** Macroinvertebrates. In: Liška, I., Wagner, F. & Slobodník, J. (Hrsg.), *Joint Danube Survey. Final Scientific Report*. ICPR, Wien, S. 41–53
- Gruber, B. (1994):** Die Geburt der Donau. Ein Spiegelbild der geologischen Entwicklung des Alpenvorlandes. In: *Kulturreferat der Oö. Landesregierung (Hrsg.), Die Donau. Facetten eines europäischen Stromes. Katalog zur oberösterreichischen Landesausstellung 1994 in Engelhartzell*, S. 57–62
- Gruber, C. (in prep.):** Historical Fish Market data as information source to show fish ecological changes in the Austrian Danube (1865–1914). Masterarbeit am Institut für Hydrobiologie & Gewässermanagement, Universität für Bodenkultur Wien
- Grube, S. & Jawecki, C. (2004):** Geomorphodynamik der Wiener Innenstadt. *Fundort Wien*, 7, S. 14–31
- Guti, G. (1993):** Fisheries ecology of Danube in the Szigetköz floodplain. *Opuscula Zoologica Budapest* 26, S. 67–75
- Guti, G. (2001):** Water bodies in the Gemenc floodplain of the Danube, Hungary (A theoretical basis for their typology). *Opuscula Zoologica*, 33, S. 49–60
- Haarmann, H. (2011):** Das Rätsel der Donauzivilisation: die Entdeckung der ältesten Hochkultur Europas. Beck Verlag, München, 286 S.
- Habersack, H. & Nachtnebel, H. P. (1995):** Short-term effects of local river restoration on morphology, flow field, substrate and biota. *Regulated Rivers*, 10, S. 291–301
- Habersack, H., Jäger, E., Hauer, C., Schwarz, U., Zinke, A., Vogel, B. & Simoner, M. (2010):** Integrative study on hydromorphological alterations on the Danube. European Union (DG-TREN) under the 7th Framework Programme for RTD, 218
- Haidvogel, G. & Gingrich, S. (2010):** Wasserstraße Donau. Transport und Handel im Machland und auf der Donau im 19. und 20. Jahrhundert. In: Winiwarter, V. & Schmid, M. (Hrsg.), *Umwelt Donau: Eine andere Geschichte. Katalog zur Ausstellung des Niederösterreichischen Landesarchivs im ehemaligen Pfarrhof Ardagger Markt*, 5. Mai–7. Nov. 2010, NÖ Institut für Landeskunde, St. Pölten. S. 90–103

- Haidvogel G. (2010):** Verschwundene Fische und trockene Auen. Wie Regulierung und Kraftwerksbau das Ökosystem Donau im Machland verändert haben. In: Winiwarter, V. & Schmid, M. (Hrsg.), Umwelt Donau: Eine andere Geschichte. Katalog zur Ausstellung des Niederösterreichischen Landesarchivs im ehemaligen Pfarrhof Ardagger Markt, 5. Mai–7. Nov. 2010, nÖ Institut für Landeskunde, St. Pölten, S. 118–135
- Haidvogel G., Hohensinner, S. & Jungwirth, M. (in Druck):** Human uses and Impacts – Case study Danube. In: Habersack, H. & Walling, D. (Hrsg.), The Status and Future of the World's Large Rivers. John Wiley & Sons, Chichester, UK
- Hanisch, K. & Kordina, H. (2004):** Flussbauliches Gesamtprojekt östlich von Wien. Konzept zur Umweltverträglichkeitsklärung. Kurzfassung. Studie i. A. von Wasserstraßendirektion und BMVIT, 21 S.
- Hantke, R. (1993):** Flußgeschichte Mitteleuropas. Skizze zu einer Erd-, Vegetations- und Klimageschichte der letzten 40 Millionen Jahre. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 459 S.
- Harka, A. & Biro, P. (2007):** New patterns in Danube distribution of ponto-caspian gobies – a result of global climatic change and/or canalization? Electronic Journal of Ichthyology, 1, S. 1–14
- Harzhausen, M., Rögl, F. & Repp, K. (2005):** Das Werden der Paratethys. In: Steininger, H. & Steiner, E. (Hrsg.), Meeresstrand am Alpenrand. Molassemeer und Wiener Becken. Katalog zur Ausstellung des nÖ. Landesmuseums 2005, St. Pölten, S. 13–75
- Hauer, F. (2010):** Die Verzehrungssteuer 1829–1913 als Grundlage einer umwelthistorischen Untersuchung des Metabolismus der Stadt Wien. Social Ecology Working Paper, 129 S.
- Hawlitsek, A. (1892):** Einige Süßwasserfische und ihr Fang. Über den Angelsport 1892. Künast Verlag, Wien, 215 S.
- Hayne, J. C. G. (1783):** Abhandlung über die Kriegskunst der Türken von ihren Märschen, Lagern, Schlachten und Belagerungen etc.; desgleichen derjenigen Völker, welche unter dem Osmannischen Schutze stehen, als Griechen, Armenier, Araber, Drusen. Stettin Nicolai, Berlin u. a.
- Heckel, J. (1852):** Verzeichnis der Fische des Donaugebietes in der ganzen Ausdehnung des österreichischen Kaiserstaates. Verhandlungen der zoologisch-botanischen Gesellschaft, S. 28–33
- Heckel, J. J. & Kner, R. (1858):** Die Süßwasserfische der österreichischen Monarchie mit Rücksicht auf die angränzenden Länder. W. Engelmann, Leipzig
- Herrmann, T. (2002):** Das EU-LIFE-Natur-Projekt „Unterer Inn mit Auen“ – Grundlagen und Beispiele für angewandte Vegetationsgeographie. In: Ratusny, A. (Hrsg.), Flusslandschaften an Inn und Donau. Passauer Kontaktstudium Erdkunde, 6, S. 35–54
- Hoffmann, R. C. & Sonnlechner, C. (2011):** Vom Archivobjekt zum Umweltschutz: Maximilians Patent über das Fischereiwesen von 1506. Jahrbuch des Vereins für Geschichte der Stadt Wien, 62/63, S. 79–133
- Hoffmann, R. C. (1994):** Remains and verbal evidence of carp (*Cyprinus carpio*) in medieval Europe. In: van Neer, W. (Hrsg.), Fish Exploitation in the Past. Proceedings of the 7th meeting of the ICAZ Fish Remains Working Group. Musee Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren, Belgien, S. 139–150
- Hoffmann, R. C. (1995):** Environmental change and the culture of common carp in medieval Europe. Guelph Ichthyology Reviews, 3, S. 57–85
- Hohberg, W. H. (1695):** Georgica Curiosa Aucta. Oder: Des auf alle in Teuschland übliche Land- und Haus-Wirtschaften gerichteten/hin und wieder mit vielen untermengten raren Erfindungen und Experimenten vesehenen/auch einer merklichen Anzahl Kupffer weiter vermehrt- und gezierten Adelichen Land- und Feld-Lebens – Anderer Theil. Martin Endters, Nürnberg
- Hohensinner, S. (1996):** Bilanzierung historischer Flussstrukturen im oberen Donautal als Grundlage für die Revitalisierung des ehemaligen Altarmes bei Oberranna. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien, 187 S. mit Planbeilagen
- Hohensinner, S. (2008):** Rekonstruktion ursprünglicher Lebensraumverhältnisse der Fluss-Auen-Biozönose der Donau im Machland auf Basis der morphologischen Entwicklung von 1715–1991. Dissertation an der Universität für Bodenkultur Wien, 307 S. mit 27 Kartenbeilagen (<http://permalink.obvsg.at/bok/AC05038012>)
- Hohensinner, S., Drescher, A., Eckmüller, O., Egger, G., Gierlinger, S., Hager, H., Haidvogel, G. & Jungwirth, M. (2013b):** Genug Holz für Stadt und Fluss? Wiens Holzressourcen in dynamischen Donau-Auen. Projektbericht, Institut für Hydrobiologie & Gewässermanagement, BOKU Wien, 66 S. mit 12 Kartenbeilagen
- Hohensinner, S., Grupe, S. & Payer, T. (in prep.):** Historical deposition of fine sediments in the Viennese Danube floodplain. Hydrobiologia
- Hohensinner, S., Habersack, H., Jungwirth, M. & Zauner, G. (2004):** Reconstruction of the characteristics of a natural alluvial river-floodplain system and hydromorphological changes following human modifications: the Danube River (1812–1991). River Research and Applications, 20, S. 25–41
- Hohensinner, S., Lager, B., Sonnlechner, C., Haidvogel, G., Gierlinger, S., Schmid, M., Krausmann, F. & Winiwarter, V. (2013a):** Changes in water and land: the reconstructed Viennese riverscape 1500 to the present. Water History, 5 (2), S. 145–172
- Holcik, J., Bastl, I., Ertl, M. & Vranovský, M. (1981):** Hydrobiology and ichthyology of the Czechoslovak Danube in relation to predicted changes after the construction of the Gabčíkovo-Nagymaros River Barrage System. Práce Laboratória rybárstva a hydrobiologie, 3, S. 19–158
- Hollstein, J. v. (1666):** Relation über den unter ... Befund der Donau bey Wien und vorschlag wie solcher zu ... und ... zu mache wären. nÖ. Landesarchiv, Ständisches Archiv, Sign. A VIII 16, fol. 222–230
- Hormayr, J. (1823):** Wien, seine Gesckicke und seine Denkwürdigkeiten. 4. Bd., 3. Heft
- Hötzl, H. (1996):** Origin of the Danube-Aach system. Environmental Geology, 27 (2), S. 87–96
- Hydrographischer Dienst in Österreich (2013):** Hydrographisches Jahrbuch von Österreich 2011. Bd. 119, Wien, 960 S.
- HZB – Hydrographisches Zentralbüro (1937):** Schwebstoff- und Geschiebeaufnahmen einiger österreichischer Flüsse. Hydrographischer Dienst in Österreich, Wien

ICPDR – International Commission for the Protection of the Danube River (2005):

The Danube River Basin District. River Basin characteristics, impact of human activities and economic analysis required under Article 5, Annex II and III, and inventory of protected areas required under Article 6, Annex IV of the EU Water Framework Directive (2000/60/EC). Part A – Basin-wide overview. Wien, 191 S.

ICPDR – International Commission for the Protection of the Danube River (2007):

15 years of Managing the Danube River Basin 1991–2006. Vienna, 42 S.

ICPDR – International Commission for the Protection of the Danube River (2009):

Danube River Basin District Management Plan. Part A – Basin-wide overview. Document no. IC/151, Wien, 91 S.

Iovita, R., Dobos, A., Fitzsimmons, K. E., Probst, M., Hambach, U., Robu, M., Vlaicu, M. & Petculescu, A. (2013): Geoarchaeological prospection in the loess steppe: preliminary results from the Lower Danube Survey for Paleolithic Sites (LoDanS). Quaternary International, doi:10.1016/j.quaint.2013.05.018

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2001):

Climate Change 2001 – The Scientific Basis. Contribution of the Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge/New York

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2007):

What Does the Record of the Mid-Pliocene Show? Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, 996 S.

ISRBC – International Sava River Basin Commission (2010):

Sava River Basin Analysis. Summary. Zagreb, Kroatien, 33 S.

Jakobsson, E. (2002): Industrialization of rivers: A water system approach to hydropower development. Knowledge, technology, and policy, 14, S. 41–56

Janisch, R. (1980): Ergebnisse der fischereilichen Beweissicherung im Zusammenhang mit der Errichtung des Donaukraftwerkes Abwinden-Asten. Naturkundliches Jahrbuch der Stadt Linz, 26, S. 31–102

Jeitteles, L. H. (1862): Ueber das Vorkommen von *Lucioperca volgensis* C. V. bei Wien, nebst Beiträgen zur näheren Kenntnis der beiden mittel-europäischen *Lucioperca*-Arten. Verhandlungen der k. k. zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien, XII, S. 113–114

Jepsen, N., Wiesner, C. & Schotzko, N. (2007):

Fish. In: Liska, I., Wagner, F. & Slobodnik, J. (Hrsg.), Joint Danube Survey 2, Final Scientific Report, ICPDR – International Commission for the Protection of the Danube River, Vienna, S. 72–81

Jerz, H. (1995):

Bayern. In: Benda, L. (Hrsg.), Das Quartär Deutschlands. Gebrüder Borntraeger, Berlin, S. 296–326

Joint-SEA (2010):

Feasibility Study – The Rehabilitation of the Szigetköz Reach of the Danube. Bericht erstellt von der Hungarian section of the working group for the preparation of the joint Hungarian-Slovak strategic environmental assessment (SEA) established by the governmental delegations of the Gabčíkovo-Nagymaros Project, 326 S.

Jung, M., Mühlbauer, M., Ratschan, C. & Zauner, G. (2014):

Die Fischwanderung aus der Donau in den Lateiner-Altarm. Funktionskontrolle der Fischaufstiegshilfe und Bedeutung der Vernetzungsmaßnahme für die Donaufischfauna. Studie im Auftrag des Amtes der NÖ Landesregierung im Rahmen des LIFE+ Projekts Mostviertel-Wachau

Jungwirth, M. & Waidbacher, H. (1989):

Fisch-ökologische Zielsetzungen bei Fließgewässer-revitalisierungen. Wiener Mitteilungen, 88, S. 105–119

Jungwirth, M. (1975):

Die Fischerei in Nieder-österreich. Wissenschaftliche Schriftenreihe Niederösterreich 6, NÖ Pressehaus, St. Pölten

Jungwirth, M., Unfer, G. & Hinterhofer, M. (2009):

Von der Berufs- zur Angelfischerei. Über den Wandel der Fischerei an Österreichs Flüssen. In: Egger, G., Michor, K., Muhar, S. & Bednar, B. (Hrsg.), Flüsse in Österreich. Studienverlag Innsbruck, S. 216–225

Jungwirth, M., Haidvogel, G., Moog, O., Muhar, S. & Schmutz, S. (2003):

Angewandte Fischökologie an Fließgewässern. Facultas, UTB, 547 S.

Jungwirth, M., Muhar, S. & Schmutz, S. (2000):

Fundamentals of fish ecological integrity and their relation to the extended serial discontinuity concept. Hydrobiologia, 422–423, S. 85–97

Jungwirth, R. (2001a):

Erwerbsfischerei an Donau und Nebenflüssen im Raum Eferding. unveröffentlichtes Manuskript, Eferding

Jungwirth, R. (2001b):

Erwerbsfischerei an Donau und Nebenflüssen im Raum Eferding. Jahrbuch des Oberösterreichischen Musealvereines, 146, S. 567–599

Jürging, P. & Patt, H. (2005):

Fließgewässer- und Auenentwicklung – Perspektiven für eine nachhaltige Entwicklung. Springer-Verlag, Berlin

K. k. HZB – K. k. Hydrographisches Zentralbureau (1903):

Studie über den Einfluss einer eventuellen Eindämmung des Tullner Beckens auf die Stromverhältnisse der Donau. Beiträge zur Hydrographie Österreichs, Bd. 5, 92 S.

K. k. österreichische Fischereigesellschaft (1904–1914):

Österreichische Fischereizeitung. Wien

K. k. Statistische Zentralkommission (1867):

Schiffahrt und Verkehr auf der Donau und ihren Nebenflüssen im Jahre 1865. Mitteilungen aus dem Gebiete der Statistik, 13 (4)

K. k. Statistische Zentralkommission (1907):

Die Binnen-Fischerei in Österreich. Eine statistische Darstellung der Binnen-Fischerei in den im Reichsrate vertretenen Königreichen und Ländern gemäss der vom K. k. Ackerbauministerium durchgeführten Erhebung nach dem Stande vom 31. Dezember 1904. Friedrich Irrgang, Brünn

Kätzbohrer, M. (1881):

Ursachen der Abnahme des Fischbestandes in der Donau. Oesterreich-ungarische Fischerei-Zeitung, 4, S. 28–29

Keckeis, H., Lumesberger-Loisl, F., Reiter, K. & Schulze, C. (2014):

Restrukturierungsmaßnahmen in großen Flüssen: Auswirkungen des Uferrückbaus und der Bühnenoptimierung im Hauptstrom der freifließenden Donau in Witzelsdorf (NÖ) auf die Artengemeinschaft von Indikatororganismen (Vegetation, Vogel- und Fischfauna), Österreichs Fischerei, 67, S. 57–66

- Keckeis, H., Winkler, G., Flore, L., Reckendorfer, W. & Schiemer, F. (1997):** Spatial and seasonal characteristics of 0+ fish nursery habitats of Nase, *Chondrostoma nasus* in the river Danube, Austria. *Folia Zoologica*, 46 (Supplement 1), S. 133–150
- Kerschner, T. (1956):** Der Linzer Markt für Süßwasserfische. Insbesondere in seiner Blüte vor dem ersten Weltkriege. *Naturkundliches Jahrbuch der Stadt Linz*, 1956, S. 119–155
- Kessel, N., Dorenbosch, M. & Spikmans, F. (2009):** First record of Pontian monkey goby, *Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814), in the Dutch Rhine. *Aquatic Invasions*, 4, S. 421–424
- Kirschner, A. K. T., Kavka, G. G., Velimirov, B., Reischer, G. H., Mach, R. L. & Farnleitner, A. H. (2008):** Microbiological water quality and DNA-based quantitative microbial source tracking. In: Liška, I., Wagner, F. & Slobodnik, J. (Hrsg.), *Joint Danube Survey 2. Final Scientific Report. ICDPR – International Commission for the Protection of the Danube River*, Wien, S. 86–95
- Kiss, A. (2009):** Historical climatology in Hungary: Role of documentary evidence in the study of past climates and hydrometeorological extremes. *Időjárás – Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*, 113, S. 315–339
- Knighton, A. D. & Nanson, G. C. (1993):** Anastomosis and the continuum of channel pattern. *Earth Surface Process and Landforms*, 18, S. 613–625
- Knoll, M. (2013):** Die Natur der menschlichen Welt. Siedlung, Territorium und Umwelt in der historisch-topografischen Literatur der Frühen Neuzeit. *Histoire*, Bd. 42, transcript Verlag, Bielefeld
- Knop, A. (1878):** Über die hydrographischen Beziehungen zwischen der Donau und der Aachquelle im badischen Oberlande. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*, Jg. 1878, S. 350–363
- Koelbel, C. (1874):** Über die Identität des *Gobius semilunaris* Heck. und *G. rubromaculatus* Kriesch mit *G. marmoratus* Pallas. *Verhandlungen der zoologisch-botanischen Gesellschaft*, Wien, 24, S. 369–376
- Kogler, W. (1993):** Der Schwarzenberg'sche Schwemmkanal. W. Kogler, Wien
- Kohl, F. (2000):** Soziale und ökonomische Bedeutung der Angelfischerei in Österreich. Unveröffentlichter Bericht, Österreichs Kuratorium für Fischerei und Gewässerschutz, Wien
- Kohl, F. (2011):** Kormorane und Fische, Naturschutz und Fischerei. Österreichisches Kuratorium für Fischerei und Gewässerschutz. Wien, 166 S.
- Kohl, H. (1966):** Das Donautal zwischen Passau und Hainburg. *Geographische Rundschau*, 5, S. 186–194
- Kohl, H. (1973):** Zum Aufbau und Alter der oö. Donauebene. Vortrag auf der 16. Tagung der Deutschen Quartärvereinigung in Stuttgart-Hohenheim am 24. 9. 1972. *Jahrbuch des oö. Musealvereines*, 118 (I), S. 187–196
- Kohl, H. (1991):** Die Veränderungen der Flußläufe von Donau, Traun und Enns seit prähistorischer Zeit. *Forschung zur Geschichte der Städte und Märkte Österreichs*, 4, S. 1–9
- Kohl, H. (1999):** Das Eiszeitalter in Oberösterreich. Teil III – Das eiszeitliche Geschehen in den nicht vergletscherten Gebieten Oberösterreichs und die Entwicklung im Holozän. *Jahrbuch des oö. Musealvereines*, 144 (I), S. 249–429
- Kölbl, C. (1874):** Über die Identität des *Gobius semilunaris* Heck. und *G. rubromaculatus* Kriesch mit *G. marmoratus* Pallas. *Verhandlungen der zoologisch-botanischen Gesellschaft*, 24, S. 569–574
- Kotlík, P. & Berrebi, P. (2001):** Phylogeography of the barbel (*Barbus barbus*) assessed by mitochondrial DNA variation. *Molecular Ecology*, 10, S. 2177–2185
- Kottelat, M. & Freyhof, J. (2007):** Handbook of European Freshwater Fishes. Eigenverlag, Cornol
- Krafft, C. (1874):** Die neuesten Erhebungen über die Zustände der Fischerei in den im Reichrathe vertretenen Königreichen und Ländern an den österreichisch-ungarischen Meeresküsten. k. k. statistischer Central-Commission, Wien
- Krämer, D. & Rodinger, W. (2010):** Wassergüte der Donau 2008–2009. Schriftenreihe des Bundesamtes für Wasserwirtschaft, Bd. 34, Institut für Wassergüte, Wien
- Kramer, W. H. (1756):** *Elenchus vegetabilium et animalium per austriam inferiorem observatorum*. Trattner, Wien
- Kresser, W. (1954):** Der Einfluß der Regulierungs- und Kraftwerksbauten auf die Hochwasser- verhältnisse der Donau. Österreichische Wasserwirtschaft, Jg. 1954, Heft 1/2, S. 65–68
- Kresser, W. (1957):** Die Hochwässer der Donau. Schriftenreihe des Österreichischen Wasserwirtschaftsverbandes, Jg. 1957, Heft 32/33, Springer Verlag, Wien, 95 S.
- Kric, A. (1884):** Erwägungen über die Aussetzung von Lachsen und Aalen in das Donaugebiet. *Mitteilungen des österreichischen Fischerei-Vereines*, 4, S. 1–5
- Kuhlemann, J. & Kempf, O. (2002):** Post-Eocene evolution of the North Alpine Foreland Basin and its response to Alpine tectonics. *Sedimentary Geology*, 152, S. 45–78
- Kuhlemann, J. & Rahn, M. (2013):** Plio-Pleistocene landscape evolution in Northern Switzerland. *Swiss Journal of Geo Sciences*, 106, S. 451–467
- Lagally, und (2006):** Piratenstück eines Flusses – Die Weltenburger Enge bei Kelheim im Donautal. In: Look, E.-R. & Feldmann, L. (Hrsg.), *Faszination Geologie. Die bedeutendsten Geotope Deutschlands*, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, S. 159 ff
- Lager, B. (2012):** Historische morphologische Veränderungen der Wiener Donau-Flusslandschaft 1529–2010. Masterarbeit am Institut für Hydrobiologie & Gewässermanagement, Universität für Bodenkultur Wien, 134 S. und Kartenbeilagen
- Laßleben (1970):** Die Fischerei in der niederbayerischen Donau in der Gegenwart. *Allgemeine Fischerei-Zeitung*, 95, S. 729–732
- Lászlóffy, W. (1967):** Die Hydrographie der Donau. Der Fluß als Lebensraum. In: Liepolt, R. (Hrsg.), *Limnologie der Donau – Eine monographische Darstellung*. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, S. 16–57
- Lauterer, I., Tauferer, S. & Mansfeld, S. (1789):** Navigationskarte der Donau von Semlin an bis zu ihrem Ausfluss ins Schwarze Meer: zur genauesten Kenntnis aller in derselben befindlichen Inseln, Sandbänke, Wirbel, Klippen etc., mit Angabe der verschiedenen Breite und Tiefe des Stroms. ÖNB Kartensammlung, FKB AA.13.1 und ALB Port 247.3

Lazowski, W., Schwarz, U., Essl, F., Götzl, M., Peterseil, J. & Egger, G. (2011): Aueninventar Österreich. Bericht zur bundesweiten Übersicht der Auenobjekte. Bericht im Auftrag von BMLFUW, 56 S.

Lederer, I. (1876): Zur Donau-Regulierung bei Wien. Die Beseitigung der alten Nussdorfer Stromwerke. Allgemeine Bauzeitung, Jg. 1876, S. 74–79

Leever, K. A., Matenco, L., Garcia-Castellanos, D. & Cloetingh, S. A. P. L. (2006): The evolution of the Danube gateway between Central and Eastern Paratethys (SE Europe): Insight from numerical modelling of the causes and effects of connectivity between basins and its expression in the sedimentary record. Tectonophysics, 502, S. 175–195

Leidel, G. & Franz, M. R. (1998): Altbayerische Flusslandschaften an der Donau, Lech, Isar und Inn. Handgezeichnete Karten des 16. bis 18. Jahrhunderts aus dem Bayerischen Hauptstaatsarchiv. Katalog zur gleichnamigen Ausstellung in München 24. Juni bis 16. August 1998. Schriftenreihe Ausstellungskataloge der Staatlichen Archive Bayerns, 37

Lemery, N. (1721): Vollständiges Materialien-Lexicon. Universitätsbibliothek Leipzig, Sign. VII-6.416

Lévêque, C., Balian, E. V. & Martens, K. (2005): An assessment of animal species diversity in continental waters. Hydrobiologia, 542, S. 39–67

Licinius (Licrisins), F. (1560): Cours du Danube, de Belgrade à l'embouchure. Bibliothèque nationale de France, Sign. GED-6533

Linz AG Abwasser (2012): Regionalkläranlage Asten. Informationsbroschüre im PDF-Format, Linz

Literathy, P., Enache, I., Pavonic, M., Ocenaskova, V. & Diemer, J. (2008): Heavy metals and Arsenic in water, suspended particulate matter, sediments and biota. In: Liška, I., Wagner, F. & Slobodník, J. (Hrsg.), Joint Danube Survey 2. Final Scientific Report, ICPDR – International Commission for the Protection of the Danube River, Wien, S. 154–168

Lóczy, D. (2007): The Danube: Morphology, Evolution and Environmental Issues. In: Gupta, A. (Hrsg.), Large Rivers: Geomorphology and Management, John Wiley & Sons, Chichester, UK, S. 235–260

Loos, R., Locoro, G. & Contini, S. (2008): Polar water-soluble contaminants in the liquid water phase by SPE-LC-MS2. In: Liška, I., Wagner, F. & Slobodník, J. (Hrsg.), Joint Danube Survey 2. Final Scientific Report. ICPDR – International Commission for the Protection of the Danube River, Wien, S. 170–173

Löscher, M. (1976): Die präwürmzeitlichen Schotterablagerungen in der nördlichen Iller-Lech-Platte. Heidelberger Geographische Arbeiten, 45, 157 S.

Lövei, G. L. (1997): Global change through invasions. Nature, 388, S. 627–628

Ludwig, A., Lippold, S., Debus, L. & Reinartz, R. (2009): First evidence of hybridization between endangered sterlets (*Acipenser ruthenus*) and exotic Siberian sturgeons (*Acipenser baerii*) in the Danube River. Biological Invasions, 11, S. 753–760

Lusk, S., Lusková, V., Halačka, K. & Lojkásek, B. (2000): [Changes in the species composition of the ichthyofauna in the territory of Czech Republic after 1990]. Biodiverzita ichtiofauny České Republiky (III), S. 21–28. (in Slowakisch)

Luterbacher, J., Dietrich, D., Xoplaki, E., Grosjean, M. & Wanner, H. (2004): European seasonal and annual temperature variability, trends, and extremes since 1500. Science, 303, S. 1499–1503

Magyar, I., Geary, D. H. & Müller, P. (1999): Paleographic evolution of the Late Miocene Lake Pannon in Central Europe. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 147, S. 151–167

Maria Theresia (1771): Vorschriften wegen des Fischereifangs. In: Kropatschek, J. (Hrsg. 1787), Sammlung aller k. k. Verordnungen und Gesetze vom Jahre 1740 bis 1780, die unter der Regierung der Regierung des Kaisers Joseph des II. theils noch ganz bestehen, theils zum Theile abgeändert sind. Bd. 8, Mößle, Wien

Markovic, S. B., Bokhorst, M. P., Vandenberghe, J., McCoy, W. D., Oches, E., Hambach, U., Gaudenyi, T., Jovanovic, M., Zöller, L., Stevens, T. & Machalett, R. N. (2008): Late Pleistocene loess-palaeosol sequences in the Vojvodina region, north Serbia. Journal of Quaternary Science, 23 (1), S. 73–84

Marktamt der Stadt Wien (1881–1893): Statistische Ausweise über die Preise der Lebensmittel und die Approvisionierung Wiens. Wien

Marsigli, L. F. (1726a): Danubius Pannonico-mysicus observationibus geographicis, astronomicis, hydrographicis, historicis, physicis perlustratus et in sex tomos digestus. Tomus I, Herman Uytwerf & François Changuion, Den Haag, Niederlande

Marsigli, L. F. (1726b): Danubius Pannonico-mysicus observationibus geographicis, astronomicis, hydrographicis, historicis, physicis perlustratus et in sex tomos digestus. Tomus IV, Herman Uytwerf & François Changuion, Den Haag, Niederlande

Marsigli, L. F. (1726c): Danubius Pannonico-mysicus observationibus geographicis, astronomicis, hydrographicis, historicis, physicis perlustratus et in sex tomos digestus. Tomus V, Herman Uytwerf & François Changuion, Den Haag, Niederlande

Marsigli, L. F. (1726d): Danubius Pannonico-mysicus observationibus geographicis, astronomicis, hydrographicis, historicis, physicis perlustratus et in sex tomos digestus. Tomus VI, Herman Uytwerf & François Changuion, Den Haag, Niederlande

McCarney-Castle, K., Voulgaris, G., Kettner, A. J. & Giosan, L. (2011): Simulating fluvial fluxes in the Danube watershed: The „Little Ice Age“ versus modern day. The Holocene, 22 (1), S. 91–105

Meidinger, C. F. v. (1785–1794): Icones piscium Austriae indigenorum. Wappler, Vienna

Melcher, A., Pletterbauer, F., Kremser, H. & Schmutz, S. (2013): Temperatursprüche und Auswirkungen des Klimawandels auf die Wassertemperatur und die Fischfauna in Flüssen und unterhalb von Seen. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, 65 (11–12), S. 408–417

Merwald, F. (1964): Die Netze der Donaufischer bei Linz. Naturkundliches Jahrbuch der Stadt Linz, 10, S. 283–298

Meyer, R. K. & Schmidt-Kaler, H. (2002): Wanderungen in die Erdgeschichte. Auf den Spuren der Eiszeit südlich von München – östlicher Teil. Bd. 8, Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München, 141 S.

Mikschi, E. (2002): Fische (Pisces). In: Essl, F. & Rabitsch, W. (Hrsg.), Neobiota in Österreich. Umweltbundesamt, Wien, S. 197–204

- Monjencs, I. & Rainer, H. (1989):** Hainburg – 5 Jahre danach. Kontrapunkt. Verlag für Wissenswertes, Wien, S. 53–59
- Moog, O. & Wieser, C. (2010):** Meeresgrundel, Körbchenmuschel, Schwebgarnele und Co. – Gebietsfremde Fische und Bodentiere in Österreichs Flüssen und Seen. In: Rabitsch, W. & Essl, F. (Hrsg.), Aliens – Pflanzen und Tiere auf Wanderschaft. Katalog des Landesmuseums St. Pölten, S. 71–81
- Moog, O. (1989):** Makrobenthologische Aspekte bei der Wiederherstellung naturnaher Flußabschnitte. Wiener Mitteilungen, 88, S. 56–103
- Moog, O., Brunner, S., Humpesch, U. H. & Schmidt-Kloiber, A. (2000):** The distribution of benthic invertebrates along the Austrian stretch of the river Danube and its relevance as an indicator of zoogeographical and water quality patterns – part 2. Large Rivers, Bd. 11 (4), Archiv für Hydrobiologie Supplementband, 115 (4), S. 473–509
- Moog, O., Graf, W. & Ofenböck, T. (2007):** Benthic invertebrate neozoa in Austrian rivers. In: Rabitsch, W., Essl, F. & Klingenstein, F. (Hrsg.), Biological Invasions – from Ecology to Conservation. Neobiota, 7, S. 132–139
- Moog, O., Leitner, P. & Huber, T. (2013):** Makrozoobenthos. In: Ofenböck, G. (Hrsg.), Aquatische Neobiota in Österreich. Stand 2013. BMLFUW, Wien, S. 54–92
- Morel, P., Von Blanckenburg, F., Schaller, M., Kubik, P. W. & Hinderer, M. (2003):** Lithology, landscape dissection, and glaciation controls on catchment erosion as determined by cosmogenic nuclides in river sediment (the Wutach Gorge, Black Forest). Terra Nova, 15, S. 398–404
- Muhar, S. (1994):** Stellung und Funktion des Leitbildes im Rahmen von Gewässerbetreuungs-konzepten. Wiener Mitteilungen, 120, S. 135–158
- Muhar, S. (1999):** Gewässerschutz und Gewässer-ökologische Planung. Habilitationsschrift an der Universität für Bodenkultur Wien
- Muhar, S., Schmutz, S. & Jungwirth, M. (1995):** River restoration concepts – goals and perspectives. Hydrobiologia, 303, S. 183–194
- Mühlbauer, M., Traxler, E., Zitek, A. & Schmutz, S. (2003):** Das dynamische Fischwehr – Ein hochwassersicheres Fischwehr zur Untersuchung der Fischwanderung an kleinen bis mittelgroßen Flüssen. Österreichs Fischerei, 56, S. 136–148
- Münster, S. (1544):** Cosmographia. Beschreibung aller Lender durch Sebastianum Munsterum, in welcher begriffen Aller völkcker, Herrschafften, Stetten und namhafftiger flecken, herkommen: Sitten, gebreüch, ordnung, glauben, secten vnd hantierung, durch die gantze welt, vnd fürnemlich Teutscher nation. Was auch besonders in iedem landt gefunden, vnnnd darin beschehen sey. Alles mit figuren vnd schönen landt tafeln erkläert, vnd für augen gestelt. Basel, 659 S.
- Nachtnebel, H. P. (2002):** Stellungnahme HW-Schutz Machland Nord. Zusammenfassung Enderbericht. Unveröffentlichtes Gutachten
- Nachtnebel, H. P., Godina, R., Rimmel, I., Wösendorfer, H., Summer, W., Regelsberger, M., Haider, S., Fürst, J., Krebs, A., Weihs, S., Frischherz, H., Fürnkranz, A., Huter, H., Jung, H., Urban, W., Haider, S., Holzmann, H., Jawecki, A., Reichel, G., Klaghofer, E., Klik, A. & Gigeitner, C. (1989):** Hydrologische Veränderungen durch das Donaukraftwerk Altenwörth. In: Hary, N. & Nachtnebel, H. P. (Hrsg.), Ökoxsystemstudie Donaustau Altenwörth. Österreichische Akademie der Wissenschaften, Veröffentlichungen des österreichischen MaB-Programms, Bd. 14, Universitätsverlag Wagner, Innsbruck, S. 27–91
- Nachtnebel, H. P., Seidelmann, R., Müller, H. W. & Schwaighofer, B. (1998):** Herkunft und Zusammensetzung der Schwebstoffe in der Donau und ihren wichtigsten Zubringern. Bericht im Auftrag der Verbundgesellschaft, 149 S. und Anhang
- Nagl, H. & Verginis, S. (1987):** Die Morphogenese der Wachau. Versuch einer neuen Deutung. Geographischer Jahresbericht aus Österreich, 46, S. 7–30
- Nagl, H. (1970):** Zur Rekonstruktion der pleistozänen Vereisung im alpinen Ybbstal. Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien, 63, S. 185–202
- Nanson, G. C. & Knighton, A. D. (1996):** Anabranching rivers: their cause, character and classification. Earth Surface Processes and Landforms, 21, S. 217–239
- Nuschei, P. (2007):** Donauschiffahrt und Wellenschlag. Fakten und Perspektiven aus der Sicht eines Angelfischers – Steigende Bedrohung des Fischbestandes – Gewässervernetzung als Ausweg? Wer schützt die Fische? Österreichs Fischerei, 60 (11/12), S. 274–286
- Oberdorff, T., Tedesco, P., Hugueny, B., Leprieur, F., Beauchard, O., Brosse, S. & Dürr, H. (2011):** Global and Regional Patterns in Riverine Fish Species Richness: A Review. International Journal of Ecology, Article ID 967631, doi:10.1155/2011/967631
- Oberhauser, R. & Bauer, F. K. (1980):** Der geologische Aufbau Österreichs. Geologische Bundesanstalt Wien, Springer, Wien/New York, 705 S.
- Olenin, S., Minchin, D. & Daunys, D. (2007):** Assessment of biopollution in aquatic ecosystems. Marine Pollution Bulletin, 55, S. 379–394
- Olteanu, R. & Jipa, D. C. (2006):** Dacian Basin environmental evolution during Upper Neogene within the Paratethys domain. Geo-Eco-Marina, 12, S. 91–105
- Orendt, C., Schmitt, C., van Liefferinge, C., Wolfram, G. & de Deckere, E. (2010):** Include or exclude? A review on the role and suitability of aquatic invertebrate neozoa as indicators in biological assessment with special respect to fresh and brackish European waters. Biological Invasions, 12 (1), S. 265–283
- Österreichischer Fischereiverein (1880–1904):** Mitteilungen des Österreichischen Fischereivereins. Offizielles Organ der niederösterreichischen Fischereirevierausschüsse. Wien
- Österreichischer Fischereiverein (1884):** Die Internationale Fischerei-Conferenz 1884 in Wien. Mitteilungen des Österreichischen Fischerei-Vereines, 4, S. 100–195
- Panov, V. E., Alexandrov, B., Arbačiauskas, K., Binimelis, R., Copp, G. H., Grabowski, M., Lucy, F., Leuven, R. S. E. W., Nehring, S., Paunović, M., Semenchenko, V. & Son, M. O. (2009):** Assessing the risks of aquatic species invasions via European inland waterways: from concepts to environmental indicators. Integrated Environmental Assessment and Management, 5, S. 110–126

- Pasetti, F. Ritter v. (1862):** Notizen über die Donauregulierung im österreichischen Kaiserstaate bis zu Ende des Jahres 1861 mit Bezug auf die im k. k. Staatsministerium herausgegebenen Übersichts-Karte der Donau. Bericht, Wien
- Patzner, R. & Schweiger, R. (2007):** Artinformation Marmorierte Grundel *Proterorhinus semilunaris* (Heckel, 1837). Bearbeitungsstand: 2. Mai 2007. In: Brunken, H. (Hrsg.), Fischartenatlas von Deutschland und Österreich. Gesellschaft für Ichthyologie e. V
- Pauling, A., Luterbacher, J., Casty, C. & Wanner, H. (2006):** 500 years of gridded high-resolution precipitation reconstructions over Europe and the connection to large-scale circulation. *Climate Dynamics*, 26, S. 387–405
- Pécsi, M. (1959):** A magyarországi Duna-völgy kialakulása és felszínalakítása (Entwicklung und Morphologie des Donautales in Ungarn). Akadémiai Kiadó, Budapest, 345 S.
- Penck, A. (1891):** Die Donau. Schriften des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien, 31, S. 1–101
- Petrin, S. (1979):** Das Archiv der Tullner Fischzeche. Mitteilungen aus dem Niederösterreichischen Landesarchiv, 3, S. 29–34
- Petts, G. E., Möller, H. & Roux, A. L. (1989):** Historical Change of Large Alluvial Rivers: Western Europe. John Wiley & Sons, Chichester, UK, 355 S.
- Petz-Glechner, R. & Petz, W. (2004):** Die historische Fischfauna Salzburgs. Berichte der Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereinigung in Salzburg, 14, S. 95–120
- Pfister, C. (2007):** Climatic Extremes, recurrent Crises and Witch Hunts: Strategies of European Societies in Coping with Exogenous Shocks in the Late Sixteenth and Early Seventeenth Centuries. *The Medieval History Journal*, 10 (1/2), S. 33–73
- Piffli, L. (1971):** Zur Gliederung des Tullner Feldes. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, 75, S. 293–210
- Piller, W. E., Egger, H., Erhart, C. W., Gross, M., Harzhauser, M., Hubmann, B., van Husen, D., Krenmayr, H. G., Krystyn, L., Lein, R., Lukeneder, A., Mandl, G. W., Rögl, F., Roetzl, R., Rupp, C., Schnabel, W., Schönlaub, H. P., Summesberger, H., Wageich, M. & Wessely, G. (2004):** Die stratigraphische Tabelle von Österreich 2004 (sedimentäre Schichtfolgen). Kommission für die paläontologische und stratigraphische Erforschung Österreichs der Österreichischen Akademie der Wissenschaften und Österreichische Stratigraphische Kommission, Wien
- Pillwein, B. (1827):** Geschichte, Geographie und Statistik des Erzherzogthums Oesterreich ob der Enns und des Herzogthums Salzburg, Bd. 1, Der Mühlkreis, Linz
- Pino, F. (1918):** Auf Schiede in der Donau und in der March. *Österreichische Fischereizeitung*, 15, S. 6
- Pöckl, M. (2006):** Strategies of a successful new invader in European fresh waters: fecundity and reproductive potential of the Ponto-Caspian amphipod *Dikerogammarus villosus* in the Austrian Danube, compared with the indigenous *Gammarus fossarum* and *G. roeseli*. *Freshwater Biology*, 52, S. 50–63
- Pokorny, B. (2000):** Untersuchungen zur Drift und Habitatwahl der früheren Entwicklungsstadien der Nase (*Chondrostoma nasus* L.) an der Pielach. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien
- Pözl, F. (1904):** Über den Wert des Besatzes der Donau mit Schilleiern und Huchenjungfischen. *Österreichische Fischerei-Zeitung*, 1, S. 179–182
- Pözl, F. (1906):** Die fischereilichen Verhältnisse der Donau in Niederösterreich. *Österreichische Fischerei-Zeitung*, 4, 236–238
- Pözl, F. (1921):** Gutachten über die Möglichkeit einer Förderung der Donaufischerei. *Österreichische Fischereizeitung*, 18, S. 1–4
- Popov, S. V., Shcherba, I. G., Ilyina, L. B., Nevesskaya, L. A., Paramonova, N. P., Khondkarian, S. O. & Magyar, I. (2006):** Late Miocene to Pliocene palaeogeography of the Paratethys and its relation to the Mediterranean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 238, S. 91–106
- Popp, N. (1974):** A Duna negyedkori fejlődéséről alkotott szintézis általános eredményei Romániában [A Synthesis of Research on the Quaternary Evolution of the Danube in Romania]. *Földrajzi Értésítő*, 23 (1), S. 19–25
- Pounds, N. (1985):** A historical geography of Europe 1800–1914. Cambridge University Press, Cambridge
- Prinz, H., Lahnsteiner, F., Haunschmid, R., Jagsch, A., Sasano, B. & Schay, G. (2009):** Reaktion ausgewählter Fischarten auf verschiedene Wassertemperaturen in oö Fließgewässern. BAW-IGF Scharfling & Universität Salzburg, Studie im Auftrag der oö. Landesregierung, 139 S.
- Prokesch, A. (1876):** Die alten Nußdorfer Wasserbauwerke. Blätter des Vereines für Landeskunde von Niederösterreich, Neue Folge, 10, S. 80–95
- Raab, A. (1978):** Die traditionelle Fischerei in Niederösterreich, mit besonderer Berücksichtigung der Ybbs, Erlauf, Pielach und Traisen. Dissertation, Universität Wien, Wien
- Rabitsch, W. & Essl, F. (2010):** Aliens – Neobiota und Klimawandel – Eine verhängnisvolle Affäre, Landesmuseum Niederösterreich, Heidenreichstein, 160 S.
- Rahel, F. J. & Olden, J. D. (2008):** Assessing the Effects of Climate Change on Aquatic Invasive Species. *Conservation Biology*, 22 (3), S. 521–533
- Ratschan, C., Mühlbauer, M. & Zauner, G. (2012):** Einfluss des schiffahrtsbedingten Wellenschlags auf Jungfische: Sog und Schwall, Drift und Habitatnutzung; Rekrutierung von Fischbeständen in der Donau. *Österreichs Fischerei*, 65, S. 50–74
- Raven, J., Holmes, N. T. H., Dawson, F. H. & Everard, M. (1998):** Quality assessment using river habitat survey data. *Aquatic Conservation*, 8 (4), S. 477–500
- Reckendorfer, W., Schmalfuß, R., Baumgartner, C., Habersack, H., Hohensinner, S., Jungwirth, M. & Schiemer, F. (2005):** The Integrated River Engineering Project for the free-flowing Danube in the Austrian Alluvial Zone National Park: contradictory goals and mutual solutions. *Archiv für Hydrobiologie, Supplementband*, 155 (1–4), Large Rivers, 15 (1–4), S. 613–630
- Reckendorfer, W., Schmalfuß, R., Baumgartner, C., Jungwirth, M. & Schiemer, F. (2003):** General management concept for the free-flowing Austrian Danube: framework, decision process, and solutions. Vortrag, International Conference on Lowland River Rehabilitation, Wageningen, Niederlande, Sept. 29–2. Okt., 2003

- Repassy (1906):** Wahrnehmung der Interessen der Fischerei beim Wasserbau. Stenographisches Protokoll über die Verhandlungen des Internationalen Fischerei-Kongresses. Verlag der K. k. österreichischen Fischerei-Gesellschaft, Wien, S. 93–108
- Reyjol, Y., Hugueny, B., Pont, D., Bianco, P. G., Beier, U., Caiola, N., Casals, F., Cowx, I., Economou, A., Ferreira, T., Haidvogel, G., Noble, R., de Sostoa, A., Vigneron, T. & Virbickas, T. (2007):** Patterns in species richness and endemism of European freshwater fish. *Global Ecology and Biogeography*, 16, S. 65–75
- Riedl, A. v., Green, T. & Schleich, J. C. (1806/08):** Strom-Atlas von Baiern. Donau Strom, Inn, Isar, Lech, Loisach, Ammer-Fluss, Hydrographische Karte in 4 Blättern, Profil Plane, gewidmet Maximilian Joseph König von Baiern. Bayerisches Hauptstaatsarchiv, München
- Rögl, F. & Steininger, F. F. (1983):** Vom Zerfall der Tethys zu Mediterran und Paratethys. Die neogene Paläographie und Palinspastik des zirkum-mediterranen Raumes. *Annalen des Naturhistorischen Museums Wien*, 85 A, S. 135–163
- Roidtner, J. (1859):** Die Regulierung des Donau-Hollers im Strombecken oberhalb des Strompasses bei Grein. *Allgemeine Bauzeitung*, 9/10, S. 244–252
- Roidtner, J. (1871):** Die Fundplätze der keltischen, römischen und altdeutschen Waffen, Münzen und Geräthschaften am Donau-Strudel und Wirbel. *Jahresbericht des Museums Francisco-Carolinum*, 30, S. 18 ff
- Rudisch, A. M. (1787):** Mein eigenes geprüftes Kochbuch: Enthaltend eine ganz neue Sammlung der ausgesuchtesten, niedrigsten und besten Speisen von zerschiedenen [!] Gattungen Suppen, Fleischspeisen, Zuspeisen an Fleisch und Fast-Tägen ...; Eingerichtet. für alle Gattungen der Stände. Wien
- Rudolf II. (1585):** Reformierte Fischordnung in Österreich ob der Enns. Michael Apffel, Wien
- Schabuss, M. & Reckendorfer, W. (2002):** Der Einfluss der Gewässervernetzungsmaßnahmen auf die Adult- und Jungfischfauna im Altarmsystem bei Orth a. d. Donau. Studie im Auftrag der Nationalpark Donau-Auen GmbH, LIFE98NAT/A/005422
- Schäffer, J. C. (1775):** Der Afterholzbock, vormalis in einem lateinischen Sendschreiben an den Herrn von Reaumur etc., itzo in deutscher Sprache beschrieben, und mit einer Nachricht von der Frühlingsfliege mit kurzen Oberflügeln begleitet. E. A. Weiß, Regensburg
- Schiemer F., Gutí, G., Keckeis, H. & Staras, M. (2004):** Ecological status and problems of the Danube River and its fish fauna: a review. In: Welcomme, R. L. & Petr, T. (Hrsg.), *Proceedings of the second international symposium on the management of large rivers for fisheries*, 1, S. 273–299
- Schiemer, F. & Waidbacher, H. (1992):** Strategies for conservation of a Danubian fish fauna. In: Boon, P. J. et al. (Hrsg.), *River conservation and management*. John Wiley & Sons, Chichester, UK, S. 363–382
- Schiemer, F. (1986):** Fischereiliche Bestandaufnahme im Bereich des Unterwassers der geplanten Staustufe Freudenau. Studie im Auftrag der Gemeinde Wien, MA 18, 106 S.
- Schiemer, F., Baumgartner, C. & Tockner, K. (1999):** Restoration of floodplain rivers: The „Danube Restoration Project“. *Regulated Rivers*, 15, S. 231–244
- Schiemer, F., Jungwirth, M. & Imhof, G. (1994):** Die Fische der Donau – Gefährdung und Schutz. Ökologische Bewertung der Umgestaltung der Donau. Grüne Reihe des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie, Bd. 5
- Schiemer, F., Zalewski, M. & Thorpe, J. E. (1995):** The Importance of Aquatic-Terrestrial Ecotones for Freshwater Fish. Reprinted from *Hydrobiologia*, 303, 1–3. Springer, Niederlande
- Schiemer, F., Gutí, G., Keckeis, H. & Staras, M. (2004):** Ecological status and problems of the Danube River and its fish fauna: a review. In: Welcomme, R. L. & Petr, T. (Hrsg.), *Proceedings of the second international symposium on the management of large rivers for fisheries* 1, FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand, S. 273–299
- Schimon, W., Schöner, W., Böhm, R., Haslinger, K., Blöschl, G., Merz, R., Blaschke, A. P., Viglione, A., Parajka, J., Kroiß, H., Kreuzinger, N. & Hörhan, T. (2010):** Anpassungsstrategien an den Klimawandel für Österreichs Wasserwirtschaft. Studie hrsg. vom BMLFUW, 486 S.
- Schmall, B. & Friedrich, T. (2014):** Die Störarten der Donau. Teil 1: Hausen (*Huso huso*), Europäische Stör (*Acipenser sturio*) & allochthone Störarten. *Österreichs Fischerei*, 67, S. 95–109
- Schmall, B. & Friedrich, T. (2014):** Die Störarten der Donau. Teil 2: Waxdick (*Acipenser gueldenstaedtii*), Glatt dick (*Acipenser nudiventris*), Sternhausen (*Acipenser stellatus*) und historische Störnachweise zweifelhafter Identität. *Österreichs Fischerei*, 67, S. 129–143
- Schmautz, M., Aufleger, M. & Strobl, T. (2000):** Wissenschaftliche Untersuchung der Geschiebe- und Eintiefungsproblematik der österreichischen Donau. Bericht im Auftrag der Verbund-ANP, Wien, 194 S.
- Schmautz, M., Aufleger, M. & Strobl, T. (2002):** Anthropogene Einflussnahme auf die Flussmorphologie der Donau in Österreich. *Österreichische Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift*, 147 (5–6), S. 171–178
- Schmutz, S. & Jungwirth, M. (2003):** Auswirkungen der Klimaänderungen auf die Fischfauna. In Kromp-Kolb, H. et al. (Hrsg.), *Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Tierwelt*. Studie im Auftrag des BMLFUW, 141 S.
- Schmutz, S., Kaufmann, M., Vogel, B. & Jungwirth, M. (2000):** Methodische Grundlagen und Beispiele zur Bewertung der fischökologischen Funktionsfähigkeit österreichischer Fließgewässer. BMLFUW, Wasserwirtschaftskataster, Wien
- Schmutz, S., Kremser, H., Melcher, A., Jungwirth, M., Muhar, S., Waidbacher, H. & Zauner, G. (2014):** Ecological effects of rehabilitation measures at the Austrian Danube: a meta-analysis of fish assemblages. *Hydrobiologia*, 729, S. 49–60
- Schober, K. (1934):** Einsetzen von Huchen in der Donau und ihren Nebenflüssen. *Österreichs Fischereiwirtschaft*, 1, S. 6–7
- Schöll, F. & Haybach, A. (2000):** Der Potamon-Typie-Index – ein indikatives Verfahren zur ökologischen Bewertung großer Fließgewässer. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, 44 (1), S. 32–33

- Schöll, F. & Haybach, A. (2001):** Bewertung von großen Fließgewässern mittels Potamon-Typie-Index (PTI) – Verfahrensbeschreibung und Anwendungsbeispiele. Mitteilungen der Bundesanstalt für Gewässerkunde, 23, Koblenz
- Schönenberg, R. & Neugebauer, J. (1997):** Einführung in die Geologie Europas. 7. Auflage, Rombach Verlag, Freiburg im Breisgau, 385 S.
- Schotzko, N. & Wiesner, C. (2007):** Fischökologie. In: Institut für Wassergüte (Hrsg.), Das Leben im Donaustrom – Joint Danube Survey 2. Schriftenreihe des Bundesamtes für Wasserwirtschaft, 32, S. 148–189
- Schrey, I., Lauda, E., Weber-Ebenhof, A., Franz, H., Herbst, A., Florian, F., Pesta, C. & Blum, F. (1898):** Die Entwicklung des Wasserbaues in Österreich 1848 bis 1898. Wien
- Schuller, V. (in prep.):** Flussmorphologische Rekonstruktion der Wiener Donau-Auen zwischen 1780 und 1825. Masterarbeit am Institut für Hydrobiologie & Gewässermanagement, Universität für Bodenkultur Wien
- Schuster, R., Daurer, A., Krenmayr, H.-G., Linner, M., Mandl, G. W., Pestal, G. & Reitner, J. M. (2013):** Rocky Austria. Geologie von Österreich – kurz und bunt. Geologische Bundesanstalt, Wien, 80 S.
- Seligo, A. (1926):** Die Fischerei in den Fließ-, Seen und Strandgewässern Mitteleuropas. In: Demoll, R. & Maier, H. N. (Hrsg.), Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas. Ban v. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 422 S.
- Siebold, C. T. E. v. (1863):** Die Süßwasserfische von Mitteleuropa. W. Engelmann, Leipzig
- Slezak, F. (1948):** Historische Veränderungen der Donaustromlandschaft im Tullner und Wiener Becken. Dissertation an der Universität Wien, 157 S.
- Slezak, F. (1975):** Frühe Regulierungsversuche im Donaustudel bei Grein (1574–1792). Der Donauraum. Zeitschrift für Donauraumforschung, 20, S. 58–90
- Slezak, F. (1980):** Wien und die frühe Donaukartographie. Stadtgeschichtsforschung und Kartenvergleich. Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft, 122 (2), S. 256–274
- Sommerhäuser, M., Robert, S., Birk, S., Hering, D., Moog, O., Stubauer, I. & Ofenböck, T. (2003):** Developing the Typology of Surface Waters and Defining the Relevant Reference Conditions. Activity 1.1.6 Final report. UNDP/GEF Danube Regional Project, Universität Duisburg-Essen, Deutschland und Universität für Bodenkultur Wien
- Sommerwerk, N., Baumgartner, C., Blösch, J., Hein, T., Ostojic, A., Paunovic, M., Schneider-Jakoby, M., Siber, R. & Tockner, K. (2009):** The Danube River Basin. In: Tockner, K., Uehlinger, und & Robinson, C. T. (Hrsg.), Rivers of Europe. Elsevier Academic Press, Amsterdam, S. 59–112
- Sonnlechner, C., Hohensinner, S. & Haidvogel, G. (2013):** Floods, fights and a fluid river: the Viennese Danube in the sixteenth century. Water History, 5 (2), S. 173–194
- Staindl, B. (1545):** Ein künstlich vnd nutzlich Kochbuch: vormahlens nie so leicht, Mann vnd Frawen personen, von jnen selbst zulernen. Steiner, Augsburg
- Statistisches Jahrbuch der Stadt Wien 1884–1914):** Hrsg. vom Statistischen Department des Wiener Magistrats [ab 1901: Magistratsabteilung XXI für Statistik]. Verlag des Wiener Magistrats, Wien
- Steinmann, P., Koch, W. & Scheuring, L. (1937):** Die Wanderungen unserer Süßwasserfische. Zeitschrift für Fischerei und deren Hilfswissenschaften, 35, S. 369–467
- Strack (1819–1826):** Naturgeschichte in Bilder, mit erläuterndem Text. Lieferung 4, Heft 33–56, Fische, Arnz & Co, Düsseldorf
- Strasser, J. (1958):** Die Fischerinnung Lambach und ihre Fahne. Österreichs Fischerei, 11, S. 179–183
- Strasser, M. (2011):** Höhlen der Schwäbischen Alb als Pegelschreiber für Flussgeschichte und Tektonik in Südwestdeutschland seit dem Miozän. Dissertation an der Universität Stuttgart
- Streffleur, V. (1851):** Einiges über Wasserstands-(Pegel-)Beobachtungen und deren Aufzeichnungen. Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe, 7 (1), S. 745–756
- Sümegehy, J. (1953):** Issues concerning the Pliocene and Pleistocene stratigraphy in the Hungarian Basin. Annual report of the Hungarian Geological Institute, Jg. 1951, S. 83–109
- Tedesco, P. A., Leprieux, F., Hugueny, B., Brosse, S., Dürr, H. H., Beauchard, O., Busson, F. & Oberdorff, T. (2012):** Patterns and processes of global riverine fish endemism. Global Ecology and Biogeography, 21, S. 977–987
- Thiel, V. (1903/04):** Geschichte der älteren Donauregulierungsarbeiten bei Wien. I. Von den ältesten Nachrichten bis zum Beginne des XVII. Jahrhunderts. Jahrbuch für Landeskunde von Niederösterreich. Neue Folge, 2. Jg., S. 117–163
- Thompson, E. A. (1956):** Constantine, Constantius II, and the Lower Danube Frontier. Hermes, 84 (3), S. 372–381
- Tobias, W. (1996):** Sommernächtliches „Schneetreiben“ am Main – Zum Phänomen des Massenfluges von Eintagsfliegen. Natur und Museum: Bericht der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft in Frankfurt am Main, 126 (2), S. 37–54
- Tollmann, A. (1986):** Geologie von Österreich. Band III Gesamtübersicht. Deuticke Verlag, Wien, 718 S.
- Toth, J. (1960):** Einige Veränderungen in der Fischfauna der ungarischen Donaustrecke in der vergessenen Dekade. Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eötvös Nominata, Sectio Biologia, 3, S. 401–413
- Tritthart, M., Liedermann, M., Schober, B. & Habersack, H. (2011):** Non-uniformity and layering in sediment transport modelling 2: river application. Journal of Hydraulic Research, 49 (3), S. 335–344
- Troppau & Jägerndorff, E. M. R. (1708):** Freiwillig aufgesprungener Granat-Appfel des christlichen Samariters ... Hg. und verlegt von Anna Franciska Voigtin, Wien
- Unfer, G., Frangez, C. & Schmutz, S. (2003):** Seasonal Migration Patterns of Nase and Barbel in the Danube and its Tributaries. Abstract, Fifth Conference on Fish Telemetry held in Europe, Ustica, Italy
- Van Husen, D. & Reitner, J. M. (2011):** An Outline of the Quaternary Stratigraphy of Austria. E & G Quaternary Science Journal, 60 (2–3), S. 366–387

Van Husen, D. (1987): Die Ostalpen in den Eiszeiten. Geologische Bundesanstalt, Wien, 24 S.

Vassilev, M. & Pehlivanov L. (2003): Structural Changes of Sturgeon Catches in the Bulgarian Danube Section. Acta Zoologica Bulgarica, 55, S. 97–102

Veichtlbauer, O. (2010): Von der Strombaukunst zur Staukette. In: Winiwarter, V. & Schmid, M. (Hrsg.), Umwelt Donau: Eine andere Geschichte. Katalog zur Ausstellung „Donau – Fluch und Segen“ des Nö. Landesarchivs im ehemaligen Pfarrhof in Ardagger Markt 2010. Nö. Landesarchiv, St. Pölten, S. 57–74

VERBUND Hydro Power GmbH (2007):

Die Kraftwerke an der österreichischen Donau. Wien, 16 S.

via donau – Österreichische Wasserstraßen-Gesellschaft mbH (2012): Die kennzeichnenden Wasserstände der österreichischen Donau – KWD 2010. Wien, 34 S.

via donau – Österreichische Wasserstraßen-Gesellschaft mbH (2014): Laufzeiten einer Hochwasserwelle an der Donau. Unveröffentlichte Studie

Wagner, G. A., Krbetschek, M., Degering, D., Bahain, J.-J., Shao, Q., Falguères, C., Voinchet, P., Dolo, J.-M., Garcia, T. & Rightmire, G. P. (2010): Radiometric dating of the type-site for *Homo heidelbergensis* at Mauer, Germany. PNAS, 107 (46), S. 19 726–19 730

Waidbacher, H. & Haidvogel, G. (1998): Fish Migration and Fish Passage Facilities in the Danube: Past and Present. In: Jungwirth, M., Schmutz S. & Weiss, S. (Hrsg.): Fish migration and fish bypasses. Fishing News Books, Oxford, S. 85–98

Waidbacher, H. et al. (1989): Veränderungen der Fischfauna durch Errichtung des Donaukraftwerkes Altenwörth. In: Hary, N. & Nachtnebel, H. P. (Hrsg.), Ökosystemstudie Donaustau Altenwörth. Österreichische Akademie der Wissenschaften, Veröffentlichungen des österreichischen MaB-Programms, Bd. 14, Universitätsverlag Wagner, Innsbruck, S. 123–161

Walter (1910): Aale in der Donau. Österreichische Fischereizeitung, 7, S. 22–23

Wanzenböck, J., Kovacek, H. & Herzig-Straschil, B. (1989): Zum Vorkommen der Gründlinge (Gattung: Gobio; Cyprinidae) im Österreichischen Donaunraum. Österreichs Fischerei, 42, S. 118–128

Ward, J. V. & Stanford, J. A. (1996): A general protocol for restoration of regulated rivers. Regulated Rivers, 12, S. 391–413

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

Wassermann, G. et al. (1999): 10 Jahre Gießgang Greifenstein. Eine interdisziplinäre Gesamtstudie eines Hinterlandbewässerungssystems. Schriftenreihe der Forschung im Verbund, 47, 250 S.

Weber, E. (1989): Studie über die „Entwicklung der Donaufischerei von Wien bis zur Marchmündung“ vor und nach der Donauregulierung in den Jahren 1880–1900. Unveröffentlichtes Manuskript

Weigl, A. (1905): Der Huchen und seine wirtschaftliche Bedeutung für die Donau. Österreichische Fischerei-Zeitung, 2, S. 197–200 und 220–223

Wendel, G. (1907): Statistik der österreichischen Binnenfischerei. Österreichische Fischerei-Zeitung, 5, S. 67–70 und 85–88

Werner Consult zT-Gemeinschaft & ARGE 2D-Modell Machland Schulz, R. – Nujic, M. (2005): Donau-Hochwasserschutz Machland, Umweltverträglichkeitserklärung, Einreichdetailprojekt 2003, Vorhaben – Betriebsphase. Technischer Bericht im Auftrag des Hochwasserschutzverbandes Donau – Machland, Projektleitung Amt der oö. Landesregierung, Abt. Wasserwirtschaft, 200 S. mit Planbeilagen

Wiesner, C. (2003): Eingeschleppte Meeresgrundeln in der österreichischen Donau – Gefahr und Potential. Fischwasser, März/April 2003, S. 29–31

Wiesner, C. (2003): Verbreitung und Populationsökologie von Meeresgrundeln (Gobiidae) in der österreichischen Donau. Dissertation am Institut für Hydrobiologie & Gewässermanagement (IHG), Universität für Bodenkultur Wien, 135 S.

Wiesner, C. (2005): New records of non-indigenous gobies (Neogobius spp.) in the Austrian Danube. Journal of Applied Ichthyology, 21, S. 324–327

Wiletal, I. (1897): Die Veränderungen des Donau-Laufes im Wiener Becken. Alt-Wien – Monatschrift für Wiener Art und Sprache, 6, S. 48–51 und 65–68

Winter, G. (1886): Niederösterreichische Weistümer. Teil 1, Das Viertel unter dem Wienerwald mit einem Anhang westungarischer Weistümer. Wilhelm Braumüller, Wien

Witkowski, A., Bajia, A., Treer, T., Hegediš, A., Maria, S., Sprem, N., Piria, M. & Kapusta, A. (2013): Past and present of and perspectives for the Danube huchen, *Hucho hucho* (L.), in the Danube basin. Archives of Polish Fisheries, 21, S. 129–142

Zauner, G. & Pinka, P. (1998): Fischökologische Beweissicherung der Altarmdotation „Schönbüheler Altarm“. Stapfia, 52, Neue Folge 126, S. 23–144

Zauner, G. & Ratschan, C. (2003): Fischökologische Evaluierung der Biotopprojekte Ybbser Scheibe und Diedersdorfer Haufen. Studie im Auftrag der Wasserstraßendirektion

Zauner, G. & Ratschan, C. (2004): Maßnahmenkonzept Donau im Natura-2000-Gebiet „Oberes Donautal“ von Passau bis Aschach. Studie im Auftrag der Wasserstraßendirektion

Zauner, G. & Schiemer, F. (1992): Auswirkungen der Schifffahrt auf die Fischfauna – aufgezeigt am Beispiel der österreichischen Donau. Landschaftswasserbau, 14, S. 133–151

Zauner, G. (1991): Vergleichende Untersuchungen zur Ökologie der drei Donauperiden Schräzter, Zingel und Streber in gestauten und ungestauten Donauabschnitten. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien, 110 S.

Zauner, G. (1997a): Fischökologische Beweissicherung der Sohlstabilisierung mittels Grobkornzugabe im Bereich Wildungsmauer Strom-km 1893,1–1893,3 und 1892,65–1892,45. Studie im Auftrag der Wasserstraßendirektion, Wien

Zauner, G. (1997b): Acipenseriden in Österreich. Österreichs Fischerei, 50, S. 183–187

Zauner, G. (2002a): Überprüfung des Kormoraneinflusses auf die fischereilichen und fischökologischen Verhältnisse der Donau in der Wachau. Studie im Auftrag des NÖ Landesfischereirates, Institut für Hydrobiologie & Gewässermanagement, Universität für Bodenkultur Wien

Zauner, G. (2002b): Möglichkeiten für die gewässertypspezifische Revitalisierung der Donau unter besonderer Berücksichtigung der stauge-regelten Flussabschnitte. Dissertation an der Universität für Bodenkultur, Wien

Zauner, G., Jung, M., Mühlbauer, M. & Ratschan, C. (in prep.): Endbericht – Fischökologisches Monitoring zum Life-Projekt „Mostviertel – Wachau“. Studie im Auftrag der via donau

Zauner, G., Mühlbauer, M. & Herrmann, T. (2010): Gewässer- und auenökologisches Restrukturierungspotential an der Grenzstrecke zwischen Österreich und Deutschland. Studie im Auftrag der öbk

Zauner, G., Mühlbauer, M. & Ratschan, C. (2006a): Gewässer- und auenökologisches Restrukturierungspotential an der Oberösterreichischen Donau. Studie im Auftrag der öö. Landesregierung, 150 S. und Planbeilagen

Zauner, G., Mühlbauer, M. & Ratschan, C. (2007): Einfluss des schiffahrtsbedingten Wellenschlags auf die Fischfauna in der Weltenburger Enge. Studie im Auftrag der Fa. Schweiger/Kelheim. 75 S.

Zauner, G., Mühlbauer, M. & Ratschan, C. (2009): Gewässer- und auenökologisches Restrukturierungspotential an der Niederösterreichischen Donau. Studie im Auftrag der via donau und der NÖ. Landesregierung (WA2), 277 S. und Planbeilagen

Zauner, G., Mühlbauer, M. & Ratschan, C. (2013): Zwischenbericht – Fischökologisches Monitoring zum Life-Projekt „Mostviertel – Wachau“. Studie im Auftrag der via donau

Zauner, G., Mühlbauer, M., Ratschan, C. & Jung, M. (2014): Fischökologisches Monitoring der Maßnahmen des Projektes LIFE+ Flusslebensraum Mostviertel – Wachau sowie LIFE Natur Wachau, Studie im Auftrag der via donau

Zauner, G., Pinka, P. & Moog, O. (2001): Pilotstudie Oberes Donautal – Gewässerökologische Evaluierung neugeschaffener Schotterstrukturen im Stauwurzelbereich des Kraftwerks Aschach. Studie im Auftrag der Wasserstraßendirektion

Zauner, G., Ratschan, C. & Mühlbauer, M. (2006b): Flussbauliches Gesamtprojekt östlich von Wien. Integrative ökologische Planung. Umweltverträglichkeitserklärung – Fischökologie und Fischerei. Naturverträglichkeitserklärung. Studie im Auftrag von DonauConsult Zottl & Erber

Zauner, G., Ratschan, C. & Mühlbauer, M. (2008): Life Natur Projekt Wachau. Endbericht Fischökologie. Studie im Auftrag von Arbeitskreis Wachau & via donau, 209 S.

Zauner, M. (2013): Entwicklung des Fischbestands im Donaustauraum Jochenstein von 1956–1999. Fachbereichsarbeit am ORG Wels

Zitek, A., Schmutz, S. & Jungwirth, M. (2004): Fischökologisches Monitoring an den Flüssen Pielach, Melk und Mank im Rahmen des EU-LIFE Projektes „Lebensraum Huchen“. Endbericht, 113 S.

Zösmaier, I. (1886): Die Geschichte der Fischerei in der III. Feldkircher Zeitung, 26, Nr. 95, S. 1–2, Nr. 96 S. 1–2, Nr. 96 S. 1–3

Zweimüller, I. (2004): Der Einfluss der Öffnungsmaßnahmen auf die Fischfauna im Regelsbrunner Alarmsystem. In: Schiemer, F. & Reckendorfer, W. (Hrsg.), Das Donau – Restaurierungsprojekt. Ökologische Auswirkungen. Abhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Österreich, S. 137–156

Zitiertes Archivmaterial

Ferdinand I. (1537): Fischordnung für Oberösterreich. Wiener Stadt- und Landesarchiv, Patente, Serie 3.6.A1, 3.6.A1.16.Jh.44

Maximilian I. (1506): Fischereipatent. Wiener Stadt- und Landesarchiv, Hauptarchiv, Serie 3.1.1.U1, Urkunden 1-6353, 3.1.1.U1.5825

Oberösterreichisches Landesarchiv, Stiftsarchiv Garsten, Aktenband 194, Dominical-Fassions-Tabella – Empfang und Ausgaben der Fisch-Arch und Fischer betreffend von a. 1734 bis a. 1739 gerechnet

Stiftsarchiv Klosterneuburg, Karton 2 510, K. k. Kreisamt Viertel unter dem Wiener Wald, Wien am 16. Jänner 1824

Stiftsarchiv Lambach, Fischerei, Schubband 527 – Fischertragnisse 1803–1810

Wiener Stadt- und Landesarchiv, Bestand Zentralfischmarkt, Karton 2, Schreiben vom 7. Mai 1879

Wiener Stadt- und Landesarchiv, Bestand Zentralfischmarkt, Karton 2; Vortragsmanuskript vom Juni 1897

Bildnachweis

Titelbild Einband: Leopold Franz von Rosenfeldt (1721), Österreichische Nationalbibliothek, Sign. Kar AB 356 (12)

Kapitel 1

Titelbild Kapitel 1: Mario Romulic (2010)

Kapitel 1.1

Titelbild Kapitel 1.1: anonym (1738), Mährische Landesbibliothek in Brünn, Sammlung Moll, Sign. Moll-0003.139

Abb. 1.1: Tom Gonzales (2011), Wikipedia Kartenwerkstatt, veröffentlicht unter cc-Lizenz, Stand 2014

Abb. 1.2: oben: anonym (1738), Mährische Landesbibliothek in Brünn, Sammlung Moll, Sign. Moll-0003.139; Nr. 1: Braun & Hogenberg (1593), Antiquariat Sanderus, Gent, Belgien, Sign. 24.118; Nr. 2: Georg Hoefnagel (1617), Antiquariat Sanderus, Gent, Belgien, Sign. 23.435; Nr. 3: Luigi Ferdinando Marsigli (1726b), Bd. 4, Universitätsbibliothek Wien, Sign. IV-232.875/4; Nr. 4: Luigi Ferdinando Marsigli (1726a), Bd. 1, Universitätsbibliothek Wien, Sign. IV-232.875/1; Nr. 5: J. Godfrey (1855) nach W. H. Bartlett (um 1840), Institut für Hydrobiologie, BOKU Wien

Abb. 1.3: ICPDR (2005)

Abb. 1.4: verändert nach Robert Simmon & Chris Elvidge (2012), NASA Earth Observatory & NOAA National Geophysical Data Center

Abb. 1.5: Ivana Radovanovic (1997)

Abb. 1.6: Jacob von Sandrart (1683) basierend auf Willem Janszoon Blaeu (1635), Staatsbibliothek zu Berlin, bpk/Kartenabteilung, Preußischer Kulturbesitz, Sign. F 8.551

Abb. 1.7: Lothar Vogemont (um 1700, hrsg. 1709), Mährische Landesbibliothek in Brünn, Sammlung Moll, Sign. Moll-0001.752

Abb. 1.8: verändert nach NASA Goddard Space Flight Center – SeaWiFS Project & ORBIMA (1999)

Abb. 1.9: ICPDR (2009)

Abb. 1.10: Thomas Reinagl (2010)

Abb. 1.11: verändert nach Pécsi (1959) und Schiemer et al. (2004)

Abb. 1.12: basierend auf Rast (2007), Schwarz (2008) und wwf (2007); Hintergrundkarte: Tom Gonzales (2011), Wikipedia Kartenwerkstatt, veröffentlicht unter cc-Lizenz, Stand 2014

Abb. 1.13: Gerald Zauner (2006), TB Zauner GmbH

Kapitel 1.2

Titelbild Kapitel 1.2: anonym (um 1300), Leuphana Universität Lüneburg, Projekt Ebskart, 3. Auflage (2008)

Abb. 1.14: anonym (um 1300), Leuphana Universität Lüneburg, Projekt Ebskart, 3. Auflage (2008)

Abb. 1.15: Ron Blakey (2013), Colorado Plateau Geosystems, Arizona, USA

Abb. 1.16: Matthias Kabel (2008), Wikimedia Commons, veröffentlicht unter cc-Lizenz, Stand 2014

Abb. 1.17: Severin Hohensinner (2014) basierend auf Fink 1967; Rögl & Steininger 1983; Tollmann 1986; Magyar et al. 1999; Kuhlemann & Kempf 2002; Giamboni et al. 2004; Berger et al. 2005; Harzhausen et al. 2005; Harzhausen & Mandic 2008; Kuhlemann & Rahn 2013 u. a.; Hintergrundkarte: Natural Earth (2011)

Abb. 1.18: Duke of Woodquater (2008), Panoramio

Abb. 1.19: shalamov – BlueOrange Studio (2007?), Copyright 123RF.com

Abb. 1.20: Wolfgang Danninger (2004)

Abb. 1.21: BerndH (2010), Wikimedia Commons, veröffentlicht unter cc-Lizenz Stand 2014

Abb. 1.22: Oliver Schmitsberger (2012)

Abb. 1.23: Oliver Schmitsberger (2012), Krahuletz-Museum Eggenburg

Abb. 1.24: verändert nach Meyer, R. & Schmidt-Kaler, H. (2002): Auf den Spuren der Eiszeit südlich von München – östlicher Teil. Bd. 8, 2. Auflage, Pfeil-Verlag, München

Abb. 1.25: Duke of Woodquater (2008), Panoramio

Abb. 1.26: Robert Zinterhof (2011), Bezirksrundschau Perg

Abb. 1.27: VERBUND Hydro Power GmbH (1964), ehemalige Donaukraftwerke AG

Abb. 1.28: basierend auf Van Husen & Reitner (2011), Gibbard & Cohen (2008) und Bayerisches Landesamt für Umwelt (2013)

Abb. 1.29: Geologische Bundesanstalt (2013): Der Alpenraum zum Höhepunkt der letzten Eiszeit. Nach einem Entwurf von Dirk van Husen (2013), Posterkarte, Wien

Abb. 1.30: verändert nach Meyer, R. & Schmidt-Kaler, H. (2002): Auf den Spuren der Eiszeit südlich von München – östlicher Teil. Bd. 8, 2. Auflage, Pfeil-Verlag, München.

Abb. 1.31: Severin Hohensinner (2014) basierend auf Fink 1967; Rögl & Steininger 1983; Magyar et al. 1999; Harzhausen et al. 2005; Olteanu & Jipa 2006; Popov et al. 2006; Lóczy 2007; Harzhausen & Mandic 2008; Leeve et al. 2011 u. a.; Hintergrundkarte: Natural Earth (2011)

Abb. 1.32: links: Sándor Antal (2007), Herman Ottó Museum, Miskolc, Ungarn; rechts: Lisa Kelly (2002), University of North Carolina Pembroke, Department of Biology, USA

Abb. 1.33: Liviu Ionescu (2011)

Abb. 1.34: Iovita, R. et al. (2013), Lower Danube Survey for Paleolithic Sites Project (<https://lodans.wordpress.com/about/>)

Abb. 1.35: Iovita, R. et al. (2013), Lower Danube Survey for Paleolithic Sites Project (<https://lodans.wordpress.com/about/>)

Kapitel 1.3

Titelbild Kapitel 1.3: aus Carl Theodor? (18. Jahrhundert): Pläne nichtbayerischer Festungen. Bayerische Staatsbibliothek München, Sign. Cgm 2855

Abb. 1.36: Thomas Ferber (2004), Pitopia

Abb. 1.37: aus Luigi Ferdinando Marsigli (1726d), Bd. 6, Universitätsbibliothek Wien, Sign. IV-232.875/6

Abb. 1.38: basierend auf Sommerhäuser et al. (2003) und ICPDR (2005); Hintergrundkarte: Tom Gonzales (2011), Wikipedia Kartenwerkstatt, veröffentlicht unter cc-Lizenz, Stand 2014

Abb. 1.39: Stefan Arendt (2009), Pitopia

Abb. 1.40: Andreas Kücha (2011), Arge Blautopf, Höhlenforschungsgruppe Ostalb-Kirchheim e. V.

Abb. 1.41: basierend auf Lászlóffy (1967) und Sommerwerk et al. (2009), mit Erlaubnis von ELSEVIER

Abb. 1.42: Holzschnitt vermutlich von Hans Mayr, hrsg. von Caspar Stainhofer (1566), Bayerische Staatsbibliothek München, Rar. 250, fol. 20r

Abb. 1.43: aus Nicolò Angiolini (ca. 1565/70): *Mappae geographicae regni Hungariae et territorum adjacentium a ...*, Österreichische Nationalbibliothek, Handschrift-, Autographen- und Nachlass-Sammlung, Codex 8609, fol. 4

Abb. 1.44: Mirko Bohuš (1990 und 1991)

Abb. 1.45: Gabor Gutí (1991, 1992, 2009), Danube Research Institute, Ungarische Akademie der Wissenschaften

Abb. 1.46: Philipp Weigell (2011), Wikimedia Commons, veröffentlicht unter cc-Lizenz, Stand 2014

Abb. 1.47: Mario Romulic (2010)

Abb. 1.48: aus Luigi Ferdinando Marsigli (1726a), Bd. 1, Universitätsbibliothek Wien, Sign. IV-232.875/1

Abb. 1.49: Ungarisches Königliches Ministerium für Landwirtschaft, Hydrographisches Institut (1938), *Környezetvédelmi és Vízügyi Levéltár* (Archiv für Umweltschutz und Wasserwirtschaft), Budapest

Abb. 1.50: Mario Romulic (2010)

Abb. 1.51: Helmut Satzinger (2010)

Abb. 1.52: *The Illustrated London News* (1871), Österreichische Nationalbibliothek, Sign. Neu Mag 590.491-D

Abb. 1.53: Dejan Savic Sawa (2012), Panoramio

Abb. 1.54: Josef Lancz (1833), Österreichische Nationalbibliothek, Bildarchiv und Grafiksammlung, Sign. Pk 3003, 923

Abb. 1.55: Geza Hutterer (1890), Architekturmuseum der Technischen Universität Berlin, Sign. F 7.245

Abb. 1.56: anonym (2007), Wikimedia Commons, veröffentlicht unter cc-Lizenz Stand 2014

Abb. 1.57: Plamen Draganov (2011), Panoramio

Abb. 1.58: Piri Reis (1525), Walters Art Museum, Sign. W 658.372 B

Abb. 1.59: Heinrich Kiepert (1867), *Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin* (1869), Band IV, Tafel I, *DigiZeitschriften* e. V.

Abb. 1.60: Charles A. Hartley (1861), Ingenieur der Europäischen Donaukommission, Romanian Academy Library

Abb. 1.61: Christian Baumgartner (2010), Nationalpark Donau-Auen GmbH

Abb. 1.62: Daniel Petrescu (2007–2009)

Abb. 1.63: Adrian Andrunachi (2010)

Kapitel 1.4

Titelbild Kapitel 1.4: aus Strack (1819–1826), Biodiversity Heritage Library, BHL Collections: Ernst Mayr Library of the MCZ, Harvard University

Abb. 1.64: aus Luigi Ferdinando Marsigli (1726b), Bd. 4, Universitätsbibliothek Wien, Sign. IV-232.875/IV

Abb. 1.65: basierend auf Leveque et al. (2005)

Abb. 1.66: verändert nach Reyjol et al. (2007)

Abb. 1.67: aus Kotlik & Berrebi (2001)

Abb. 1.68: basierend auf Schotzko & Wiesner (2007) und Balon (1964)

Abb. 1.69: aus Strack (1819–1826), Biodiversity Heritage Library, BHL Collections: Ernst Mayr Library of the MCZ, Harvard University; Nr. 22, Huchen, aus Meidinger (1785–1794), Naturhistorisches Museum Wien

Abb. 1.70: Nr. 1: J. Tomelleri; Nr. 2, 3, 7: Gregor Gravogl (2014); Nr. 4: Courtesy of Texas Parks and Wildlife Department; Nr. 5 und 6: Emily S. Damstra; Nr. 8 und 9: Wolfgang Hauer

Abb. 1.71: aus de Vaate et al. (2002)

Abb. 1.72: ICPDR (ohne Jahr)

Abb. 1.73: oben: anonym (1890–1900), Türkeninsel (i. e. Ada Kaleh) and the Iron Gate of the Danube, Library of Congress, Prints & Photographs Division, Photochrom Collection, LC-DIG-ppmsc-09518; unten: Eberhard Nabel (1970), Wikipedia, veröffentlicht unter cc-Lizenz Stand 2014

Abb. 1.74: oben: Franziszeische Landesaufnahme (1809–1818), Österreichisches Staatsarchiv, Kriegsarchiv, Kartensammlung, Sign. B IX a 196; unten: Google Earth & CNES/Astrium (2014)

Abb. 1.75: aus Hohberg (1695), Universitätsbibliothek Wien, Sign. III-244.849/2

Abb. 1.76: anonym (1738), Mährische Landesbibliothek in Brünn, Sammlung Moll, Sign. Moll-0003.139

Abb. 1.77: Alt & Ermini (1824), Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement, BOKU Wien

Abb. 1.78: I. Lauterer & Mansfeld (1789): Navigationskarte der Donau von Semlin an bis zu ihrem Ausfluss ins Schwarze Meer: zur genauesten Kenntnis aller in derselben befindlichen Inseln, Sandbänke, Wirbel, Klippen etc., mit Angabe der verschiedenen Breite und Tiefe des Stroms. Österreichische Nationalbibliothek Wien, Sign. ALB Port 247,3

Abb. 1.79: Alt & Ermini (1824), Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement, BOKU Wien

Abb. 1.80: Carol Popp de Szathmári (1868), Cernica Kloster, Fotoalbum Rumänien, Engravings Cabinet of the Romanian Academy Library

Abb. 1.81: aus Repassy (1906), Bibliothek der Universität für Bodenkultur, Sign. I-16820

Abb. 1.82: Sammlung Willi Pragher I (um 1937), Rumänienbilder, Donau: Primitiver Fischfang, Männer mit Netzen im Wasser, Landesarchiv Baden Württemberg, Staatsarchiv Freiburg, Sign. W 134 Nr. 013284 und W 134 Nr. 013283

Kapitel 2

Titelbild Kapitel 2: Mathias Jungwirth (2014)

Kapitel 2.1

Titelbild Kapitel 2.1: anonym (1786/87), Herrschaftsarchiv Greinburg, Herrschaft Grein, Schachtel 119, VI, Nr. 10: Hochwasserkatastrophen 1786–1892

Abb. 2.1: Friedrich Furlinger (2009)

Abb. 2.2: basierend auf Kohl (1991)

Abb. 2.3: basierend auf Giosan et al. (2012)

Abb. 2.4: M. Klein (2011), Archäologischer Park Carnuntum & 7reasons Medien GmbH

Abb. 2.5: anonym (um 1775/80), Österreichisches Staatsarchiv, Kriegsarchiv, Kartensammlung, Sign. B IX a 242

Abb. 2.6: anonym (1632), Stiftsarchiv Klosterneuburg, Sign. Sp. 379

Abb. 2.7: Bernhard Lager & Severin Hohensinner (2012), FWF-Projekt ENVIEDAN 1500–1890, Nr. P22265-G18

Abb. 2.8: Layer Rekonstruktion: Severin Hohensinner & Bernhard Lager (2012), FWF-Projekt ENVIEDAN 1500–1890, Nr. P22265-G18; Hintergrundbild: Google Earth & Landsat (2011)

Abb. 2.9: Mährische Landesbibliothek in Brünn, Sammlung Moll, Sign. Moll-0000.397

Abb. 2.10: Severin Hohensinner (2013), FWF-Projekt ENVIEDAN 1500–1890, Nr. P22265-G18; Hintergrundbild: MA 41 (2007)

Abb. 2.11: Hans Lautensack (um 1555): Der Donaustudel bei Grein mit Tobias und dem Engel. Albertina, Sign. DG1933/110

Abb. 2.12: anonym (1632), Copyright Wien Museum, Topographische Sammlung, Sign. 95.961/4

Abb. 2.13: Thomas Claußnitz (um 1652): Wasser gebeus Abriß in der Donau zum brater gehörig. Österreichisches Staatsarchiv, Allgemeines Verwaltungsarchiv – Finanz- und Hofkammerarchiv, Kartensammlung, Sign. F 244

Abb. 2.14: J. J. Marinoni (1751): De re ichtnographica, cujus hodierna praxis exponitur ..., Universitätsbibliothek Wien, Sign. III-121.095

Abb. 2.15: Franz Kovacs (2003), Nationalpark Donau-Auen GmbH

Abb. 2.16: Severin Hohensinner, Doris Eberstaller-Fleischanderl & Michael Weiß (2004, 2008)

Abb. 2.17: Severin Hohensinner (2004), FWF-Projekt Machland 1715–1991, Nr. P14959-Bo6

Abb. 2.18: Severin Hohensinner (2004), FWF-Projekt Machland 1715–1991, Nr. P14959-Bo6

Abb. 2.19: Gregory Egger & Anton Drescher (2007), FWF-Projekt Machland 1715–1991, Nr. P14959-Bo6

Abb. 2.20: Gregory Egger & Anton Drescher (2007), FWF-Projekt Machland 1715–1991, Nr. P14959-Bo6

Abb. 2.21: Sammlung des Johann Jakob Wick (1560–1587), Zentralbibliothek Zürich, Sign. Ms. F 29, fol. 136r

Abb. 2.22: Severin Hohensinner & Bernhard Lager (2013), FWF-Projekt ENVIEDAN 1500–1890, Nr. P22265-G18

Abb. 2.23: 47Mhg491Vgb (2010), Wikimedia Commons, veröffentlicht unter CC-Lizenz, Stand 2014

Abb. 2.24: Severin Hohensinner (2004), FWF-Projekt Machland 1715–1991, Nr. P14959-Bo6

Abb. 2.25: Severin Hohensinner & Bernhard Lager (2013), FWF-Projekt ENVIEDAN 1500–1890, Nr. P22265-G18

Abb. 2.26: Eduard Gurk (1830?), Albertina, Sign. 22.616

Abb. 2.27: Christina Gruber (2014) basierend auf Pasetti-Karte (1857–1867) und HQ₁₀₀ GIS-Datensatz, Amt der NÖ Landesregierung, Abteilung Wasserwirtschaft; Hintergrundkarte: öK 50, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen

Abb. 2.28: Theodor Ehrenberger (1929), Privatarchiv Herwig Irmeler, Klosterneuburg

Abb. 2.29: anonym (1929), Privatarchiv Werner Grand

Abb. 2.30: Joseph Daniel v. Huber (1769–1773, hrsg. 1778): Scenographie oder Geometrisch Perspect. Abbildung der Kayl: Königl: Hautb: u: Residenz Stadt Wien in Oesterreich. Österreichische Akademie der Wissenschaften, Sammlung Woldan, Sign. K-v(BI): OE/Vie 166 (1-24)

Abb. 2.31: Severin Hohensinner (2011)

Abb. 2.32: Christian Baumgartner (2008), Nationalpark Donau-Auen GmbH

Abb. 2.33: verändert nach Lager (2012) und Schuller (in prep.)

Abb. 2.34: Werner Gamerith (1992)

Abb. 2.35: Werner Gamerith (1992)

Abb. 2.36: anonym (frühes 19. Jahrhundert), Foto: Michael Preischl, Museen der Stadt Regensburg – Historisches Museum, Sign. GN 1994/2

Abb. 2.37: Antonius Hauser (1760), Österreichisches Staatsarchiv, Haus-, Hof- und Staatsarchiv, Handschriften, Weiß 713, Böhmisches Katalog, fol. 69a Kodex 397

Abb. 2.38: Soukoup (um 1830), Österreichisches Staatsarchiv, Allgemeines Verwaltungsarchiv – Finanz- und Hofkammerarchiv, Kartensammlung, Sign. PKF PS I 1.448

Abb. 2.39: Anton Schmid (um 1791), Österreichisches Staatsarchiv, Allgemeines Verwaltungsarchiv – Finanz- und Hofkammerarchiv, Kartensammlung, Sign. SUS KS F 537/2

Abb. 2.40: Severin Hohensinner (2013), FWF-Projekt ENVIEDAN 1500–1890, Nr. P22265-G18

Abb. 2.41: Franz Wolf (1837), Copyright Wien Museum, Sign. 179.250

Abb. 2.42: verändert nach Christina Gruber (in prep.)

Abb. 2.43: Leopold Franz von Rosenfelt (1721), Österreichische Nationalbibliothek, Sign. Kar AB 356 (12)

Abb. 2.44: Joseph Roidtner (1871), NÖ Landesbibliothek, Sign. 4.268 B

Abb. 2.45: Hermann Voigtländer (1870–1875), Copyright Wien Museum, Sign. 48.865

Abb. 2.46: Anton Prokesch (1876), Österreichische Nationalbibliothek, Sign. 391.987-B.NF.1876 Neu.Mag

Abb. 2.47: Oscar Kramer (1875), Copyright Wien Museum, Sign. 8.871

Abb. 2.48: anonym (um 1920), Österreichische Nationalbibliothek, Bildarchiv Austria, Sign. Pk 4.910.125

Abb. 2.49: anonym (um 1910), Stadtgemeinde Grein an der Donau

Abb. 2.50: anonym (1913), Wiener Stadt- und Landesarchiv, Sign. 3.2.2.P23/1.119739.5

Abb. 2.51: anonym (1954), Österreichische Nationalbibliothek, Bildarchiv Austria, Sign. ORF FO 403.056/02 und OEGZ Hi4

Abb. 2.52: C. Geirhofer, T. Stöckl & H. P. Baumfried (2003), Verein KulTurFisch, LEADER+ Projekt „Galerie im Fluss“

Abb. 2.53: Severin Hohensinner (2004), FWF-Projekt Machland 1715–1991, Nr. P14959-Bo6

Abb. 2.54: Severin Hohensinner & Christoph Holub (2012), FWF-Projekt DYNAFISH, Nr. I 450-B16

Abb. 2.55: anonym (1958), DDSG-Archiv, Franz Dosch

Abb. 2.56: anonym (1958), Österreichische Nationalbibliothek, Bildarchiv Austria, Sign. ORF FO 501.598/24

Abb. 2.57: anonym (1966), Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Wasserbau & hydrometrische Prüfung, Wien, Archiv, Versuch Nr. 206, Hochwasserabfluß kw-Wallsee, Hauptbericht (Ybbs), Beilage 6 Bild 13 Naturzustand

Kapitel 2.2

Titelbild Kapitel 2.2: Fischer von Erlach (1719): Prospective und Abriße einiger Gebäude von Wien. Universitätsbibliothek Wien, Sign. III-141751

Abb. 2.58: anonym (ohne Jahr), Privatsammlung Familie Kipferl, Petronell

Abb. 2.59: anonym (ohne Jahr), Österreichische Fischereigesellschaft gegr. 1880

Abb. 2.60: anonym (ohne Jahr), Fotobestand Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement, BOKU Wien

Abb. 2.61: Daten aus Marktamt der Stadt Wien (1881–1893), Statistisches Jahrbuch der Stadt Wien (1884–1914), Österreichischer Fischereiverein (1880–1903), k. k. österreichische Fischereigesellschaft (1903–1914)

Abb. 2.62: Daten wie 2.61, Fischbilder: Strack (1819–1826), Biodiversity Heritage Library, BHL Collections: Ernst Mayr Library of the MCZ, Harvard University; Huchen: Meidinger (1785–1794), Naturhistorisches Museum Wien

Abb. 2.63: Foto Otto Schmitt (um 1918), Österreichische Nationalbibliothek, Sign. 155.897-B

Abb. 2.64: Fischer von Erlach (1719): Prospective und Abriße einiger Gebäude von Wien. Universitätsbibliothek Wien, Sign. III-141751

Abb. 2.65: Daten aus Wiener Stadt- und Landesarchiv, Bestand Fischkäufer, 2.8.B13 – Bücher, Band 6, Hausenrechnungen 1795–1824; Marktamt der Stadt Wien (1881–1893) und Statistisches Jahrbuch der Stadt Wien (1894–1899)

Abb. 2.66: anonym (1617–1620?), Schlossverwaltung Hellbrunn, 5020 Salzburg

Abb. 2.67: anonym (1845), Fischerinnung Eferding, Privatbesitz Franz Uttenthaler, 4070 Eferding

Abb. 2.68: links: anonym (ohne Jahr), Privatsammlung Familie Kipferl, Petronell; rechts: anonym (ohne Jahr), Österreichische Fischereigesellschaft gegr. 1880

Abb. 2.69: Rudolf Furlinger (2007)

Abb. 2.70: anonym (ohne Jahr), Österreichische Fischereigesellschaft gegr. 1880

Abb. 2.71: Herwig Waidbacher (1995), IHG BOKU Wien

Abb. 2.72: Hohberg (1695), Bd. 2, Universitätsbibliothek Wien, Sign. III-244.849/2

Abb. 2.73: anonym (1785–1789): Mappa, welche der Donau Fischwasser von Höflein bis Stadlau vorstellt. Stiftsarchiv Klosterneuburg, Sign. Sp. 5; Foto: M. Himml (2014)

Abb. 2.74: Johann Mansfeld (1800), Schloss und Ort Greifenstein an der Donau, Albertina, Sign. DG1936/563

Abb. 2.75: J. Wohlmuth (um 1820), Österreichische Nationalbibliothek Wien, Sign. LW 75.021-C

Abb. 2.76: F. A. Brand (um 1790): Die Fischerey an der Donau. Copyright Wien Museum, Sign. 95.145/1

Abb. 2.77: J. Alt (1826): Dorf Nussdorf. Copyright Wien Museum, Sign. 105.081/117

Abb. 2.78: anonym (ohne Jahr), Österreichische Fischereigesellschaft gegr. 1880

Abb. 2.79: Hohberg (1695), Bd. 2, Universitätsbibliothek Wien, Sign. III-244.849/2

Abb. 2.80: anonym (ohne Jahr), Fotosammlung Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement, BOKU Wien

Abb. 2.81: anonym (um 1910): Netzfischer, Österreichisches Volkshochschularchiv Wien, Lichtbildersammlung Urania Wien, Schatulle 259, B69/64, Nc 1980, V.29

Abb. 2.82: anonym (um 1910): Fischer am Praterspitz, Österreichisches Volkshochschularchiv Wien, Lichtbildersammlung Urania Wien, Schatulle 222, B 35, Nc 12696, V.216

Abb. 2.83: F. Caucig (ohne Jahr): Daubelfischer im Prater. Akademie der bildenden Künste Wien, Kupferstichkabinett (Academy of Fine Arts Vienna, Graphic Collection), Sign. 1116

Abb. 2.84: Fischkalter, 1. Wiener Fischereimuseum. Foto: Silvia Navrkal (2014)

Abb. 2.85: Wiener Stadt- und Landesarchiv, Hauptarchiv, Serie 3.1.1.U1, Urkunden 1-6353, Sign. 3.1.1.U1.5825

Abb. 2.86: aus Seligo (1926)

Abb. 2.87: Wiener Stadt- und Landesarchiv, Patente, Serie 3.6.A1, Sign. 3.6.A1.16.Jh.44

Abb. 2.88: Daten wie Abb. 2.61, Grafik: Silvia Navrkal (2014)

Abb. 2.89: Firma Nordsee (Anfang 20. Jahrhundert)

Abb. 2.90: anonym (vor 1858), Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement, BOKU Wien

Abb. 2.91: F. Poledne, Fischmarkt Wien, Copyright Wien Museum, Sign. 61.302

Abb. 2.92: anonym (1890–1900): Quay Francis Joseph, Vienna, Austro-Hungary. Library of Congress, Prints & Photographs Division, Photochrom Collection, LC-DIG-ppmsc-09230

Abb. 2.93: anonym (nach 1904): Fischmarkt Wien, Copyright Wien Museum, Sign. 58.891/72

Abb. 2.94: anonym (um 1900): Fluss- und Seefisch-Handlung. A. Hofbauer's Neffe. Plakatdruck Jakob Weiner, Wien, Albertina, Sign. DG2003/1637

Abb. 2.95: aus Troppau und Jägerndorff (1708), S. 92 und 93, Universitätsbibliothek Graz, Sign. 1-3070. Transkription und Glossar nach Hans Zotter (2013 und 2014)

Abb. 2.96: Jakov Petrovitsch (1921), Copyright Nationalmuseum der Republik Tatarstan, Russland

Kapitel 3

Titelbild Kapitel 3: Friedrich Furlinger (2009)

Kapitel 3.1

Titelbild Kapitel 3.1: Bernhard Karl (2009), via donau – Österreichische Wasserstraßen-Gesellschaft mbH, Aschach a. d. Donau

Abb. 3.1: Severin Hohensinner (2014) basierend auf via donau (2012)

Abb. 3.2: Klaus Leidorf (2009), Aerial Photography

Abb. 3.3: R. Wegl (1995?), BAW – Institut für Wassergüte basierend auf BMLFUW (1962, 1976, 1985, 1995)

Abb. 3.4: Michael Fröschl (2013), Grein

Abb. 3.5: Scholl & Engerth (1868), Wiener Stadt- und Landesarchiv, Sign. 3.4.A.294 (ehemaliges Archiv des Wiener Stadtbaurates, Nr. 10.806)

Abb. 3.6: basierend auf via donau (2012), Hydrographischer Dienst in Österreich (2013) und andere Quellen

Abb. 3.7: Taussig (1882), Wiener Stadt- und Landesarchiv, Sign. 3.2.2.P23/1.120249

Abb. 3.8: Layer: Severin Hohensinner (2014); Hintergrundbild: Verwendung mit Zustimmung. Copyright © 2014 Esri, DigitalGlobe, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, GeoEye, USDA FSA, USGS, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community. Alle Rechte vorbehalten.

Abb. 3.9: verändert nach Andreas Bachmayr (2006), VERBUND Hydro Power GmbH

Abb. 3.10: VERBUND Hydro Power GmbH (1956), ehemalige Donaukraftwerke AG

Abb. 3.11: VERBUND Hydro Power GmbH (1957), ehemalige Donaukraftwerke AG

Abb. 3.12: VERBUND Hydro Power GmbH (1975), ehemalige Donaukraftwerke AG

Abb. 3.13: VERBUND Hydro Power GmbH (1979), ehemalige Donaukraftwerke AG

Abb. 3.14: VERBUND Hydro Power GmbH (2004)

Abb. 3.15: VERBUND Hydro Power GmbH (1955), ehemalige Donaukraftwerke AG

Abb. 3.16: VERBUND Hydro Power GmbH (1967), ehemalige Donaukraftwerke AG

Abb. 3.17: Severin Hohensinner (2004), FWF-Projekt Machland 1715–1991, Nr. P14959-Bo6

Abb. 3.18: verändert nach Jungwirth et al. (2003)

Abb. 3.19: Gerald Zauner (1991), TB Zauner GmbH

Abb. 3.20: Christian Baumgartner (2011), Nationalpark Donau-Auen GmbH

Abb. 3.21: Christian Baumgartner (2011), Nationalpark Donau-Auen GmbH

Abb. 3.22: verändert nach Reckendorfer et al. (2005)

Abb. 3.23: verändert nach Reckendorfer et al. (2003)

Abb. 3.24: verändert nach VERBUND Hydro Power GmbH (2014)

Abb. 3.25: VERBUND Hydro Power GmbH (2013)

Abb. 3.26: verändert nach VERBUND Hydro Power GmbH (2014)

Abb. 3.27: VERBUND Hydro Power GmbH (2013)

Abb. 3.28: Thomas Kaufmann (2002), freiwasser – Arbeitsgemeinschaft für Ökologie, Kulturtechnik und Wasserwirtschaft

Abb. 3.29: anonym (um 1940), Amt der NÖ Landesregierung, Gruppe Wasser, Abt. Wasserbau WA 3

Abb. 3.30: Kurt Seifert (2013)

Abb. 3.31: Christian Baumgartner (2008), Nationalpark Donau-Auen GmbH

Abb. 3.32: verändert nach Donaukommission (2008) und via donau – Österreichische Wasserstraßen-Gesellschaft mbH

Abb. 3.33: Christian Baumgartner (2006), Nationalpark Donau-Auen GmbH

Abb. 3.34: Christian Baumgartner (2012), Nationalpark Donau-Auen GmbH

Abb. 3.35: Norbert Novak (2001), MEDIA-N

Abb. 3.36: Peter Michael Stumpf (2014)

Abb. 3.37: Luigi Ferdinando Marsigli (1726c), Bd. 5, Universitätsbibliothek Wien, Sign. IV-232.875/5

Abb. 3.38: Diagramm: Franz Kohl (2011), öKF Fish & Life; Foto: Christian Baumgartner (2007), Nationalpark Donau-Auen GmbH

Abb. 3.39: Gerald Zauner (2009), TB Zauner GmbH

Abb. 3.40: BMLFUW (2014), Abteilung Wasserhaushalt (HZB)

Abb. 3.41: anonym (1917), Österreichische Fischereizeitung, Jg. 14, S. 116 (siehe Jungwirth 1975)

Abb. 3.42: Severin Hohensinner (2014)

Kapitel 3.2

Titelbild Kapitel 3.2: aus Strack (1819–1826), Biodiversity Heritage Library, BHL Collections: Ernst Mayr Library of the MCZ, Harvard University

Abb. 3.43: TB Zauner GmbH (2014) basierend auf Janisch (1980)

Abb. 3.44: TB Zauner GmbH (2014) basierend auf Waidbacher (1989) und Zauner et al. (2006b)

Abb. 3.45: TB Zauner GmbH (2014) basierend auf Waidbacher (1989) und Zauner et al. (2013)

Abb. 3.46: TB Zauner GmbH (2014) basierend auf Waidbacher (1989) und Zauner et al. (in prep.)

Abb. 3.47: TB Zauner GmbH (2006)

Abb. 3.48: TB Zauner GmbH (2007) basierend auf Markus Haslinger Extremfotos (2007)

Abb. 3.49: TB Zauner GmbH (2014)

Abb. 3.50: TB Zauner GmbH (2007)

Abb. 3.51: TB Zauner GmbH (2013)

Abb. 3.52: Waidbacher et al. (1989)

Abb. 3.53: TB Zauner GmbH (2014)

Abb. 3.54: Markus Haslinger Extremfotos (2014)

Abb. 3.55: TB Zauner GmbH (2005)

Abb. 3.56: TB Zauner GmbH (2005)

Abb. 3.57: TB Zauner GmbH (2012)

Abb. 3.58: TB Zauner GmbH (2007)

Abb. 3.59: Schrätzer und Semling: Gerald Zauner (2006–2010); Donau-Kaulbarsch: Gernot Pechlaner (2010), restliche Bilder: Clemens Ratschan (2003–2014), TB Zauner GmbH

Abb. 3.60: Clemens Ratschan (2010), TB Zauner GmbH

Abb. 3.61: Gerald Zauner (1991), TB Zauner GmbH

Abb. 3.62: Norbert Novak (2001), MEDIA-N

Abb. 3.63: Gerald Zauner (1997), TB Zauner GmbH

Abb. 3.64: TB Zauner GmbH (2014)

Abb. 3.65: TB Zauner GmbH (2014)

Abb. 3.66: Clemens Ratschan (2011), TB Zauner GmbH

Abb. 3.67: Wolfram Graf & Astrid Schmidt-Kloiber (2007–2013), IHG BOKU Wien

Abb. 3.68: Maximilian Zauner (2013)

Abb. 3.69: Maximilian Zauner (2013)

Kapitel 4

Titelbild Kapitel 4: Christian Baumgartner (2012), Nationalpark Donau-Auen GmbH

Kapitel 4.1

Titelbild Kapitel 4.1: Johann Baptist Freiherr v. Pacassi (1797–1812), NÖ Landesarchiv, NÖ Reg, Q-Akten K 3873, Fasz. 3, 1812, Zl. 6846

Abb. 4.1: Zauner et al. (2009) basierend auf KWD 2010 der via donau (2012)

Abb. 4.2: Markus Haslinger Extremfotos (2014), Projekt „LIFE+ Mostviertel – Wachau“

Abb. 4.3: TB Zauner GmbH (2012); Hintergrundbild: via donau (2011)

Abb. 4.4: Zauner (2013); Hintergrundkarte: öK 50, BEV

Kapitel 4.2

Titelbild Kapitel 4.2: Johann Baptist Freiherr v. Pacassi (1797–1812), NÖ Landesarchiv, NÖ Reg, Q-Akten K 3873, Fasz. 3, 1812, Zl. 6846

Abb. 4.5: Severin Hohensinner (2014) basierend auf Gerald Zauner (unveröffentlicht); Hintergrundkarte: Andreas Bachmayr (2006), VERBUND Hydro Power GmbH

Abb. 4.6: Clemens Ratschan (2006), TB Zauner GmbH

Abb. 4.7: Christian Baumgartner (2011), Nationalpark Donau-Auen GmbH

Abb. 4.8: Hannes Seehofer (2005)

Abb. 4.9: beide Bilder: TB Zauner GmbH (2007)

Abb. 4.10: TB Zauner GmbH (2007)

Abb. 4.11: Zauner et al. (1995) basierend auf K. k. Technisches Dept. der oö. Statthaltereie (1909), Stadtarchiv Linz

Abb. 4.12: TB Zauner GmbH (2014); Hintergrundbild: DORIS, Amt der Land OÖ Landesregierung

Abb. 4.13: beide Bilder: TB Zauner GmbH (2008)

Abb. 4.14: TB Zauner GmbH (1997)

Abb. 4.15: TB Zauner GmbH (2008)

Abb. 4.16: TB Zauner GmbH (2005)

Abb. 4.17: TB Zauner GmbH (2004)

Abb. 4.18: TB Zauner GmbH (2005)

Abb. 4.19: TB Zauner GmbH (2005)

Abb. 4.20: TB Zauner GmbH (2005)

Abb. 4.21: TB Zauner GmbH (2007)

Abb. 4.22: Markus Haslinger Extremfotos (2007)

Abb. 4.23: Markus Haslinger Extremfotos (2014)

Abb. 4.24: Markus Haslinger Extremfotos (2014)

Abb. 4.25: TB Zauner GmbH (2006)

Abb. 4.26: Maximilian Zauner (2014)

Abb. 4.27: Franz Kovacs (2003), Nationalpark Donau-Auen GmbH

Abb. 4.28: Eberstaller et al. (2001), VERBUND Hydro Power GmbH (ca. 1997)

Abb. 4.29: Markus Haslinger Extremfotos (2007), VERBUND Hydro Power GmbH

Abb. 4.30: verändert nach Wassermann et al. (1999)

Abb. 4.31: Markus Haslinger Extremfotos (2013), VERBUND Hydro Power GmbH

Abb. 4.32: TB Zauner GmbH (2012)

Abb. 4.33: TB Zauner GmbH (2014)

Abb. 4.34: Markus Haslinger Extremfotos (2014)

Abb. 4.35: Franz Exenschläger (2009)

Abb. 4.36: Markus Haslinger Extremfotos (2009 und 2014)

Abb. 4.37: Layer basierend auf Technisches Büro Eberstaller GmbH (2010); Hintergrundbild: Verwendung mit Zustimmung. Copyright siehe Abb. 3.8

Abb. 4.38: Markus Haslinger Extremfotos (2014), VERBUND Hydro Power GmbH

Abb. 4.39: VERBUND Hydro Power GmbH (1990er), ehemalige Donaukraftwerke AG

Abb. 4.40: Bild C: Christian Baumgartner (2014), Nationalpark Donau-Auen GmbH; andere Bilder: via donau (2012–2014)

Abb. 4.41: via donau (2014)

Kapitel 4.3

Titelbild Kapitel 4.3: Johann Baptist Freiherr v. Pacassi (1797–1812), NÖ Landesarchiv, NÖ Reg, Q-Akten K 3873, Fasz. 3, 1812, Zl. 6846

Abb. 4.42: Maximilian Zauner (2013)

Abb. 4.43: Zauner et al. (2001)

Abb. 4.44: Zauner et al. (2001)

Abb. 4.45: Clemens Ratschan (2008), TB Zauner GmbH

Abb. 4.46: Norbert Novak (2001), MEDIA-N in Zauner et al. (2001)

Abb. 4.47: verändert nach Zauner et al. (2009)

Abb. 4.48: Zauner et al. (2014)

Abb. 4.49: Zauner et al. (2014)

Abb. 4.50: Zauner et al. (2014)

Abb. 4.51: Clemens Ratschan (2012), TB Zauner GmbH

Abb. 4.52: Zauner et al. (2008)

Abb. 4.53: via donau (2012)

Abb. 4.54: Jung et al. (2014), TB Zauner GmbH

Abb. 4.55: Clemens Ratschan (2009), TB Zauner GmbH

Abb. 4.56: Zitek et al. (2004), Andreas Zitek (2003)

Abb. 4.57: Franziszeische Landesaufnahme (1809–1818), Österreichisches Staatsarchiv, Kriegsarchiv, Kartensammlung, Sign. B IX a 196-6

Abb. 4.58: Zauner et al. (2009); Hintergrundbild: Amt der NÖ Landesregierung (2009)

Abb. 4.59: Zauner et al. (2014)

Abb. 4.60: Zauner et al. (2014)

Abb. 4.61: Clemens Ratschan (2010), TB Zauner GmbH

Kapitel 5

Titelbild Kapitel 5: Wolfgang Simlinger (2008)

Kapitel 5.1

Titelbild Kapitel 5.1: NASA Goddard Space Flight Center – Seawifs Project & ORBIMAGE (2000)

Abb. 5.1: verändert nach Nationalpark Donau-Auen GmbH (2014); Hintergrundkarte: Tom Gonzales (2011), Wikipedia Kartenwerkstatt, veröffentlicht unter CC-Lizenz Stand 2014

Kapitel 5.2

Titelbild Kapitel 5.2: Christian Baumgartner (2011), Nationalpark Donau-Auen GmbH

Abb. 5.2: Christian Baumgartner (2002 und 2011), via donau (2014), Markus Haslinger Extremfotos (2014 und 2014), Susanne Muhar (2014)

Abb. 5.3: Christian Baumgartner (2003), IWHW BOKU (2010 und 2013), Gerald Zauner (2006), via donau (2006), Thomas Kaufmann (2008), freiwasser

Abb. 5.4: Christian Baumgartner (2006, 2007, 2007, 2010), Clemens Ratschan (2012), Franz Kern (2012)

Abb. 5.5: Gerald Zauner (2005 und 2008), Barbara Mertin (2009), Nationalpark Donau-Auen GmbH, Mathias Jungwirth (2014 und 2014), Peter Michael Stumpf (2014)

Abb. 5.6: Christian Baumgartner (2011), Nationalpark Donau-Auen GmbH

Externe Beiträge

Christian Baumgartner: Franz Kovacs (2003), Harald Hoyer (2005), Nationalpark Donau-Auen GmbH

Alfred Galik: Alfred Galik (2010)

Martin H. Gerzabek & Erhard Busek: IWHW, BOKU Wien

Wolfram Graf: Patrick Leitner (2013), IHG BOKU Wien

Helmut Habersack: Tritthart et al. (2011)

Hans-Peter Hasenbichler & Thomas Hartl: Pilo Pichler (2013), via donau – Österreichische Wasserstraßen-Gesellschaft mbH

Verena Winiwarter: anonym (1717), Österreichische Nationalbibliothek, Bildarchiv Austria, Sign. L 59.160-C

Tabellen- nachweis

Tab. 1.1: basierend auf Sommerhäuser et al. (2003), ICPDR (2005) und anderen, zum Teil historischen Quellen

Tab. 2.1: Gerald Zauner (2014) basierend auf aktuellen Befischungen an der Donau und Nebengewässern sowie auf historischen Quellen

Tab. 2.2: K. k. Statistische Zentralkommission (1907)

Tab. 3.1: basierend auf via donau (2012) und <http://www.verbund.com/pp/de/gewaesser/donau> (August 2014)

Tab. 3.2: Ernst Hadwiger (2014), NÖ Landesfischereiverband

Tab. 3.3: Ernst Hadwiger (2014), NÖ Landesfischereiverband

Tab. 4.1: Zauner et al. (2008)

Autor/innen der externen Beiträge



Christian Baumgartner, Dr.
Biologe im Nationalpark Donau-Auen mit Arbeitsschwerpunkten Naturraummanagement und Forschungsorganisation



Erhard Busek, Dr.
Vorstandsvorsitzender des Institutes für den Donauroum und Mitteleuropa; Jean-Monnet-Professor ad personam



Alfred Galik, Dr.
Archäozoologe mit Spezialgebiet Archäologie der Fischknochen; Assistent am Institut für Anatomie, Histologie und Embryologie der Veterinärmedizinischen Universität Wien



Martin H. Gerzabek, Univ. Prof. DI Dr. Dr. h. c. mult.
Rektor der Universität für Bodenkultur Wien und Vizepräsident der Donau-Rektoren-Konferenz



Wolfram Graf, Ass. Prof. Dr.
Hydrobiologe mit Spezialgebiet Makrozoobenthos, Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement, Universität für Bodenkultur Wien



Helmut Habersack, Univ. Prof. DI Dr.
UNESCO-Lehrstuhl für Integrated River Research and Management; Leiter des Christian-Doppler-Labors für Innovative Methoden in Fließgewässermonitoring, Modellierung und Flussbau, Universität für Bodenkultur Wien



Thomas Hartl, Mag. MAS
Senior Expert bei der via donau – Österreichische Wasserstraßen-Gesellschaft mbH; zuständig für Wasserstraßen-Management



Hans-Peter Hasenbichler, DI
Geschäftsführer der via donau – Österreichische Wasserstraßen-Gesellschaft mbH



Thomas Hein, Assoz. Prof. Mag. Dr.
Professor für Limnologie und Biogeochemie in Gewässerökosystemen an der Universität für Bodenkultur Wien; Geschäftsführer und Arbeitsgruppenleiter am WasserCluster Lunz



Benedikt Mandl, Dr.
Technischer Experte für Bürgerbeteiligung und Kommunikation am Sekretariat der Internationalen Kommission zum Schutz der Donau (IKSD/ICPDR)



Carl Manzano, Mag.

Direktor des Nationalparks Donau-Auen
und Präsident des Netzwerks der
Donauschutzgebiete DANUBEPARKS



Erich Polz

Winzer in Rührsdorf, seit 2009
Bürgermeister der Marktgemeinde
Rossatz-Arnsdorf



Martin Schmid, Assoz. Prof. Mag. Dr.

Professor für Umweltgeschichte und inter-
disziplinäre Kommunikation an der Alpen-
Adria-Universität, Institut für Soziale
Ökologie und Institut für Wissenschafts-
kommunikation & Hochschulforschung



Verena Winiwarter, Univ. Prof. Ing. Dr.

Professorin für Umweltgeschichte an
der Alpen-Adria-Universität Klagenfurt;
Leiterin von Danube:Future, Flagship-
Projekt der EU-Donauraumstrategie,
Schwerpunkt „Knowledge Society“



Ivan Zavadsky, msc

Exekutivsekretär der Internationalen
Kommission zum Schutz der Donau
(IKSD/ICPDR)

Herausgeber/in



Mathias Jungwirth, o. Univ. Prof. Dr. phil.

Langjähriger Leiter des Instituts für Hydrobiologie und Gewässermanagement an der BOKU (bis 2010); 2005 Mitbegründer und bis 2008 erster wissenschaftlicher Geschäftsführer des WasserClusters Lunz/See

Fokus: Limnologie, Fließgewässer-Restauration und Fischökologie



Gertrud Haidvogel, Mag. Dr. phil.

Umwelthistorikerin, Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement an der BOKU seit 1993

Fokus: historische Fischökologie, Nutzung von Flusslandschaften und deren Folgen



Severin Hohensinner, DI Dr. nat. techn.

Landschaftsplaner/-ökologe, Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement an der BOKU seit 2001

Fokus: historische Flussmorphologie und Fließgewässer-Restauration



Herwig Waidbacher, ao. Univ. Prof. Dr. phil.

Leiter des Departments für Wasser – Atmosphäre – Umwelt an der BOKU seit 2004

Fokus: Limnologie, Donau-Stauräume, tropische Gewässerökologie, Fischerei und Aquakultur



Gerald Zauner, DI Dr. nat. techn.

Geschäftsführer der TB Zauner GmbH in Engelhartzell; Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement in den Jahren 1984 bis 2001

Fokus: Revitalisierungen, Angewandte Gewässer- und Fischökologie, ökologische Bauaufsicht und Schutzgebietsmanagement

Mathias Jungwirth
Gertrud Haidvogel
Severin Hohensinner
Herwig Waidbacher
Gerald Zauner

Österreichs Donau

Landschaft – Fisch – Geschichte