



*Aktion*  
*Blau*

GEWÄSSERENTWICKLUNG  
IN RHEINLAND-PFALZ

# Entwicklung der Rhein-Auengewässer

— Teil 1 —  
Grundlagen



Forschungsvorhaben  
Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung  
der Lebensbedingung der Fischfauna  
im Rahmen der  
Aktion Blau - Gewässerentwicklung in Rheinland-Pfalz

# Entwicklung der Rhein-Auengewässer

## — Teil 1 — Grundlagen

Ein Beitrag zur  
regionalen Flußgebietenentwicklung  
des Oberrheins

A. Otto  
U. Weibel

Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz,  
Mainz 1999

Dieses Vorhaben wurde aus Mitteln der Europäischen Gemeinschaft im Rahmen des NORSPA-92-1 „Rückkehr der Langdistanz-Wanderfische in den Rhein (Lachs 2000)“ gefördert.

## **Impressum:**

**Titel:** Entwicklung der Rhein-Auengewässer in Rheinland-Pfalz  
Teil 1: Grundlagen

**Herausgeber:** Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz, Mainz 1999

**Redaktion:** Dr. Albrecht Otto  
Landesamt für Wasserwirtschaft, Mainz

Uwe Weibel  
IUS -Institut für Umweltstudien, Weisser & Ness GmbH, Kandel

**Druck:** Faber Druck GmbH, Kaiserslautern

Nachdruck und Wiedergabe nur mit Genehmigung des Herausgebers.  
Diese Veröffentlichung ist gegen eine Schutzgebühr von DM 5,00 beim Landesamt für Wasserwirtschaft, Am Zollhafen 9,55118 Mainz zu beziehen.

ISBN 3-933123-06-2

# Inhalt

Seite

## Vorwort

---

<b>1.</b>	<b>Einführung</b>	<b>1</b>
1.1	Das Projektgebiet	1
1.2	Hintergrund	2
1.3	Zielsetzung	7
1.4	Arbeitsschwerpunkte	9
1.5	Kurzfassung der Ergebnisse	11
<b>2.</b>	<b>Der Oberrhein früher und heute</b>	<b>17</b>
2.1	Der Ausbau des Oberrheins und seine Auswirkungen auf das Ökosystem	17
2.1.1	Historischer Abriß des Gewässerausbaus am Rhein	17
2.1.2	Auswirkungen des Gewässerausbaus auf das Ökosystem Rhein	21
2.2	Entwicklung der Wasserqualität seit Beginn des 20. Jahrhunderts	23
2.3	Die Fischfauna des Rheins	26
2.3.1	Die Fischfauna im Wandel der Jahrhunderte	26
2.3.2	Heutiger Zustand der Fischfauna	28
2.3.3	Bedeutende Fischarten des Rheins	32
2.4	Wirbellosenfauna	36
2.5	Avifauna	40
<b>3.</b>	<b>Die bisherige Verlandung der Auengewässer</b>	<b>43</b>
3.1	Mathematische Modelle zur Simulation der Sedimentationstätigkeit in den Altarmen	44
3.2	Ausmaß der Sedimentation seit der Mitte des 19. Jahrhunderts	45
3.2.1	Phasen des Verlandungsgeschehens seit Beginn des 19. Jahrhunderts	45
3.2.2	Verlandung im Uferbereich	45
3.2.3	Verlandung im Sohlbereich	46
3.2.4	Verlandung im Vorlandbereich	46
3.2.5	Zeitlicher Verlauf der Sedimentbildung und Prognose der zukünftigen Verlandungsgeschwindigkeit	46
3.3	Bisherige Entwicklung der Wasserspiegellagen	50
3.4	Bisherige Entwicklung der Wasserspiegelflächen	52
3.4.1	Wasserfläche der Goldkehle	52
3.4.2	Wasserfläche des Lingenfelder Altrheins	55
3.4.3	Zusammenfassende Betrachtung	56

<b>4.</b>	<b>Der heutige Zustand der Auengewässer</b>	<b>61</b>
4.1	Gewässerbelastung	61
4.1.1	Gewässerbelastung der Seitenarme	61
4.1.2	Gewässerbelastung der Altarme	62
4.1.3	Gewässerbelastung der Altwässer	63
4.1.4	Gewässerbelastung der Baggerseen	64
4.2	Gewässertrophie	67
4.3	Ökomorphologische Strukturgütekartierung der Auengewässer	68
4.4	Ökologisch relevante Wasserbauwerke	68
4.5	Derzeitige Verlandungssituation	71
<b>5.</b>	<b>Ökologische Bedeutung und derzeitige Funktionsfähigkeit der Auengewässer</b>	<b>75</b>
5.1	Charakterisierung und Typisierung der Auengewässer	77
5.2	Funktionale Bedeutung der Auengewässer für die Fischfauna des Rheins	82
5.2.1	Permanenter Lebensraum	82
5.2.2	Ernährung	83
5.2.3	Fortpflanzung	85
5.2.4	Aufwuchsgebiet	87
5.2.5	Wintereinstand	89
5.2.6	Hochwassereinstand	90
5.2.7	Wanderweg	91
5.2.8	Refugialraum bei Schadstoffkatastrophen	91
5.2.9	Artenreservoir	93
5.3	Typische Verlandungsstadien und ihre Bedeutung für die Fischfauna des Rheins	94
5.3.1	Frühes, mittleres und spätes Verlandungsstadium	94
5.3.2	Bedeutung der Verlandungsstadien für die Fischfauna des Rheins	99
5.4	Habitatansprüche der gewässertypischen Fischarten	104
5.4.1	Kies- und Sandlaicher in den Fließgewässermündungen	104
5.4.2	Kies- und Sandlaicher in den Seitenarmen des Rheins	104
5.4.3	Pflanzenlaicher und euryöke Arten in den Altarmen des Rheins	105
5.4.4	Pflanzenlaicher in Altwässern	106
5.4.5	Sandlaicher in den Baggerseen	106
5.5	Derzeitige Funktionsfähigkeit der Auengewässer als Jungfischbiotope	107
5.5.1	Reproduktionsbiologische Bedeutung der einzelnen Habitattypen	108
5.5.2	Verbreitung und Zustand der Fortpflanzungshabitate	110
5.5.3	Bedeutung der Fortpflanzungshabitate und limitierende Faktoren	111
<b>6.</b>	<b>Referenzgewässer zur Konkretisierung von Entwicklungszielen</b>	<b>113</b>
6.1	Optimale fischökologische Funktionsfähigkeit eines Auengewässers	113
6.2	Beispiele für fischökologisch optimale Auengewässer (Referenzgewässer)	117
<b>7.</b>	<b>Literatur</b>	<b>121</b>

**Verzeichnis der Tabellen**

Tabelle 2-1:	Schwermetallkonzentrationen im Rheinwasser in den Jahren 1984-1993, Station Lobith ...	24
Tabelle 2-2:	Überblick über die aktuell im rheinland-pfälzischen Reinabschnitt vorkommenden Fischarten sowie deren Gefährdungsstatus .....	29/30
Tabelle 2-3:	Zusammenstellung der in der Oberrheinniederung aktuell bzw. rezent vorkommenden, gefährdeten Muscheln und Schnecken .....	37
Tabelle 2-4:	Zusammenstellung der in der Oberrheinniederung vorkommenden, gefährdeten Zehnfüßigen Krebse und Blattfußkrebse .....	38
Tabelle 2-5:	Zusammenstellung der am rheinland-pfälzischen Rheinabschnitt vorkommenden, gefährdeten, gewässerabhängigen Vogelarten mit Angabe der Gefährdungsgrade .....	40/41
Tabelle 3-1:	Phasen der Abnahme der Wasserflächen und -breiten an der Goldkehle .....	54
Tabelle 3-2:	Phasen der Abnahme der Wasserflächen und -breiten am Lingenfelder Altrhein .....	56
Tabelle 3-3:	Veränderungen der Wasserflächen und -breiten zwischen 1856 und 1994/1995 .....	57
Tabelle 3-4:	Mittlere jährliche Abnahme der Wasserflächen von sechs Auengewässern im Projektgebiet .....	57
Tabelle 3-5:	Mittlere jährliche Abnahme der Wasserspiegelbreiten von sechs Auengewässern im Projektgebiet .....	58
Tabelle 4-1:	Belastungsparameter im Heidenfahrter Stillwasser und im Leimersheimer Altrhein .....	61
Tabelle 4-2:	Limnochemische Kenndaten im Heidenfahrter Stillwasser und im Leimersheimer Altrhein .	62
Tabelle 4-3:	Belastungsparameter und limnochemische Kenndaten im Lingenfelder Altrhein .....	63
Tabelle 4-4:	Belastungsparameter und limnochemische Kenndaten in der Eisbruchlache .....	64
Tabelle 4-5:	Belastungsparameter und limnochemische Kenndaten im Berghäuser Altrhein und im Goldgrund (Minthe Baggersee) .....	66
Tabelle 4-6:	Anzahl und Art der relevanten Bauwerke an den Gewässern des Projektgebiets .....	69
Tabelle 4-7:	Schadwirkung der relevanten Bauwerke an den wichtigen Gewässern des Projektgebiets	70
Tabelle 5-1:	Aktuell vorhandene Gewässertypen der rheinland-pfälzischen Auengewässer und ihre charakteristischen Unterscheidungsmerkmale .....	80
Tabelle 5-2:	Übersicht über die im Projektgebiet vorhandenen Auengewässer und ihre Zuordnung zu den verschiedenen Gewässertypen .....	81
Tabelle 5-3:	Einschätzung der Auengewässer-Funktion „Permanenter Lebensraum“ für die Fischfauna	83
Tabelle 5-4:	Jährlicher Ertrag und Fischbestand verschiedener Gewässertypen .....	83
Tabelle 5-5:	Ernährungstypen bei Fischen .....	84
Tabelle 5-6:	Einschätzung der Auengewässer-Funktion „Ernährung“ für die Fischfauna .....	85
Tabelle 5-7:	Differenzierung der Rheinfischarten hinsichtlich ihrer Ansprüche an die Strömung und an das Laichsubstrat .....	85/86
Tabelle 5-8:	Bedeutung der Gewässer des Rheinstromsystems als Laichgebiet für die potentiell im Projektgebiet vorkommenden Fischarten .....	86
Tabelle 5-9:	Eignung der Auengewässer als Laichbiotope am Beispiel einiger fischökologischer Leitarten .....	87
Tabelle 5-10:	Einschätzung der Auengewässer-Funktion „Fortpflanzung“ für die Fischfauna .....	87
Tabelle 5-11:	Laichzeit sowie Angaben zur Ei- und Larvalentwicklung verschiedener Fischarten .....	88
Tabelle 5-12:	Einschätzung der Auengewässer-Funktion „Aufwuchsgebiet“ für die Fischfauna .....	89
Tabelle 5-13:	Einschätzung der Auengewässer-Funktion „Wintereinstand“ für die Fischfauna .....	90

Tabelle 5-14:	Einschätzung der Auengewässer-Funktion „Hochwassereinstand“ für die Fischfauna .....	90
Tabelle 5-15:	Einschätzung der Auengewässer-Funktion „Wanderweg“ für die Fischfauna .....	91
Tabelle 5-16:	Einschätzung der Auengewässer-Funktion „Refugialraum“ für die Fischfauna .....	92
Tabelle 5-17:	Einschätzung der Auengewässer-Funktion „Artenreservoir“ für die Fischfauna .....	93
Tabelle 5-18:	Fischökologisch bedeutsame Funktionen der Auengewässertypen .....	93
Tabelle 5-19:	Verlandungsmerkmale früher und später Verlandungsstadien .....	94
Tabelle 5-20:	Ökologische Bedeutung des frühen Verlandungsstadiums für die Fischfauna des Rheins ..	99
Tabelle 5-21:	Ökologische Bedeutung des mittleren Verlandungsstadiums für die Fischfauna des Rheins .....	100
Tabelle 5-22:	Ökologische Bedeutung des späten Verlandungsstadiums für die Fischfauna des Rheins	102
Tabelle 5-23:	Anforderungen der Leitfischarten an den Gewässertyp Fließgewässermündung .....	104
Tabelle 5-24:	Anforderungen der Leitfischarten an den Gewässertyp Seitenarm .....	105
Tabelle 5-25:	Anforderungen der Leitfischarten an den Gewässertyp Altarm .....	105
Tabelle 5-26:	Anforderungen der Leitfischarten an den Gewässertyp Altwasser .....	106
Tabelle 5-27:	Anforderungen der Leitfischarten an den Gewässertyp Baggersee .....	106
Tabelle 5-28:	Morphologisch-strukturelle Merkmale der Habitattypen .....	107
Tabelle 5-29:	Befischte Gewässer und Habitattypen .....	108
Tabelle 5-30:	Artenanzahl, Diversität, Dichte und Individuenanteil der Jungfische der spezialisierten Reproduktionstypen nach Ergebnissen der Zugnetzfänge und geschätzte Flächenausdehnung .....	108
Tabelle 5-31:	Fläche, Flächenanteile und Bewertung der in den Auengewässern vorhandenen Fortpflanzungshabitate .....	111
Tabelle 5-32:	Anteil spezialisierter Arten und limitierende Faktoren .....	111
Tabelle 6-1:	Charakteristische Fischarten der Funktionstypen „gut durchströmte Gewässer“ und „wasserpflanzenreiche Stillgewässer“ .....	114
Tabelle 6-2:	Bewertungsmatrix für den Grad der Funktionsfähigkeit .....	114
Tabelle 6-3:	Bewertung des fischökologischen Zustands unterschiedlicher Auengewässer auf Basis der Befischungsergebnisse aus dem Jahr 1996 .....	115
Tabelle 6-4:	Merkmale des Optimalzustands der Funktionstypen .....	116

## Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1-1: Lage des Projektgebiets mit rezenter Aue, den wichtigsten Auengewässern und den Schwerpunkt- bzw. Entwicklungsräumen .....	2/3
Abbildung 2-1: Die Rheinniederung zwischen Karlsruhe und Ludwigshafen um 1817 und 1985/1990.. 18/19	
Abbildung 2-2: Die Entwicklung des Rheinlaufs bei Germersheim vom 14. bis zum 19. Jahrhundert sowie Lage des 1827-1833 durchgeführten Germersheimer Durchstichs .....	20
Abbildung 2-3: Zusammensetzung der ursprünglichen Fischfauna des rheinland-pfälzischen Rheinabschnitts .....	27
Abbildung 2-4: Häufigkeit einzelner Fischarten im Rheinhauptstrom .....	31
Abbildung 3-1: Ergebnisse der Sedimentsondierung im Bereich des Lingenfelder Altrheins .....	47
Abbildung 3-2: Ergebnisse der Sedimentsondierung im Bereich des Pforzer Altrheins .....	48
Abbildung 3-3: Ergebnisse der Sedimentsondierung im Bereich des Leimersheimer Altrheins .....	49
Abbildung 3-4: Änderung der Mittelwasserstände über die Zeitspanne 1891-1997 auf der Grundlage von Pegelaufzeichnungen .....	51
Abbildung 3-5: Änderung der Mittelwasserstände über die Zeitspanne 1961-1997 auf der Grundlage von Pegelaufzeichnungen .....	51
Abbildung 3-6: Untersuchter Kernbereich der Goldkehle .....	53
Abbildung 3-7: Veränderung der Wasserflächen und -breiten der Goldkehle .....	54
Abbildung 3-8: Untersuchter Kernbereich des Lingenfelder Altrheins .....	55
Abbildung 3-9: Veränderung der Wasserflächen und -breiten des Lingenfelder Altrhein .....	56
Abbildung 3-10: Absolute und relative Veränderung der Wasserflächen von sechs Auengewässern im Projektgebiet .....	59
Abbildung 3-11: Absolute und relative Veränderung der Wasserspiegelbreiten von sechs Auengewässern im Projektgebiet .....	60
Abbildung 4-1: Entwicklung der Sauerstoffverhältnisse im Berghäuser Altrhein zwischen 10.7.96 und 16.8.96 .....	64
Abbildung 4-2: Temperatur- und Sauerstoffverhältnisse im Goldgrund (Minthe Baggersee) .....	65
Abbildung 5-1: Schematische Übersicht der orohydrographischen Verhältnisse im Auenbereich des Potamals .....	75
Abbildung 5-2: Aufsicht und Querschnitt A-A eines frühen Verlandungsstadiums .....	96
Abbildung 5-3: Aufsicht und Querschnitt A-A eines mittleren Verlandungsstadiums .....	97
Abbildung 5-4: Aufsicht und Querschnitt A-A eines späten Verlandungsstadiums .....	98
Abbildung 5-5: Jungfischfauna eines frühen Verlandungsstadiums am Beispiel des Lingenfelder Altrheins .....	100
Abbildung 5-6: Jungfischfauna eines mittleren Verlandungsstadiums am Beispiel des alten Teils des Berghäuser Altrheins .....	101
Abbildung 5-7: Jungfischfauna eines späten Verlandungsstadiums am Beispiel der Eisbruchlache .....	102
Abbildung 5-8: Vergleich der Jungfischfauna auf Reproduktionstypenniveau .....	103
Abbildung 6-1: Referenzgewässer Anthropogener Seitenarm: Leimersheimer Altrhein .....	118
Abbildung 6-2: Referenzgewässer Stromnaher Altarm: Hörnel Altrhein .....	118
Abbildung 6-3: Referenzgewässer Stromferner Altarm: Lingenfelder Altrhein .....	119
Abbildung 6-4: Referenzgewässer Altwasser: Eisbruchlache .....	119





## Vorwort

---

Wir stehen am Beginn eines Zeitalters, das über alle bisherigen politischen und administrativen Grenzen in Europa hinweg in zusammenhängenden Flußgebieten denken wird. Der Rhein bildet die Hauptachse eines der großen internationalen Flußgebiete Mitteleuropas. Er ist zugleich eine der am stärksten befahrenen und am intensivsten ausgebauten Wasserstraßen Europas.

In den letzten Jahrzehnten wurden im gesamten Flußgebiet des Rheins große Anstrengungen unternommen, um die Schadstoffbelastung des Rheins und seiner Nebengewässer deutlich zu senken. Der Rhein hat heute wieder eine Wasserqualität, die auch den anspruchsvolleren Organismenarten das Leben im Rhein ermöglicht. Die meisten Organismenarten, darunter auch die Fische, benötigen jedoch nicht nur eine gute Wasserqualität, sondern auch eine vielfältige gewässertypische Gewässerstruktur. Jede Fischart benötigt ihre artspezifischen Gewässerstrukturen, die in ausreichendem Maße vorhanden sein müssen, wenn sich diese Fischart wieder naturgemäß entfalten soll.

Natürliche und naturnahe Gewässerstrukturen sind nicht nur für die ökologische Funktionsfähigkeit des Gewässerökosystems notwendig, sondern sie machen im besonderen Maße auch die Vielfalt, die Eigenart und die Schönheit der Gewässerlandschaft aus. Wir sind den kommenden Generationen im Sinne der AGENDA 21 von Rio verpflichtet, ihnen nicht nur eine leistungsfähige Schifffahrtsstraße, sondern auch ein intaktes Ökosystem und eine attraktive Gewässerlandschaft zu hinterlassen.

Der Rhein hat in ökologischer und in landschaftlicher Hinsicht eine ausgesprochen schlechte und in hohem Maße naturferne Struktur. Sie läßt die hohen Investitionen auf dem Gebiet der Gewässerreinigung weder in ökologischer noch in landschaftlicher Beziehung richtig zur Geltung kommen. Auch an der Schifffahrtsstraße Rhein sind ohne bedeutende Nachteile für die Schifffahrt erhebliche Strukturverbesserungen notwendig und möglich. Daneben bilden die noch vorhandenen Auengewässer des Rheins (Seitenarme, Altarme, Nebenflußmündungen), soweit sie in der rezenten Überschwemmungsaue liegen und mit dem Rhein verbunden sind, wichtige Schwerpunkte der Strukturentwicklung. Während am Rhein selbst primär die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung gefordert ist, sind es im Bereich der Auengewässer primär die Bundesländer.

In Rheinland-Pfalz wurde 1993/94 das Aktionsprogramm „AKTION BLAU - Gewässerentwicklung in Rheinland-Pfalz“ gestartet. Die AKTION BLAU soll neue Methoden und zukunftsweisende Entwicklungskonzepte im Sinne der AGENDA 21 aufzeigen und landesweit zu beschleunigten Strukturverbesserungen beitragen. Einer der Aktionsschwerpunkte ist die Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins in Rheinland-Pfalz. Ein erster Schritt im Rahmen dieses Aktionsschwerpunkts war das Projekt „Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen für die Fischfauna“.

Dieses Projekt beschreitet in den Zielsetzungen und in der Vorgehensweise neue Wege. Es wurde von 1995 bis 1998 beim Landesamt für Wasserwirtschaft in Mainz unter Beteiligung namhafter externer Institute durchgeführt und im Rahmen des EU-Förderprogramms „Rückkehr der Langdistanz-Wanderfische in den Rhein (Lachs 2000)“ aus Mitteln der Europäischen Gemeinschaft gefördert. Die Förderung ermöglichte es, grundsätzlichen Fragen der Entwicklung von Auengewässern etwas eingehender nachzugehen.

Die Ergebnisse des Projekts werden in der vorliegenden zweiteiligen Broschüre veröffentlicht. Teil 1 („Grundlagen“) enthält die wichtigsten Untersuchungsergebnisse und Teil 2 („Entwicklungsplan“) das auf dieser Grundlage erarbeitete Entwicklungskonzept. Wir gehen davon aus, daß die erzielten Untersuchungs- und Planungsergebnisse auch über das rheinland-pfälzische Projektgebiet hinaus

in anderen Abschnitten des Rheins und an anderen Strömen Europas von Interesse sind und hoffen, dass sie auch dort dazu anregen, die flußbezogene Entwicklung der Auengewässer verstärkt in Angriff zu nehmen. In Rheinland-Pfalz wird inzwischen mit der schrittweisen Umsetzung des Pflege- und Entwicklungsplans begonnen.

Mainz, September 1999



(Dipl. Ing. Sven Lühje)  
Direktor des Landesamtes  
für Wasserwirtschaft



(Dr. Albrecht Otto)  
Leiter des Projektes

## 1. Einführung

---

### 1.1 Das Projektgebiet

---

Projektgegenstand bilden die Auengewässer des Rheins (s. Abb. 1-1); das sind Seitenarme, Altarme bzw. seiten- und altarmartige Gewässer, die nach dem Ausbau und der Eindeichung des Rheins noch vorhanden sind, sowie Baggerseen, die wegen ihrer günstigen Schifffahrtsanbindung an den Rhein sehr zahlreich und umfangreich geworden sind. Darüber hinaus werden auch die Mündungsstrecken der großen und kleinen Nebengewässer des Rheins zu den Auengewässern gezählt.

### 1.2 Hintergrund

---

- **Örtliche Projektanlässe**

Für die Bewirtschaftung und Pflege des Projektgebiets und der Projektgewässer sind u. a. die Wasserwirtschafts-, die Landespflege-, die Forstverwaltung sowie die Fischereibehörde zuständig. Die verschiedenen Behörden waren sich bereits seit Jahren im Unklaren und teilweise auch uneinig darüber, nach welchen Grundsätzen und mit welchen Prioritäten und Zielsetzungen die verschiedenen Auengewässer weiterhin bewirtschaftet und geschützt werden sollten. Die bisher verfolgten Grundsätze und Ziele entsprachen in verschiedenen Punkten nicht mehr den Erfordernissen und nicht den neueren Erkenntnissen. Dies betraf u. a. die ökologische Bedeutung und Funktion der Auengewässer, ihre bisherige künstliche Abkopplung vom Rhein bzw. die Frage ihrer Wiederanbindung an den Rhein, speziell auch die ökologische Bewertung und Funktion der zahlreichen Baggerseen, sog. Rekultivierungs- und Wiederherstellungsmaßnahmen an den Baggerseen, die evtl. Vergabe von neuen Kiesabbaurechten, diverse Konflikte zwischen Fischerei und Naturschutz, die Schutzbedürftigkeit des Forstes vor Erosionen und Auflandungen sowie Ansprüche der Schifffahrtsverwaltung an die Gestaltung der Ufer- und Auenbereiche des Rheins.

An vielen Orten des Projektgebiets stellten sich die gleichen Fragen und Probleme. Da diese Fragen für die betreffenden Behörden Neuland bildeten, da die Vertreter der verschiedenen Behörden häufig Schwierigkeiten hatten, sich auf ein gemeinsames Konzept zu einigen und da es wenig Sinn machte, das Rad an jedem Ort immer wieder neu zu erfinden, bestand auf allen Seiten der Wunsch nach einer gemeinsamen zukunftsweisenden Zielentwicklung.

- **Neue Planungsvorgaben der AKTION BLAU**

Die Gewässerpflegeplanung war bis zu Beginn der 90er Jahre auch in Rheinland-Pfalz sehr stark an der planerischen Vorgehensweise der Landschafts- und Landespflegeplanung orientiert. Dieses führte zu Gewässerpflegeplänen, die relativ aufwendig und teuer und nur wenig umsetzungsorientiert waren. Die Pläne verschwanden daher nicht ganz zu Unrecht in den Schubladen der Gewässerunterhaltungspflichtigen, ohne daß etwas am Gewässer geschah.

Das Landesamt für Wasserwirtschaft sah sich daher aufgefordert, neue Vorgaben für eine im stärkeren Maße umsetzungs- und erfolgsorientierte Gewässerpflegeplanung zu entwickeln. Dieses betraf nicht nur die Pflege- und Entwicklungsplanung an den typischen Fließgewässern des Landes, sondern auch diejenigen an den Auengewässern des Rheins.

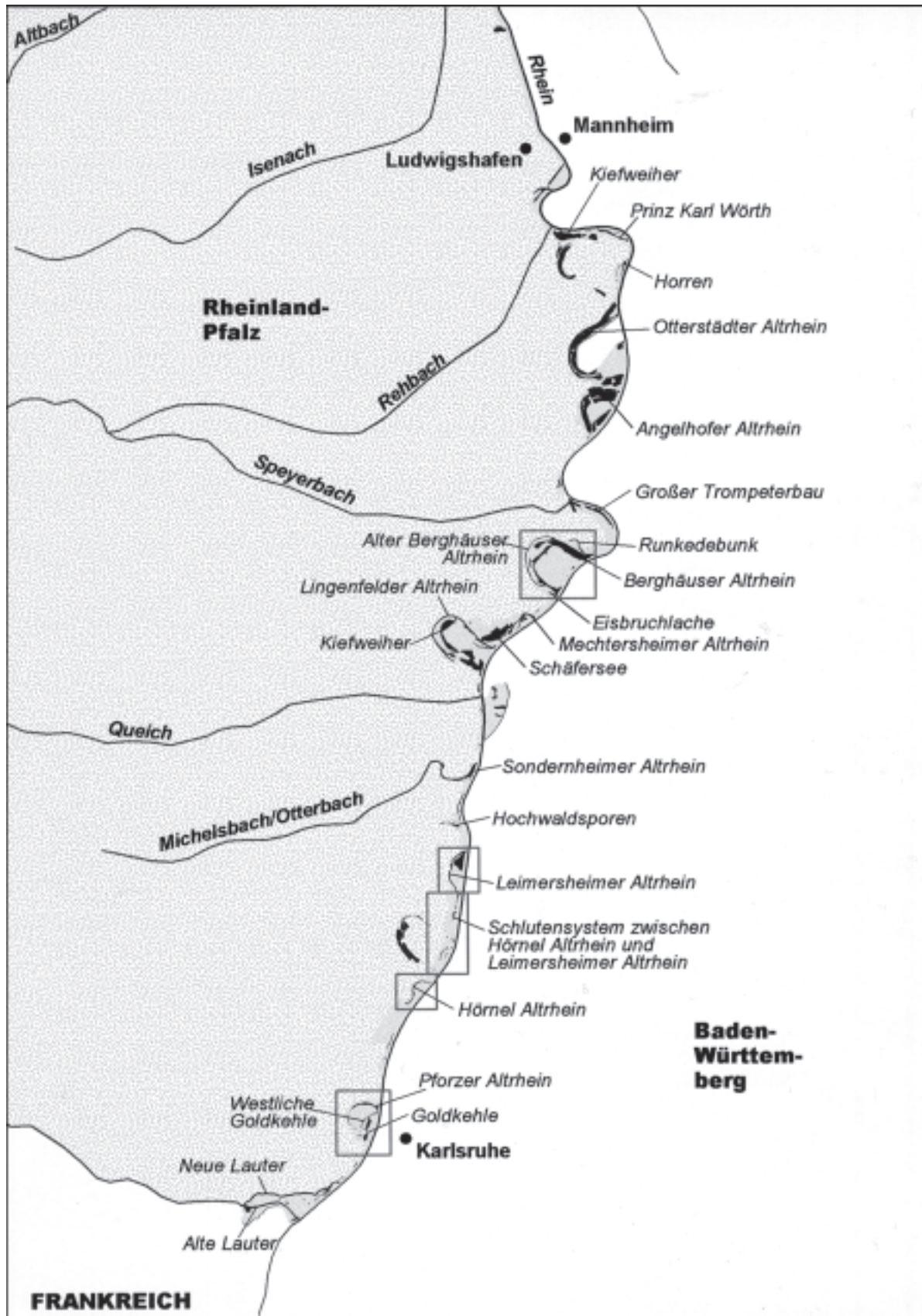


Abb. 1-1: Lage des Projektgebiets - südlicher Teil mit rezenter Aue (dunkelgrau), den wichtigsten Auen-gewässern (schwarz) und den Schwerpunkt- bzw. Entwicklungsräumen (umrandet)



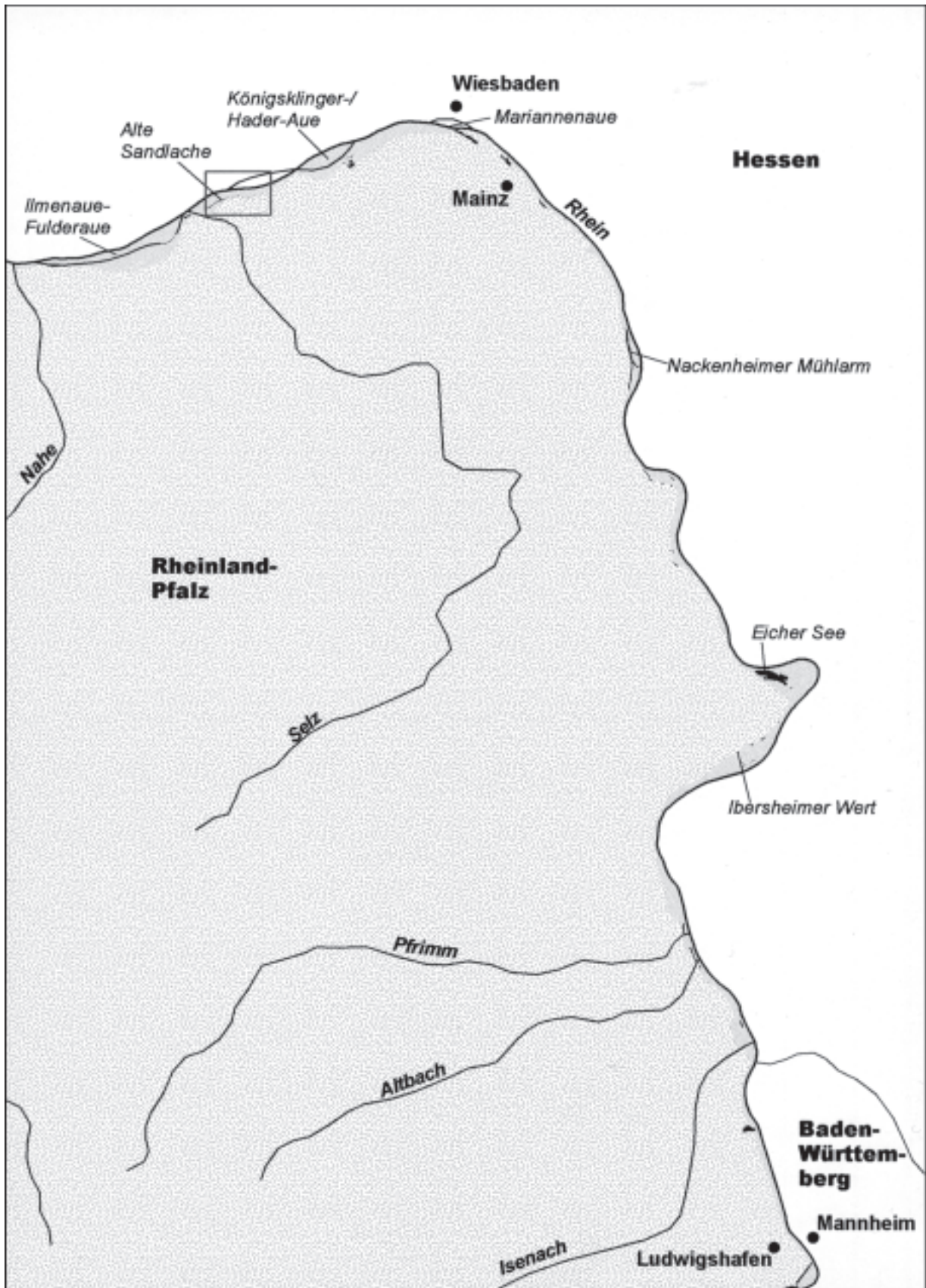


Abb. 1-1: Lage des Projektgebiets - nördlicher Teil mit rezenter Aue (dunkelgrau), den wichtigsten Auen-  
gewässern (schwarz) und den Schwerpunkt- bzw. Entwicklungsräumen (umrandet)

- **EU-Förderprogramm „Lachs 2000“**

Die Europäische Gemeinschaft und die Internationale Rheinschutzkommission (IKSR) hatten 1991/92 das Förderprogramm „Rückkehr der Langdistanzwanderfische in den Rhein (Lachs 2000)“ gestartet, das sich primär mit Besatz- und Habitatmaßnahmen an ausgewählten Nebengewässern des Rheins befaßte. Es erschien jedoch sinnvoll, auch die unmittelbar am Rhein gelegenen Rekrutierungsbiotope der Rheinfischfauna einzubeziehen. Wichtige Rekrutierungsbiotope sind von Natur aus die Auengewässer des Rheins. Das Land Rheinland-Pfalz hat daher 1992 im Rahmen des Vertrages NORSPA-92-1/3NT/002 mit der Europäischen Gemeinschaft das Forschungsprojekt „Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna“ gestartet, über das hier berichtet wird.

- **Erweiterung der Zielgrößen des Gewässerschutzes**

Der Gewässerschutz war bis Ende der 80er Jahre fast ausschließlich auf die Verbesserung der Wasserqualität ausgerichtet. Erst seit Beginn der 90er Jahre wurde auch die Struktur der Gewässer und der Gewässerarme zum Gegenstand des Gewässerschutzes. Man begann, die Überschwemmungsaue und auch die Gewässer in den Überschwemmungsaue als wichtige Teilstrukturen des Gewässerökosystems zu betrachten. Man erkannte, daß die Struktur des rezenten Rheinbettes zwar wegen der Schifffahrt nur in relativ engen Grenzen verbessert werden kann, daß dafür aber der Strukturverbesserung der rezenten Auengewässer eine um so größere Bedeutung zukommt.

Dieses bedeutete, daß auch die in Rheinland-Pfalz gelegenen Auengewässer nicht mehr losgelöst vom Rhein und nicht mehr primär als Gegenstände des örtlichen Biotopschutzes zu betrachten und zu entwickeln waren, sondern primär als wesentliche Komponenten des gesamten Ökosystems Rhein.

- **Empfehlungen des Ad-hoc-Ausschusses „Öko-Morphologie“**

Bereits im August 1993 hat der Ad-hoc-Ausschuß „Öko-Morphologie“ (ahÖM) der „Deutschen Kommission zum Schutz und zur Reinhaltung des Rheins“ die folgenden Schwerpunkte der ökomorphologischen Strukturverbesserung am Rhein formuliert:

**A. Rezente Überschwemmungsaue (vor dem Deich)**

1. Erhaltung bzw. Wiederherstellung naturnaher Grundwasserstände
2. Wiederherstellung der freien Hochwasserdurchströmung im Innenfeld von sackförmig umdeichten Altarmen durch Rückverlegung der Deiche
3. Erhaltung bzw. Wiederherstellung der Schluten, Flutmulden und anderer natürlicher Rinnen
4. Wiederherstellung der freien Durchflutung der Schluten, Flutmulden und anderer natürlicher Rinnen an Wege- und Straßendämmen bei Hochwasser (z. B. durch entsprechende Absenkung der Wege zu Furten oder durch den Bau von Brücken)
5. Entschlammung bzw. Neuanlage von dauernden und zeitweiligen Tümpeln und Lachen, evtl. Einbringung von Kies als Laichsubstrat, evtl. Einbau von Rücklaufschleusen
6. Öffnung bzw. Absenkung der Uferdämme, Sommerdeiche und Leinpfaddämme auf größeren und kleineren Strecken zu häufigeren Überschwemmung der Aueflächen

7. Keine Verlängerung und keine Neuerteilung von Kiesabbaurechten in der Überschwemmungsaue, die nicht primär der ökologischen Verbesserung der Überschwemmungsaue dienen
8. Herstellung von naturnahen Niederufern mit ausgedehnten Weichholzzonen an den Baggerseen und ausgekiesten Altarmen
9. Vergrößerung der Überschwemmungsaue durch örtliche Rückverlegung der Hochwasserdammlinie und durch naturgerechten Rückbau des Geländes zu einer funktionsfähigen Überschwemmungsaue
10. Vergrößerung des Auwaldbestands, standortsgerechte Umwandlung der Forste in naturnahe Auwälder, Einstellung der Ackernutzung, Extensivierung der Grünlandnutzung
11. Keine Erschließung für den Massentourismus, Begrenzung und Lenkung der individuellen Freizeiterholung in sensiblen Bereichen.

## **B. Altarme des Rheins in der rezenten Überschwemmungsaue**

1. Erhaltung der vorhandenen Altarme, Verhinderung der fortschreitenden Verlandung
2. Verhinderung der Altarmverschlammung, Entschlammung von besonders sensiblen Altarmabschnitten
3. Ganzjährige ökologische Anbindung der Altarme an den Rhein (Gewässervernetzung)
4. Wiederherstellung von ganzjährig durchflossenen Altarmen (evtl. Rückgestaltung zu Nebenarmen)
5. Wiederherstellung einer ausreichenden Hochwasserdurchströmung zur natürlichen Selbsträumung und zur Reaktivierung der natürlichen Strukturbildung (Kolke, Tiefwasserrinnen, Flachwasserzonen, Bänke, Steilufer), Umgestaltung von strömungsbehindernden Straßen- und Wegedämmen, Rückverlegung von strömungsbehindernden Deichen
6. Erhöhte Anforderungen an die Wasserqualität und die Feststoffführung (Schwebstoffe!) aller Zuflüsse, die in die Altarme einmünden
7. Erhaltung bzw. Wiederherstellung einer optimalen Beschattung (Horizontabschirmung) durch hochwüchsige Ufergehölze
8. Keine Verlängerung und keine Neuerteilung von Kiesabbaurechten, die nicht primär der ökologischen Verbesserung der Altarme dienen
9. Ökologisch vorteilhafte Umgestaltung der ausgekiesten Altarme, insbesondere Herstellung von breiten und vielfältig gestalteten naturnahen Flachufern mit natürlicher Vegetationsukzession, Herstellung von naturnahen Uferwänden an dazu geeigneten Ufern
10. Keine Erschließung von Altarmen für den Massentourismus, Begrenzung und Lenkung der individuellen Freizeiterholung in den sensiblen Bereichen.



**C. Altwasser in der rezenten Überschwemmungsaue**

1. Erhaltung der vorhandenen Altwasser
2. Erhaltung naturnaher Wasserstände durch Erhaltung bzw. Wiederherstellung naturnaher Grundwasserstände
3. Erhöhte Anforderung an die Wasserqualität und an die Feststoffführung (Schwebstoffe!) der Zuflüsse
4. Verhinderung des Trockenfallens in Niedrigwasserzeiten durch Schaffung von Tiefwasserkernen
5. Teilentschlammung bei übermäßiger Verschlammung
6. Erhaltung bzw. Wiederherstellung einer optimalen Beschattung (Horizontabschirmung) durch hochwüchsige Ufergehölze
7. Begrenzung und Lenkung der Freizeiterholung in den sensiblen Bereichen.

**D. Fahrinne / Fahrwasser<sup>1</sup> des Rheins**

1. Erhaltung der langjährigen Mittel- und Niedrigwasserstände (bezogen auf NN) im Interesse der Erhaltung der Grundwasserstände
2. Erhaltung eines ausgeglichenen Geschiebehauhaltes
3. Erhaltung von Kolken und Tiefwasserstrecken
4. Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit an Wehren, Staustufen und Schifffahrtsschleusen
5. Erhaltung und Verbesserung der natürlichen morphologischen Strukturvielfalt der Sohle
6. Bevorzugung von seltenen großen Entnahmen vor häufigen kleinen Entnahmen bei notwendigen Sedimententnahmen durch Baggerung.

### 1.3 Zielsetzung

---

Gegenstand des Projekts war die ökologische Funktionsfähigkeit der Auengewässer als Funktionsteile des Ökosystems Rhein. Im Mittelpunkt stand die Fischfauna des Rheins, insbesondere die spezielle Funktion der Auengewässer als Reproduktionsbiotope für die Rheinfische. Die Fischfauna nutzt alle Teile des Gesamtökosystems Rhein in spezieller Weise. Sie ist in besonderer Weise ein ökologischer Indikator für die Funktionsfähigkeit der einzelnen Teilgewässer.

Die Auengewässer wurden selbstverständlich nicht ausschließlich in ihrer fischökologischen Funktion für das Rheinökosystem betrachtet. Auch die regionalen und lokalen Aspekte des Biotop- und Artenschutzes sowie der Gewässer-, Landschafts- und Raumentwicklung waren stets mit im Blickfeld.

Das Leitziel war die Erstellung eines realistischen modellhaften, fach- und behördenübergreifenden Entwicklungskonzeptes für die Auengewässer. Hierzu war dreierlei notwendig:

#### a) Wissenschaftliche Planungsgrundlagen

Im Mittelpunkt standen die ökomorphologische Struktur und die strukturelle Entwickelbarkeit der Auengewässer, insbesondere der Seiten- und Altarme des Rheins. Diese Gewässer unterliegen der allmählichen Verlandung. Da durch den Ausbau des Rheins von selbst keine neuen Seiten- und Altarme mehr entstehen, besteht ein großes Interesse daran, die Verlandung der wenigen noch vorhandenen Auengewässer soweit wie möglich einzudämmen, die Erosionsdynamik zu reaktivieren und nach realistischen Möglichkeiten für die Neubildung von Seiten- und Altarmen Ausschau zu halten. Hierzu müssen die bisherige und die heutige Verlandungstendenz, ihre maßgeblichen Mechanismen und die heutigen Erosionspotentiale in den Überschwemmungsaueen bekannt sein. Die diesbezüglich vorhandenen Wissensgrundlagen waren jedoch so lückenhaft, daß hier eine gezielte Grundlagenforschung erforderlich war.

Auch in diversen Fragen der ökologischen, speziell der fischökologischen Funktionsfähigkeit der Auengewässer und der maßgebend limitierenden Struktur Faktoren waren die vorhandenen Wissensgrundlagen zu lückenhaft, um darauf die Planung von effizienten und teuren Entwicklungsmaßnahmen gründen zu können.

#### b) Fach- und behördenübergreifende Kooperation

Eine bedeutende strukturelle und funktionale Entwicklung der Auengewässer ist nur dann realisierbar, wenn sie von allen tangierten Behörden aktiv mitgetragen wird. Dies erfordert, daß man sich bereits im Vorfeld der eigentlichen Planung fach- und behördenübergreifend über die Ziele und die Grenzen der Entwicklung einig wird.

Zu diesem Zweck wurde beim Landesamt für Wasserwirtschaft 1993 eine behördenübergreifende Projektgruppe eingerichtet, in der neben den verschiedenen Landesbehörden auch die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes und die Bundesanstalt für Gewässerkunde vertreten waren.

---

### Mitglieder der Projektgruppe

Bundesanstalt für Gewässerkunde Dr. I. Nöthlich	Bezirksregierung Rheinhessen-Pfalz - Landespflege - F.-W. Duffert, T. Schlindwein
Ministerium für Umwelt und Forsten Dr. T. Brenner	Staatliches Amt für Wasser- und Abfallwirtschaft Mainz W. Schell, D. Dahms, S. König
Ministerium für Umwelt und Forsten - Abt. Wasserwirtschaft - Dr. B. Worreschk	Staatliches Amt für Wasser- und Abfallwirtschaft Neustadt/Wstr. J. Decker, O. Juchemich
Ministerium für Umwelt und Forsten - Abt. Landespflege - P. Klöppel	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest E.-U. Mahr
Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht U. Jäger, Dr. P. Wahl	Wasser- und Schifffahrtsamt Bingen G. Behlke, B. Meßmer
Bezirksregierung Rheinhessen-Pfalz - Wasserwirtschaft - A. Bidingen	Wasser- und Schifffahrtsamt Mannheim J. Gähns
Bezirksregierung Rheinhessen-Pfalz - Forstdirektion – H. Bauer	

---

#### c) Entwicklungsplan

Das planerische Ziel des Projekts war die Aufstellung eines ökologisch begründeten, realistischen und unter den Behörden abgestimmten modellhaften Entwicklungsplans. Der Plan sollte nicht flächendeckend jedes Auengewässer des Projektgebiets behandeln, sondern sich schwerpunktmäßig auf solche Gewässer konzentrieren, die gesamtökologisch und speziell für die Fischfauna des Rheins von besonderer Bedeutung und zugleich auch im besonderen Maße entwicklungsfähig sind. Im Mittelpunkt stand die ökomorphologisch-strukturelle Entwicklung dieser Gewässer.

Als erstes ging es um die Bestimmung und Konkretisierung von realistischen Entwicklungsleitbildern. Ein Entwicklungsleitbild galt dann als realistisch, wenn es allseits akzeptabel und voraussichtlich innerhalb von zwei bis drei Jahrzehnten realisierbar erscheint. Dementsprechend wurden nur solche Entwicklungsmaßnahmen in Betracht gezogen, die in diesem Zeitraum Aussicht auf Verwirklichung haben.

Die Entwicklungsmaßnahmen wurden konkretisiert und hinsichtlich ihrer Effizienz geprüft, jedoch nicht detailliert und ausführungsreif durchgeplant. Die Ausführungsplanung soll erst zu einem späteren Zeitpunkt unter der Regie der jeweiligen Maßnahmenträger erfolgen.

## 1.4 Arbeitsschwerpunkte

---

Das Projekt war in zwei Voruntersuchungen und in vier aufeinander folgende Projektabschnitte gegliedert. Die thematischen Schwerpunkte und die beteiligten Institute und Ingenieurbüros sind der nachfolgenden Auflistung zu entnehmen.

### Voruntersuchungen

- **Literaturstudie**  
(Prof. Dr. A. LELEK, Dr. Ch. KÖHLER - Forschungsinstitut Senckenberg, Frankfurt)
- **Referenzgewässer am Oberrhein**  
(Dipl.-Biol. U. WEIBEL - Institut für Umweltstudien, Weisser & Ness GmbH, Kandel)

### 1. Projektabschnitt: Bestandsaufnahme auf der Grundlage vorhandener Daten

(Koordination: Dipl.-Biol. D. BERNAUER)

- **Ökologie**  
(Dipl.-Biol. U. WEIBEL, Dipl.-Biol. A. BAUER, Dipl.-Biol. J.E. WOLF - Institut für Umweltstudien, Weisser & Ness GmbH, Kandel)
- **Ökomorphologie: Studie zur Sedimentationsfähigkeit der Altarme**  
(Dr.-Ing. R. KROHMER, Dipl.-Ing. J. SCHERLE - Institut für Wasserbau und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe)
- **Ökomorphologie: Ökomorphologische Strukturgütekartierung der Rheinauengewässer**  
(Dipl.-Geoökol. O. HARMS, Dipl.-Ing. J. SCHERLE - Institut für Wasserbau und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe)

### 2. Projektabschnitt: Grundlagenforschung

(Koordination: Ingenieurbüro Dr.-Ing. K. LUDWIG, Karlsruhe)

#### Schwerpunkt 1: Verlandung der Altarme

- **Verlandungsdynamik**  
(Prof. Dr. J. KUBINIOK - Zentrum für Umweltforschung Physische Geographie der Universität des Saarlands, Saarbrücken)
- **Entwicklung der Mittelwasserstände am Oberrhein**  
(BD H. ENGEL, TA P.J. GUNDELT - Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz)
- **Veränderung der Wasserspiegelflächen**  
(Dipl.-Geogr. H. FRIEDRICH, Dipl.-Geogr. J. VOLKMANN, Dipl.-Geogr. H. WIESNER – Gesellschaft für Hydrologie und Geowissenschaften GbR, Buchenbach)
- **Repräsentative Verlandungsbilder**  
(Dipl.-Biol. U. WEIBEL, Dipl.-Biol. A. BAUER - Institut für Umweltstudien, Weisser & Ness GmbH, Kandel)

#### Schwerpunkt 2: Heutiger Allgemeinzustand der Projektgewässer

- **Gewässergüte der Projektgewässer**  
(Dipl.-Biol. U. WEIBEL, Dipl.-Biol. J.E. WOLF - Institut für Umweltstudien, Weisser & Ness GmbH, Kandel)
- **Baggerseen**  
(Dr. Ch. FRANK - Laboratorium für angewandte Biologie und Ökologie, Ulm)
- **Relevante Wasserbauwerke**  
(Dipl.-Biol. M. BLANK, Dipl.-Geogr. Ch. KLEINSCHMIDT - BjörnSEN Beratende Ingenieure GmbH, Koblenz)

### Schwerpunkt 3: Jungfischbiotope

- **Jungfischbiotope**

(Dipl.-Biol. U. WEIBEL, Dipl.-Biol. A. BAUER - Institut für Umweltstudien, Weisser & Ness GmbH, Kandel)

### Schwerpunkt 4: Optimalzustand

- **Bestimmung der optimalen fischökologischen Funktionsfähigkeit der Auengewässer**

(Dipl.-Biol. U. WEIBEL - Institut für Umweltstudien, Weisser & Ness GmbH, Kandel)

- **Optimaler Verlandungsschutz**

(Dr.-Ing. R.-J. GEBLER - Ingenieurbüro Gebler, Walzbachtal)

### Schwerpunkt 5: Realistische Situationsverbesserungen

- **Realistische Situationsverbesserungen**

(Dr.-Ing. K. LUDWIG, Dr. Ch. ELPERS - Ingenieurbüro Dr.-Ing. K. Ludwig, Karlsruhe)

- **Anbindung des Leimersheimer Altrheins**

(Dipl.-Ing. P. ZENTGRAF, Dr. rer. nat. D. BLEY - Björnson Beratende Ingenieure GmbH, Koblenz, Dipl.-Biol. U. WEIBEL, Dipl.-Biol. A. BAUER - Institut für Umweltstudien, Weisser & Ness GmbH, Kandel)

### 3. Projektabschnitt: Pflege- und Entwicklungsplan sowie Öffentlichkeitsarbeit

(Koordination: Institut für Umweltstudien, Weisser & Ness GmbH, Kandel)

- **Machbarkeitsstudie**

(Dr. Ch. ELPERS, Dipl.-Ing. S. Quoika - Ingenieurbüro Dr.-Ing. K. Ludwig, Karlsruhe)

- **Entwicklungsplan**

(Dipl.-Biol. U. WEIBEL, Dipl.-Biol. J.E. WOLF - Institut für Umweltstudien, Weisser & Ness GmbH, Kandel, Dr. Ch. ELPERS, Dipl.-Ing. S. Quoika - Ingenieurbüro Dr.-Ing. K. Ludwig, Karlsruhe)

- **Digitale Grundlagen**

(Gesellschaft für Geographische Datenverarbeitung, Saulheim)

- **Broschüre „Rhein • Auen • Perspektiven“**

(Dipl.-Biol. U. WEIBEL - Institut für Umweltstudien, Weisser & Ness GmbH, Kandel)

- **Öffentlichkeitswirksame Tagung am 05.10.1998 in Würth am Rhein**

(Dipl.-Biol. U. WEIBEL - Institut für Umweltstudien, Weisser & Ness GmbH, Kandel)

- **Organisationskonzept**

(Dipl.-Biol. U. WEIBEL - Institut für Umweltstudien, Weisser & Ness GmbH, Kandel)

### 4. Projektabschnitt: Publikationen

- **Textband „Entwicklung der Rhein-Auengewässer“**

**Teil 1: Grundlagen**

**Teil 2: Entwicklungsplan**

(Dipl.-Biol. U. WEIBEL - Institut für Umweltstudien, Weisser & Ness GmbH, Kandel)

## 1.5 Kurzfassung der Ergebnisse

---

### Literaturstudie

In der Literaturstudie des Senckenberg-Instituts wurde die im In- und Ausland vorhandene, projektrelevante Fachliteratur erfaßt und ausgewertet. Auf dieser Grundlage wurde ein Arbeitskonzept für die weitere Projektdurchführung erstellt.

### Referenzgewässer am Oberrhein

In einer zweiten Vorstudie mit dem Thema „Referenzgewässer“ wurde geklärt, wie man sich den heutigen ökologischen Optimalzustand der Auengewässer vorzustellen hat, und wo sich Auengewässer befinden, die diesem Optimalzustand annähernd entsprechen. Von dem vorgefundenen Optimalzustand wurden der Bewertungsmaßstab und die Entwicklungsziele für die übrigen Auengewässer abgeleitet.

Die Bearbeitungsergebnisse sind in den folgenden Gutachten niedergelegt:

LELEK, A. & Ch. KÖHLER (1993): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna, Vorstudie, 107 S.; Frankfurt.

WEIBEL, U. (1995): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna, Vorstudie „Referenzgewässer Rheinauenentwicklung“, 29 S.; Scheibhardt.

### 1. Projektabschnitt

Im 1. Projektabschnitt wurden alle vorhandenen projektrelevanten Daten im Projektgebiet erfaßt und ausgewertet.

#### Arbeitsblock Ökologie

Im Arbeitsblock „Ökologie“ wurde eine spezielle funktionale Typisierung der Auengewässer durchgeführt, so daß für alle Gewässer desselben Typs einheitliche generelle Feststellungen und Prognosen getroffen werden können. Für die Altarme des Rheins, die zeitweise stehende und zeitweise fließende Gewässer darstellen, wurde ein spezielles Verfahren der Wassergütebestimmung entwickelt (Kombination von Saprobie- und Trophiebewertung).

#### Arbeitsblock Ökomorphologie

Im Arbeitsblock „Ökomorphologie“ wurde nach Möglichkeiten gesucht, die ökologisch relevante Struktur der Auengewässer repräsentativ zu erheben und zu kartieren.

Folgende Gutachten wurden erstellt:

WEIBEL, U., A. BAUER & J.E. WOLF (1996): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna, 1. Projektabschnitt, Arbeitsblock A: „Ökologie“, 159 S.; Kandel.

KROHMER, R. & J. SCHERLE (1996): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna, 1. Projektabschnitt, Arbeitsblock B: „Ökomorphologie“, Studie zur Sedimentationstätigkeit der Altarme, 31 S. u. Anhang; Karlsruhe.

HARMS, O. & J. SCHERLE (1996): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna, 1. Projektabschnitt, Arbeitsblock B: „Ökomorphologie“, Ökomorphologische Strukturkartierung der Rheinauengewässer, 63 S. u. Anhang; Karlsruhe.

## 2. Projektabschnitt

Im zweiten Projektabschnitt wurden schwerpunktmäßig wissenschaftliche Fragen bearbeitet, die für die Pflege- und Entwicklungsplanung von Auengewässern von zentraler Bedeutung sind, für die es jedoch in der Fachliteratur noch keine ausreichenden wissenschaftlichen Grundlagen gab.

Folgende Schwerpunkte wurden bearbeitet:

- a) **Verlandung der Altarme**
- b) **Heutiger Allgemeinzustand der Projektgewässer**
- c) **Jungfischbiotope**
- d) **Optimalzustand der Projektgewässer**
- e) **Realistische Situationsverbesserungen**

### a) Verlandung der Altarme

In diesem Schwerpunkt wurde der Frage nachgegangen, in welchem Ausmaß die Auengewässer des Rheins im Projektgebiet seit der Rheinbegradigung durch TULLA (Mitte des 19. Jh.) der Verlandung unterlagen, welche Unterschiede in der Verlandungsdynamik bestanden, und wie einer weiteren unerwünschten Verlandung der Auengewässer entgegengewirkt werden kann. Daraus wurden wichtige Erkenntnisse für die Prognose der weiteren Verlandungsentwicklung und für die Entwicklung von effizienten Gegenmaßnahmen abgeleitet.

Die Verlandung von Altarmen ist ein an sich natürlicher Entwicklungsprozeß, der insbesondere in den großen Flußauen vielfältige Lebensräume für charakteristische und heute meist hochbedrohte Tier- und Pflanzenarten schafft. Die Gewässerverlandung ist daher auch nicht grundsätzlich negativ zu bewerten. Problematisch ist jedoch, daß sie mit anthropogen erhöhter Geschwindigkeit verläuft und daß gegenwärtig am Rhein keine neuen Auengewässer als Ausgangspunkte für eine solche Entwicklung mehr entstehen können. Es muß daher versucht werden, die Verlandung zumindest an einem Teil der noch vorhandenen Altarme erfolgreich zu verhindern.

Die Untersuchungsergebnisse sind in den folgenden Gutachten niedergelegt:

KUBINIOK, J. (1997): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna, 2. Projektabschnitt, Schwerpunkt: Verlandung der Altarme - Verlandungsdynamik, 40 S.; Saarbrücken.

FRIEDRICH, H., J. VOLKMANN & H. WIESNER (1997): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna, 2. Projektabschnitt, Schwerpunkt: Verlandung der Altarme - Veränderung der Wasserspiegelflächen, 65 S. u. Anhang; Buchenbach.

WEIBEL, U. & A. BAUER (1997): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna, 2. Projektabschnitt, Schwerpunkt: Verlandung der Altarme - Repräsentative Verlandungsbilder, 33. S.; Kandel.

ENGEL, H. & P.J. GUNDERT (1998): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna, 2. Projektabschnitt, Schwerpunkt: Entwicklung der Mittelwasserstände am Oberrhein, 7 Seiten u. Anhang; Koblenz.

### b) Heutiger Allgemeinzustand der Projektgewässer

Dieser Schwerpunkt befaßte sich speziell mit der Wasserqualität der Projektgewässer und mit dem ökologischen Stellenwert der zahlreichen Baggerseen. Das im 1. Projektabschnitt entwickelte Verfahren der kombinierten Wassergütebestimmung wurde an den Projektgewässern flächendeckend angewendet. Bei den Baggerseen wurde geprüft, in welcher Weise diese für das Gewässerökosystem des Rheins und

speziell für die Fischfauna des Rheins von Bedeutung sind, und wie ihre fischökologische Funktionsfähigkeit nachhaltig verbessert werden kann.

Folgende Gutachten wurden erstellt:

WEIBEL, U. & J.E. WOLF (1997): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna, 2. Projektabschnitt, Schwerpunkt: Gewässergüte der Projektgewässer, 66 S.; Kandel.

FRANK, Ch. (1997): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna, 2. Projektabschnitt, Schwerpunkt: Baggerseen, 40 S.; Ulm.

BLANK, M. & Ch. KLEINSCHMIDT (1997): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna, 2. Projektabschnitt, Schwerpunkt: Relevante Wasserbauwerke, 20 S. u. Anlage; Koblenz.

### **c) Jungfischbiotope**

Im Schwerpunkt „Jungfischbiotope“ wurde die reproduktionsbiologische Bedeutung der Rhein-Auengewässer für die Fischfauna des Rheins untersucht. Die wichtigste fischökologische Bedeutung der Auengewässer liegt in ihrer Funktion als Kinderstube für die Rheinfischfauna. In einem Freilandgutachten wurden die reproduktionsbiologisch bedeutenden Biotope und Biotopareale erfaßt und charakterisiert.

WEIBEL, U. & A. BAUER (1997): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna, 2. Projektabschnitt, Schwerpunkt: Jungfischbiotope, 70 S.; Kandel.

### **d) Optimalzustand der Auengewässer**

In diesem Schwerpunkt wurden zwei fischökologisch optimale Funktionstypen von Auengewässern charakterisiert.

Als Lebens- und Fortpflanzungsraum für rheophile Fließgewässerfischarten sind die vom Hochwasser gut durchströmten und auch bei Mittel- und Niedrigwasser dauerhaft durchströmten Auengewässer mit sandig-kiesiger Sohle am besten geeignet.

In den stromfernen Altarmen und Altwässern, die bei Hochwasser nicht durchströmt, sondern nur überstaut werden und die bei Mittelwasser ausgedehnte wasserpflanzenbestandene Flachwasserbereiche bilden, leben und vermehren sich die spezialisierten pflanzenlaichenden Stillgewässerarten des Rheins.

In einem zweiten Beitrag wurden Maßnahmen benannt, mit denen die Verlandung von Auengewässern nachhaltig verhindert oder verzögert werden kann.

Die Untersuchungsergebnisse sind in den folgenden Gutachten niedergelegt:

WEIBEL, U. (1998): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna, 2. Projektabschnitt, Bestimmung der optimalen fischökologischen Funktionsfähigkeit der Auengewässer, 30 S.; Kandel.

GEBLER, R.-J. (1997): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna, 2. Projektabschnitt, Untersuchung 4.2: Optimaler Verlandungsschutz, 26 S. u. Anhang; Walzbachtal.



### e) Realistische Situationsverbesserungen

Im letzten Schwerpunkt des 2. Projektabschnitts wurde aus allen vorhergegangenen Untersuchungen eine praxisorientierte Synopse für den Pflege- und Entwicklungsplan erstellt. In den Mittelpunkt wurden Maßnahmen gerückt, die in den kommenden 15-20 Jahren ohne größere Schwierigkeiten und Widerstände zu realisieren sind und mit denen die ökologische Funktionsfähigkeit der Auengewässer nachhaltig verbessert werden kann und die auch für die weitere Entwicklung der Gewässer richtungsweisend sind.

Die Bearbeitung erfolgte in folgenden Beiträgen:

ZENTGRAF, P., D. BLEY, U. WEIBEL & A. BAUER (1998): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna, 2. Projektabschnitt, Schwerpunkt: Anbindung des Leimersheimer Altrheins, 75 S. u. Anhang mit Karten; Koblenz.

LUDWIG K. & Ch. ELPERS (1997): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna, 2. Projektabschnitt, Schwerpunkt: Realistische Situationsverbesserungen, 106 S.; Karlsruhe.

### 3. Projektabschnitt

Im 3. Projektabschnitt wurde für die Auengewässer des Projektgebiets ein kurz- und mittelfristiger Pflege- und Entwicklungsplan aufgestellt. Der Plan stellt solche Gewässer heraus, die in besonderem Maße entwicklungsfähig sind. Er zeigt an jedem dieser Gewässer Maßnahmen auf, mit denen die Entwicklung dieser Gewässer nachhaltig zugunsten der Fischfauna des Rheins gelenkt werden kann und die in den kommenden 15-20 Jahren realisierbar sind.

In einer öffentlichkeitswirksamen Tagung am 05.10.1998 in Wörth am Rhein wurde der Pflege- und Entwicklungsplan einer breiten Öffentlichkeit vorgestellt.

Im 3. Projektabschnitt wurden darüber hinaus Organisationskonzepte erstellt, die eine schnelle, erfolgreiche und konfliktarme Umsetzung der Entwicklungsmaßnahmen ermöglichen. Dies beinhaltet auch einen Vorschlag zweckmäßiger Organisationsformen und Finanzierungsmodelle.

### 4. Projektabschnitt

Alle wissenschaftlichen Ergebnisse des Projekts, die für die sachgerechte Umsetzung des Pflege- und Entwicklungsplans von Bedeutung sind, und die auch über das Projekt hinaus für die Fachwelt von Interesse sind, wurden in einem Grundlagenband zusammengefaßt. Der Grundlagenband wurde zusammen mit dem Pflege- und Entwicklungsplan 1999 gedruckt und veröffentlicht.

## Wichtige Erkenntnisse

---

### Gewässergüte/Trophie

Alle Auengewässer sind deutlich nährstoffbelastet. Fischkritische chemisch-physikalische Situationen werden jedoch nur selten erreicht. Kleinere lokale Fischsterben werden in der Regel durch trockenfallende Gewässer, d. h. durch unbefriedigende Struktur und Anbindung der Gewässer verursacht (Fischfalleneffekt). Auffällig ist, daß die strömungsarmen Auengewässer trotz der teilweise beschränkten Wasserqualität für die Fortpflanzung spezialisierter Stillwasserarten gut geeignet sind.

### **Gewässerstruktur**

Der maßgebende reproduktionsbiologische Limitierungsfaktor ist heute auch in den Auengewässern nicht mehr die Wasserqualität, sondern die ökomorphologische Struktur der Gewässer und ihre Anbindung an den Rhein. Alle relevanten Fischarten vermögen sich in den Auengewässern bei der derzeitigen Gewässergüte erfolgreich zu vermehren, wenn die notwendigen Habitatstrukturen in ausreichendem Umfang vorhanden sind.

Da das Hauptgerinne des Rheins primär als Schifffahrtsstraße genutzt wird, bestehen dort nur in sehr begrenztem Umfang Möglichkeiten einer fischrelevanten Gewässerstrukturgüteverbesserung. Umso wichtiger ist es, die Struktur der Auengewässer, die in der schmalen rezenten Überschwemmungsaue des Rheins noch vorhanden sind, in ihrer fischökologischen Funktionsfähigkeit zu sichern und zu optimieren.

### **Verlandung**

Die Auengewässer des Rheins verlanden aufgrund verschiedener anthropogener Ursachen viel schneller, als sie von Natur aus verlanden würden. Sie verlieren dadurch nicht nur fortlaufend relativ schnell an Größe, sondern auch an fischökologisch bedeutsamer Struktur- und Funktionsfähigkeit. Es muß daher an allen noch vorhandenen Auengewässern versucht werden, der beschleunigten Verlandung soweit wie möglich entgegenzuwirken. Dies ist an Alt- und Seitenarmen, die in geringem Abstand parallel zum Rhein liegen, am besten durch eine stärkere Durchströmung bei Hochwasser möglich (Verhinderung von Sedimentation). An denjenigen Altarmen hingegen, die weiter entfernt vom Hauptgerinne liegen, ist die Verlandung am besten dadurch zu verlangsamen, daß eine Durchströmung bei Hochwasser soweit wie möglich ausgeschaltet wird (weniger Import von Sinkstoffen).

### **Gewässererosion**

Die Neuentstehung von Auengewässern durch Erosion wie auch die natürliche Regeneration der morphologischen Gewässerstrukturen setzen eine entsprechend hohe Fließgeschwindigkeit des Hochwassers an den betreffenden Lokalitäten voraus. Das Hauptgerinne des Rheins ist so leistungsfähig ausgebaut, daß der Hochwasserabfluß auch bei großen Hochwasserereignissen weitgehend über das Hauptgerinne abläuft. Eine Verringerung der Abflußkapazität des Hauptgerinnes ist aus verschiedenen Gründen nicht möglich. Es muß daher versucht werden, die in der Aue vorhandene Hochwasserströmung so zu lenken, daß wieder erosionsfähige Fließgeschwindigkeiten entstehen können.

### **Gewässervernetzung**

Die meisten Auengewässer haben nur dann eine Bedeutung für das Rheinökosystem, wenn sie gut mit dem Hauptgerinne vernetzt sind. Auch die Still- und Fließgewässer in der ausgedehnten Altaue sind für das Rheinökosystem von Bedeutung, wenn sie durch den Deich hindurch mit dem Hauptgerinne ökologisch wirksam verbunden sind. Die Vernetzung ist jedoch in vielen Fällen durch Wasserbauwerke und Verlandungen nicht mehr vorhanden. Die bessere ökologische Erschließung der Gewässer der Altaue für das Rheinökosystem durch bessere Gewässervernetzung ist daher ebenfalls ein wichtiger Beitrag zur ökologischen Entwicklung des Rheins.

### **Anadrome Arten**

Die anadromen Fischarten Fluß- und Meerneunauge sowie Nordseeschnäpel haben den Nördlichen Oberrhein bereits wiederbesiedelt und pflanzen sich erfolgreich fort. Vermutlich liegt der Reproduktionsschwerpunkt im Rheinstrom selbst. Wasserqualität, Sauerstoffversorgung, Strömung und die morphologische Ausgestaltung, insbesondere der Buhnenfelder, ermöglichen die Reproduktion dieser Arten.

Die Reproduktion aller anderen anadromen Arten ist im Nördlichen Oberrhein gegenwärtig unwahrscheinlich. Insbesondere für die Salmoniden Meerforelle und Lachs bietet der Rhein keine geeigneten Fortpflanzungshabitate. Salmoniden sind Kieslückenlaicher, deren Eier und Larven längere Zeiträume im Kieslückensystem verbleiben. Der hohe Sand- und Schwebstofftrieb des Rheins verstopft jedoch das Kieslückensystem nach erfolgter Laichabgabe innerhalb kurzer Zeit und verhindert die Entwicklung von Laich und Larven.

Die Seitengewässer innerhalb des Projektgebiets scheiden als Fortpflanzungsareale für anadrome Arten derzeit aus unterschiedlichen Gründen aus. Da die anadromen Arten zur Fortpflanzung die sommerkalten Fließgewässerbereiche der Mittelgebirge erreichen müssen, kommen nur größere Seitengewässer für die Laichwanderung in Frage. Diese sind jedoch entweder nicht längsdurchgängig oder die Gewässergüte ist nicht ausreichend. Meist treffen beide Aussagen gleichzeitig zu.

Die reproduktionsbiologische Leistungsfähigkeit der durchströmten Alt- und Seitenarme des Rheins ist daher kurz- und langfristig von großer Bedeutung für die Fischfauna des Rheins.

### **Stillwasserarten**

Die ursprüngliche Fischfauna des Rheins war nicht nur durch strömungsliebende Arten, sondern in großem Umfang auch durch Stillwasserarten gekennzeichnet. Das komplexe natürliche Gerinnesystem des Rheins bot allen Fischarten günstige Reproduktionsmöglichkeiten. Hiervon ist nach dem Ausbau des Rheins zur Schifffahrtsstraße und der beidseitig engen Eindeichung des Rheins nur wenig übriggeblieben. Um so wichtiger ist es, die wenigen verbliebenen Reproduktionsmöglichkeiten zu erhalten, und sie für ein breites Spektrum von Fischarten so leistungsfähig wie möglich zu gestalten.

Nahezu alle anspruchsvolleren Rheinfischarten sind auf die Auengewässer als Fortpflanzungsraum angewiesen. Die Stillwasserarten, wie zum Beispiel Hecht und Schleie, sind nur in den strömungsarmen, wasserpflanzenreichen Auengewässern in der Lage, sich zu vermehren.

Die Projektziele wurden daher inhaltlich erweitert, so daß alle Fischarten als Zielorganismen aufzufassen sind. Dies hat zur Konsequenz, daß neben den durchflossenen Auengewässern auch den Stillgewässern der Auen eine hohe Bedeutung zuzumessen ist, und daß auch Konzepte zu deren Erhaltung und Entwicklung gefunden werden müssen.

## 2. Der Oberrhein früher und heute

---

### 2.1 Der Ausbau des Oberrheins und seine Auswirkungen auf das Ökosystem

---

#### 2.1.1 Historischer Abriß des Gewässerausbaus am Rhein

---

Für das Projektgebiet ist zweifellos die „Rheinkorrektion“ der badisch-pfälzischen Grenzstrecke nach Plänen von Johann Gottfried TULLA, die im Bereich von Neuenburg bis Dettenheim 1817 begann und bis Worms weitergeführt wurde, eine der wichtigsten historischen Entwicklungen (K<sub>HR</sub> 1978, KLOSE 1995). Hierbei wurden zahlreiche Rheinschlingen mittels Durchstiche verbunden, Faschinen zur Festlegung der Ufersohlen abgelassen und ein weitgehend durchgängiges Deichsystem im Uferbereich errichtet (siehe Abbildungen 2-1 und 2-2). Der letzte Durchstich der „Rheinkorrektion“, der Angelhofer Durchstich, konnte erst 1876 beendet werden. Unterhalb von Worms kam es 1828/29 nach Plänen von KROENCKE (StAWA Mainz 1995) zur Ausführung des Rheindurchstichs Kühkopf - Guntersblum einschließlich des Baus von Winterdeichen mit einheitlicher Höhe. Die Maßnahmen sollten nicht nur die Schifffahrt erleichtern, sondern vordringlich dem Schutz der in Rheinnähe gelegenen Ortschaften vor Hochwasser sowie der Gewinnung landwirtschaftlicher Nutzflächen dienen (ROTHER 1993).

Zur weiteren Verbesserung des Rheins als Wasserstraße wurden ab 1907 Maßnahmen zur Niedrigwasserregulierung nach den Plänen des Oberbaudirektors Max HONSELL durchgeführt (HONSELL 1878, 1887). Quer und längs zur Fließrichtung wurden Bühnen und Leitwerke errichtet. 1924 ordnete das Reichsverkehrsministerium eine Verbesserung des Fahrwassers zwischen Mannheim (Rheinau) und Sondernheim an, die aus einer Vervollständigung der Uferbauten beiderseits des Stroms von Sondernheim bis Speyer (ausgeführt 1924 bis 1932) und Teilregulierungen für das Niedrigwasserbett bei Germersheim, Mechttersheim und Speyer (ausgeführt etwa 1925 bis 1930) bestand. 1936 erfolgte die Rheinregulierung bei Mechttersheim und ab 1967 schließlich die Nachregulierung Neuburgweier / Lauterburg - Mannheim.

Parallel hierzu kam es ab 1928 zum Ausbau des Oberrheins zur Kraftwerkskette, beginnend mit dem Ausbau des Rheinseitenkanals (Grand Canal d'Alsace) und den Staustufen Kembs, Ottmarsheim, Fessenheim und Vogelgrün in den Jahren 1928 bis 1959. In den Jahren 1960 bis 1970 folgte der Bau der Staustufen Merckolsheim, Rheinau, Gerstheim und Strasbourg. Schließlich wurden in den Jahren 1970 bis 1977 die beiden letzten Staustufen, Gamsheim und Iffezheim, gebaut.

Zu den genannten Rheinausbauten kam eine Reihe weiterer Maßnahmen, die in ihrer Summe das Abflußregime des Rheins zusätzlich beeinflusst haben. Diese sind insbesondere

- Fluß- und Seenregulierungen in der Schweiz,
- der Bau von Talsperren in der Schweiz zwischen 1910 und 1990 (K<sub>HR</sub> 1978),
- umfangreiche Gewässerausbauten an Nebengewässern, z. B. der Ausbau des Neckars zur Schifffahrtsstraße.

Die ehemals bis zum Hochgestade reichende, durch weitläufige Mäander geprägte Auenlandschaft des Rheins zwischen Lauter und Nahe erreichte früher Breiten von bis zu mehreren Kilometern. Heute weist das rheinland-pfälzische Rheinvorland Breiten von maximal einem Kilometer auf. Über weite Strecken ist es erheblich schmaler. Lediglich in diesem schmalen Streifen finden sich die Reste der ehemaligen Auenlandschaft (insb. Auengewässer und Auwälder).

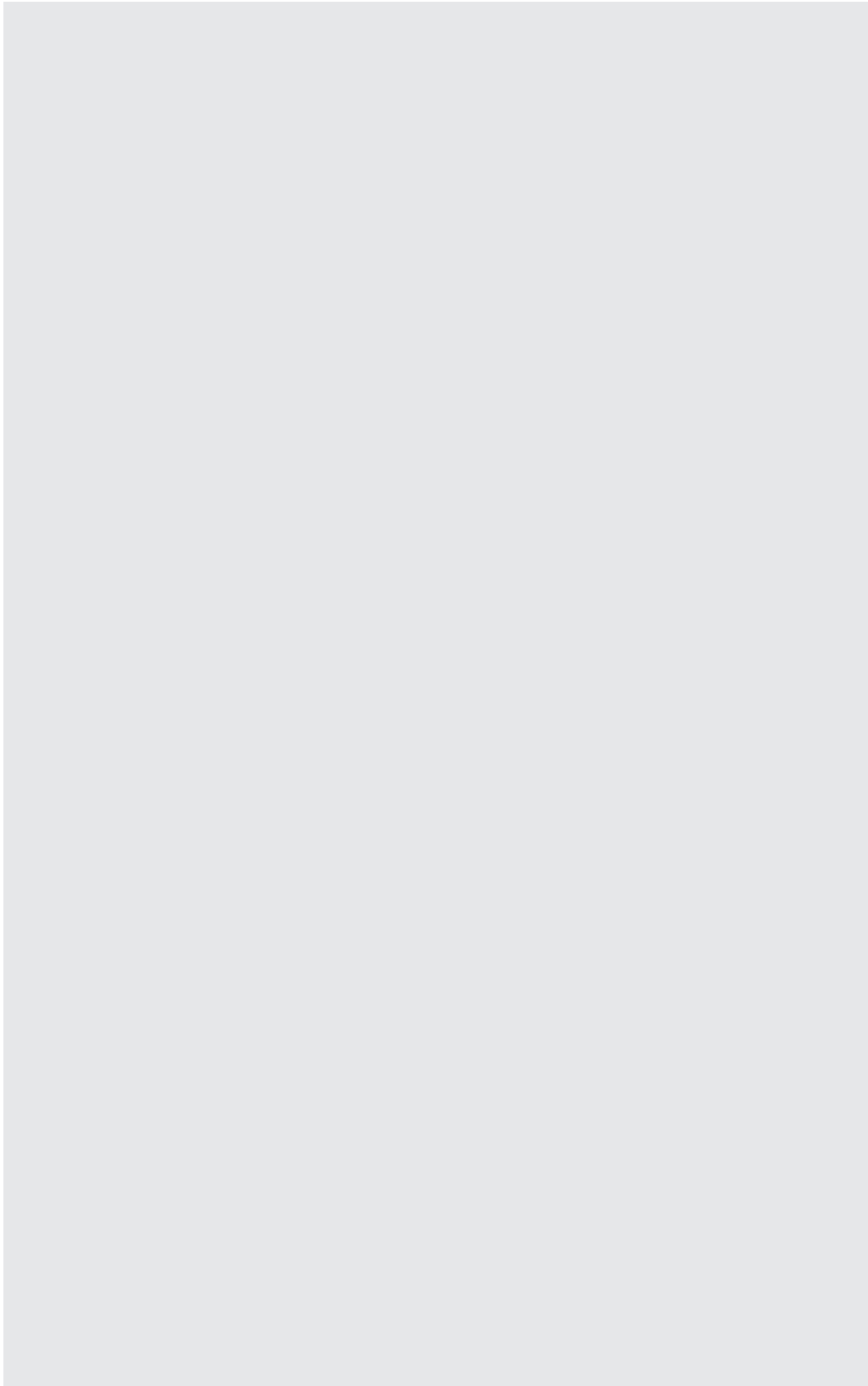


Abb. 2-1: Die Rheinniederung zwischen Karlsruhe und Ludwigshafen um 1817 und 1985/1990 (nach BEEGER 1990) – südlicher Abschnitt

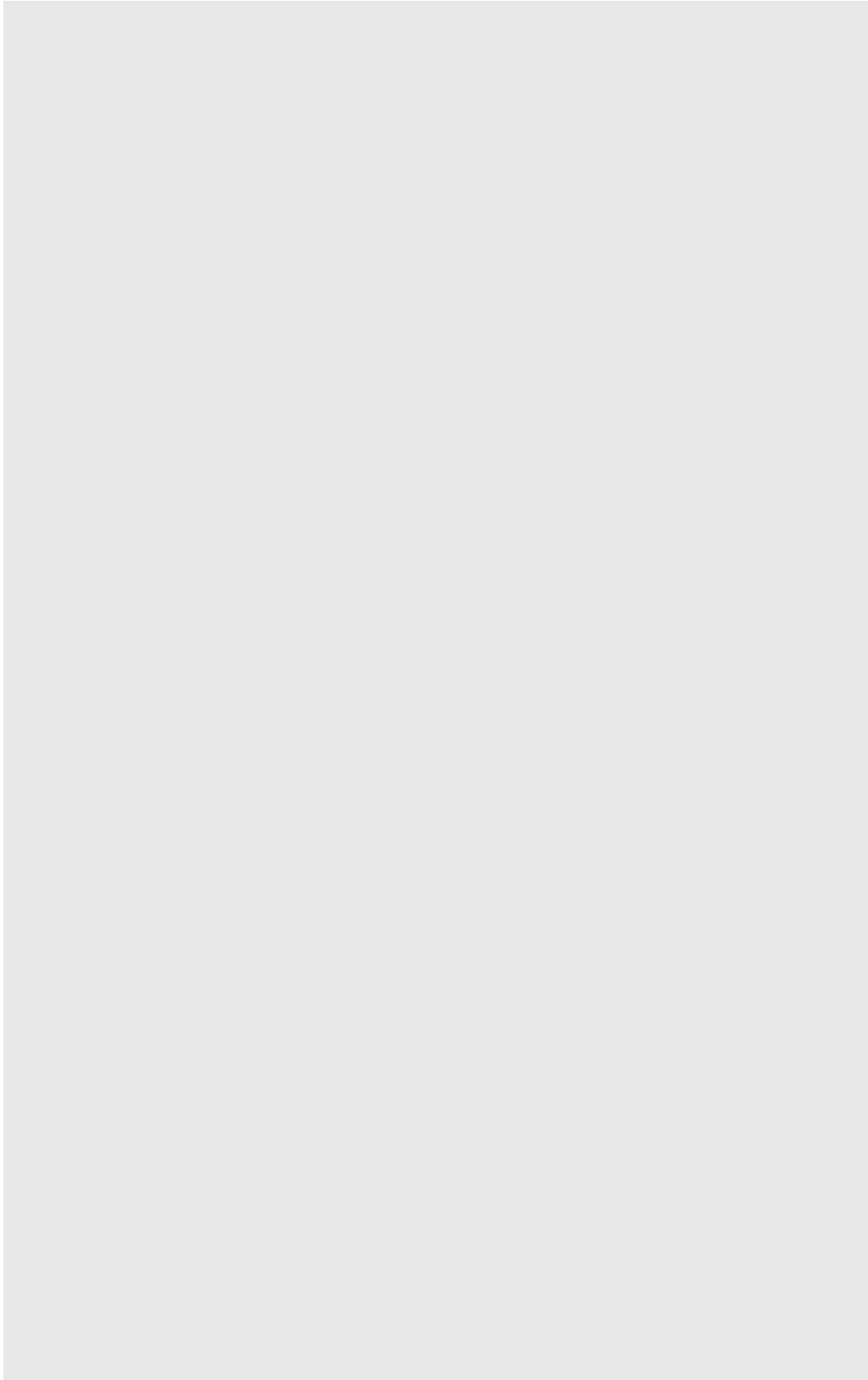


Abb. 2-1: Die Rheinniederung zwischen Karlsruhe und Ludwigshafen um 1817 und 1985/1990 (nach BEEGER 1990) – nördlicher Abschnitt

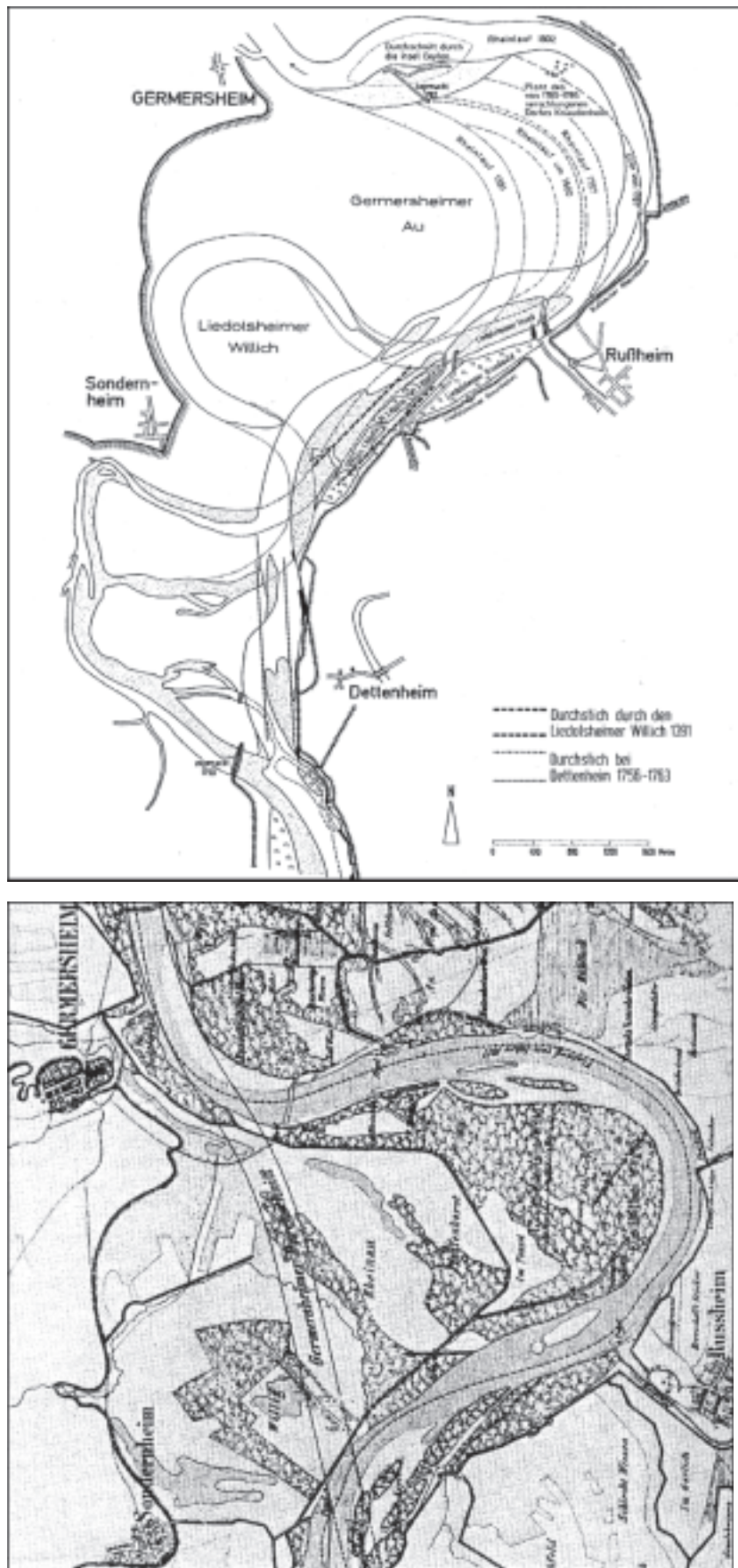


Abb. 2-2: Die Entwicklung des Rheinlaufs bei GERMERSHEIM vom 14. bis zum 19. Jahrhundert (oben) sowie Lage des 1827-1833 durchgeführten GERMERSHEIMER DURCHSTICH (unten, MUSALL 1978)



### 2.1.2 Auswirkungen des Gewässerausbaus auf das Ökosystem Rhein

---

Die Nichtbeachtung ökologischer Zusammenhänge bei einer Reihe von wasserbaulichen Maßnahmen des zurückliegenden und jetzigen Jahrhunderts lösten am Rhein tiefgreifende Folgewirkungen aus (nach LELEK & KÖHLER 1993b):

a) Veränderung des Abflußverhaltens und Sohlenerosion

Der Ausbau des Rheins zu einer der wichtigsten Wasserstraßen Europas bedingte eine Veränderung des Abflußverhaltens des Hauptstroms. Durch die wassertechnische Rektifikation wurde die Abflußgeschwindigkeit erhöht und die für Fließgewässer typische Morphodynamik eingeschränkt. Die Begradigung und die veränderte Querprofilbildung mit schmaler Sohle und größerer Wassertiefe führte zur Erhöhung der Fließgeschwindigkeit und des Transportvermögens bei gleichzeitig fehlender Strukturierung der Uferlinien. Die für ein Fließgewässer typischen dynamischen Strukturen, beispielsweise der Inselbildung und -wanderung oder der Seitenerosion von Gleit- und Prallhängen, wurden durch die Begradigung entscheidend verändert bzw. nahezu ausgeschaltet. Das normalerweise bestehende Gleichgewicht zwischen der Zuführung und den Austrag von Feststoffen in Form von Geröll, Kies und Sand in einem Fließgewässer wurde erheblich zugunsten eines übermäßigen Geschiebeaustrags verändert. Der Abtransport der Feststoffe aus der Sohle führte an verschiedenen Rheinabschnitten zur Eintiefung der Sohle, die mehrere Meter unter der normalen Sohlentiefe liegen kann (ROTHER 1993).

b) Absenkung des Grundwasserspiegels

Die abschnittsweise Eintiefung des Rheins hatte eine Absenkung des mit dem Rheinwasserstand korrespondierenden Grundwasserspiegels in den Auengebieten zur Folge (MFU Bw 1988). Die Veränderung des Grundwassersystems führte stellenweise zu einer völligen Austrocknung von Auenflächen (GALLUSSER & SCHENKER 1992). Abgetrennte Auengewässer unterliegen u. a. aufgrund der Grundwasserspiegelerniedrigung einer zunehmenden Verlandung. Die Eindeichung ehemaliger Überschwemmungsflächen ermöglichte darüber hinaus die Nutzung der Flächen für die intensive Landwirtschaft sowie für Siedlung und Verkehr. Nutzungsbedingte Grundwasserentnahmen sowie Versiegelungen (Ableitung von Oberflächenwasser und Reduzierung der Grundwasserneubildung vor Ort) tragen darüber hinaus zur weiteren Absenkung des Grundwasserspiegels bei.

c) Vergrößerte Hochwassergefahr

Der Ausbau des Rheins führte zu verkürzten Hochwasserzeiten in periodischer oder gar episodischer Folge (GERKEN 1988). Der Bau der Überflutungsbarrieren, die Begradigung des Hauptstroms und das Abtrennen von Seitenarmen bewirkte eine deutliche Verringerung des zur Verfügung stehenden Retentionsraums. Durch die Reduzierung der Überschwemmungsgebiete auf enge strombegleitende Streifen erhöhte sich die Scheitelhöhe, die Abflußmenge und die Fließgeschwindigkeit im Rhein. Die verschärfte Hochwassergefahr verdeutlicht sich in der Beschleunigung der Hochwasserwelle des Hauptstroms, welche mit der Hochwasserwelle der Seiten- und Nebengewässer zusammenfällt und so zu höheren Wasserständen führt (ROTHER 1993). Im Rahmen von Untersuchungen zu den ausbaubedingten Veränderungen des Hochwasserabflusses wurde festgestellt, daß die Abflußmengen, die vor 1955 zu einem sogenannten 200-jährlichen Hochwasser geführt hätten, heutzutage statistisch gesehen alle 50 Jahre zu erwarten seien. Darüber hinaus benötigt das Hochwasser von Basel nach Worms heute nur noch rund 65 Stunden und fällt mit den Hochwasserspitzen der Nebenflüsse Neckar und Main zusammen.

d) Auenauflandung

Insbesondere als Folge von Bodenerosion auf intensiv landwirtschaftlich genutzten Flächen im Einzugsgebiet weisen der Rhein und seine Nebengewässer eine unnatürlich hohe Sink- und Schwebstoffführung auf. Bei geringen Fließgeschwindigkeiten können sich die vom Hochwasser



mitgeführten Sink- und Schwebstoffe in der Aue absetzen. Die Sedimentation feinsten Partikel führt zu einer unmerklichen, aber stetigen, großflächigen Aufhöhung der Überschwemmungsauere. In der Folge liegen der Wasserspiegel und der Grundwasserspiegel zu tief, das Gewässer verliert den Kontakt zur Aue. Die Aue wird immer seltener überschwemmt, der Einfluß des Grundwassers auf die autotypischen Biotope und Lebensgemeinschaften nimmt ab. Darüber hinaus beschleunigt die erhöhte Sink- und Schwebstoffführung des Rheins den natürlichen Verlandungsprozeß der Auengewässer.

e) Belastung von Grund- und Oberflächenwasser

Die Nutzung großer Flächen der Auen insbesondere durch die Landwirtschaft (intensiver Acker-, Obst- und Gemüseanbau) sowie industrielle und kommunale Einleitungen von Abwässern bedingen eine zunehmende Belastung und Verschmutzung des Wassers und eine Verringerung der Wasserqualität. Die im Rhein mitgeführten Schadstoffe gelangen bei Hochwasserfluten in die Auengebiete und kontaminieren so die Böden in der rezenten Aue (MFU BW 1988, MEUSER 1992).

f) Verlust und Veränderung der Auenbiotope

Vor den großen wasserbaulichen Ausbaumaßnahmen wiesen der Hauptstrom und die Seitengewässer eine natürliche Morphodynamik auf. Aufgrund von Erosionsprozessen verlagerte sich das Strombett stetig. Die Lebensbedingungen in Haupt- und Nebengewässern erfuhren dadurch ständige Veränderungen. Hochwasserereignisse gestalteten den Hauptstrom und die Auengewässer um. Die Verlandung von stehenden Gewässern wurde durch Hochwasserereignisse verhindert, indem die Feinsedimente weggespült wurden. Sand- und Kiesbänke formierten sich neu und die Bildung von Seitengewässern wurde immer wieder neu initiiert. Der Rhein bildete mit seinen Seitengewässern einen mosaikartigen Lebensraum mit abwechslungsreicher Ufergestaltung und einem heterogenen Längs- und Querprofil. Im Projektgebiet waren charakteristische Mäander vorhanden (HONSELL 1887). Die vielfältigen gewässerstrukturellen Voraussetzungen boten einem breiten Artenspektrum von Fischen Lebensraum. Heute fehlt dem Rhein diese Eigendynamik vollständig. Durch die wasserbaulichen Maßnahmen wurden der Rhein und seine Seitengewässern morphologisch vereinheitlicht. Der Bau von Staustufen, Kraftwerken, Wehren u. ä. verhindert die ungehinderte Passierbarkeit der Fließgewässer für Wanderfische. Der Hauptstrom weist gleichförmige und meist nur für euryöke Arten geeignete Lebensbedingungen auf. Die Rheinseitengewässer sind dagegen vielgestaltiger. Jedoch unterliegen die insbesondere Altarme und Altwässer langsamen aber stetigen Verlandungsprozessen. Die Lebensbedingungen werden damit in zunehmendem Maße vereinheitlicht. Die ehemals strukturreichen Altarme verändern sich in zwei Richtungen: Zum einen verlanden sie und werden zunehmend flacher, das Substrat wird von Feinsediment und Faulschlamm dominiert. Die freie Wasserfläche und damit der Lebensraum Wasser werden ständig weiter reduziert. Zum anderen werden die Gewässer ausgekiest. Auch in diesem Falle reduziert sich die Gewässerstrukturgüte deutlich. Die Flachuferbereiche gehen verloren bzw. werden auf einen schmalen Saum begrenzt. Die Gewässersohlen der entstehenden Baggerseen sind für Fische nahezu bedeutungslos.

Alle oben genannten wasserbaulichen Maßnahmen und Nutzungseinflüsse mündeten im Verlust oder zumindest in einer strukturellen Veränderung der Auenbiotope. Aufgrund der großflächigen Vernetzung der ökologisch bedeutungsvollen Biotope fand eine Umstrukturierung des gesamten Ökosystems statt (MFU BW 1988). Dies beinhaltet die Veränderung der autotypischen Pflanzen- und Tiergemeinschaften bis hin zum teilweisen oder völligen Verschwinden bestimmter Arten. Das Verschwinden oder das regionale Aussterben von seltenen oder gefährdeten Arten ist hierfür ein deutlicher Indikator.

## 2.2 Entwicklung der Wasserqualität seit Beginn des 20. Jahrhunderts

---

Die Belastung des Rheinwassers durch industrielle und kommunale Einleitungen hatte in der Vergangenheit einen Rückgang der Artenspektren und Populationsdichten sowie nicht selten das Aussterben von Arten zur Folge (LELEK & KÖHLER 1993b).

Die Lachsfangstatistik zeigt, daß eine deutliche Verschlechterung der Gewässergüte bereits zu Beginn unseres Jahrhunderts stattgefunden hat (LAUTERBORN 1908, MARSSON 1908). Ein Hauptproblem bis in die 50er Jahre war die starke Pilzentwicklung, welche aufgrund ungeklärter Abwässer aus Zellstofffabriken initiiert wurde. Der Eintrag toxischer Substanzen mit lethalem oder sublethalem Charakter (u. a. Schwermetalle, Chlorkohlenwasserstoffe) führte darüber hinaus zum Verschwinden zahlreicher aquatischer Arten. Die extreme Belastung des Rheins äußerte sich in den 60er Jahren in einer starken Geruchsbelästigung durch Phenole sowie in der Ungenießbarkeit des Fischfleischs.

Mitte der 70er Jahre erreichte die Rheinwasserqualität ihren Tiefpunkt (WEIBEL et al. 1996). Das Hauptproblem bestand in der Belastung mit abbaubaren organischen Substanzen. Über weite Strecken wurde der rheinland-pfälzische Rheinabschnitt als übermäßig verschmutzt (Güteklasse IV) eingestuft. Seit Beginn der 80er Jahre ist ein kontinuierlicher Anstieg der Gewässergüte zu verzeichnen. Die Ursache für die Verbesserung der Wasserqualität ist in erster Linie auf den Bau kommunaler und industrieller Abwasserreinigungsanlagen zurückzuführen. In der aktuellen Gewässergütekarte wird der rheinland-pfälzische Rhein überwiegend in die Gewässergüteklasse II (mäßig belastet) eingestuft. Nur ein kurzer Abschnitt unterhalb von Ludwigshafen besitzt die Gewässergüteklasse II-III (kritisch belastet). Trotz dieses deutlichen Rückgangs der Gewässerbelastung mit biologisch abbaubaren Substanzen gelangen immer noch erhebliche Mengen an Nährstoffen (v. a. Phosphat, Nitrat, Ammonium) aus Kläranlagenabläufen und Landwirtschaftsflächen in die Gewässer. Die Gewässer der rezenten Aue sind durch diese Grundlast des Rheins daher stark nährstoffbelastet.

In den Jahren 1975 bis 1984 konnte die Belastung des Rheinwassers mit Chlorid erheblich verringert werden. Ab dem Jahre 1984 wurden ständig steigende Chloridwerte gemessen. Seit 1991 sind an den Meßstationen Biebesheim und Mainz wieder fallende Werte zu verzeichnen. In Biebesheim sank die Belastung beispielsweise von 141 mg/l Chlorid in 1991 auf 89 mg/l Chlorid in 1993. Die mittlere und die maximale Sulfatkonzentration ist in den letzten zehn Jahren im Rhein annähernd konstant geblieben. Sie liegt durchschnittlich bei 40 mg/l.

Die Belastung des Rheinwassers mit Schwermetallen erreichte in den 70er Jahren ebenfalls ihren Höhepunkt. Seit dieser Zeit ist eine Abnahme der Schwermetallkonzentrationen zu verzeichnen (MFU 1993a). Kupfer, Zink, Cadmium und Blei sind im Rheinwasser nur mehr in den Bereichen unter den Grenzwerten der Trinkwasserverordnung nachweisbar (MFU 1990). Der Vergleich der Meßergebnisse von Zink, Cadmium und Quecksilberkonzentrationen im unfiltrierten Rheinwasser an drei Meßstellen bei Basel, Koblenz und Bimmen/Lobith zeigt jedoch, daß mit wachsendem Stromeinzugsgebiet die Konzentrationen dieser Stoffe stromabwärts zunehmen.

Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Entwicklung der Schwermetallbelastung des Rheinwassers im Zeitraum von 1984 bis 1993 (IAWR 1994).

Tab. 2-1: Schwermetallkonzentrationen im Rheinwasser in den Jahren 1984-1993, Station Lobith (WEIBEL et al. 1996)

Arsen (µg/l)	3	3	2	2	2	1	3	1	1	1
Blei (µg/l)	8	7	5	4	3	5	5	5	4	5
Cadmium (µg/l)	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Quecksilber (µg/l)	0,1	0,1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Aluminium (µg/l)	-	-	-	-	192	270	230	190	240	220
Bor (µg/l)	-	-	120	120	110	160	170	170	140	130
Chrom (µg/l)	8	8	8	7	8	6	6	5	4	4
Kupfer (µg/l)	8	9	6	5	5	6	6	7	6	5
Nickel (µg/l)	6	5	5	4	4	5	4	5	4	4
Zink (µg/l)	57	55	48	34	33	31	45	30	23	22

Die Böden der rezenten Aue des rheinland-pfälzischen Rheinabschnitts zeigen im Vergleich zu nicht oder nur selten überschwemmten Flächen leicht erhöhte Schwermetallkonzentrationen. Das trifft auf alle untersuchten Böden in den Rheinüberschwemmungsgebieten von Rheinland-Pfalz zu (MFU 1993b).

Die Belastung des Rheinwassers und der Sedimente mit organischen Schadstoffen und Komplexbildnern (PAK, AOX, AOS, NTA, EDTA) trat in den vergangenen Jahren auch im Hinblick auf ihre genotoxischen Eigenschaften immer mehr in den Vordergrund. Die Zahl der organischen Spurenstoffe im Rhein wird auf 50.000 geschätzt (MFU 1990). Der Summenparameter für die gelösten organischen Wasserinhaltsstoffe ist der DOC. Analytisch sind vom DOC nur 1-2 % der Inhaltsstoffe aufzuschlüsseln. Seit Mitte der 80er Jahre haben die DOC-Werte im Rhein kaum mehr abgenommen (IAWR 1994). Im Rheinlängsprofil ist vom Bodensee bis zur holländischen Grenze (Meßstelle Lobith) ein kontinuierlicher Anstieg des DOC-Gehalts zu verzeichnen. Die meist schwer abbaubaren und persistenten Substanzen gelangen überwiegend über kommunale und industrielle Abwassereinleitungen in den Rhein.

Für die adsorbierbaren anorganischen Halogenverbindungen wird der AOX als Summenparameter verwendet. Im Oberrhein ging der AOX in den letzten Jahren aufgrund der Umstellung der Papierindustrie von Chlor- auf Sauerstoffbleiche sowie weitergehender Abwasserreinigungsmaßnahmen der chemischen Industrie bei chlororganischen Verbindungen deutlich zurück. Gegenläufig ist zur Zeit der Trend bei den adsorbierbaren organischen Schwefelverbindungen AOS. An den Meßstellen Karlsruhe und Mainz sind in den Jahren 1989-1993 deutliche Zunahmen der AOS-Frachten des Rheins festzustellen.

Die leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffe (HKW), wie z. B. Tri- und Tetrachlormethan, zeigen mit Beginn der 90er Jahre rückläufige Konzentrationen im Rheinwasser. Die gemittelten Werte für diese Stoffklasse lagen im Zeitraum 1990-1993 deutlich unter 1 µg/l (IAWR 1994). Problematisch ist die zunehmende Belastung des Grundwassers. Hier werden höhere HKW-Werte als im Rhein gemessen.

Die Sauerstoffverhältnisse im Rheinstrom sind heute als befriedigend zu bezeichnen. Im Jahresmittel werden bei Mainz ca. 9 mg/l Sauerstoff erreicht (LAWA 1993). Der Sauerstoffgehalt ist dabei starken jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Während Mitte der 70er Jahre die Sauerstoffminima im Herbst bis auf 0 mg/l sanken, fallen heute die Sauerstoffwerte im Rheinstrom bei Mainz nicht mehr unter die für die Fischfauna kritische Grenze von 4 mg/l (MFU 1990).

In den Gewässern der rheinland-pfälzischen Altaue kam es in den vergangenen Jahren mehrfach zu Fischsterben. Gewässer der rezenten Aue waren von Fischsterben nicht betroffen. In Einzelfällen kam es jedoch bei der herbstlichen Vollzirkulation zu einer für die Fischfauna kritischen Sauerstoffabnahme. Diese Situation war in der Vergangenheit z. B. für den Lingenfelder Altrhein gegeben. Aktuelle Meßergebnisse (des Landesamts für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz von 1993, 1994) zeigen jedoch, daß sowohl der Sauerstoffgehalt als auch andere fischrelevante chemisch-physikalische Belastungsparameter (Wassertemperatur, pH-Wert, Nitrit, Ammonium) keine Gefährdung der Fischfauna mehr befürchten lassen. Die Anstrengungen der vergangenen Jahre zur Verbesserung der Rheinwasserqualität machen sich hier bemerkbar.

## 2.3 Die Fischfauna des Rheins

---

### 2.3.1 Die Fischfauna im Wandel der Jahrhunderte

---

Die frühere Fischfauna der pfälzischen Rheinstrecke ist gut dokumentiert. Ältere Schriften berichten zuverlässig über das Artenvorkommen sowie über die Nutzung der Fische durch die Fischerei (SANDERS 1780, NAU 1787, 1788, 1791, SIEBOLD 1863, KIRSCHBAUM 1865, LANDAU 1865, WITTMACK 1875, LEUTHNER 1877, MELSHEIMER 1878, GEISENHEYNER 1888, SCHULZE 1890, DOSCH 1899).

Vor den großen wasserbaulichen Maßnahmen waren die fernwandernden Fischarten das prägende Element der Fischfauna des Oberrheingebiets (SPOSNY 1975). Der Nördliche Oberrhein und seine Seitengewässer wiesen vor Beginn dieser Maßnahmen im letzten Jahrhundert sowohl Merkmale von Stillgewässern als auch Merkmale der Brachsen- und der Barbenregion auf. In den Übergangsbereichen gingen die Merkmale der einzelnen Regionen fließend ineinander über. Dies spiegelt sich in der Zusammensetzung der Ichthyozönose wider.

Die Barbenregion eines Flusses ist durch ausgeprägte Mäander und stark variierende Strömungs- und Tiefenverhältnisse gekennzeichnet. Die Strömung beträgt im Mittel 0,5-1 m/s. Am Gewässerrand sedimentieren Schlammpartikel. In ruhigen Gewässerabschnitten kommen Wasserpflanzen vor. Die sommerliche Wassertemperatur kann 15-20 °C betragen. Diese Merkmale galten für den ursprünglichen Hauptstrom im Oberrheingebiet.

In der Brachsenregion ist die Fließgeschwindigkeit gegenüber der Barbenregion deutlich geringer. Dadurch kommt es zu einer verstärkten Ablagerung von Sedimenten. Der Untergrund ist überwiegend sandig-schlammig. Die Wassertemperatur in diesem Bereich kann über 20 °C steigen. Die Wasserpflanzenentwicklung ist ausgeprägt und das Nahrungsangebot für Fische ist hoch. Im Bereich der Aue sind Altwässer mit starkem Pflanzenbewuchs vorhanden. Die langsam fließenden Abschnitte des Hauptstroms, die Altarme und die Altwässer waren die Lebens- und Fortpflanzungsräume phyto- und limnophiler Arten wie Hecht (*Esox lucius*), Schleie (*Tinca tinca*), Rotfeder (*Scardinius erythrophthalmus*) und Karpfen (*Cyprinus carpio*).

In den schnellfließenden Abschnitten des Rheinhauptstroms und den einmündenden Bächen waren rheophile und anadrome Arten zu finden, die einen Großteil des Artenspektrums bildeten (Abb. 2-3). Zur Zeit der Laichwanderung waren im Hauptstrom die anadromen Arten Lachs (*Salmo salar*), Meerforelle (*Salmo trutta trutta*), Meerneunauge (*Petromyzon marinus*), Flußneunauge (*Lampetra fluviatilis*), Maifisch (*Alosa alosa*), Finte (*Alosa falax*), Nordseeschnäpel (*Coregonus oxyrhynchus*) und Atlantischer Stör (*Acipenser sturio*) anzutreffen. Diese Arten pflanzen sich im Süßwasser meist in den sommerkalten Bereichen des Übergangs vom Rhitral ins Potamal fort. Bedeutsame Laichplätze der Salmoniden lagen im südlichen Oberrhein, im Hochrhein sowie den einmündenden Zuflüssen.

Der katadrome Aal (*Anguilla anguilla*) kam im Rhein und in den Unterläufen der größeren Seitengewässer vor. Mit Erreichen der Geschlechtsreife wandern die Aale über den Hauptstrom in die Sargasso-See im West-Atlantik ab. Die strömungsindifferenten Arten besiedelten sowohl die strömungsberuhigten als auch die durchströmten Abschnitte und haben bereits damals den quantitativ größeren Anteil der Fischartengemeinschaft gebildet.

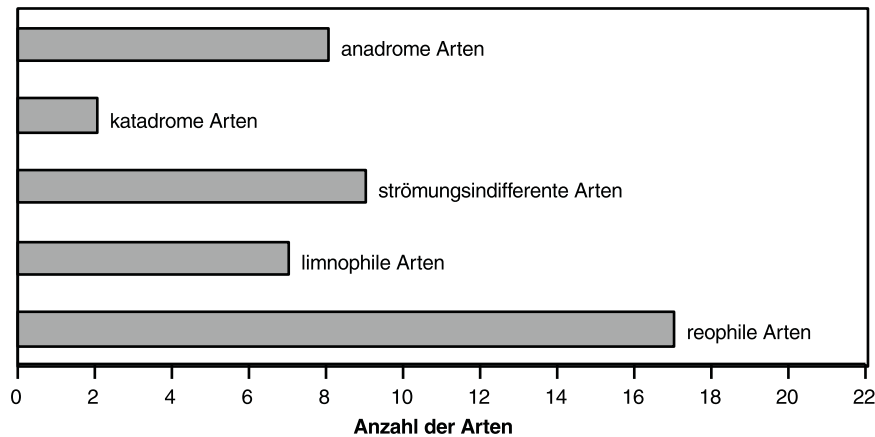


Abb. 2-3: Zusammensetzung der ursprünglichen Fischfauna des rheinland-pfälzischen Rheinabschnitts (aus WEIBEL et al. 1996, modifiziert nach Angaben aus LELEK & BUHSE 1992, WEIBEL 1990, 1994)

Insgesamt werden für den Zeitpunkt vor den großen wasserbaulichen Maßnahmen vor etwa 200 Jahren für den Nördlichen Oberrhein über 40 Arten beschrieben. LELEK & BUHSE (1992) nennen für das 19. Jahrhundert 47 autochthone Rheinfischarten, von denen 43 im Rhein und seinen Auengewässern zwischen Stromkilometer 352 (deutsch-französische Grenze) und 529 (Mündung der Nahe bei Bingen) vorkamen.

Die anthropogenen Einwirkungen der vergangenen 150 Jahre auf das Ökosystem Rhein und seine Nebengewässer führten dazu, daß noch heute in Rheinland-Pfalz vier Fischarten als ausgestorben gelten bzw. verschollen sind.

Der allgemeine Rückgang der Fischfauna in Artendiversität und relativer Abundanz beruhte zum einen auf der verminderten Wasserqualität, zum anderen auf dem Fehlen von geeigneten Laich- und Aufenthaltsstandorten für die Ichthyozönose, also der Reduzierung von verschiedenartig strukturierten Habitaten im Hauptstrom und in seinen Nebengewässern (LELEK & BUHSE 1992). So ist auch das kontinuierliche Verschwinden der Salmoniden und hier vor allem des Lachses in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts zu erklären. Die ständige Überfischung dieser hochwertigen Fischart tat ihr übriges (BRENNER 1993).

Ähnliche Rückgänge wie bei den anadromen Arten waren bei einer weiteren ökologischen Gruppe, den rheophilen Arten des Rhithrals und Epipotamals zu beobachten. Hierzu zählen unter anderem Bachforelle (*Salmo trutta f. fario*), Bachneunauge (*Lampetra planeri*), Äsche (*Thymallus thymallus*) und Groppe (*Cottus gobio*). Nach 1950 verringerten sich mit zunehmender Gewässerverschmutzung die Populationen der rheophilen Cypriniden wie Barbe (*Barbus barbus*), Nase (*Chondrostoma nasus*), Rapfen (*Aspius aspius*), Hasel (*Leuciscus leuciscus*) und Döbel (*Leuciscus cephalus*). Dies führte in den 70er Jahren, in der Zeit der größten Gewässerverschmutzung, zu einem Minimum an Fischarten. Im Bereich des Hoch-, Ober- und Mittelrheins wurden damals nur noch 23 der ursprünglich etwa 47 autochthonen Rheinfischarten nachgewiesen (nach LELEK & KÖHLER 1989b, LELEK & BUHSE 1992).

### 2.3.2 Heutiger Zustand der Fischfauna

---

Die Daten zum heutigen Zustand der Artengemeinschaft des Rheins stammen aus Elektrobefischungen (LELEK 1978a/b, ROTH 1988, LELEK & KÖHLER 1989a/b/c, 1990, GEBHARDT 1990b, KÖHLER 1991, 1992, KÖHLER & LELEK 1992, LELEK & BUHSE 1992), Reusenfängen (KÖHLER et al. 1991), Aalschockerfängen und Fischesammlungen in Kühlwassereinläufen von Kraftwerken (WEIBEL 1990, 1991). Die Ergebnisse dokumentieren eine Wende des kritischen Fluß- und Artenzustands der 70er Jahre und eine allgemeine, wenn auch nur leichte Besserung der Artengemeinschaft des Rheins und seiner Nebengewässer. Diese Verbesserung des Fischartenbestands läßt sich mit dem Beginn der 80er Jahre datieren (LELEK 1978a/b, BÖVING 1981, LELEK 1983, ROTH 1986, BERG 1987, LELEK 1989b, LELEK & KÖHLER 1989a/b/c, 1990, GEBHARDT 1990b, MÜLLER & MENG 1990, IUS 1991, LELEK & KÖHLER 1993a, WEIBEL 1991, JATZEK 1992, KÖHLER 1992, KÖHLER & LELEK 1992). Detaillierte Angaben zur Diversität der heute vorhandenen Fischfauna liefern eine Reihe von Publikationen, und hier im besonderen Maße die Roten Listen der bedrohten Tierarten der Länder Rheinland-Pfalz, Hessen und Baden-Württemberg (LELEK 1978a/b, JENS & PREUSS 1987, MEINEL et al. 1987, MICHLING 1988, BERG et al. 1989, LELEK 1989b, LELEK & KÖHLER 1989a/b/c, 1990, SCHMIDT 1991, STEINBERG & LUBIENIECKI 1991, VOLZ & CAZEMIER 1991, WEIBEL 1991, KINZELBACH 1992, KÖHLER & LELEK 1992, VOLZ & DE GROOT 1992).

Zum jetzigen Zeitpunkt sind mit Ausnahme von Stör, Finte und Strömer alle ursprünglich im Nördlichen Oberrheingebiet vorhandenen Fische zumindest auf Artniveau belegbar (LIMNOFISCH 1995, LELEK & BUHSE 1992, IUS 1990, 1994, 1999).

Die letzten Nachweise des Störs im Oberrhein sind auf Beginn dieses Jahrhunderts datiert (FLUCK 1970, KINZELBACH 1987a). FLUCK (1970) berichtet über den letzten Fang eines 2,55 m langen Störs im Jahre 1916. Der Stör muß für den ganzen Rhein als ausgestorben betrachtet werden. In jüngster Zeit werden vereinzelt juvenile Störe aus der Rheinmündung gemeldet (VOLZ & DE GROOT 1992). Die Finte ist u. a. nach Einschätzungen von ZSCHOKKE (1919) und BÜRGER (1926) im südlichen Rheinabschnitt ausgestorben. In jüngster Vergangenheit durchgeführte Untersuchungen ergaben keine Hinweise auf ein erneutes Auftreten der Finte (LIMNOFISCH 1995). Die Entwicklung in den Niederlanden belegen das Aussterben dieser Arten auch im Unterrhein (DE GROOT 1989). Der Strömer kam historisch im unteren Neckar und damit auch im pfälzischen Oberrhein vor. Aktuelle Nachweise der Art gibt es nicht.

Einen Überblick über die derzeit im rheinland-pfälzischen Rhein vorkommenden Fischarten sowie deren Gefährdungstatus gibt Tabelle 2-2.



Tab. 2-2: Überblick über die aktuell im rheinland-pfälzischen Rheinabschnitt vorkommenden Fischarten sowie deren Gefährdungsstatus (Gefährdungsgrade bundesweit nach BLESS et al.1994, landesweit nach JENS & PREUß 1987)

<b>Neunaugen - Petromyzontidae</b>					
<i>Lampetra fluviatilis</i> (L.)	Flußneunauge	lithophil	rheophil A	2	1
<i>Lampetra planeri</i> (BLOCH)	Bachneunauge	lithophil	rheophil A	2	2
<i>Petromyzon marinus</i> (L.)	Meerneunauge	lithophil	rheophil A	2	1
<b>Aale - Anguillidae</b>					
<i>Anguilla anguilla</i> (L.)	Aal	pelagophil	eurytop	3	4
<b>Heringe - Clupeidae</b>					
<i>Alosa alosa</i> (L.)	Maifisch	lithophil	eurytop	1	0
<b>Karpfenfische - Cyprinidae</b>					
<i>Abramis bjoerkna</i> (L.)	Güster	phytophil	eurytop	-	-
<i>Abramis brama</i> (L.)	Brachsen	phyto-lithophil	eurytop	-	-
<i>Abramis sapa</i> (PALLAS)	Zobel	phyto-lithophil	rheophil B	3	-
<i>Alburnoides bipunctatus</i> (BLOCH)	Schneider	lithophil	rheophil A	2	2
<i>Alburnus alburnus</i> (L.)	Ukelei	phyto-lithophil	eurytop	-	-
<i>Aspius aspius</i> (L.)	Rapfen	lithophil	rheophil B	3	-
<i>Barbus barbus</i> (L.)	Barbe	lithophil	rheophil A	2	2
<i>Carassius gibelio</i> (BLOCH)	Giebel	phytophil	eurytop	-	-
<i>Carassius carassius</i> (L.)	Karausche	phytophil	limnophil	3	-
<i>Chondrostoma nasus</i> (L.)	Nase	lithophil	rheophil A	2	2
<i>Ctenopharyngodon idella</i> (VAL.)	Graskarpfen	phytophil	limnophil	-	-
<i>Cyprinus carpio</i> L.	Karpfen (Wildform)	phytophil	eurytop	-	-
<i>Gobio albipinnatus</i> (LUKATSCH.)	Weißflossengründling	psammophil	rheophil B	2	-
<i>Gobio gobio</i> (L.)	Gründling	psammophil	rheophil B	-	3
<i>Leucaspis delineatus</i> (HECKEL)	Moderlieschen	phytophil	limnophil	3	4
<i>Leuciscus cephalus</i> (L.)	Döbel	lithophil	rheophil A	-	-
<i>Leuciscus idus</i> (L.)	Aland	phyto-lithophil	rheophil A	3	3
<i>Leuciscus leuciscus</i> (L.)	Hasel	phyto-lithophil	rheophil A	3	-
<i>Phoxinus phoxinus</i> (L.)	Elritze	psammophil	rheophil B	3	3
<i>Pseudorasbora parva</i> (SCHLEGEL)	Blaubandbärbling	phyto-lithophil	eurytop	-	-
<i>Rhodeus sericeus</i> (PALLAS)	Bitterling	speläophil	eurytop	2	1
<i>Rutilus rutilus</i> (L.)	Rotauge	phyto-lithophil	eurytop	-	-
<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (L.)	Rotfeder	phytophil	limnophil	-	4
<i>Tinca tinca</i> (L.)	Schleie	phytophil	limnophil	-	-
<b>Schmerlen - Balitoridae</b>					
<i>Barbatula barbatula</i> (L.)	Bachschmerle	psammophil	rheophil A	3	3
<b>Dornscherlen - Cobitidae</b>					
<i>Cobitis taenia</i> L.	Steinbeißer	phytophil	rheophil B	2	2
<i>Misgurnus fossilis</i> (L.)	Schlammpeitzger	phytophil	limnophil	2	2
<b>Welse - Siluridae</b>					
<i>Silurus glanis</i> L.	Wels	phytophil	eurytop	2	-
<b>Lachsfische - Salmonidae</b>					
<i>Salmo trutta fario</i> L.	Bachforelle	lithophil*	rheophil A	3	2
<i>Salmo trutta trutta</i> L.	Meerforelle	lithophil*	rheophil A	2	1
<i>Salmo salar</i> L.	Lachs	lithophil*	rheophil A	1	1
<i>Salvelinus fontinalis</i> (MITCHELL)	Bachsaibling	lithophil*	rheophil A	-	-
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (WALBAUM)	Regenbogenforelle	lithophil*	rheophil A	-	-
<b>Äschen - Thymallidae</b>					
<i>Thymallus thymallus</i> (L.)	Äsche	lithophil*	rheophil A	3	1
<b>Felchen - Coregonidae</b>					
<i>Coregonus lavaretus oxyrinchus</i> (L.)	Schnäpel	lithophil	rheophil A	0	0
<b>Hechte - Esocidae</b>					
<i>Esox lucius</i> L.	Hecht	phytophil	eurytop	3	2
<b>Dorschfische - Gadiade</b>					
<i>Lota lota</i> (L.)	Quappe	litho-pelagophil	rheophil B	2	2
<b>Stichlinge - Gasterosteidae</b>					
<i>Gasterosteus aculeatus</i> L.	Dreistachl. Stichling	ariadnophil	limnophil	-	3
<b>Groppen - Cottidae</b>					
<i>Cottus gobio</i> L.	Groppe	speläophil	rheophil A	2	2
<b>Barsche - Percidae</b>					
<i>Gymnocephalus cernuus</i> (L.)	Kaulbarsch	phyto-lithophil	eurytop	-	-
<i>Perca fluviatilis</i> L.	Flußbarsch	phyto-lithophil	eurytop	-	-
<i>Sander lucioperca</i> (L.)	Zander	phytophil	eurytop	-	-



Fortsetzung Tab. 2-2:

Art		Laichsubstrat	Strömung	RL Deutsch-land	RL Rh.-Pf.
<b>Sonnenbarsche - Centropomidae</b> <i>Lepomis gibbosus</i> (L.)	Sonnenbarsch	phyto-lithophil	eurytop	-	-
<b>Schollen - Pleuronectidae</b> <i>Pleuronectes flesus</i> L.	Flunder	lithophil	eurytop	-	-

Phytophil:	obligatorische Pflanzenlaicher	psammophil:	Sandlaicher
phyto-lithophil:	nicht obligatorische Pflanzenlaicher	ariadnophil:	Nestbauer, betreibt Brutpflege
lithophil:	Geröll- und Kieslaicher mit benthischen Larven	pelagophil:	pelagischer Laicher
lithophil*:	Kieslückenlaicher, benötigen freies Interstitial	speläophil:	Höhlenlaicher
litho-pelagophil:	Geröll- und Kieslaicher mit pelagischen Larven		
eurytop:	keine Präferenz im Hinblick auf die Strömung	0 =	ausgestorben oder verschollen
rheophil A:	alle Lebensstadien bevorzugen strömendes Wasser	1 =	vom Aussterben bedroht
rheophil B:	nicht alle Lebensstadien an strömendes Wasser gebunden	2 =	stark gefährdet
limnophil:	Stillwasser bevorzugend	3 =	gefährdet
		4 =	potenziell gefährdet

Zusätzlich zur einheimischen Rheinfischfauna wurden aus unterschiedlichen Gründen gebietsfremde Fischarten eingeführt. Für den gesamten Rhein gibt LELEK (1989a) 16 solcher Arten an, rechnet man Einzelfunde exotischer Arten hinzu, erhöht sich die Zahl auf 21 (KINZELBACH 1990). Auf Populationsebene etabliert haben sich im rheinland-pfälzischen Oberrhein: Zander (*Stizostedion lucioperca*), Sonnenbarsch (*Lepomis gibbosus*) und Giebel (*Carassius auratus gibelio*). Weitere Fremdarten sind bisher noch nicht oder höchstens lokal auf Populationsebene belegbar, dies gilt beispielsweise für den Blaubandbärbling (*Pseudorasbora parva*) und den Zwergwels (*Ictalurus nebulosus*).

Während die aktuelle Fischfauna des Rheins auf Artniveau fast der ursprünglichen Artengemeinschaft entspricht (LELEK & BUHSE 1992, GRIMM 1992), dominieren auf Populationsebene wenige Arten (insb. Rotaugen, Brachsen, Ukelei, Flußbarsch und Aal). Nach Auswertung von 17 aktuellen (nicht älter als zehn Jahre alten) Untersuchungsergebnissen aus Publikationen von GEBHARDT (1990a), LELEK & KÖHLER (1989b), LELEK & BUHSE (1992) und IUS (1990, 1994) lassen sich für den Rheinhauptstrom und seine Seitengewässer nur wenige in den Fängen immer oder fast immer mit hoher Individuendichte vertretene Arten nennen. Die häufigsten Fischarten des Rheins und seiner Seitengewässer sind Generalisten mit geringen Ansprüchen an ihren Lebensraum (LELEK & KÖHLER 1989b/c).

Die **Fischfauna des Hauptstroms** ist über die gesamte Fließstrecke entsprechend der gewässer-morphologischen Einförmigkeit gleichartig zusammengesetzt. Die dominierenden Arten im Projektgebiet sind Rotaugen, Brachsen, Ukelei, Flußbarsch und Aal (Abb. 2-4). Rotaugen und Flußbarsch wurden bei allen Untersuchungen nachgewiesen. Ukelei, Aal, Brachsen und Hasel wurden in 90 % der Untersuchungen festgestellt. Die Hasel ist zwar oft in den Fängen vertreten, jedoch meist in einer geringeren Individuenstärke und kommt nach Einschätzung von KÖHLER & LELEK (1992) überwiegend in den fließenden Abschnitten vor. LELEK & KÖHLER (1989b) geben für die dominierenden Fischarten im Bereich des Nördlichen Oberrheins die Individuenanteile an. Es dominiert das Rotaugen mit ca. 48 %, gefolgt von Ukelei (ca. 15 %), Brachsen (ca. 15 %), Aal (ca. 8 %) und Flußbarsch (ca. 5 %). Seltener sind Güster, Döbel, Zander, Kaulbarsch, Sonnenbarsch, Hecht, Gründling, Barbe, Schleie und Rotfeder.

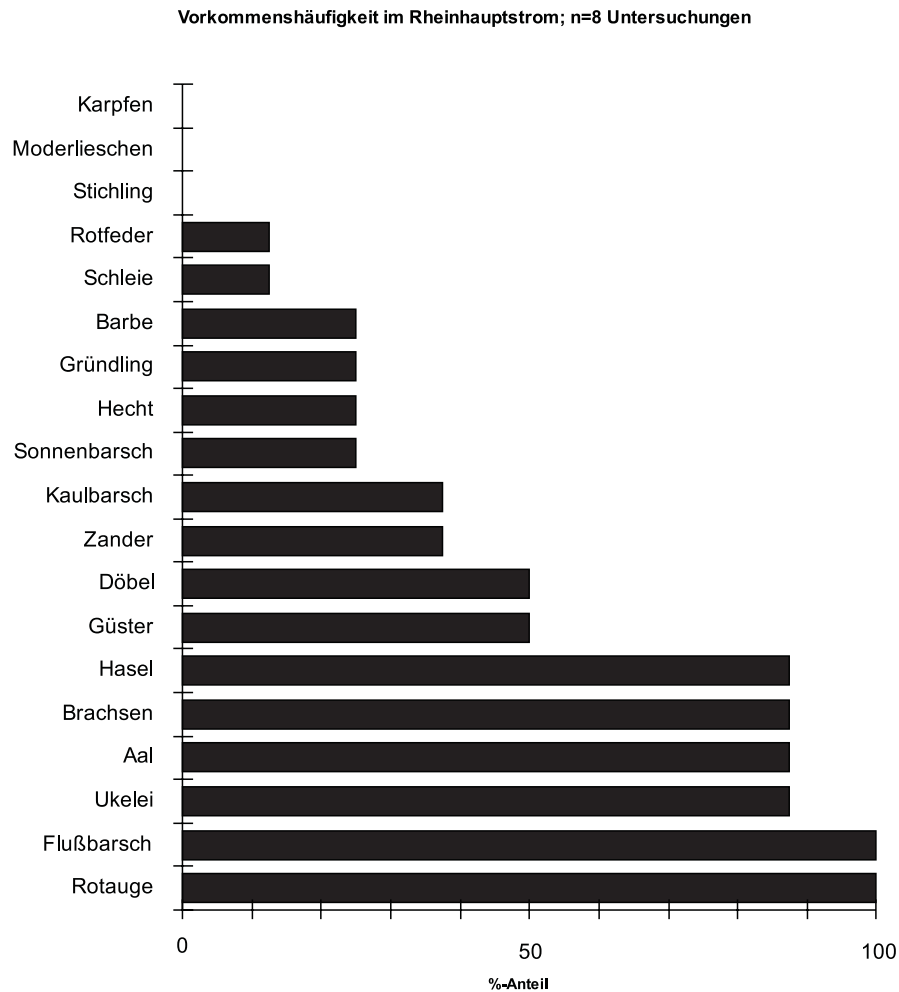


Abb. 2-4: Häufigkeit einzelner Fischarten im Rheinhauptstrom  
(nach LELEK & KÖHLER 1989b, KÖHLER & LELEK 1992, LELEK & BUHSE 1992, WEIBEL 1990, 1994)

In den strukturarmen Seitengewässern der rezenten Aue dominieren ebenfalls die euryöken Arten, wobei je nach Gewässertyp die Zusammensetzung der Fischfauna unterschiedlich sein kann. In den strukturreicheren Gewässern ist die Artenvielfalt höher und die Individuenanteile sind ausgeglichener. Meist dominieren jedoch anspruchslose Arten wie Rotauge, Brachsen, Güster und Ukelei, die in allen Untersuchungen gefangen wurden. Auffallend ist neben dem im Vergleich zum Hauptstrom ausgewogeneren Artengefüge auch das Auftreten von limnophilen Arten, die in den stehenden oder fast stehenden Seitengewässern ihren Lebensraum haben.

In den **Mündungsbereichen** der größeren Zuflüsse überwiegen strömungsindifferente Arten (IUS 1994). Von den Individuenzahlen dominiert das Rotauge mit über 40 % deutlich, gefolgt vom Ukelei (30 %). Alle anderen Arten kommen in deutlich geringeren Individuenanteilen vor. Ähnliche Ergebnisse finden sich bei LELEK & BUHSE (1992): Es dominieren Ukelei (ca. 37 %) und Rotauge (ca. 26 %). Weitere Arten sind Brachsen (ca. 11 %), Aal (ca. 10 %), Flußbarsch (ca. 5 %), Hasel (ca. 4 %), Döbel (2 %), Gründling (ca. 2 %) und Blicke (ca. 1 %). Im Verhältnis zu den meisten anderen Seitengewässern weisen die Mündungsbereiche ein ausgewogeneres Artenspektrum auf.

Die Fischfauna der natürlichen **Seitenarme** entspricht weitgehend der des Rheins. Das Artenspektrum ist klein. So ist beispielsweise die eudominante Art im Heidenfahrter Stillwasser das Rotauge mit über 75 %, gefolgt von Flußbarsch, Ukelei (beide etwa 10 %) und Brachsen. Aal, Gründling, Hecht, Zander

und Kaulbarsch kommen in geringeren Individuenanteilen vor. Nach Untersuchungen von LELEK & BUHSE (1992) kommen in anthropogenen Seitenarmen überwiegend strömungsindifferente bis rheophile Arten vor. Der Individuenanteil des Rotauges liegt bei knapp 38 %, gefolgt vom Ukelei mit etwa 23 %.

Die in den letzten Jahren durchgeführten Fischbestandsuntersuchungen in den **Altarmen** zeigen, daß dort wie im Hauptstrom und den Mündungen euryöke und strömungsindifferente Arten dominieren (LELEK & BUHSE 1992 und IUS 1991, 1994). Hinzu kommen, in Abhängigkeit von den im jeweiligen Gewässer vorherrschenden Lebensbedingungen, limnophile Arten wie Rotfeder, Schleie, Karpfen und Hecht oder auch strömungsliebende Arten wie die Barbe. Auch seltene Kleinfischarten lassen sich in den Altarmen nachweisen (LELEK 1978a, WEIBEL & BAUER 1997a). Insgesamt bieten die Altarme aufgrund ihrer unterschiedlichen Lebensraumbedingungen einer Vielzahl von Arten mit unterschiedlichen Habitatansprüchen Lebensraum.

Die **Stillgewässer** weisen eine artenreichere Fischfauna auf. In den permanenten Auengewässern (GEBHARDT 1990a) dominieren die euryöken Arten, zugleich finden sich aber mit Arten wie Karpfen, Moderlieschen, Schleie und Hecht typische limnophile Vertreter. Das Rotauge dominiert deutlich mit einem Individuenanteil von annähernd 40 %, gefolgt vom Brachsen mit etwa 17 %.

Der Fischbestand von **ausgekiesten Gewässern** wird von zwei unterschiedlichen Faktoren beeinflusst: Zum einen wird bei Anbindung an den Hauptstrom das Einwandern von Rheinfischen ermöglicht; zum anderen wird die Fischfauna nicht angebundener Baggerseen oft durch fischereiliche Besatzmaßnahmen geprägt. Die ausgekiesten Gewässer weisen eine monotone Zusammensetzung der Fischfauna mit einer deutlichen Dominanz von Rotauge und Flußbarsch auf (IUS 1994). Die festgestellte Artenzahl ist gering. Mit Ausnahme des limnophilen Moderlieschens waren nur strömungsindifferente Arten vorhanden. Ukelei, Aal und Flußbarsch kamen mit jeweils etwa 10 % Individuenanteil vor. In geringen Individuenanteilen wurden Brachsen, Kaulbarsch und Moderlieschen nachgewiesen. In den ausgekiesten Gewässern mit Rheinanbindung besitzt der Zander eine hohe Reproduktionskraft.

Rheinangebundene Baggerseen sind bedeutende Aufwuchsgebiete für die Larven von Rotauge, Hasel und Flußbarsch (STAAS 1995). Nach den im Mittelrheingebiet durchgeführten Untersuchungen dominieren die Larven von Rotaugen mit über 70 % Individuenanteil deutlich. Der Anteil der Hasel liegt bei unter 20 %. Die Untersuchung deutet auf die breite ökologische Valenz der Larven einiger weniger Fischarten und die geringen Anforderungen dieser Arten an ihre Laichhabitate hin. Anspruchsvollere Arten, zum Beispiel ausgesprochen limnophile Arten, fehlen.

### 2.3.3 Bedeutende Fischarten des Rheins

---

- **Lachs (*Salmo salar*)**

Zweifelsohne bestimmten die Lachsartigen (Salmoniden) als dominierende Charakterarten des 18. und 19. Jahrhunderts das Arteninventar des Rheins. In älterer Literatur wurde selten zwischen dem Lachs (*Salmo salar*) und der Meerforelle (*Salmo trutta*) unterschieden. Nur in Ausnahmefällen werden beide Arten gesondert aufgeführt (vgl. LELEK & BUHSE 1992). Durch den massenhaften Fang von Salmoniden ist es zu verstehen, daß der Rhein als „Lachsstrom“ bezeichnet wurde, und der Lachs oder der Salm das fischereiliche Leitbild des Flusses über Jahrhunderte bis in die heutige Zeit prägten. Seit Ende des vergangenen Jahrhunderts vollzog sich ein stetiger Rückgang der Lachsbestände im Rhein. Gründe für den Rückgang bzw. das Erlöschen des Lachses liegen in erster Linie in der Gewässerverschmutzung, der Reduzierung von geeigneten Habitaten durch die Flußverbauung

und in der Überfischung (BRENNER 1993). Der Lachs gilt heute im Rhein als verschollen. Die wenigen, bekanntgewordenen Belege jüngsten Datums (WEIBEL 1991) lassen sich, mit Ausnahme eines Nachweises aus dem Einzugsgebiet des Niederrheins (STEINBERG et al. 1991), nicht zweifelsfrei auf die natürliche Rückkehr der Tiere zu ihren Laichplätzen zurückführen. Es wird heute mehrfach versucht, durch den gezielten künstlichen Besatz die Wiedereinbürgerung des Lachses in verschiedene Gewässer voranzutreiben. Mit einer solchen Wiedereinbürgerung sind allerdings eine Reihe von ökologischen Problemen verbunden. Der Aufbau einer neuen, sich selbst reproduzierenden Lachspopulation bedingt die Bindung der eingesetzten Exemplare an das typische Rheinwasser. Die Schaffung geeigneter Laichplätze und deren ungehinderte Erreichbarkeit, d. h. eine durchgängige Passierbarkeit des Flusses und seiner Nebenflüsse, sind notwendige Voraussetzungen für die Rückkehr der eingesetzten Tiere (siehe hierzu HUMBORG 1990, GEBLER 1992a, b). Eine erfolgreiche Wiederbesiedlung des Lachses kann sich nur auf den ganzen Rheinstrom beziehen und darf keinesfalls auf die rheinland-pfälzische Rheinstrecke begrenzt werden. Dennoch muß gerade auf diesen Abschnitt besonders hingewiesen werden, da er aufgrund seiner Lage unterhalb der ersten Staustufe am Oberrhein im besonderen Maße für die Reproduktion der Wanderfische eine große Rolle spielen wird.

- **Meerforelle (*Salmo trutta*)**

Die Meerforelle (*Salmo trutta*) zählt zu den in der Vergangenheit wichtigsten Fischarten des Rheins. Ähnlich wie beim Lachs verringerten sich die Bestände der Meerforelle seit dem Beginn des Jahrhunderts drastisch (DE GROOT 1989). Ihr mehrfaches Auftreten in jüngster Zeit weckt die Hoffnung, daß diese Art wieder eine wirtschaftlich bedeutungsvolle Rolle spielen kann. Durch die sich seit den 80er Jahren verbessernde Wasserqualität des Rheins fand die Meerforelle erste Voraussetzungen für geeignete Lebensbedingungen vor. Meldungen von Fang und Migration der Meerforellen im Rhein und vor allem in seinen größeren Zuflüssen wie Sieg, Mosel und Lahn sind heute keine Seltenheit mehr (VOLZ & CAZEMIER 1991, STEINBERG & LUBIENIECKI 1991, WEIBEL 1991). Aufwendige Wiederbesiedlungsmaßnahmen unterstützen den Aufbau von reproduktionsfähigen Populationen. Trotzdem ist die Schaffung von ausreichenden und geeigneten Laichhabitaten dringend erforderlich. Es ist abzusehen, daß sich der südliche Teil des Nördlichen Oberrheins und die Nahe-Mündung besonders als Laichgründe für die Meerforelle eignen könnten. Ökotechnische Maßnahmen sollen dazu dienen, die Durchgängigkeit des Stroms für Wanderfische wiederherzustellen, um auch den Südlichen Oberrhein erreichbar zu machen. Besondere Beachtung verdient die Existenz bzw. die Schaffung einer Interstitialströmung im Substrat, die für eine erfolgreiche Reproduktion unabdingbar ist. Ein Erfolg bei der Wiedereinbürgerung der Meerforelle erscheint aufgrund der bereits vorhandenen Daten und der laufenden Anstrengungen früher möglich als beim Lachs.

- **Maifisch (*Alosa alosa*) und Finte (*Alosa fallax*)**

Der Maifisch (*Alosa alosa*) und die Finte (*Alosa fallax*) sind seit den 20er Jahren dieses Jahrhunderts im Rhein sehr selten geworden. Auch im Niederrhein, wo sie große Bestandszahlen erreichten, werden sie heute selten in den Fängen registriert. Vereinzelt Fänge lassen darauf schließen, daß im Küstenbereich reproduktionsfähige Populationen existieren (DE GROOT 1989). Kenntnisse über die Autökologie beider Arten sind sehr fragmentarisch. Als Hauptursachen für den Rückgang der Bestände werden die verminderte Wasserqualität und eine ständige Überfischung verantwortlich gemacht. Die ökotechnischen Veränderungen der letzten Jahrzehnte im Mündungsbereich des Rheins, dem Lebensraum von Finte und Maifisch, könnten limitierender Faktor für das Ausbleiben einer Rekrutierung sein. Ähnlich der Meerforelle müßten durch die Verbesserung der Wasserqualität längst Bestandserhöhungen registrierbar sein. Nachweise vereinzelter migrierender Clupeiden sind nach wie vor sehr selten.

- **Flunder (*Platyichthys flesus*)**

Die Flunder (*Platyichthys flesus*), eigentlich eine marine Art, konnte in der Vergangenheit regelmäßig im Rhein gefangen werden (LEUTHNER 1877). Die Migration dieser Art erreichte nicht selten den Oberrhein. Zur Fortpflanzung wanderten die adulten Flundern zurück ins Meer, wo sie im Küstenbereich ablaichten. In den letzten Jahren konnte diese Art einhergehend mit der Verbesserung der Wasserqualität regelmäßiger nachgewiesen werden. Belege der Flunder vom Juni 1987 oberhalb der Mainmündung signalisierten bereits eine Wiederbesiedlung der als verschollen angesehenen Art (LELEK & BUHSE 1992). Heute wird die Flunder am Niederrhein regelmäßig in Fängen registriert (KÖHLER & LELEK 1992). Es ist anzunehmen, daß die Ausbreitung und die Erholung der Bestände mit der Verbesserung der Wasserqualität weiter fortschreiten wird. Künstliche Maßnahmen, die zur Erhöhung des Vorkommens dieser Art führen könnten, sind nicht vorgesehen.

- **Meerneunauge (*Petromyzon marinus*) und Flußneunauge (*Lampetra fluviatilis*)**

Auch das Wiederauftreten von Meerneunauge (*Petromyzon marinus*) und Flußneunauge (*Lampetra fluviatilis*) signalisiert die positive Veränderung der Wasserqualität der letzten Jahre. Über die tatsächlichen derzeitigen Bestände kann lediglich spekuliert werden, jedoch zeigen regelmäßige Beprobungen der Rechenanlagen in Kühlwassereinläufen von Kraftwerken ein kontinuierliches Vorkommen beider Arten im Rhein (WEIBEL 1991). Angaben zu Laicharealen im Mittelrhein sind ebenso vorhanden, wie Berichte über Nachweise in Nebenflüssen (MICHLING 1988, WEIBEL 1990). Eine Stützung und Verbesserung des Vorkommens ist entscheidend von der durchgängigen Passierbarkeit des Hauptstroms und der einmündenden Zuflüsse sowie von einer weiteren Verbesserung der Wasserqualität abhängig.

- **Stör (*Acipenser sturio*)**

Der Stör (*Acipenser sturio*) war eine der wirtschaftlich bedeutendsten Fischarten des Rheins. Seit etwa 1940 ist der Stör aus dem Rhein verschwunden. Die ersten Nachweise von Einzelindividuen aus dem Niederrhein lassen die Hoffnung zu, daß auch hier eine erfolgreiche Wiederbesiedlung möglich sein wird (VOLZ & DE GROOT 1992). Stützende Besatzmaßnahmen sollen helfen, den Stör für den Rhein wiederzugewinnen. Forschungsarbeiten, die sich mit der Autökologie und den Habitatansprüchen, besonders der juvenilen Individuen beschäftigen, sind in Vorbereitung. Es erscheint notwendig, die Wiedereinbürgerung des Störs durch Besatz gleichzeitig an verschiedenen Standorten durchzuführen. Die Beschaffung von geschlechtsreifen Elterntieren mit eindeutiger Artzugehörigkeit für den Besatz bereitet zur Zeit noch Schwierigkeiten. Das gesicherte Vorkommen von geschlechtsreifen Exemplaren einer anderen, aus der Donau stammenden Störart, dem Sterlet (*Acipenser ruthenus*), aus dem Mittelrhein belegt, daß die derzeitig vorhandene Wasserqualität und die Habitatstrukturen für eine Wiedereinbürgerung des heimischen Störs ausreichend sein müßten (LELEK & BUHSE 1992).

- **Hecht (*Esox lucius*)**

Der Hecht (*Esox lucius*) besitzt in der Artengemeinschaft des Rheins eine ökologisch überaus wichtige Bedeutung. Als heimische Fischart, dessen Lebensweise bereits vom juvenilen Stadium ausschließlich räuberisch ist, wird ihr eine insbesondere auf die Bestände anderer Fischarten (meist Cypriniden) regulierende Funktion zugeschrieben. So zeugt ein Massenvorkommen von Cypriniden in den Neben- und Altgewässern häufig von einem fehlenden oder nur gering bestehenden Druck der Raubfischarten. Bisherige Untersuchungen haben gezeigt, daß die Hechtbestände im Rhein äußerst gering sind und mit zunehmender Lauflänge des Rheins weiter abnehmen (LELEK & KÖHLER 1990, KÖHLER & LELEK 1992, LELEK & BUHSE 1992). In erster Linie sind der Rückgang der Überflutungs- und Auenbereiche und der damit verbundene Rückgang der aquatischen Flora in den Neben- und

Altgewässern für die nur noch eingeschränkte Reproduktionsmöglichkeit dieser phytophilien Art verantwortlich. Die Schaffung geeigneter Laichgebiete als Voraussetzung für eine natürliche Reproduktion des Hechts sollte deshalb als wichtiges Ziel angestrebt werden.



## 2.4 Wirbellosenfauna

---

Die drastische Verarmung der Fischfauna bis in die 70er Jahre mit einer Verbesserung der Situation in den darauffolgenden Jahren findet ihr Spiegelbild in der Situation der Benthofauna. Auch TITZNER et al. (1993) führen die veränderte Artengemeinschaft des Rheins und seiner Seitengewässer auf den Grad der Gewässerverschmutzung und die wasserbaulichen Maßnahmen zurück. Die Abnahme der Moostiere, Insekten, Weichtiere, höheren Krebse, Egel, Plattwürmer und Schwämme vom Beginn des 20. Jahrhunderts bis Anfang der 70er Jahre wurde belegt. Eine Erholung des Systems, verbunden mit der Zunahme der Artenzahl, erfolgte ab Mitte der 70er Jahre bis zur heutigen Zeit (TITZNER et al. 1993).

Nach KINZELBACH (1990) kommen im rheinland-pfälzischen Rheinabschnitt derzeit 183 Wirbellosen-taxa vor. 88 Arten sind nach Einschätzung des Autors zur dauerhaften Ansiedlung befähigt und stellen die eigentlichen Restfauna des Rheins dar. Verglichen mit den etwa 30 Arten, die Mitte der 70er Jahre im Rhein festgestellt wurden, stellt dies eine erfreuliche Entwicklung dar. Für den Rhein wird eine ursprüngliche Anzahl von 500-600 Wirbellosentaxa angenommen. In Anbetracht der im Rhein vorherrschenden mäßigen Belastung ist das aktuelle Besiedlungsbild ein deutliches qualitatives Defizit. Hinzu kommt die ständig wachsende Bedeutung der Neozoen. Die eingeschleppten, eingewanderten oder auch vom Menschen direkt in die Gewässer eingesetzten Wirbellosen nehmen im rheinland-pfälzischen Rheinabschnitt einen Anteil von 11 % der Arten ein (KINZELBACH 1990). Als Nahrungs- und Habitatskonkurrenten tragen sie zum Rückgang der verbliebenen Fauna bei. In jüngster Zeit sind besonders die Kleinkrebse *Corophium curvispinum* und *Echinogammarus berilloni* sowie die Muscheln *Corbicula fluminalis* und *C. fluminea* vermehrt aufgetreten.

### • Muscheln und Schnecken (Molluskenfauna)

Die Mollusken, insbesondere die Wassermollusken, besitzen eine ausgezeichnete Eignung als Bioindikatoren, da ein Großteil der Arten hinreichende ökologische Spezialisierungen und Differenzierungen aufweisen. Die Kenntnis der Habitatansprüche der Charakterarten ist jedoch notwendig, um ein Vorkommen oder ein Fehlen dieser Arten durch die Korrelation mit bestimmten Umweltfaktoren richtig interpretieren zu können. Hinzu kommen die Gehäuse der Mollusken, welche im besonderen Maße episodische Schwankungen der Umwelt dokumentieren können (MEINERT & KINZELBACH 1985). Unter den Muscheln (Bivalvia) und Schnecken (Gastropoda) befinden sich einige Charakter- oder Zeigerarten, die als Voraussetzung überlappende Generationszyklen oder eine mehrjährige Lebensdauer besitzen und ganzjährig im Rheinhauptstrom oder in den Auengewässern verbreitet sind. Als Beispiele seien hier die Tümpel-Schlamm Schnecke (*Radix peregra*), die Kahnschnecke (*Theodoxus fluviatilis*) und die Wandermuschel (*Dreissena polymorpha*) genannt. Bei den beiden Schneckenarten existiert eine deutliche Abhängigkeit zwischen der Wachstumsleistung und den Parametern Sauerstoffkonzentration und Wassertemperatur. Die Wandermuschel ist weit verbreitet, lokal häufig und aufgrund ihrer Mehrjährigkeit (bis zu 6 Jahre) ein besonders guter Indikator für das Schadstoffmonitoring (NEUMANN 1990).

In Rheinland-Pfalz sind nach MEINERT & KINZELBACH (1985) etwa 65 Molluskenarten (41 Schneckenarten, 24 Muschelarten) nachgewiesen worden, von denen ca. 80-90 % in der Oberrheinniederung verbreitet waren oder noch verbreitet sind. Aufgrund anthropogener Einflüsse mit der Folge der Veränderung der artspezifischen Habitate sind bis Mitte der 80er Jahre etwa die Hälfte der Arten stark dezimiert worden. Entlang des Oberrheins sind beispielsweise die Bestände der Arten Kleine Flußmuschel (*Unio crassus*) und Dickschalige Kugelmuschel (*Sphaerium solidum*) soweit zurückgegangen, daß ihr rezentes Vorkommen äußerst selten ist und ihr Gefährdungsgrad gemäß der rheinland-pfälzischen und der bundesdeutschen Roten Liste als vom Aussterben bedroht eingeschätzt wird (Tab. 2-3). Die Stromperlmuschel (*Pseudunio auricularius*) ist im Rheingebiet aufgrund der Rheinkorrektur im 19. Jahrhundert gänzlich verschwunden und gilt in Rheinland-Pfalz – ebenso wie die

Winzige Falten-Erbsenmuschel (*Pisidium moitessierianum*) - als ausgestorben. Im Gegensatz dazu haben sich einige Arten durch die anthropogenen Veränderungen in der Flußlandschaft erst entfalten können, wie z. B. die Teichmützenschnecke (*Acroloxus lacustris*) oder die Flache Teichmuschel (*Anodonta anatina*). Andere Arten (u. a. *Bythynia tentaculata*, *Ancylus fluviatilis*) konnten die Veränderungen größtenteils ohne Einbußen überstehen. Untersuchungen aus den letzten 5-10 Jahren ergaben eine qualitative und quantitative Zunahme der Mollusken im Rhein mit einem überproportionalen Auftreten gefährdeter Arten. Als ein wichtiger aber sicherlich nicht alleiniger Grund dafür wird die Verbesserung der Wasserqualität angesehen (BLESS 1990).

Tab. 2-3: Zusammenstellung der in der Oberrheinniederung aktuell bzw. rezent vorkommenden, gefährdeten Muscheln und Schnecken  
(Angabe der Gefährdungsgrade nach GROH et al. 1994, JUNGBLUTH & v. KNORRE 1998, 0 = ausgestorben oder verschollen, 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, V = Vorwarnliste)

Art	Rheinland-Pfalz				Deutschland			
	0	1	2	3	1	2	3	V
<b>Muscheln (Bivalvia):</b>								
<i>Anodonta anatina</i> (L.)								•
<i>Anodonta cygnea</i> (L.)				•		•		
<i>Musculium lacustre</i> (O.F. MÜLLER)								•
<i>Pisidium amnicum</i> (O.F. MÜLLER)				•		•		
<i>Pisidium moitessierianum</i> (PALADILHE)	•						•	
<i>Pisidium obtusale</i> (LAMARCK)								•
<i>Pisidium pulchellum</i> (JENYNS)			•		•			
<i>Pisidium supinum</i> (A. SCHMIDT)				•			•	
<i>Pseudanodonta complanata</i> (ROSSM.)		•			•			
<i>Pseudunio auricularius</i> (SPENGLER)	•							
<i>Sphaerium rivicola</i> (LAMARCK)			•			•		
<i>Sphaerium solidum</i> (NORMAND)		•			•			
<i>Unio crassus</i> (RETZIUS)		•			•			
<i>Unio pictorum</i> (L.)							•	
<i>Unio tumidus</i> (RETZIUS)				•		•		
<b>Schnecken (Gastropoda):</b>								
<i>Acroloxus lacustris</i> (L.)								•
<i>Anisus spirorbis</i> (L.)			•			•		
<i>Anisus vortex</i> (L.)				•				
<i>Anisus vorticulus</i> (TROSCHEL)		•			•			
<i>Aplexa hypnorum</i> (L.)				•			•	
<i>Bythynia leachii</i> (SHEPPARD)			•			•		
<i>Gyraulus laevis</i> (ADLER)		•			•			
<i>Hippeutis complanatus</i> (L.)				•				•
<i>Lithoglyphus naticoides</i> (PFEIFFER)			•			•		
<i>Myxas glutinosa</i> (O.F. MÜLLER)		•			•			
<i>Physa fontinalis</i> (L.)				•				•
<i>Planorbis carinatus</i> (O.F. MÜLLER)				•			•	
<i>Radix auricularia</i> (L.)								•
<i>Segmentina nitida</i> (O.F. MÜLLER)				•			•	
<i>Stagnicola glaber</i> (O.F. MÜLLER)		•				•		
<i>Stagnicola palustris</i> (O.F. MÜLLER)								•
<i>Theodoxus fluviatilis</i> (L.)			•			•		
<i>Valvata cristata</i> (O.F. MÜLLER)				•				•
<i>Valvata macrostoma</i> (MÖRCH)			•		•			
<i>Valvata piscinalis</i> (O.F. MÜLLER)								•
<i>Viviparus contectus</i> (MILLET)				•			•	
<i>Viviparus viviparus</i> (L.)				•		•		



Aufgrund teilweise verschiedener abiotischer Faktoren (u. a. Fließgeschwindigkeit, Substrat) unterscheidet sich das Artenspektrum der im Hauptstrom vorkommenden Mollusken von dem der Altgewässer. Während im fließenden Hauptstrom vorwiegend Arten, wie die Millionenschnecke (*Potamopyrgus jenkinsi*), das Weiße Posthörnchen (*Gyraulus albus*), die Gemeine Federkiemenschnecke (*Valvata piscinalis*), die Wandermuschel (*Dreissena polymorpha*), die Kahnschnecke (*Theodoxus fluviatilis*) und die Gemeine Schnauzenschnecke (*Bithynia tentaculata*) verbreitet sind, bestimmen die Arten Schwanenmuschel (*Anodonta cygnea*), Malermuschel (*Unio pictorum*), Flußdeckelschnecke (*Viviparus viviparus*) und Flache Teichmuschel (*Anodonta anatina*) das Artenspektrum der Auengewässer. Von dort aus erfolgt häufig nach Verschmutzungswellen eine Wiederbesiedlung des Hauptstroms.

#### • Höhere Krebse (Crustaceenfauna)

Zur Erfassung der Krebsfauna der Oberrheinniederung sind bislang zahlreiche Einzelarbeiten erschienen, die jedoch entweder einen regional stark eingeschränkten Bezug besitzen oder lediglich einzelne Gruppen der Crustaceenfauna ansprechen (u. a. CLAUS & KINZELBACH 1976, KINZELBACH & CLAUS 1977, SIMON 1987, BERG et al. 1989). Eine umfassende Zusammenstellung aller vorkommenden Krebstiere existiert weder für das Oberrheingebiet noch für Rheinland-Pfalz. In Rheinland-Pfalz ist eine Ausarbeitung zum Vorkommen, Habitat und Gefährdung der Blattfuß-Krebse (Branchiopoda) veröffentlicht worden, deren Ergebnisse weitgehend in der Roten Liste des Landes Einzug fanden (SIMON 1987). Für die Gruppe der Flußkrebse (Decapoda) wird zur Zeit eine Untersuchung zum Vorkommen im Gebiet des Oberrheins durchgeführt (TROSCHEL, mündl. Mitteilung). Tabelle 2-4 gibt einen Überblick über in der Oberrheinniederung vorkommende, landes- bzw. bundesweit gefährdete Zehnfüßige Krebse (Decapoda) sowie Blattfußkrebse, wie Kiemenfüßer (Anostraca), Rückenschaler (Notostraca) und Muschelschaler (Conchostraca).

Tab. 2-4: Zusammenstellung der in der Oberrheinniederung vorkommenden, gefährdeten Zehnfüßigen Krebse und Blattfußkrebse  
(Angabe der Gefährdungsgrade nach SIMON 1991 und 1998, 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, P = potentiell gefährdet)

Art	Rheinland-Pfalz			P	Deutschland	
	1	2	3		1	2
<i>Astacus astacus</i> (L.)	•					
<i>Atyaephyra desmaresti</i> (MILLET)				•		
<i>Austropotamobius torrentium</i> (SCHRANK)			•			
<i>Branchipus schaefferi</i> FISCHER	•				•	
<i>Chirocephalus diaphanus</i> PREVOST	•				•	
<i>Lepidurus apus</i> L.	•					•
<i>Limnadia lenticularis</i> (L.)		•				•
<i>Siphonophanes grubei</i> (DYBOWSKI)			•			•
<i>Triops cancriformis</i> (BOSS)		•				•

Die Gewässerbereiche der Aue sind für eine Reihe von Krebsarten der einzige Lebensraum oder gelten als bevorzugte Biotope für diese Organismen. Verschiedene Krebstiere können als Indikatorarten angesehen werden, deren Fehlen oder Vorkommen stark mit der Gewässergüte, dem Maß an Naturnähe oder der Strukturvielfalt sowie mit Störeinflüssen, wie z. B. Austrocknung, korreliert sind.

Entsprechend der Roten Liste von Rheinland-Pfalz sind insgesamt 6 Krebsarten vom Aussterben bedroht oder stark gefährdet (Tab. 2-4) und weisen oder wiesen ein Vorkommen entlang der Oberrheinniederung auf. Unter den Branchiopoden sind dies *Branchipus schaefferi*, *Chirocephalus diaphanus*, *Lepidurus apus*, *Triops cancriformis* und *Limnadia lenticularis*, während unter den Decapoden der Edelkrebs (*Astacus astacus*) im höchsten Maß bedroht ist. Die oben genannten Branchiopodenarten sind typische Bewohner von landseits des Deichs in der Altaue gelegenen temporären Druckwassertümpeln oder von Überschwemmungsflächen. Ihr Vorkommen steht meist in Abhängigkeit von hydrologischen Verhältnissen, d. h. die Häufigkeit und Dauer ihres Entwicklungszyklus hängt vorwiegend von der Häufigkeit und Ausdehnung der Hochwässer ab. Verantwortliche Ursachen für den Rückgang und der Gefährdung der Populationen dieser Arten sind vor allem das Auffüllen und die Überbauung von Senken, das Abpumpen von Druckwasser aus den Äckern und temporären Gewässern zurück in die Überschwemmungsaue, der Anschluß temporärer wassergefüllter Senken an ein Grabensystem mit der Folge des zu schnellen Wasserabflusses oder die Überstauung von Gewässern mit Krebsvorkommen mit Rheinwasser im Rahmen der Hochwasser-Retention (Ausbau der Rheindeiche, Hochwasserrückhaltung in Poldern, SIMON 1991).

Der Edelkrebs (*Astacus astacus*) war in der Vergangenheit am Oberrhein weit verbreitet. Seine Bestände wurden seit Ende des vergangenen Jahrhunderts durch die zunehmend verbreitete Krebspest (verursacht durch den Schlauchpilz *Aphanomyces astaci*) und die zunehmende Wasserverschmutzung weitgehend vernichtet, so daß es vielerorts zum Aussterben dieser Art kam. Es wird vermutet, daß in ähnlicher Weise auch die Bestände des Steinkrebsses (*Austropotamobius torrentium*) und des Dohlenkrebsses (*Austropotamobius pallipes*) im Oberrheingebiet dezimiert wurden. In der Folgezeit wurden verschiedene Fremdarten eingebürgert, darunter auch der aus Nordamerika stammende und krebspestresistente Kamberkrebs (*Orconectes limosus*). Diese eingeführte Art hat im Laufe unseres Jahrhunderts weitgehend die Habitate der heimischen Arten eingenommen. Die stationär lebenden Flußkrebse erreichen mitunter ein Alter von 10-12 Jahren, so daß deren Vorkommen Aussagen zur Habitatqualität in den jeweiligen Gewässern über einen längeren Zeitraum zulassen. Aktuelle, die Bestände der Flußkrebse beeinträchtigende Ursachen sind vor allem die Verschmutzung der Gewässer mit organischen und anorganischen Stoffen durch gewerbliche und kommunale Einleitungen, die Veränderung der Gewässerstruktur durch Kanalisierung und andere Ausbaumaßnahmen, die Konkurrenz und Verdrängung einheimischer Krebse durch faunenfremde Flußkrebssarten, die fischereiwirtschaftliche Nutzung der Auengewässer durch Besatz mit potentiellen Krebsräubern (z. B. Aal) und das Zuschütten von Gewässern (SIMON 1991).

## 2.5 Avifauna

In Rheinland-Pfalz sind mehr als 333 Vogelarten nachgewiesen worden (KUNZ & SIMON 1987). Aufgrund ihrer von Natur aus gegebenen Strukturvielfalt und ihres umfangreichen Spektrums an unterschiedlichen Gewässerbereichen und Auenhabitaten wies die Niederung des Oberrheins in der Vergangenheit eine besonders hohe Artendichte an Brutvögeln, Durchzüglern und Wintergästen auf. Schätzungsweise 70-80 % der Artenzahl der Avifauna war in den Bereichen der Aue, d. h. auf den Kies-, Sand- und Schotterbänken des Hauptstroms, den Ufersäumen und Röhrichten der Auengewässer sowie in den verschiedenen Zonen des Auwalds und der Feuchtwiesen beheimatet und bildete dort ihre eigenen charakteristischen Vogelgemeinschaften. Auf den weitgehend vegetationslosen Kies-, Sand- und Schotterbänken des Hauptstroms waren beispielsweise Brutplätze der Seeschwalbenarten (*Sterna* spp., *Chlidonias* spp.), von Flußregenpfeifer (*Charadrius dubius*) und Flußuferläufer (*Actitis hypoleucos*). Heute existieren nur noch sehr vereinzelt Brutplätze dieser teilweise in Rheinland-Pfalz vom Aussterben bedrohten Vogelarten (siehe Tab. 2-5). Hauptursache für den Bestandsrückgang dieser Arten ist die sukzessive Reduzierung geeigneter Brutplätze, die im Zuge der Fluß- und Uferverbauung zunehmend verschwanden. Teilweise sind diese Strukturen heute noch im Bereich des Rheingaus vorhanden, wo der Rheinhauptstrom nach wie vor durch Stillwasserzonen und Inseln charakterisiert ist. Bei Niedrigwasser werden hier zusätzlich zahlreiche Buhnenfelder und Schlammfluren freigelegt. Darüber hinaus sind weite Teile des Rheingaus ein europaweit bedeutender Rastplatz für verschiedene Schwimmvogelarten (vornehmlich Säger der Gattung *Mergus* sowie verschiedene Tauchenten, KUNZ & SIMON 1987). In anderen Gebieten des Oberrheins werden auch die durch den Kiesabbau entstandenen Kies- und Schotterflächen von verschiedenen Vogelarten, wie z. B. dem Flußuferläufer, angenommen (KUTTER & SPÄTH 1993).

Tab. 2-5: Zusammenstellung der am rheinland-pfälzischen Rheinabschnitt vorkommenden, gefährdeten, gewässerabhängigen Vogelarten mit Angabe der Gefährdungsgrade  
(nach BRAUN et al. 1992, 0 = ausgestorben oder verschollen, 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, P = potentiell gefährdet, I = Vermehrungsgäste)

Art		Gefährdungsgrade					
		0	1	2	3	P	I
Drosselrohrsänger	<i>Acrocephalus arundinaceus</i> (L.)			●			
Eisvogel	<i>Alcedo atthis</i> (L.)			●			
Flußregenpfeifer	<i>Charadrius dubius</i> (SCOP.)				●		
Flußseeschwalbe	<i>Sterna hirundo</i> L.		●				
Flußuferläufer	<i>Actitis hypoleucos</i> (L.)		●				
Graureiher	<i>Ardea cinerea</i> L.				●		
Haubentaucher	<i>Podiceps cristatus</i> (L.)				●		
Knäkente	<i>Querquedula querquedula</i> (L.)		●				
Kolbenente	<i>Netta rufina</i> (PALL.)						●
Kormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i> (L.)		●				
Krickente	<i>Nettion crecca</i> (L.)		●				
Lachmöwe	<i>Chroicocephalus ridibundus</i> (L.)				●		
Löffelente	<i>Spatula clypeata</i> (L.)						●
Purpureiher	<i>Ardea purpurea</i> L.		●				
Reiherente	<i>Aythya fuligula</i> (L.)					●	
Rohrdommel	<i>Botaurus stellaris</i> (L.)	●					
Rothalstaucher	<i>Podiceps griseigena</i> (BODD.)	●					
Schilfrohsänger	<i>Acrocephalus schoenobaenus</i> (L.)			●			
Schnatterente	<i>Chaulelasmus strepterus</i> (L.)						●
Tafelente	<i>Aythya ferina</i> (L.)					●	
Uferschnepfe	<i>Limosa limosa</i> (L.)						●

Fortsetzung Tab. 2-5:

Art	Gefährdungsgrade					
	0	1	2	3	P	I
Uferschwalbe <i>Riparia riparia</i> (L.)				●		
Wasseramsel <i>Cinclus cinclus</i> (L.)				●		
Wasserralle <i>Rallus aquaticus</i> L.				●		
Weißstorch <i>Ciconia ciconia</i> (L.)	●					
Zwergdommel <i>Ixobrychus minutus</i> (L.)		●				
Zwergtaucher <i>Tachybaptus ruficollis</i> (PALL.)				●		

Ein weiteres wichtiges Habitat stellen die durch Erosion meist nach Hochwässern entstandenen Steilufer des Hauptstroms und der Auengewässer dar. Hier hat der in Rheinland-Pfalz stark gefährdete Eisvogel (*Alcedo atthis*) seinen Verbreitungsschwerpunkt. Sein Vorkommen ist maßgeblich von einem ausreichenden Nahrungsangebot (Fische) und der Möglichkeit, an Abbrüchen Brutröhren bauen zu können, abhängig. Der Rückgang der Bestände dieser Charakter- und Indikatorart der Aue wird vor allem auf die Uferverbauung sowie auf die Gewässerverunreinigung zurückgeführt. In der rezenten Aue haben Arten, wie der Eisvogel oder die Uferschwalbe (*Riparia riparia*) an den künstlich geschaffenen Steilwänden der Kies- oder Tongruben Ersatzhabitats gefunden (KUTTER & SPÄTH 1993, z. B. Mechtersheimer Tongruben).

Besonders wichtige Habitats für die gewässerabhängige Avifauna in der Aue sind Röhrichtzonen im Verlandungsbereich der Gewässer. Hier finden eine Vielzahl von Wasservogelarten Deckung, günstige Nahrungsbedingungen und Brutmöglichkeiten. In diesen Habitats nisten in hoher Bestandsdichte zahlreiche der in Rheinland-Pfalz vom Aussterben bedrohten, stark gefährdeten und gefährdeten Vogelarten (KUNZ & SIMON 1987), wie u. a. der Purpurreiher (*Ardea purpurea*), die Zwergdommel (*Ixobrychus minutus*), der Drosselrohrsänger (*Acrocephalus arundinaceus*), der Schilfrohrsänger (*Acrocephalus schoenobaenus*), die Wasserralle (*Rallus aquaticus*) und der Haubentaucher (*Podiceps cristatus*). Die Rohrdommel (*Botaurus stellaris*), ein Bewohner und Brutvogel der Röhrichtzone, der Weißstorch (*Ciconia ciconia*) und der Rothalstaucher (*Podiceps grisegena*) stellen eine Auswahl ehemaliger Brutvögel in den Rheinauen von Rheinland-Pfalz dar, die heute weitgehend verschollen sind.

Gefährdungsursachen, die zum Rückgang der Bestände der gewässerabhängigen Avifauna führten, sind in erster Linie die zunehmende Verlandung der Gewässer, der Botulismus (durch Sauerstoffentzug im Sediment entstehende Entwicklung des Bakteriums *Clostridium botulinum*, dessen Toxine für zahlreiche Schwimmvögel tödlich sind), der Rückgang der zur Brut notwendigen Röhrichtbestände, die durch Gewässerverschmutzung verursachte Schädigung der submersen Vegetation, die Vernichtung von Brutgelegenheiten durch den Kiesabbau sowie Störungen durch Gewässernutzung jeglicher Art (u. a. Sportfischerei, Wassersport, Jagd, Schifffahrt).



### 3. Die bisherige Verlandung der Auengewässer

---

In der Mäanderzone von Fließgewässern beginnt die Verlandung in der Regel damit, daß eine Mäanderschlinge durch Laufverlagerung des Hauptstroms abgetrennt wird. Die abgetrennte Schlinge bleibt oberstroms (Ingestion) und unterstroms (Egestion) zunächst mit dem Fluß verbunden. Aufgrund der reduzierten Fließgeschwindigkeit beginnt in der alten Mäanderschlinge ein Akkumulationsprozeß von Sink- und Schwebstoffen, der im Bereich der Ingestion relativ rasch zum Anheben der Gewässersohle auf Mittelwasserniveau und zum Verschuß der Ingestionsöffnung führt. Damit ist im Sinne der D<sub>WVK</sub>-Definition (D<sub>WVK</sub> 1991) ein Altarm mit offener Egestion und geschlossener Ingestion entstanden. Altarme sind in der Regel langgestreckte gekrümmte Gewässer mit einer Gewässerbreite, die dem Fluß aus dem sie entstanden sind, entspricht. Sie haben ihrer Entstehungsgeschichte entsprechend flußmorphologische Elemente, wie beispielsweise steile Prallufer und flache Gleitufer. Schreitet die Verlandung des Altarms weiter fort und verschließt sich auch die Egestionsöffnung, ist das Stadium des Altwassers erreicht. Durch weitere Aufsedimentation kann das Altwasser in kleinere Einzelgewässer zerfallen. Während der Verlandung reduzieren sich Gewässertiefe und Tiefenvarianz, Gewässerbreite und Wasserfläche. Am Ende des Prozesses dringt die amphibische Vegetation (Röhrichte, Seggen etc.) immer weiter in die Gewässer vor und verwandelt die aquatischen in amphibische Biotope. Auf die Röhrichte folgen typische Auengehölze, es entsteht ein Bruchwald. Natürlicherweise nimmt dieser Prozeß einen Zeitraum von mehreren hundert Jahren in Anspruch. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Hochwasserdynamik auf die Altarme einwirken kann und durch ihre Erosionskraft den Verlandungsprozeß immer wieder zurückwirft. Am Nördlichen Oberrhein sind noch Altarme vorhanden, die seit mindestens 200 Jahren vom Rhein abgetrennt sind (Neuburger Altrheine, seit 1817 abgetrennt).

Anthropogen verursachte Veränderungen beschleunigen in der Regel den natürlichen Verlandungsprozeß. Durch den Ausbau des Rheins erhöhte sich die Strömungsgeschwindigkeit und es kam abschnittsweise zur verstärkten Tiefenerosion; der Prozeß hält auch heute noch an. Dies führte zu einem Absinken von Oberflächenwasser und strombegleitendem Grundwasser. Beide Effekte reduzieren die Wasserfläche und das Wasservolumen in den Auengewässern und haben somit die gleichen Auswirkungen wie der Verlandungsprozeß. Altarmabschnitte wurden in der Vergangenheit verfüllt und dabei ganz oder teilweise beseitigt. Abwassereinleitungen beschleunigen insbesondere bei fehlendem Wasseraustausch die Verlandungsprozesse. Ohne Ingestion und bei geringem oder keinem Frischwasserzufluß konzentrieren sich die eingeleiteten Nährstoffe im Altarm. Die durch Abwassereinleitung verursachte Verlandung erfolgt direkt durch die Ablagerung von Feinstoffen und indirekt durch eine Erhöhung der Bioproduktivität und daraus resultierender biogener Sedimentation. Bei Anbindung an den Rhein oder bei Überschwemmungen wird die Verlandung der Altarme darüber hinaus durch die anthropogen erhöhte Sink- und Schwebstoffführung des Rheins erhöht.

### 3.1 Mathematische Modelle zur Simulation der Sedimentationstätigkeit in den Altarmen

---

Um zu klären, wie die bisherige, gegenwärtige und zukünftige Sedimentationsentwicklung in den Altarmen des Projektgebiets verlaufen ist bzw. wird, sollte ein Rechenmodell entwickelt werden (KROHMER & SCHERLE 1996). Das Rechenmodell zur Abschätzung der Erosions- und Sedimentationstätigkeit sollte an zwei ausgewählten Altarmen erprobt werden. Entsprechend der Zielsetzung (Ermittlung der Unterschiede der Sedimentationsdisposition) wurden ein kaum ausgekiester Altarm (Lingenfelder Altrhein) sowie ein streckenweise stark ausgekiester Altarm (Berghäuser Altrhein) als Beispielgewässer ausgewählt.

Der Erstellung des Rechenmodells wurde die Annahme zugrundegelegt, daß eine Anlandung von Schwebstoffen stattfindet, wenn die Fließgeschwindigkeit des Hochwassers bestimmte Werte unterschreitet, und wenn die Sink- und Schwebstoffkonzentration im Verhältnis zur Fließgeschwindigkeit des Hochwassers zu groß ist.

Die Resultate der rechnerischen Ermittlungen der Verlandungs- und Erosionsvorgänge im Lingenfelder Altrhein und im Berghäuser Altrhein haben folgendes aufgezeigt: Die Umlagerung der Schwebstoffe in den Altarmen wies - infolge der dort vorherrschenden Strömungsverhältnisse - ein unausgeglichenes und wechselbezogenes Verhalten der morphodynamischen Verlandungsparameter auf. Bei geringen in die Altarme gelangenden Abflüssen - zu Beginn einer Hochwasserwelle - landeten die vom Wasser mitgeführten Schwebstoffpartikel vorwiegend in Bereichen unmittelbar nach den Ingestionsbauwerken an. In den weiter stromabwärts gelegenen Altarmstrecken können alternierend Erosions- und Sedimentationsbereiche vorkommen. Erosionsvorgänge finden vor allem in den verengten bzw. in den nach Ausbaggerungen eingetieften und anschließend flacher werdenden Altarmstrecken statt. Bei starken Schwankungen der Wassertiefe, was für ausgekieste Altarme charakteristisch ist, verstärken sich die Erosionserscheinungen deutlich. Während des Durchflusses der Hochwasserspitze durch den Altarm werden die bereits sedimentierten Ablagerungen wieder nahezu vollständig abgespült und das Schwebstoffgut wird in die folgenden Altarmbereiche eingetragen. Die Auskolkungen intensivieren sich an den Engstellen und in Bereichen mit sprunghaften Tiefenänderungen. Das Abklingen der Hochwasserwelle ruft erneut eine allmähliche Verlandung im Bereich der ersten Hälfte der Altarme hervor, bei geringbleibender Erosionstätigkeit in den restlichen Teilen der Altarme.

Das entwickelte Rechenmodell zur Abschätzung der Sedimentations- und Erosionstätigkeit ist aufwendig und erfordert Daten, die für die übrigen Gewässer des Projektgebiets nicht zur Verfügung stehen und auch kurzfristig nicht gewonnen werden können. Das mathematische Modell arbeitet zudem mit relativ unscharfen Parametern, wodurch in den Ergebnissen ein relativ starkes Datenrauschen entsteht. Dieses Rauschen ist in etwa von der gleichen Größenordnung wie die ermittelten jährlichen Sedimentationsraten. Die Rechenergebnisse sind deshalb nahezu von geringem Wert.



### 3.2 Ausmaß der Sedimentation seit der Mitte des 19. Jahrhunderts

HARMS & SCHERLE (1996) haben im Rahmen einer Auswertung historischer Kartenwerke für die einzelnen Auengewässer des Projektgebiets eine sehr unterschiedliche Verlandungsentwicklung nachgewiesen. Zur detaillierten Erfassung des zeitlichen Verlaufs der Sedimentation wurde in der Folge an fünf repräsentativ ausgewählten Auengewässern eine Datierung der Sedimente durchgeführt (KUBINIOK 1997). Bei den ausgewählten Auengewässern mit jeweils unterschiedlicher Durchströmung handelt es sich um den Leimersheimer Altrhein, den Pforzer Altrhein, den Berghäuser Altrhein und die Goldkehle sowie den Lingenfelder Altrhein.

#### 3.2.1 Phasen des Verlandungsgeschehens seit Beginn des 19. Jahrhunderts

Nach Auswertung der erfaßten Quer- und Sedimentprofile sowie der geochemischen Untersuchungen können zur Charakterisierung des Verlandungsgeschehens bezogen auf den Beginn der Korrektionsmaßnahmen Anfang des 19. Jahrhunderts durch TULLA folgende drei Phasen unterschieden werden (KUBINIOK 1997):

- Prä-Tulla:** Zeitbezug: vor Beginn der Korrektionsmaßnahmen durch TULLA Anfang des 19. Jh. (ungestört, frei fließender Rhein)  
Sediment: terrestrischer Bereich: hohe und sehr hohe Eindringwiderstände, dichte und sehr dichte Lagen, vermutlich Kiese und konsolidierte Sande;  
limnischer Bereich: Kieslagen im Sohlbereich, im terrestrischen Bereich weiter verfolgbar
- Syn-Tulla:** Zeitbezug: verstärkte Verlandung in direktem Anschluß an die Korrektionsmaßnahmen durch TULLA  
Sediment: terrestrischer Bereich: locker bis fest gelagerte Ablagerungen, vermutlich nur zu einem geringen Prozentsatz kiesig ausgeprägt, vermutlich geringfügig konsolidiert, geringe Schadstoffgehalte einer solchen Ablagerung weisen auf eine Sedimentation vor der Jahrhundertwende hin;  
limnischer Bereich: Kieslagen nur im Sohlbereich, sandige Ablagerungen im Sohlbereich in Abhängigkeit der Fließgeschwindigkeit des Standorts
- Post-Tulla:** Zeitbezug: Sedimentation im Anschluß an Syn-Tulla, vermutlich in der zweiten Hälfte des 19. Jh. und der ersten Hälfte des 20. Jh.  
Sediment: terrestrischer Bereich: sehr locker gelagerte Auesedimente (Feinsedimente) in Mächtigkeiten von bis zu 3 m; ebenfalls sehr locker gelagerten Sedimenten der Uferzone kann aufgrund teilweise fehlenden Baumbewuchses eine Entstehung nach dem zweiten Weltkrieg zugesprochen werden;  
limnischer Bereich: sandige Ablagerungen im Sohlbereich in Abhängigkeit von der Fließgeschwindigkeit des Standortes, schlammige Ablagerungen im Sohlbereich

#### 3.2.2 Verlandung im Uferbereich

Im heutigen Uferbereich der fünf untersuchten Auengewässer stehen Prä-Tulla-Sedimente in Tiefen von 0,2 - 5 m an (KUBINIOK 1997). Allgemein können die größten Mächtigkeiten der Syn- und Post-Tulla-Ablagerungen in Gleithangpositionen gefunden werden. Schlecht durchströmte Altarme erreichen vor allem im Bereich der Egestion bis zum Mittellauf Sedimentmächtigkeiten von 4 - 5 m (Abb. 3-1). Die Mächtigkeit der Post-Tulla-Sedimente in mäßig durchströmten Altarmen liegt in Gleithangpositionen bei 1 - 2 m,

wobei innerhalb der Altarme keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Positionen unterschiedlicher Mächtigkeit festzustellen sind (Abb. 3-2). Gut durchströmte Auengewässer weisen in Gleithangpositionen Mächtigkeiten der Post-Tulla-Sedimente von 0 - 1 m auf, die vor allem auf Gleithangbereiche deutlich gekrümmter Flußschlingen konzentriert zu sein scheinen (Abb. 3-3).

### **3.2.3 Verlandung im Sohlbereich**

---

Im Sohlbereich stehen Prä-Tulla-Sedimente in Tiefen von 0,2 - >2,5 m an. Schlecht durchströmte Altarme weisen vor allem im Egestionsbereich und Mittellauf Mächtigkeiten der Post-Tulla-Ablagerungen von >2,5 m auf (Abb. 3-1). In egestionsfernen Abschnitten können die Mächtigkeiten auf ca. 1 m abnehmen. Mäßig durchströmte Altarme wiesen mehr oder weniger über die Längsprofile gleichmäßig verteilt Mächtigkeiten zwischen 0,5 - 1 m (vereinzelt 2 m) auf (Abb. 3-2), während in den gut durchströmten Auengewässern Post-Tulla-Ablagerungen fehlen oder nur mit geringer Mächtigkeit <0,5 m ausgeprägt sind (Abb. 3-3). Für die kiesig ausgebildeten Sohl sedimente einiger Auengewässer muß ein Syn-Tulla-Alter angenommen werden.

### **3.2.4 Verlandung im Vorlandbereich**

---

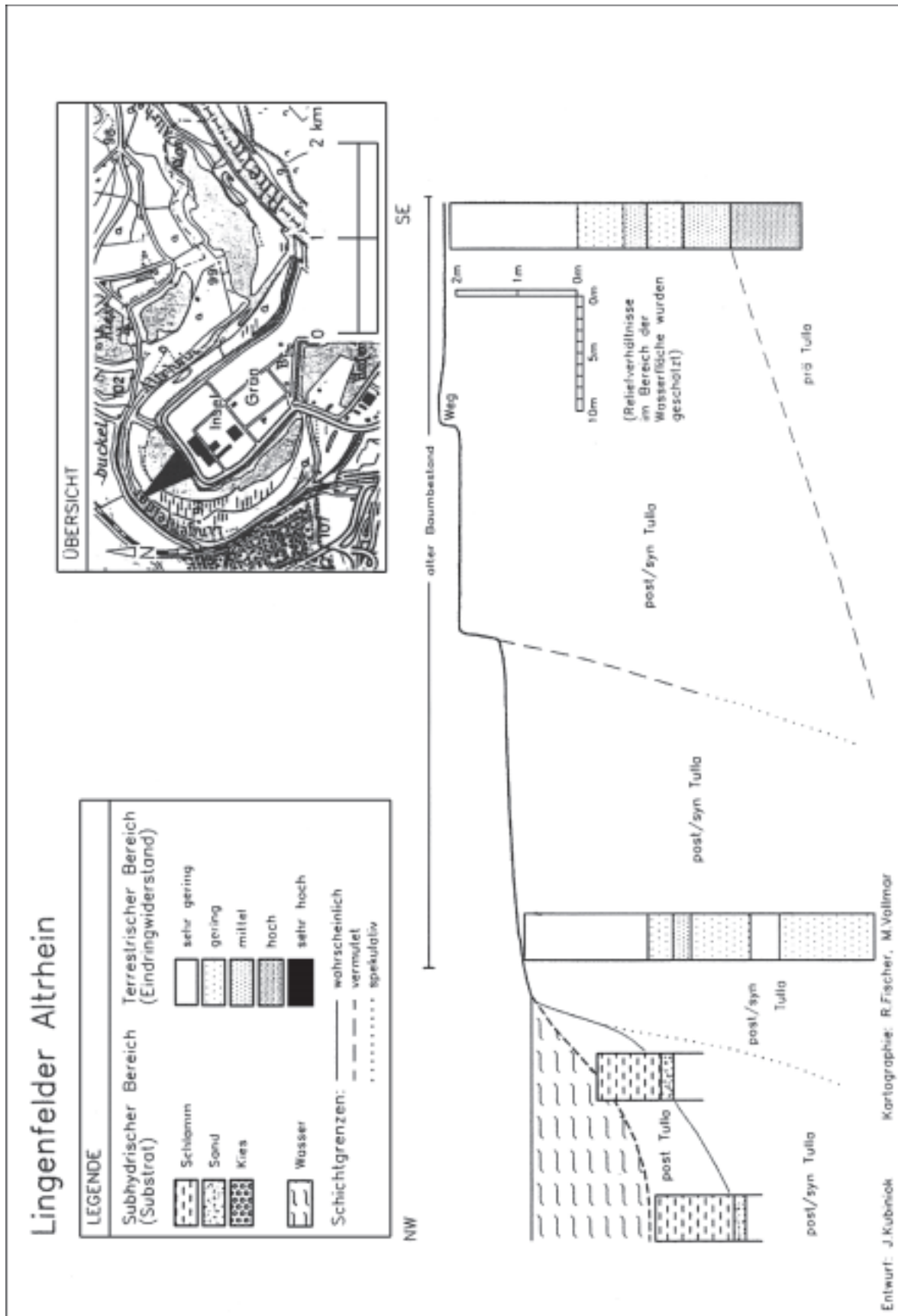
Auch die Sedimente im Vorlandbereich können in Prä-, Syn- und Post-Tulla-Ablagerungen gegliedert werden. Prä-Tulla-Sedimente stehen in Tiefen von 2 - >6 m an. In der Regel betragen die Mächtigkeiten der Syn- und Post-Tulla-Ablagerungen 4 - 5 m. Die Unterschiede sind Folge des Prä-Tulla-Reliefs der Rheinaue. Detaillierte Angaben geben die einzelnen Querprofile wieder (Abbildungen 3-1, 3-2 und 3-3).

### **3.2.5 Zeitlicher Verlauf der Sedimentbildung und Prognose der zukünftigen Verlandungsgeschwindigkeit**

---

Die Untersuchungen deuten auf eine erhöhte Syn-Tulla-Sedimentation in direktem Anschluß an die Korrektionsmaßnahmen hin. Im heutigen Uferbereich scheint in diesem Jahrhundert - in Abhängigkeit vom Fließverhalten und der Gewässermorphologie - eine deutliche Sedimentation zu erfolgen. In Altarmen mit fehlendem Durchfluß und erhöhter Sedimentation sind diese Bereiche teilweise Bestandteil des terrestrischen Vorlandbereichs geworden. Hier kann - allerdings auf Basis lediglich einer geochemischen Sedimentanalyse - eine Sedimentationsrate von ca. 1 cm/Jahr für die zweite Hälfte dieses Jahrhunderts geschätzt werden. Die Sohlbereiche scheinen etwas weniger rasch aufzusedimentieren. Für einen besonders deutlich verlandeten Bereich kann - allerdings auf der Grundlage lediglich einer geochemischen Sedimentanalyse - eine Sedimentationsrate von ca. 0,5 cm / Jahr für die zweite Hälfte diesen Jahrhunderts angenommen werden.

Die bisher vorliegenden Daten weisen demnach - in Abhängigkeit vom Fließverhalten und der Gewässermorphologie - auf derzeitige Sedimentationsraten von ca. 0,5 bis 1 cm pro Jahr hin.



Entwurf: J. Kubniok

Kartographie: R. Fischer, M. Vollmar

Abb. 3-1: Ergebnisse der Sedimentsondierung im Bereich des Lingenfelder Altrheins (KUBINIOK 1997)

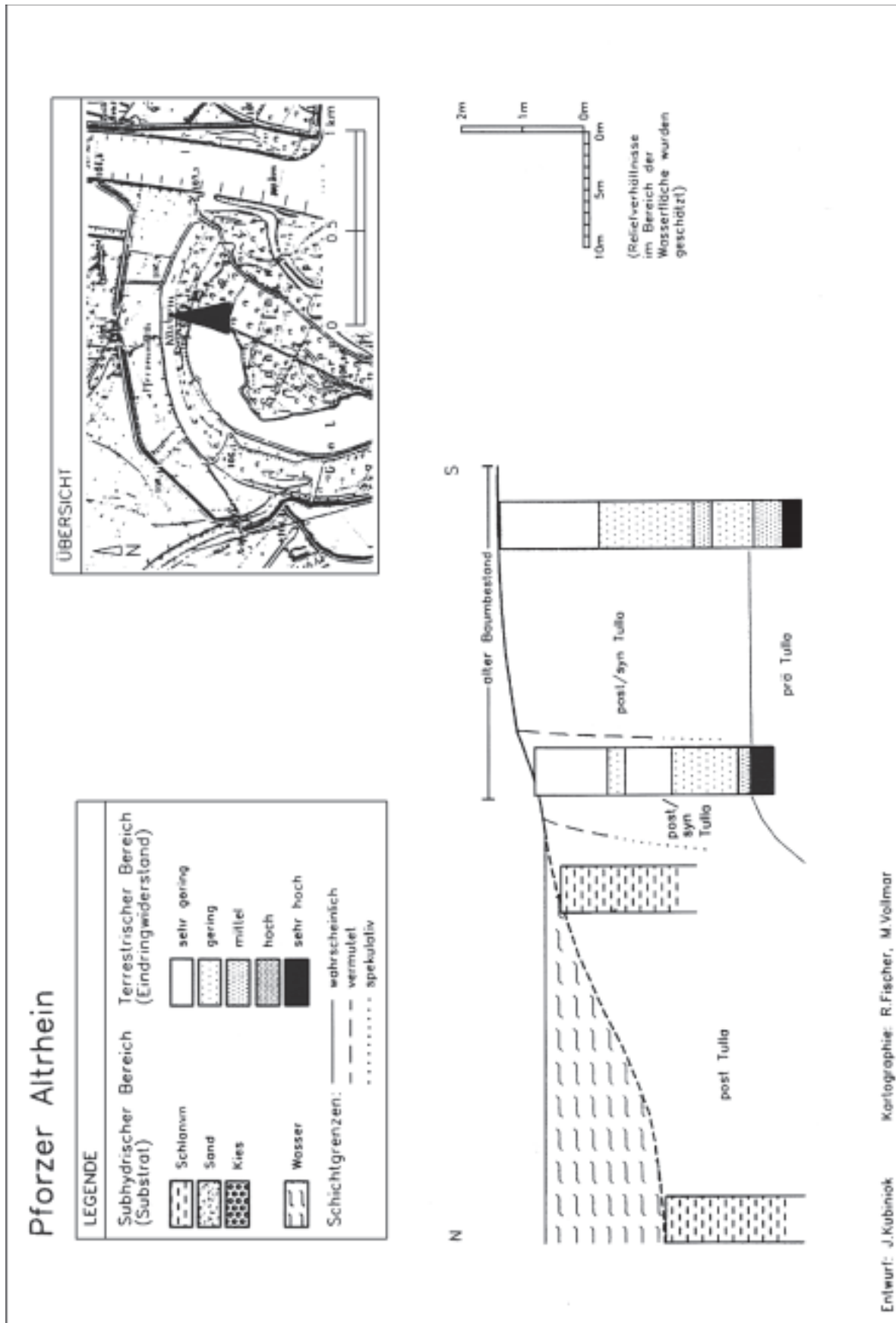
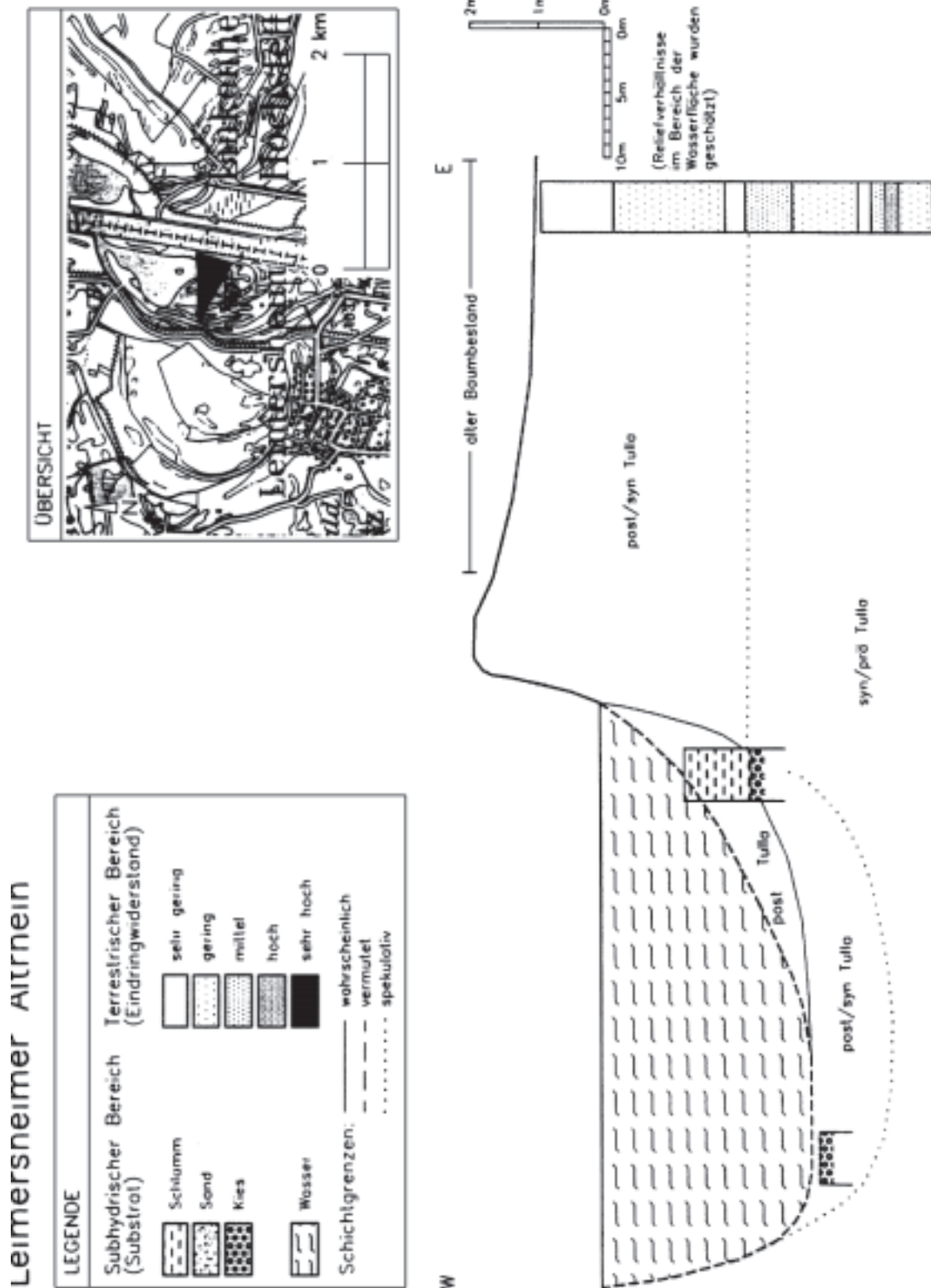


Abb. 3-2: Ergebnisse der Sedimentsondierung im Bereich des Pforzer Altrheins (KUBINIOK 1997)



Entwurf: J.Kubiniok Kartographie: R.Fischer, M.Vollmar

Abb. 3-3: Ergebnisse der Sedimentsondierung im Bereich des Leimersheimer Altrheins (KUBINIOK 1997)

### 3.3 Bisherige Entwicklung der Wasserspiegellagen

---

Um die Veränderung der Wasserspiegellagen am Oberrhein in den letzten hundert Jahren nachvollziehen zu können, wurden für den Rheinabschnitt zwischen Plittersdorf und Kaub (Rhein-km 340,2 bis Rhein-km 546,2) die Meßwerte der Mittelwasserstände von insgesamt 30 Pegeln für den Zeitraum von 1891 bis 1997 ausgewertet (ENGEL & GUNDERT 1998). Der Vergleich normierter Wasserstände ermöglicht es, morphologische Entwicklungen erkennen zu können (sinkende Wasserstände durch Erosion, steigende Wasserstände durch Sedimentation). Hierfür eignet sich insbesondere der Vergleich von Mittelwasserständen, da diese im Gegensatz zu entsprechenden Darstellungen der Hoch- oder Niedrigwasserstände im allgemeinen relativ ausgeglichen sind.

Die Mittelwasserstände des Rheinabschnitts weisen zwischen Plittersdorf und Mannheim seit 1891 eine kontinuierliche Erhöhung auf, wobei im Bereich von Maxau mit 70 cm seit 1891 bzw. von 49 cm seit 1961 der höchste Anstieg zu verzeichnen ist (Abbildungen 3-4 und 3-5). Tendenziell wäre in diesem Bereich mit weiteren Erhöhungen zu rechnen, wenn diese nicht durch Unterhaltungsmaßnahmen der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung beseitigt werden würden. Ausgenommen hiervon ist ein Abschnitt auf Höhe von Philippsburg, in dem die Mittelwasserstände - zumindest seit 1961 - in etwa gleich geblieben sind. Die Mittelwasserstände in diesem Bereich tendieren eher dazu, zukünftig zu fallen. An nahezu allen weiteren, unterhalb gelegenen Meßstellen sind über den Untersuchungszeitraum hinweg Mittelwasser-Senkungen zu beobachten. Die größten Senkungen finden sich auf der Höhe von Worms sowie auf der Höhe der Geyer-Einmündung (ca. 130 cm). Die Senkungen befinden sich seit 1961 in einem mehr oder minder stabilen Zustand, zum Teil mit minimaler Trendumkehr. Auffällig ist die Entwicklung am Pegel Bingen. Dort war der Mittelwasserspiegel bis 1970 weitgehend stabil. Dann begann eine Senkung um rund 30 cm bis 1976. Nach weiteren 15 Jahren Stabilität erfolgte 1992 ein Anstieg des Mittelwasserstands, der den Wasserspiegel etwa auf das Niveau von 1970 zurückgeführt hat. Als weitgehend stabil erwies sich die Wasserspiegellage zwischen Biebrich und Oestrich.

Um die Auswirkungen der festgestellten Hebungen und Senkungen zu verdeutlichen, wurden die mittleren Leistungsfähigkeiten der Pegelquerschnitte pro steigendem cm Wasserstand ermittelt. Bei gleichem mittleren Wasserstand in Maxau fließen heute ca. 380 m<sup>3</sup>/s weniger Wasser durch den Querschnitt als vor 110 Jahren oder rund 260 m<sup>3</sup>/s weniger als noch vor 37 Jahren. Im Gegensatz dazu ist die Leistungsfähigkeit am Pegel Worms seit 1891 um fast 700 m<sup>3</sup>/s gestiegen.



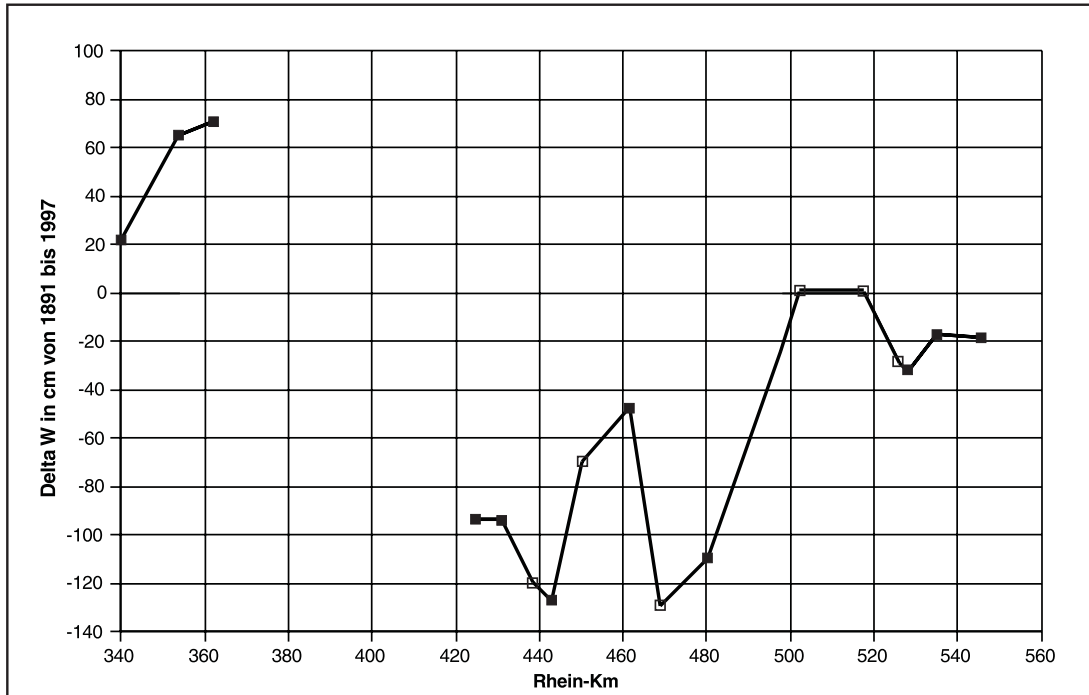


Abb. 3-4: Änderung der Mittelwasserstände über die Zeitspanne 1891 – 1997 auf der Grundlage von Pegelaufzeichnungen (ENGEL & GUNDERT 1998)  
(ausgefüllte Symbole stellen gemessene Werte, umrissene Symbole stellen Schätzwerte dar)

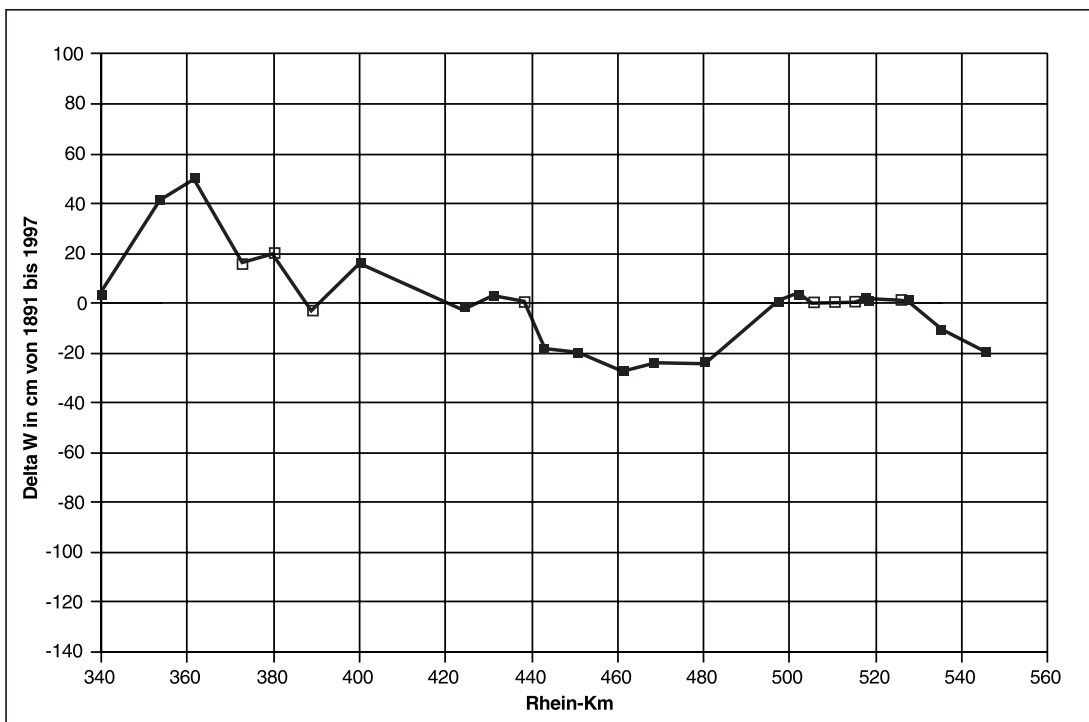


Abb. 3-5: Änderung der Mittelwasserstände über die Zeitspanne 1891 – 1997 auf der Grundlage von Pegelaufzeichnungen (ENGEL & GUNDERT 1998)  
(ausgefüllte Symbole stellen gemessene Werte, umrissene Symbole stellen Schätzwerte dar)



### 3.4 Bisherige Entwicklung der Wasserspiegelflächen

Zur Quantifizierung der Veränderung der Wasserflächen und Wasserbreiten ausgewählter Auengewässer des Projektgebiets von ca. 1840 bis heute wurden Darstellungen der Gewässer in historischen und aktuellen Kartenwerken visuell und planimetrisch ausgewertet (FRIEDRICH et al. 1997).

Die Methode der Gegenüberstellung von Karten unterschiedlichen Alters erlaubt es nach SCHOLZ et al. (1983), Veränderungen an linearen Systemen (z. B. Gewässernetz, Ufer- bzw. Küstenlinien) bzw. Flächen (z. B. Ausdehnung von Meliorationsgebieten) zu demonstrieren. So läßt sich durch Kartengegenüberstellungen auch die Dynamik von Landschaftselementen (Entwicklung von Binnenseen, Veränderungen im Gewässernetz; Verlandungsprozesse an Ufern von Gewässern) erfassen und wird auch in anderen kartographischen Standardwerken als Grundlagentechnik für die Karteninterpretation beschrieben (HAKE 1982, HÜTTERMANN 1993, 1979).

Folgende 14 Auengewässer des Projektgebiets wurden untersucht:

Nr.	Gewässer	Nr. der TK 25	Rhein-km - Abschnitt
1	Goldkehle	6915	358,0 - 360,4
2	Pforzer Altrhein	6915	358,0 - 360,4
3	Hörneler Altrhein	6915/6916	366,0 - 367,7
4	Sondernheimer Altrhein	6816	371,0 - 380,4
5	Leimersheimer Altrhein	6816	373,0 - 375,4
6	Hochwaldsporen	6816	377,5 - 378,5
7	Lingenfelder Altrhein	6716	386,0 - 386,5
8	Mechtersheimer Altrhein	6716	387,6 - 389,3
9	Berghäuser Altrhein	6716	391,0 - 393,5
10	Großer Trompeterbau	6716/6616	396,5 - 398,0
11	Angelhofer Altrhein	6616	403,3 - 406,3
12	Otterstädter Altrhein	6616/6516	407,0 - 411,1
13	Prinz Karl Wörth	6516/6517	414,8 - 417,0
14	Ibersheimer Wert	6216	456,0 - 459,0

Nach Ausschluß von Gewässern, deren Fläche u. a. durch den Kiesabbau stark verändert worden ist, blieben sechs Gewässer übrig, die über den Betrachtungszeitraum von 1856 bis ca. 1995 hinlänglich gut mit plausiblen Meßwerten belegt werden konnten. Diese sind:

- Goldkehle (Go)
- Hörnel Altrhein (Hö)
- Leimersheimer Altrhein (Le)
- Lingenfelder Altrhein (Li)
- Mechtersheimer Altrhein (Me)
- Berghäuser Altrhein (Be)

#### 3.4.1 Wasserfläche der Goldkehle

Zur Erfassung der Veränderungen der Wasserfläche bzw. -breite der Goldkehle (heutige Bezeichnung: Westliche Goldkehle, s. a. Abb. 3-6) wurde Kartenmaterial aus den Jahren 1856, 1875, 1938, 1953, 1984 und 1994 ausgewertet (FRIEDRICH et al. 1997).



Abb. 3-6: Untersuchter Kernbereich der Goldkehle (Ausschnitt aus TK 25 Blatt Nr. 6915, verkleinert; nach FRIEDRICH et al. 1997)

Der Verlauf der Goldkehle erstreckt sich 1856 vom ursprünglichen Ingestionspunkt in einem kleinen Bogen zur Egestionsstelle. Der Karte nach steht die Goldkehle nur bei der Egestionsstelle noch mit dem Rhein in direkter Verbindung.

In der Karte von 1875 ist der Altarm am südlichen Ende stark verkürzt. Der Flächenwert, der für diese Situation ermittelt wurde, zeigt eine nicht signifikante Abnahme gegenüber der Vorsituation an. Er spiegelt die beachtliche Flächenabnahme des Gesamt-Altarms nicht wider, weil die hiervon betroffene Fläche außerhalb des ausgewerteten Bereichs liegt.

Ein deutlich schmaleres und im Süden wieder längeres Altarmband ist 1938 dargestellt. Dies wirkt sich signifikant auf den untersuchten Bereich aus, der deutlich kleiner wird.

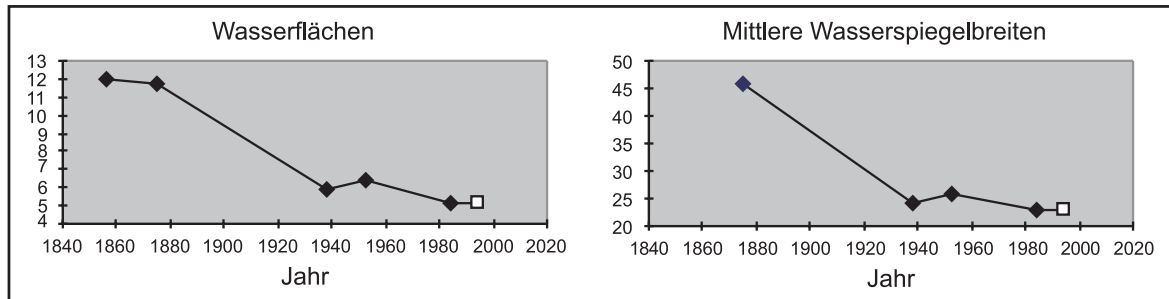


Abb. 3-7: Veränderung der Wasserflächen und -breiten der Goldkehle  
(unausgefülltes Symbol: die Kartengrundlage stellt keine Veränderung gegenüber dem Vorzustand dar)

Anmerkung: Da sich zwischen 1856 und 1875 - aufgrund des Verschwindens eines flächenmäßig kleineren Seitenarms - die Gewässerlänge stärker als die Wasserfläche verringerte, ergibt sich bei der rechnerisch ermittelten Wasserspiegelbreite (Quotient aus Fläche zu Länge) eine leichte Zunahme für dieses Zeitintervall. Die Breitenwerte sind daher erst ab 1875 dargestellt (s.a. Tab. 3-1).

1953 ist die Situation im untersuchten Bereich nahezu unverändert. Eine geringfügige Flächenzunahme bewegt sich im Bereich der Basisfehlerspanne, ist aber - als in der Karte zu erkennende leichte Aufweitung - nicht unplausibel. Im Innenbereich des Altarmbogens ist ein großer Baggersee entstanden.

In der Karte von 1984 ist der Baggersee im Vergleich zur Vorsituation nur unwesentlich größer und die Kernbereichsfläche etwas kleiner. Die Karte von 1994 ist im Kernbereich mit der 1984er-Karte druckgleich. Der Wert von 1994 wird entsprechend den genannten Plausibilitätskriterien (keine Aktualisierung im Kernbereich) nicht in die weiteren Betrachtungen miteinbezogen. Mit Ausnahme der Karte von 1994 erscheint die in den Karten wiedergegebene Entwicklung der Goldkehle insgesamt plausibel, die einzelnen Meßwerte vertrauenswürdig.

Tab. 3-1: Phasen der Abnahme der Wasserflächen und -breiten an der Goldkehle

Phase	Verminderung der Wasserfläche bezogen auf die Wasserfläche von 1856	Verengung der Wasserspiegelbreite bezogen auf die Breite von 1856
1856 - 1875	0,08 %/Jahr	- *
1875 - 1938	0,80 %/Jahr	0,76 %/Jahr
1953 - 1984	0,30 %/Jahr	0,21 %/Jahr

\* siehe Anmerkung oben

Im Zeitraum von 1856 bis 1994 erfolgte eine Verminderung der Wasserflächen um insgesamt 57 % (von 12 ha auf 5 ha) und eine Verengung der mittleren Wasserspiegelbreiten um 50 % (von 46 m auf 23 m). Die stärkste Abnahme ist im Zeitraum von 1875 bis 1938 mit jährlich jeweils etwa 0,8 % bei den Wasserflächen und den mittleren Wasserspiegelbreiten zu beobachten.

### 3.4.2 Wasserfläche des Lingenfelder Altrheins

Für die Auswertung wurde Kartenmaterial aus den Jahren 1856, 1875, 1936, 1953, 1975, 1984 und 1994 ausgewertet (FRIEDRICH et al. 1997).

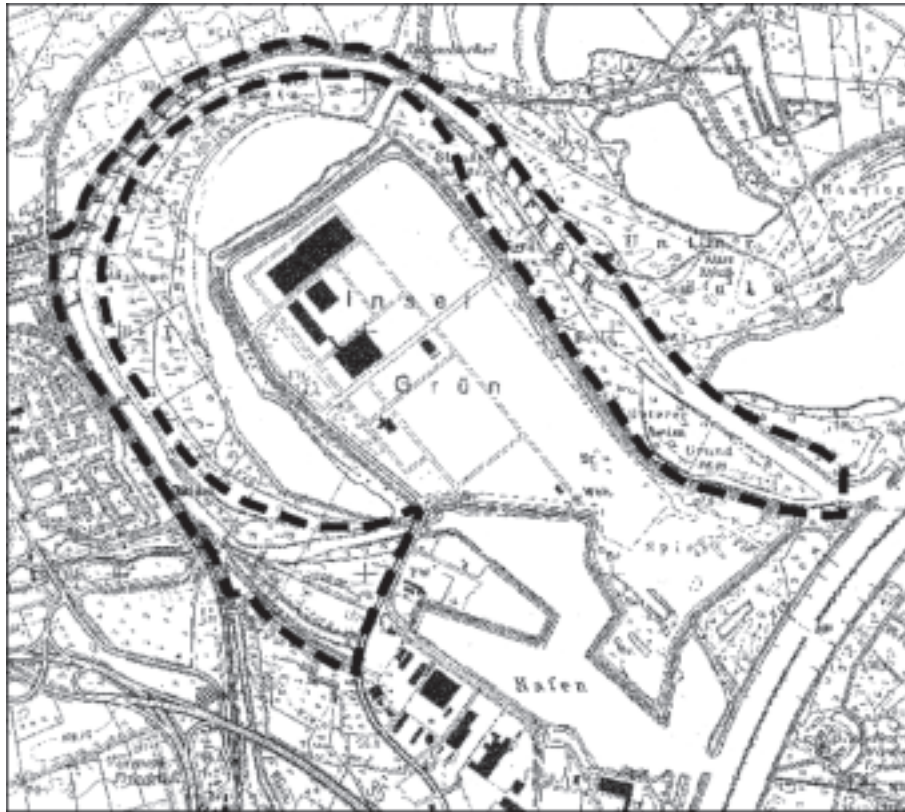


Abb. 3-8:           Untersuchter Kernbereich des Lingenfelder Altrheins  
(Ausschnitt aus TK 25 Blatt Nr. 6716, verkleinert; nach FRIEDRICH et al. 1997)

Der Lingenfelder Altrhein war bereits vor der Korrektur des Rheins ein weitgehend abgeschnürter Altarm des Rheins. Trotz des künstlichen Durchstichs Anfang des 19. Jahrhunderts, der den Altarm endgültig abschnitt, war der Lingenfelder Altrhein zunächst noch durchflossen. Die Fläche und mittlere Breite nehmen im untersuchten Bereich von 1856 bis 1875 um etwa die Hälfte ab (Abb. 3-9). Dieser Prozeß setzt sich auch im Zeitraum zwischen 1875 und 1936 fort (minus 11 % der Fläche von 1875). Die starke Verringerung der Wasserfläche zwischen 1856 und 1875 ist durchaus plausibel. Sie hängt mit der Einengung der Ingestions- und Egestionsstellen zusammen, die den Wasseraustausch mit dem Rhein hemmt. Von 1936 bis 1953 ist keine Flächenänderung festzustellen. Inwiefern dies auf eine tatsächliche Stagnation oder aber auf eine unterbliebene Aktualisierung der Karte zurückzuführen ist, ist nicht bekannt.

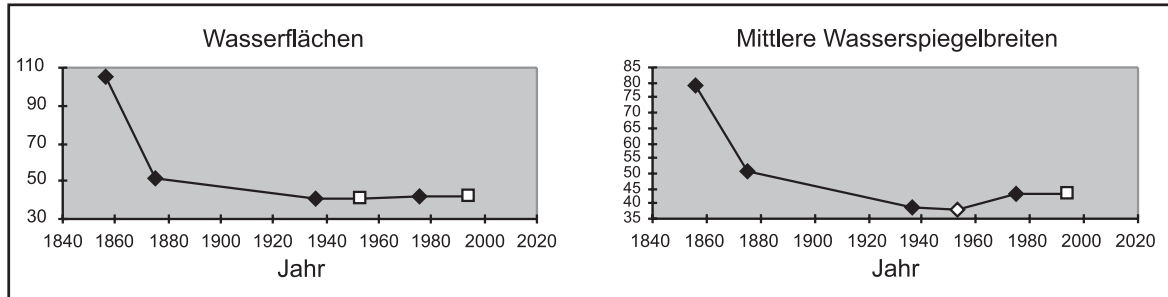


Abb. 3-9: Veränderung der Wasserflächen und -breiten des Lingenfelder Altrhein (FRIEDRICH et al. 1997)  
(unausgefülltes Symbol: die Kartengrundlage stellt keine Veränderung gegenüber dem Vorzustand dar)

Zwischen 1953 und 1975 beginnen die starken Eingriffe im Umfeld des Lingenfelder Altrheins mit der Einrichtung der großen Baggerseen im Norden und im Inneren des Altrheins sowie der Aushebung des Hafenbeckens im ehemaligen Ingestionsbereich. Der untersuchte Kernbereich weist eine leichte Aufweitung - die Wasserfläche nimmt von 40,15 ha auf 42,13 ha zu - auf. Die Flächenwerte von 1984 und 1994 sind, bedingt durch Druckgleichheit mit dem Vorwert von 1975, nicht plausibel und werden für die Abschätzung der Entwicklungsphasen (siehe Tabelle 3-2) nicht berücksichtigt. Die Kurve der mittleren Breite zeigt einen den Wasserflächen analogen Verlauf mit einer Verengung von 79 m auf 51 m zwischen 1856 und 1875 (1,86 % pro Jahr) und um weitere 11 m bis 1936 (0,25 % pro Jahr). Seit 1936 stagniert sie bei durchschnittlich ca. 40 m.

Tab. 3-2: Phasen der Abnahme der Wasserflächen und -breiten am Lingenfelder Altrhein (FRIEDRICH et al. 1997)

Phase	Verminderung der Wasserfläche bezogen auf die Wasserfläche von 1856	Verengung der Wasserspiegelbreite bezogen auf die Breite von 1856
1856 - 1875	2,67 %/Jahr	1,86 %/Jahr
1875 - 1936	0,18 %/Jahr	0,25 %/Jahr
1936 - 1994	-	-

In nahezu 60 Jahren (1936 - 1994) haben sich beim Lingenfelder Altrhein sowohl die Wasserfläche als auch die mittlere Breite - abgesehen von den geringfügigen Aufweitungen zwischen 1953 und 1975 - kaum geändert.

### 3.4.3 Zusammenfassende Betrachtung

Zusammenfassend lässt sich über die Entwicklung der Wasserflächen an den sechs untersuchten Auengewässern folgendes feststellen:

- Das Ausmaß der Veränderung der Wasserflächen und -breiten der Auengewässer unterscheidet sich von Gewässer zu Gewässer sehr stark. Während ein Teil der Auengewässer zwischen 1840 und heute durch Verlandung mehr oder weniger stark an Fläche verloren hat, nahm die Fläche bei anderen im Zusammenhang mit dem Kiesabbau stark zu.



- Die geringsten Abnahmen weist der Hörnel Altrhein mit 18 % Flächen- und 14 % Breitenverminderung auf. Die Werte der anderen Auengewässer liegen für die Abnahme der Wasserfläche zwischen 49 % und 67 % sowie für die Verengung der Wasserspiegelbreite zwischen 46 % und 63 % (siehe Tabelle 3-3, Abbildungen 3-10 und 3-11).
- Tendenziell nehmen in den betrachteten 140 Jahren die Fläche und Breite der größeren Auengewässer (Lingenfelder Altrhein, Mechtersheimer Altrhein und Berghäuser Altrhein) prozentual stärker ab als die der kleineren. Eine Ausnahme bildet die Goldkehle, die als zweitkleinstes Gewässer die größte Breitenabnahme hatte.

Tab. 3-3: Veränderungen der Wasserflächen und -breiten zwischen 1856 und 1994/1995  
(aus FRIEDRICH et al. 1997)

Goldkehle 12,0	5,2	57 %	46*	23	50 %*	
Hörnel Altrhein	9,0	7,4	18 %	43	37	14 %
Leimersheimer Altrhein	13,8	7,1	49 %	65*	35	46 %*
Lingenfelder Altrhein	105,1	42,1	60 %	79	43	46 %
Mechtersheimer Altrhein	30,8	14,3	54 %	146	54	63 %
Berghäuser Altrhein	33,6	11,0	67 %	76	28	63 %

\* Untersuchungsbeginn 1875

Zur Ermittlung des zeitlichen Verlaufs der Änderungen der Wasserflächen bzw. -breiten der Auengewässer seit etwa 1840 wurden für die sechs untersuchten Gewässer Phasen der Wasserflächen- und Wasserspiegelbreitenabnahme bestimmt (siehe Tabellen 3-4 und 3-5).

Tab. 3-4: Mittlere jährliche Abnahme der Wasserflächen von sechs Auengewässern im Projektgebiet  
(FRIEDRICH et al. 1997)

Phase	Mittlere jährliche Abnahme der Wasserfläche bezogen auf 1856 (= 100 %), Abnahme in [%/Jahr]					
	Go	Hö	Le	Li	Me	Be
1856 - 1875	0,08			2,67	0,93	2,26
1856 - 1900			0,15			
1875 - 1936				0,18	0,44	0,22
1875 - 1938	0,80	0,27				
1900 - 1985			0,50			
1936 - 1975					0,23	0,36
1938 - 1984		0,008				
1953 - 1984	0,30					



Tab. 3-5: Mittlere jährliche Abnahme der Wasserspiegelbreiten von sechs Auengewässern im Projektgebiet (FRIEDRICH et al. 1997)

Phase	Mittlere jährliche Abnahme der Wasserspiegelbreite bezogen auf 1856 (= 100 %), Verengung in [%/Jahr]					
	Go	Hö	Le	Li	Me	Be
1856 - 1875				1,86	2,41	2,00
1856 - 1900			0,12			
1875 - 1936				0,25	0,22	0,21
1875 - 1938	0,76	0,19				
1900 - 1985			0,50			
1936 - 1975					0,08	0,40
1938 - 1984		0,05				
1953 - 1984	0,21					

- Allgemein gilt, daß bei allen untersuchten Auengewässern ab 1856 bzw. ab 1875 bis etwa 1936 eine starke Flächenabnahme zu verzeichnen ist. Dabei nehmen die größeren Gewässer in diesem Zeitraum in Relation zu ihrem Zustand von 1994/95 tendenziell stärker an Fläche und Breite ab als die kleineren. Nach 1936 verlangsamt sich die Entwicklung.
- Keines der untersuchten Auengewässer unterliegt während des gesamten Untersuchungszeitraums einer konstanten Wasserflächen- und Breitenabnahme. Die Entwicklung verläuft bei allen Gewässern ungleichförmig, zeitlich nicht parallel zueinander und keiner erkennbaren Regelmäßigkeit folgend. Phasen deutlicher Flächen- bzw. Breitenabnahme werden von solchen mit nur geringfügiger Verringerung unterbrochen. Die Entwicklung läßt sich aus diesem Grunde nicht mit einer mathematischen Funktion beschreiben, zumal die ermittelten Kurvenverläufe immer von der Intervalllänge zwischen zwei Meßwerten abhängig sind.
- Die Flächenabnahme des Lingenfelder Altrheins und des Berghäuser Altrheins zwischen 1856 und 1875 ist jeweils um ein Vielfaches höher als die der anderen Auengewässer. Hierfür sind wohl zwei Sachverhalte bedeutend. Zum einen wurde in diesem Zeitraum die Ingestion des Lingenfelder Altrheins nahezu geschlossen, zum anderen deuten bei beiden Altarmen Waldsignaturen auf noch 1856 überfluteten Flächen auf eine aktive Landgewinnung hin.
- Insbesondere die letzten 10 bzw. 20 (bei Lingenfelder Altrhein und Mechtersheimer Altrhein) betrachteten Jahre zeichnen sich dadurch aus, daß keine kartographischen Änderungen an den sechs Auengewässern vorgenommen wurden (siehe Abbildungen 3-10 und 3-11). Es ist nicht davon auszugehen, daß die Gewässer in dieser Zeit ohne Veränderungen geblieben sind. Vermutlich wurden die Entwicklungen im Kartenbild nicht aktualisiert, so daß der tatsächliche, aktuelle Stand nicht bekannt ist.
- Bei großen Flächenveränderungen, wie sie über den Untersuchungszeitraum hinweg an allen untersuchten Auengewässern stattfanden, verläuft die Entwicklung der mittleren Wasserspiegelbreiten in der Tendenz parallel zur Flächenveränderung.

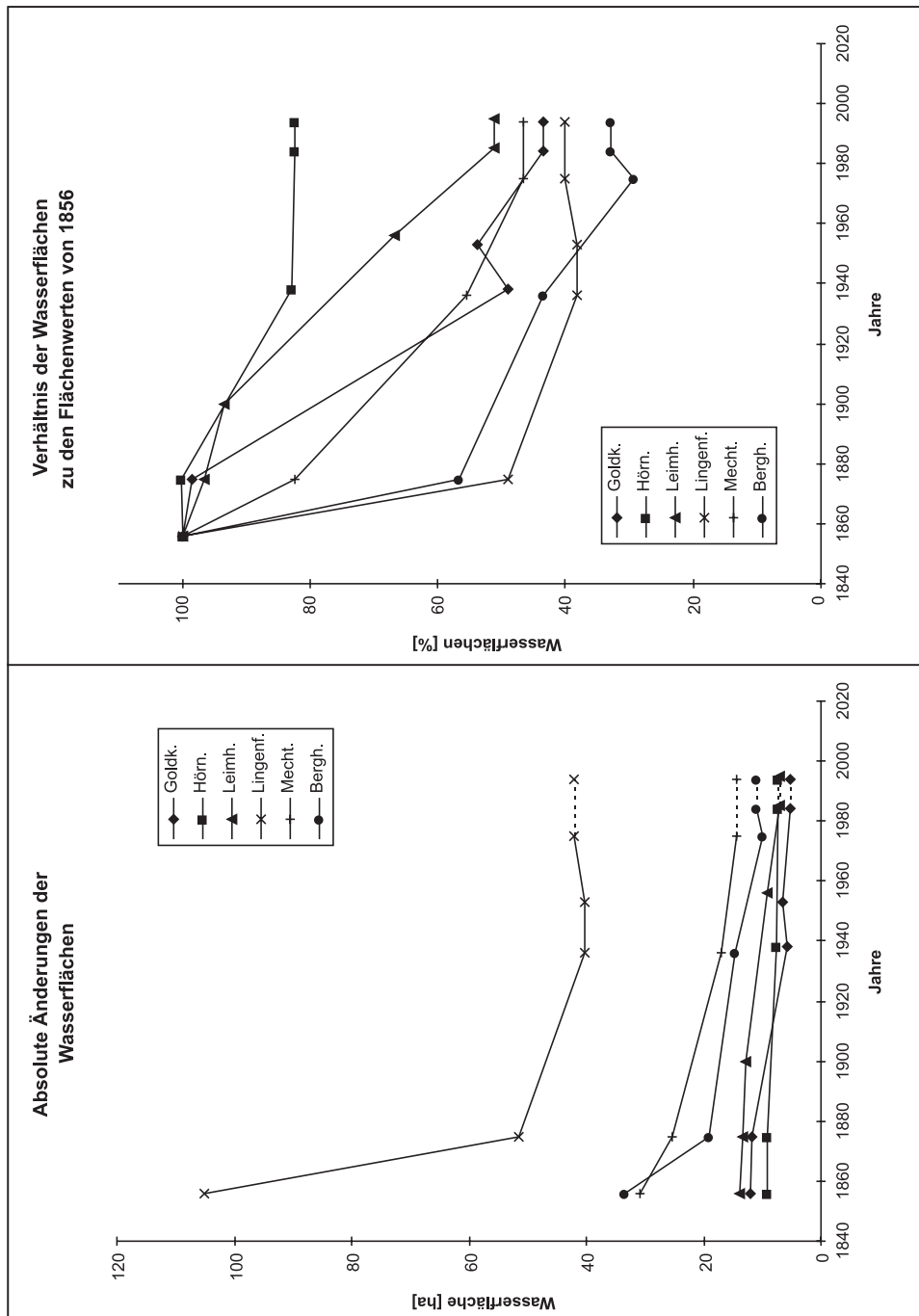


Abb. 3-10: Absolute und relative Veränderung der Wasserflächen von sechs Auengewässern im Projektgebiet (FRIEDRICH et al. 1997)

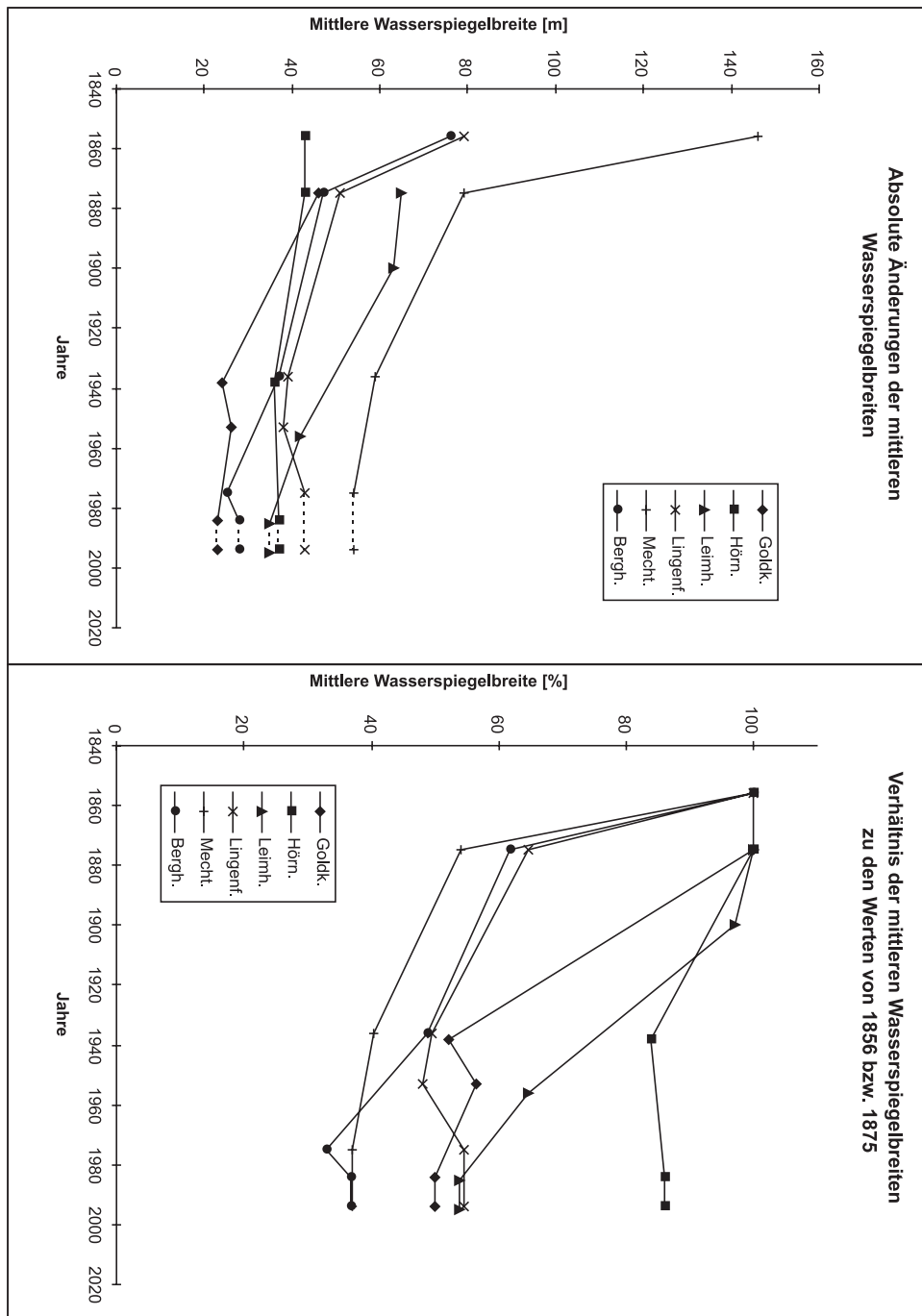


Abb. 3-11: Absolute und relative Veränderung der Wasserspiegelbreiten von sechs Auengewässern im Projektgebiet (FRIEDRICH et al. 1997)

## 4. Der heutige Zustand der Auengewässer

### 4.1 Gewässerbelastung

Die Gewässerbelastung der rezenten Auengewässer wurde auf Grundlage der vom Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz zur Verfügung gestellten limnochemischen Meßdaten bewertet. Für sechs exemplarisch ausgewählte Auengewässer wurden ergänzende Untersuchungen zu den Temperatur- und Sauerstoffverhältnissen sowie zur Phytoplanktonentwicklung durchgeführt (WEIBEL & WOLF 1997). Im einzelnen wurden folgende Parameter berücksichtigt: Gesamtphosphat, ortho-Phosphat, Nitrit, Nitrat, Ammonium, Chlorid, Gesamthärte, Carbonathärte, pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Sichttiefe, vertikale Temperatur- und Sauerstoffprofile.

#### 4.1.1 Gewässerbelastung der Seitenarme

Die Wasserqualität der Seitenarme wird entscheidend von der Qualität des Rheinwasser beeinflusst. Diese hat sich im Zeitraum zwischen 1987 und 1995 erneut deutlich verbessert (IKSR 1997). Als charakteristische Vertreter für den Gewässertyp Seitenarm im Projektgebiet wurden das Heidenfahrter Stillwasser und der Leimersheimer Altrhein ausgewählt.

Die Sauerstoffversorgung in den Seitenarmen Heidenfahrter Stillwasser und Leimersheimer Altrhein war im Untersuchungsjahr 1996 entsprechend den Verhältnissen im Rhein gut. Auch bei hohen Wassertemperaturen in den Sommermonaten wurden Sauerstoffkonzentrationen zwischen 7 mg O<sub>2</sub>/l und 10 mg O<sub>2</sub>/l gemessen (WEIBEL & WOLF 1997). Die Temperaturunterschiede zwischen Gewässeroberfläche und Gewässergrund waren aufgrund der Strömungsverhältnisse gering. Temperaturschichtungen waren nicht ausgebildet.

Die mittlere Gesamtphosphatbelastung (unfiltriert) am Heidenfahrter Stillwasser lag bei 0,18 mg/l (Tab. 4-1). Ende September wurde ein Maximum mit 0,3 mg/l verzeichnet. Phosphat lag zu diesem Zeitpunkt überwiegend als bioverfügbares ortho-Phosphat vor. Die Nitrit-, Nitrat- und Ammoniumkonzentrationen wiesen im Verlauf der Meßperiode keine großen Schwankungen auf. Gleiches gilt für den pH-Wert.

Tab. 4-1: Belastungsparameter im Heidenfahrter Stillwasser und im Leimersheimer Altrhein

Seitenarme	Heidenfahrter Stillwasser			Leimersheimer Altrhein		
	Minimum	Maximum	Mittelwert	Minimum	Maximum	Mittelwert
Gesamt- Phosphat (mg/l)	0,096	0,305	0,18	0,055	0,089	0,07
ortho-Phosphat (mg/l)	< 0,05	0,245	-	nn	0,052	-
Nitrit (mg/l)	0,035	0,080	0,06	0,032	0,054	0,04
Nitrat (mg/l)	7,530	9,320	8,59	4,060	8,560	6,82
Ammonium (mg/l)	0,102	0,130	0,11	0,044	0,076	0,06
pH-Wert	7,56	7,88	7,74	7,50	7,84	7,71

Am Leimersheimer Altrhein betrug die mittlere Gesamtphosphatbelastung (unfiltriert) 0,07 mg/l und war damit deutlich geringer als am Heidenfahrter Stillwasser. Das bioverfügbare ortho-Phosphat war im Juli und Ende September 1996 in geringen Konzentrationen nachweisbar. Nitrit, Nitrat und Ammonium erreichten Durchschnittskonzentrationen von 0,04 mg/l NO<sub>2</sub>, 6,8 mg/l NO<sub>3</sub> und 0,06 mg/l NH<sub>4</sub>, wobei die Werte für Nitrit und Ammonium zu Beginn der Meßperiode am höchsten waren.

Die weiteren limnochemischen Kenndaten (Chlorid, Leitfähigkeit, Carbonat- und Gesamthärte) zeigten an beiden Seitenarmen keine Besonderheiten (Tab. 4-2). Am Leimersheimer Altrhein waren jedoch im Verlauf der Untersuchungsperiode größere Meß- resp. Konzentrationsunterschiede bei den Parametern elektrische Leitfähigkeit und Chlorid festzustellen. Ihre Konzentrationen werden von den Einleitungsrhythmen der elsässischen Kaliwerke beeinflusst. Dies macht sich bei niedrigen Rheinwasserständen verstärkt bemerkbar.

Tab. 4-2: Limnochemische Kenndaten im Heidenfahrter Stillwasser und im Leimersheimer Altrhein

Seitenarm Parameter	Heidenfahrter Stillwasser			Leimersheimer Altrhein		
	Minimum	Maximum	Mittelwert	Minimum	Maximum	Mittelwert
Chlorid (mg/l)	50	115	77,7	48	85	67,7
Leitfähigkeit (µS)	478	765	607	452	731	560
Karbonathärte (dH°)	5,8	8	6,6	5	7	5,8
Gesamthärte (dH°)	11,3	14	12,4	8	11	9,3

#### 4.1.2 Gewässerbelastung der Altarme

Als Vertreter des Gewässertyps Altarm wurde der Lingenfelder Altrhein limnochemisch näher charakterisiert.

Im nur 4 m tiefen Lingenfelder Altrhein traten keine Sauerstoffdefizite auf. Der Sauerstoff war gleichmäßig über die Wassersäule verteilt, d. h., es wurden keine Konzentrationsunterschiede zwischen Wasseroberfläche und Gewässergrund festgestellt. Die Sauerstoffkonzentrationen lagen zwischen 7,1 mg O<sub>2</sub>/l und 9,5 mg O<sub>2</sub>/l.

Der durchschnittliche Gesamtphosphatgehalt (unfiltriert) der oberen Wasserschicht betrug 0,07 mg/l (Tab. 4-3). Die Konzentrationen des bioverfügbaren ortho-Phosphats lagen ganzjährig außerhalb des Meßbereichs. Die Werte für Nitrit, Nitrat und Ammonium schwankten im Jahresverlauf nur geringfügig. Die mittlere Nitratkonzentration war mit 6,1 mg NO<sub>3</sub>/l relativ hoch. Die weiteren limnochemischen Kenndaten (Leitfähigkeit, Chlorid, Carbonat- und Gesamthärte) zeigten keine Auffälligkeiten.

Tab. 4-3: Belastungsparameter und limnochemische Kenndaten im Lingenfelder Altrhein  
(nn = nicht nachweisbar)

Altarm	Lingenfelder Altrhein		
	Minimum	Maximum	Mittelwert
Gesamt- Phosphat (mg/l)	0,057	0,085	0,07
ortho-Phosphat (mg/l)	nn	nn	-
Nitrit (mg/l)	0,028	0,042	0,03
Nitrat (mg/l)	3,96	8,410	6,11
Ammonium (mg/l)	0,061	0,094	0,07
pH-Wert	7,9	8,4	8,07
Chlorid (mg/l)	65	130	92
Leitfähigkeit ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	579	707	644
Carbonathärte ( $\text{dH}^\circ$ )	5,5	15	8,8
Gesamthärte ( $\text{dH}^\circ$ )	8	11	10,0

#### 4.1.3 Gewässerbelastung der Altwässer

Die Eisbruchlache ist ein kleines Altwasser mit geringer Wassertiefe. Aufgrund der geringen Wasserführung konnten keine Temperatur- und Sauerstoffprofile erstellt werden. Der Wasserstand der Eisbruchlache nahm im Verlauf des Sommers 1996 kontinuierlich ab. Weite Bereiche des nordwestlichen Gewässerabschnitts waren zum Ende der Untersuchungen trockengefallen.

Aufgrund der im Verhältnis zur Oberfläche geringen Wassertiefe erwärmt sich die Eisbruchlache schnell. Bereits im Frühsommer wurden Wassertemperaturen deutlich über 20 °C erreicht. Tagsüber verursachte die pflanzliche Primärproduktion Sauerstoffsättigungswerte > 100 %, während in den Nacht- und frühen Morgenstunden der Sauerstoffgehalt unter 3 mg O / l absank. Im Spätsommer lagen die Sauerstoffwerte tagsüber zwischen 50 % und 70 % Sättigung (= ca.<sup>2</sup> 5-6 mg/l). Eine dichte Wasserlinsendecke verringerte die photosynthetische Sauerstoffproduktion bereits in geringer Wassertiefe.

Die Belastungsparameter charakterisieren die Eisbruchlache als nährstoffreiches Stillgewässer. Auch zu Zeiten höchster Produktivität ist ein hoher Gehalt an Nährstoffen nachweisbar. Während der Vegetationsperiode ist ein durchschnittlicher Gesamtphosphatgehalt (unfiltriert) von 0,2 mg/l vorhanden, das Maximum liegt bei 0,4 mg/l (Tab. 4-4). Der Gehalt an für photoautotrophe Organismen direkt verfügbarem ortho-Phosphat lag während der Vegetationsperiode unterhalb der Nachweisgrenze.

Die weiteren chemisch-physikalischen Kenndaten weisen keine Besonderheiten auf (Tab. 4-4).



Tab. 4-4: Belastungsparameter und limnochemische Kenndaten in der Eisbruchlache (nn = nicht nachweisbar)

Altwasser Parameter	Eisbruchlache		
	Minimum	Maximum	Mittelwert
Gesamt- Phosphat (mg/l)	0,107	0,402	0,19
ortho-Phosphat (mg/l)	nn	nn	-
Ammonium (mg/l)	0,058	0,801	0,544
Nitrit (mg/l)	0,017	0,095	0,046
Nitrat (mg/l)	1,240	3,234	2,06
pH-Wert	7,56	8,34	8,07
Chlorid (mg/l)	55	100	85
Leitfähigkeit (µS/cm)	555	613	566
Carbonathärte (dH°)	4,5	7,4	6,5
Gesamthärte (dH°)	9,5	10,8	10,2

#### 4.1.4 Gewässerbelastung der Baggerseen

Die Gewässerbelastung von Baggerseen wurde am Beispiel des Berghäuser Altrheins und des Goldgrund (Minthe Baggersee) untersucht.

Im Berghäuser Altrhein ist die Sauerstoffversorgung in den oberen Wasserschichten ganzjährig gut. Durchschnittlich wurde im Beprobungszeitraum ein Gehalt von 8,7 mg O /l ermittelt; die Werte lagen nahe der Oberfläche zwischen 5,6 mg O /l und 14,1 mg O /l. Mit Beginn des Hochsommers nahm der Sauerstoffgehalt im Berghäuser Altrhein ab einer Gewässertiefe von 1,5 m kontinuierlich ab und erreichte über der Gewässersohle Werte knapp über Null (Abb. 4-1). Der vertikale Temperaturverlauf änderte sich dabei nur geringfügig. Defizitäre Sauerstoffverhältnisse traten ab Mitte August in einer Tiefe von ca. 5 m auf. Diese Verhältnisse blieben über mehrere Wochen konstant. An eine obere, 3 - 5 m mächtige, gut mit Sauerstoff versorgte Schicht schloß sich übergangslos das sauerstoffarme Tiefenwasser an. Erst zum Ende der Vegetationsperiode wurde die Trennung zwischen einer sauerstoffreichen und einer sauerstoffarmen Schicht wieder aufgehoben. Die letzte Messung vom 24. Sept. 1996 ergab in einer Tiefe von 7,50 m einen Sauerstoffgehalt von ca. 4 mg/l.

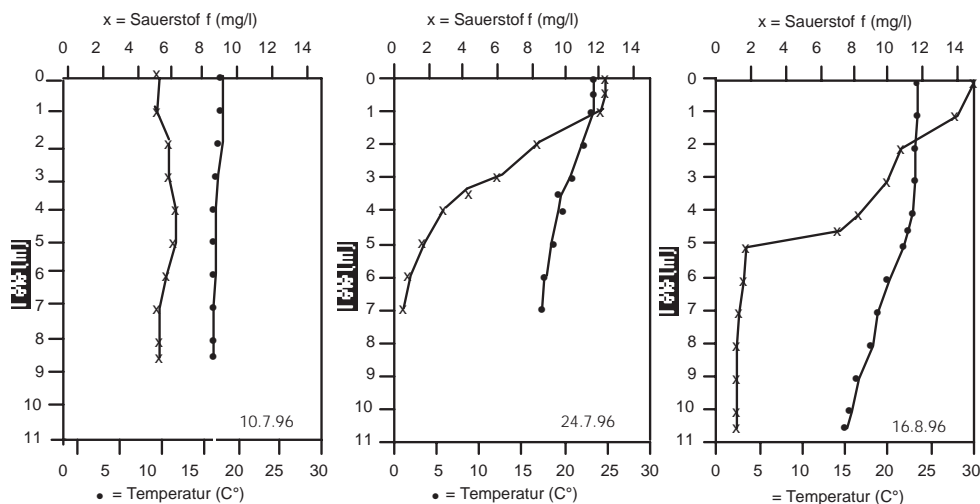


Abb. 4-1: Entwicklung der Sauerstoffverhältnisse im Berghäuser Altrhein zwischen 10.7.96 und 16.8.96 (Die Gewässertiefen variieren je Rheinwasserstand bzw. je Lage der Probepunkte.)

Die vertikalen Sauerstoffprofile des Goldgrund (Minthe-Baggersee) verdeutlichen, daß nur die oberen Wasserschichten (0 m - 3 m) ganzjährig hohe Sauerstoffkonzentrationen aufweisen (Abb. 4-2). Im Juli und August 1996 war der Tiefenwasserbereich annähernd sauerstofffrei. Im August 1996 war im Epilimnion (0 m - 1,5 m) ein deutlicher Sauerstoffüberschuß von bis zu 200 % Sättigung zu verzeichnen, der von einer starken Phytoplanktonentwicklung verursacht wurde. Unterhalb dieser trophogenen Zone fiel der Sauerstoffgehalt rasch ab. In 2 m Tiefe wurden 85 % Sauerstoff (7,7 mg/l), in 3 m Tiefe 42 % (3,8 mg/l) ermittelt. Ein ähnliches Bild ergab sich im September mit hohen Sauerstoffsättigungswerten im Epilimnion und deutlicher Sauerstoffabnahme ab einer Tiefe von 2,5 m. Ende September wurden die Sauerstoffverhältnisse nicht mehr vom Phytoplankton bestimmt. Zum Ende der Vegetationsperiode führten mikrobielle Abbauvorgänge zu Sauerstoffwerten von durchschnittlich 4,5 mg/l. Sauerstoffdefizite über der Gewässersohle traten im Gegensatz zu den Messungen im Juli und August nicht mehr auf. Das Rheinhochwasser vom Juli 1996 (Pegel Maxau 7,0 m) führte im Goldgrund (Minthe-Baggersee) zu hohen Wasserständen und erklärt die unterschiedlichen Gewässertiefen in den vertikalen Temperatur- und Sauerstoffprofilen.

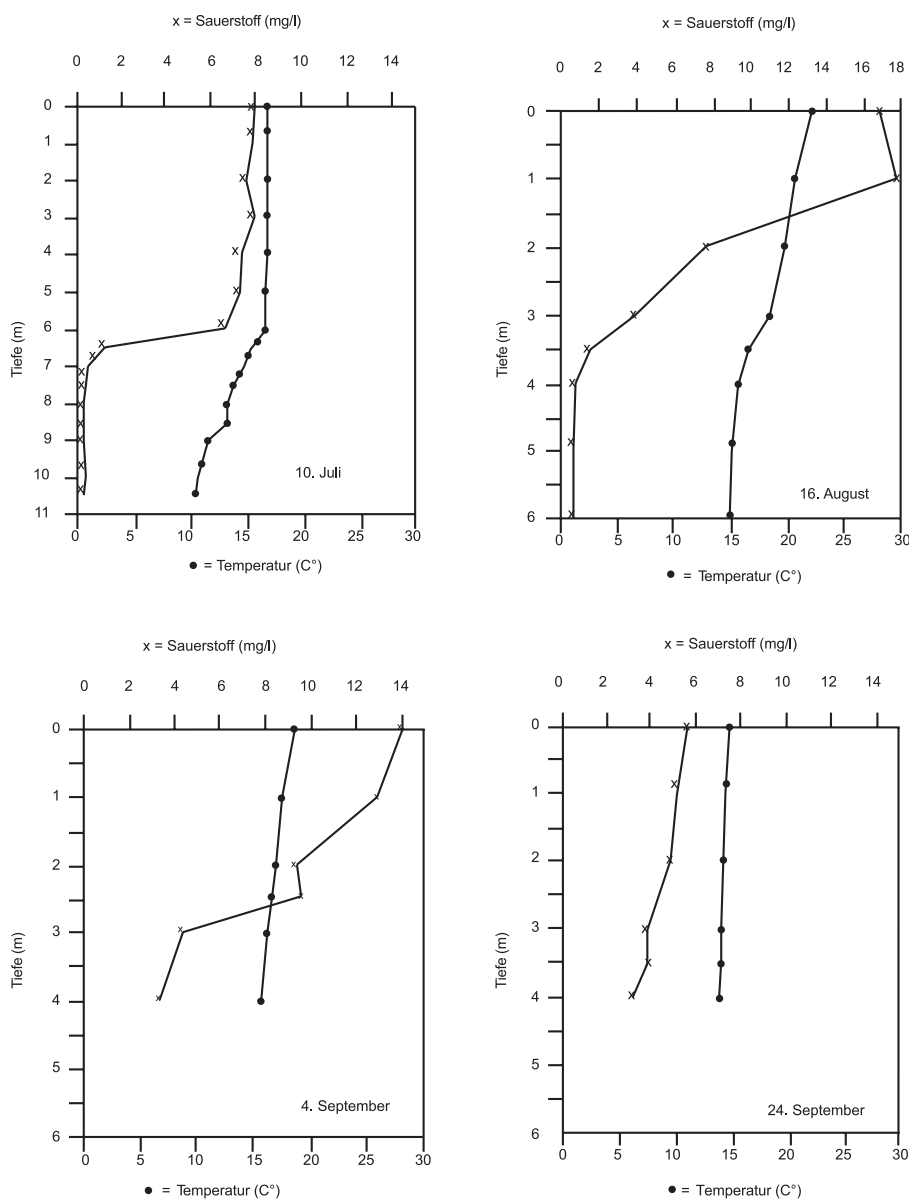


Abb. 4-2: Temperatur- und Sauerstoffverhältnisse im Goldgrund (Minthe Baggersee)

Im Berghäuser Altrhein lag der durchschnittliche Gesamtphosphatgehalt (unfiltriert) der oberen Wasserschicht bei 0,07 mg/l (Tab. 4-5). Der höchste Wert von 0,13 mg/l wurde am Ende der Vegetationsperiode ermittelt, während im Sommer bei intensiver Primärproduktion Phosphat in nur geringen Konzentrationen vorlag. Ortho-Phosphat war zu Beginn der Messungen in geringen Mengen vorhanden. Da die photoautotrophen Organismen (Pflanzen, Algen, Phytoplankton) in erster Linie ortho-Phosphat verwenden, sank mit Beginn der pflanzlichen Primärproduktion sein Gehalt rasch ab und lag im Juli und September unterhalb der Nachweisgrenze.

Die mittlere Gesamtphosphatbelastung (unfiltriert) im Goldgrund (Minthe-Baggersee) betrug knapp 0,06 mg/l. Die höchste Gesamtphosphatkonzentration wurde zu Beginn der Meßperiode ermittelt (Tab. 4-5). Zu diesem Zeitpunkt war das bioverfügbare ortho-Phosphat in vergleichsweise hohen Konzentrationen vorhanden. Mitte August war es aufgrund des Nährstoffbedarfs für die pflanzliche Primärproduktion und die Entwicklung des Phytoplanktons nicht mehr nachweisbar. Erst zum Ende der Vegetationsperiode konnte ortho-Phosphat wieder gemessen werden.

Nitrit, Nitrat und Ammonium erreichten im Berghäuser Altrhein Durchschnittskonzentrationen von 0,05 mg NO<sub>2</sub>/l, 2,5 mg NO<sub>3</sub>/l und 0,13 mg NH<sub>4</sub>/l; die Werte im Goldgrund (Minthe Baggersee) betragen 0,08 mg NO<sub>2</sub>/l, 3,4 mg NO<sub>3</sub>/l bzw. 0,08 mg NH<sub>4</sub>/l (Tab. 4-5). Die einzelnen Meßwerte für Nitrit und Ammonium lagen - letztere in Verbindung mit pH-Wert und Wassertemperatur, außerhalb fischtoxisch relevanter Bereiche. Die kontinuierliche Abnahme von Ammonium im Verlauf der Vegetationsperiode ist zum einen durch die gute Sauerstoffversorgung im Epilimnion bedingt (mikrobielle Nitrifikation), zum anderen können Wasserpflanzen und Algen Ammonium direkt als Stickstoffquelle nutzen und so zu einer raschen Konzentrationsabnahme führen.

Die weiteren abiotischen Kenndaten zeigen keine Besonderheiten (Tab. 4-5). Der relativ niedrige Chloridgehalt im Juli 1996 ist auf den verdünnenden Effekt des hohen Rheinwasserstands zurückzuführen. Im Verlauf der Meßperiode war bei sinkenden Rheinwasserständen eine kontinuierliche Erhöhung der Chloridkonzentration festzustellen.

Tab. 4-5: Belastungsparameter und limnochemische Kenndaten im Berghäuser Altrhein und im Goldgrund (Minthe Baggersee)

Baggersee Parameter	Berghäuser Altrhein			Minthe Baggersee		
	Minimum	Maximum	Mittelwert	Minimum	Maximum	Mittelwert
Gesamt- Phosphat (mg/l)	0,037	0,127	0,07	0,034	0,091	0,06
ortho-Phosphat	0,031	0,080	-	0,015	0,072	0,04
Nitrit (mg/l)	0,009	0,090	0,05	0,001	0,167	0,08
Nitrat (mg/l)	0,765	5,080	2,47	0,747	8,140	3,44
Ammonium (mg/l)	0,039	0,201	0,13	0,032	0,125	0,08
pH-Wert	7,76	8,28	8,06	7,6	8,22	7,9
Leitfähigkeit (µS)	68	85	74,5	437	640	547
Chlorid (mg/l)	504	644	566	35	80	61,3
Karbonathärte (dH°)	4,2	7	5,8	6,5	8	7,3
Gesamthärte (dH°)	7,5	11,5	7,5	14	11,1	10,4

## 4.2 Gewässertrophie

---

Da zur Zeit kein allgemein anerkanntes und erprobtes System zur weitergehenden Klassifizierung der Trophie von Auengewässern zur Verfügung steht, wird der gegenwärtige Zustand der rezenten Auengewässer auf der Grundlage des vom LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT RHEINLAND-PFALZ verwendeten 2-stufigen Belastungskonzepts dargestellt.

Die Klassifizierung basiert auf der Überlegung, daß sämtliche Auengewässer aufgrund der gegebenen Grundlast an Nährstoffen des Rheins als eutroph einzustufen sind. Die Differenzierung erfolgt auf der Ebene zusätzlich wirksamer Belastungsfaktoren unter besonderer Berücksichtigung von Abwasser- und Mischwassereinleitungen. Resultieren diese zusätzlichen Belastungsquellen in einer deutlichen Verschlechterung der Gesamtgewässersituation, so werden die Gewässer mit „belastet: ja“ klassifiziert. Ziel dieses Konzepts ist letztlich die Beseitigung der Belastungsursachen und die Überführung der Gewässer in den Zielzustand „belastet: nein“. Als entscheidendes gewässerrelevantes Kriterium wird der Sauerstoffgehalt angesehen, da Abwässer durch den Gehalt an abbaubaren Substanzen direkt oder indirekt über die gesteigerte pflanzliche Primärproduktion und deren anschließenden mikrobiellen Abbau zu Sauerstoffmangelsituationen führen.

Nach diesem Konzept sind gemäß des Landesmeßprogramms „Limnologische Überwachung: Ermittlung von Trophie und Güte“ folgende Gewässer der rezenten Aue im rheinland-pfälzischen Rheinabschnitt vorläufig mit der Kategorie „Belastet: ja“ belegt:

- Lingenfelder Altrhein (westlicher Teil)
- Altriper Altrhein (Prinz Karl Wörth)
- Eicher See (Mintheloch)
- Berghäuser Altrhein (alter Teil)

Für den Angelhofer Altrhein bestehen Verdachtsmomente bezüglich einer Abwasserbelastung, die derzeit überprüft werden.

Fischkritische Situationen treten in den rezenten Auengewässern nur noch sehr selten auf. Fischsterben waren in den letzten beiden Jahrzehnten nicht zu beobachten.

### 4.3 Ökomorphologische Strukturgütekartierung der Auengewässer

---

Die ökologische Funktionsfähigkeit eines Gewässers für Tiere und Pflanzen ist - neben seiner Wasserqualität - insbesondere abhängig von der ökomorphologischen Struktur des Gewässers. Im Rahmen des Projekts wurde geprüft, ob in enger Analogie zum Verfahren der Gewässerstrukturgütekartierung für kleine und mittelgroße Fließgewässer (LFW 1996) eine beweis- und aussagekräftige ökomorphologische Strukturgütekartierung für die Auengewässer des Projektgebiets möglich ist (HARMS & SCHERLE 1996).

Das entwickelte Verfahren wurde durch Vorortkartierungen an ausgewählten Auengewässern erprobt. Die Bewertung zeichnete zwar die Kriterien, die an den Auengewässern von hoher ökologischer Bedeutung sind, sehr exakt nach, lieferte jedoch keine neuen, planungsrelevanten Erkenntnisse. Es bestand auch keine Aussicht, den gewählten methodischen Ansatz so zu variieren und zu vertiefen, daß er bei vertretbarem Aufwand zu planungsrelevanten Aussagen geführt hätte. Da keine alternativen Kartierverfahren zu Verfügung standen, wurde die ursprünglich geplante, flächendeckende Strukturgütekartierung der Auengewässer nicht durchgeführt.

### 4.4 Ökologisch relevante Wasserbauwerke

---

Von Wasserbauwerken und technischen Einrichtungen an den Gewässern gehen potentiell schädliche Wirkungen auf die Fischfauna der Auengewässer aus. Sie fördern die Verlandung, schaden der Strukturentwicklung des Gewässers und/oder verstärken die Schädigung der Gewässerbelastung.

Aufbauend auf den grundsätzlichen methodischen Überlegungen, die bei der Bewertung der Gewässerstrukturgüte berücksichtigt werden (LFW 1996), wurde zunächst ein Erfassungs- und Klassifizierungsschema für Wasserbauwerke (im weiteren Sinne) entwickelt (BLANK & KLEINSCHMIDT 1997).

Die Bauwerke wurden nach ihrer Lage (Deichvorland, Deich, Deichhinterland), nach der Art des Gewässers (Fließgewässermündung, Seitenarm, Altarm, Altwasser, Baggersee) sowie nach der Art des Bauwerks (bspw. Querverbau ohne Durchlaß, mit Brückendurchlaß, mit Rohrdurchlaß; Pumpwerk, Schließe) unterschieden. Es wurden nur solche Parameter herangezogen, die im Rahmen einer einmaligen Begehung ohne aufwendige Untersuchung und ohne Messungen erfaßt werden können (z. B. Typ bzw. Art des Bauwerks, Abmessungen des lichten Profils der Querverbauung).

Für die Bewertung der schädlichen Wirkungen im Hinblick auf die Fischfauna der Auengewässer wurden die Kriterien Durchflußbehinderung, Geschiebehindernis, Vernetzungshindernis und Gewässerverengung ausgewählt. Für jeden Parameter wurden drei Klassen der Schädlichkeit definiert:

- 
- 0 = keine bis geringe Schädigung des jeweiligen Parameters
  - 1 = mittlere Schädigung des jeweiligen Parameters
  - 2 = hohe Schädigung des jeweiligen Parameters
- 

Im gesamten Projektgebiet wurden 69 relevante Bauwerke und technische Einrichtungen erfaßt. Hierzu gehören auch die Ingestions- und Eggestionsbauwerke. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die an den jeweiligen Gewässern erfaßten Bauwerke und technischen Einrichtungen.

Tab. 4-6: Anzahl und Art der relevanten Bauwerke an den Gewässern des Projektgebiets

Gewässer	Anzahl der Bauwerke / Objekte	davon: mit Rohrdurchlaß	Pumpwerke / Schließen	Querverbau Querverbau mit Brücken	Ingestion/ Egestion offen	anthropogen beeinflusste Ingestion / Egestion
Neue Lauter	3	-	-	2	1	-
Gründel Altrhein	2	-	1	-	-	1
Neuburger Altrhein	2	-	1	-	-	1
Pforzer Altrhein	4	2	-	1	-	1
Hagenbacher Altrhein	5	2	1	1	-	1
Wörther Altrhein	3	1	-	-	-	2
Jockgrimer Altrhein	1	-	-	-	-	1
Scherpfer Altrhein	2	-	1	-	1	-
Hörnelt Altrhein	1	-	-	-	1	-
Neupotzer Altrhein	3	-	-	1	-	2
Leimersheimer Altrhein	3	-	-	2	1	-
Sondernheimer Altrhein,						
Michelsbach, Fischmahl	4	-	-	3	1	-
Lingenfelder Altrhein	2	-	1	-	1	-
Meckersheimer Altrhein	2	-	-	-	1	1
Speyrer Altrhein	2	-	-	-	1	1
Berghäuser Altrhein	2	-	-	1	1	-
Angelhofer Altrhein	2	1	-	-	1	-
Otterstädter Altrhein	2	-	-	-	1	1
Horren Altrhein	1	-	-	-	-	1
Altriper Altrhein	2	-	-	-	1	1
Neuhofer Altrhein	2	-	1	-	-	1
Roxheimer Altrhein	1	-	1	-	-	-
Sandlache	2	-	-	-	-	2
Inselrhein	1	-	-	-	1 (Leitwerk)	-

Das Ergebnis der Bewertung der Schadwirkung der relevanten Bauwerke an den wichtigsten Gewässern des Projektgebiets faßt Tabelle 4-7 zusammen.

16 Bauwerken wurde „keine Schadwirkung“ bzw. eine „geringe Schadwirkung“ zugewiesen; vier Bauwerke erhielten die Bewertung „mittel“ und 23 Bauwerke wurden mit der Schadwirkung „hoch“ eingestuft. Von den insgesamt bewerteten Bauwerken liegen wiederum 26 an Altrheinen. Sieben dieser Bauwerke haben eine „geringe bis keine Schadwirkung“, drei Bauwerke weisen eine „mittlere Schadwirkung“ und 16 Bauwerke eine „hohe Schadwirkung“ auf (siehe hierzu auch LUDWIG & ELPERS 1997).



Tab. 4-7: Schadwirkung der relevanten Bauwerke an den wichtigsten Gewässern des Projektgebiets  
(0 = keine bis geringe Schadwirkung, 1 = mittlere Schadwirkung, 2 = hohe Schadwirkung)

Bauwerk Nr.	Lage	Durchflußbehinderung	Geschiebehindernis	Vernetzungshindernis	Gewässerungsverengung	Gesamtbewertung
1	Altbach	0	0	0	1	0
2	Altbach	0	1	1	1	1
3	Altbach	0	0	1	0	0
4	Altbach	1	1	2	2	2
5	Eckbach	0	0	0	1	0
6	Eckbach	1	1	2	2	2
7	Eckbach	0	0	0	0	0
8	Eckbach	0	1	0	1	0
9	Roxheimer Kandel	1	1	2	2	2
10	Roxheimer Kandel	1	2	2	2	2
11	Roxheimer Altrhein	2	2	2	2	2
12	Mörschbach	0	0	0	0	0
13	Neuhofer Altrhein	2	2	2	2	2
14	Schwalbeneck	2	2	2	2	2
15	See-Angelwald	2	2	2	2	2
16	Angelhofer Altrhein	1	2	2	2	2
17	Berghäuser Altrhein	1	2	2	2	2
18	Riedgraben	1	2	2	2	2
19	Mechtersh. Altrhein	1	2	2	2	2
21	Lingenfelder Altrhein	1	2	2	2	2
22	Klingbach	0	0	0	0	0
23	Michelsbach	0	0	0	0	0
24	Michelsbach	0	0	0	0	0
25	Sondernh. Altrhein	0	0	0	1	0
26	Leimersh. Altrhein	0	0	0	1	0
27	Leimersh. Altrhein	1	2	1	2	2
28	Neupotzer Altrhein	1	0	0	1	0
29	Rheingraben	1	0	0	0	0
30	Scherpfer Altrhein	1	2	2	2	2
31	Wörther Altrhein	0	2	2	2	2
32	Pforzer Altrhein	0	2	1	1	1
33	Pforzer Altrhein	2	2	2	2	2
34	Pforzer Altrhein	1	2	2	2	2
35	Pforzer Altrhein	1	2	2	2	2
37	Hagenbacher Altrhein	0	2	1	2	1
38	Hagenbacher Altrhein	0	0	0	1	0
39	Hagenbacher Altrhein	1	1	1	2	1
40	Gründel Altrhein	1	2	2	2	2
41	Neuburger Altrhein	1	2	2	1	2
42	Panzergraben	1	2	2	2	2
44	Neue Lauter	0	1	0	0	0
45	Tankgraben	1	2	2	2	2
46	Neue Lauter	0	0	0	1	0

#### 4.5 Derzeitige Verlandungssituation

Für die Beurteilung der derzeitigen Verlandungssituation der Auengewässer des Projektgebiets wurden die charakteristischen Eigenschaften von 14 Gewässern, die im Rahmen der Einzelgutachten des Projekts ermittelt wurden (WEIBEL et al. 1996, KROHMER & SCHERLE 1996, HARMS & SCHERLE 1996, KUBINIOK 1997, FRIEDRICH et al. 1997, BCE 1997), zusammengestellt sowie durch Bestandsaufnahmen vor Ort ergänzt (GEBLER 1997).

Von den 14 Gewässern sind sechs sowie ein Teil eines weiteren Gewässers von starker Auskiesung betroffen:

- Lautermündung
- Sondernheimer Altrhein
- Mechtersheimer Altrhein
- Großer Trompeterbau
- Angelhofer Altrhein
- Otterstädter Altrhein
- innerer Berghäuser Altrhein

Aufgrund dieser erheblichen Eingriffe wurden diese Gewässer nicht in die weitere Bearbeitung der Einflußfaktoren (Kausalanalyse der Verlandung) einbezogen.

Von den verbleibenden acht Auengewässern sind vier nur von einer geringen bzw. nur von lokaler Verlandung, die übrigen vier Gewässer von einer starken Verlandung betroffen:

Geringe bzw. lokale Verlandung	Starke Verlandung
Goldkehle	Pforzer Altrhein
Hörnelt Altrhein (Scherpfer Graben)	Lingenfelder Altrhein
Leimersheimer Altrhein	Berghäuser Altrhein
Hochwaldsporen	Prinz Karl Wörth

Im folgenden sind ohne Wichtung die wesentlichen Faktoren, die einen Einfluß auf das Verlandungsgehehen ausüben, aufgeführt. Der Prozeß der Verlandung muß dabei als Ergebnis unterschiedlicher Einwirkungen gesehen werden.

##### Sedimentologische Faktoren

- Beschaffenheit der Schwebstoffe (Strom und Zuflüsse): Dichte, Tongehalt, Anteil organischer Bestandteile, Partikelgröße
- Beschaffenheit der Geschiebe (Strom und Zuflüsse)

##### Hydrologische Faktoren

- Häufigkeit und Dauer der Durchströmung beziehungsweise des Anschlusses
- Wellenform
- Abflußregime (saisonale Verteilung der Abflüsse)

##### Hydraulische Faktoren

- Energieliniengefälle
- Fließgeschwindigkeiten
- Schleppspannungen

Morphologische Faktoren

- Art der Anbindung an das Hauptgewässer
- Linienführung
- Querprofilgestalt
- Formeninventar (Bänke, Totholz, etc.)
- Vorlandstrukturen

Bodenmechanische Faktoren

- Konsolidierung der Schwebstoffe: Verfestigung bei Stagnation, Krustenbildung bei Austrocknung

Chemisch-physikalische Faktoren

- Gewässergüte
- Gewässerchemismus
- Temperatur

Biologische Faktoren:

- autochthone Produktion
- Bestandsabfall

Anthropogene Faktoren

- Ausbaugeschichte und Veränderungen im Rhein
- Baggerungen
- Verklappungen
- Nutzungen: Vorfluterfunktion, Schiffsverkehr, Wasserentnahmen

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung konnte nur ein Teil der genannten Faktoren für die Auswertung einbezogen werden. Weitgehend ausgeklammert wurden die sedimentologischen, bodenmechanischen, chemisch-physikalischen und biologischen Faktoren.

Hinsichtlich der ausgewerteten Faktoren (insb. Linienführung, Durchströmung, Einleitungen, Tiefenerosion) können folgende Aussagen getroffen werden:

Aktuelle Verlandungen treten in erster Linie bei unzureichender Durchströmung der Auengewässer auf. Ein entscheidender Faktor für die Durchströmung ist die Linienführung. Die im Projektgebiet von starker Verlandung betroffenen Gewässer weisen alle (bis auf Prinz Karl Wörth) eine weit ausholende Bogenform auf (abgeschnittener Mäander), die zu einer geringen Durchströmung bei Hochwasser führt. Das Gewässer Prinz Karl Wörth liegt im Gleithang mit entsprechend verstärkter Sedimentation.

Demgegenüber sind die Auengewässer mit geringer Verlandung grundsätzlich rheinparallel ausgerichtet und werden demzufolge bei Hochwasser stärker durchflossen.

Eine ständige Durchströmung ist keine unabdingbare Voraussetzung für eine geringe Verlandung (siehe Goldkehle, Hörnel Altrhein, Hochwaldsporen).

Besonders augenfällig sind Verlandungen dann, wenn in Kombination mit unzureichender Durchströmung nährstoffreiche Einleitungen vorgenommen werden. In diesen Fällen ist eine ständige Durchströmung Grundvoraussetzung eines Verlandungsschutzes.

Die insbesondere ab Sondernheim rheinabwärts festzustellende Sohlenerosion des Rheinbetts, die zu einer zeitlich reduzierten Beschickung der Auengewässer führt, ist ein weiterer Faktor des Verlandungsgeschehens. So liegen alle nur gering verlandeten Gewässer oberhalb Sondernheim, im Bereich der starken Tiefenerosion sind alle nicht ausgekiesten Auengewässer von starker Verlandung betroffen.

Die Auengewässer im Projektgebiet unterliegen bei folgenden Randbedingungen einer geringfügigen oder keiner fortschreitenden Verlandung:

- gute Durchströmung bei Hochwasser
- ständige Durchströmung, insbesondere bei vorhandenen nährstoffreichen Einleitungen und hoher allochthoner Produktion
- fehlende nährstoffreiche Einleitungen
- keine Abflußhindernisse im Hauptschluß (Durchlässe, Wegedämme, Brücken)
- keine Querschnittsaufweitung durch Kiesbaggerung im Nebenschluß oder im Vorland

Einer fortschreitenden Verlandung unterliegen die Auengewässer des Projektgebiets bei folgenden Randbedingungen:

- fehlende Ingestion
- Ingestion ungenügend leistungsfähig
- Ingestion zu wenig oder zu selten beaufschlagt
- Lauflänge relativ zum Rheinhauptstrom wesentlich länger (Bögen / Schlingen)
- fehlende ständige Durchströmung, insbesondere bei nährstoffreichen Einleitungen und hoher autochthoner Produktion
- Lage in einem Abschnitt, der von Tiefenerosion des Rheinhauptstroms betroffen ist



## 5. Ökologische Bedeutung und derzeitige Funktionsfähigkeit der Auengewässer

Der Rhein weist heute im Bereich des Nördlichen Oberrheins den Charakter der mittleren Region eines Tieflandflusses (Metapotamal) auf.

In Anlehnung an Roux (1982) kann der Auenbereich des Potamals im Hinblick auf die orohydrographischen Verhältnisse folgendermaßen untergliedert werden (Abb. 5-1):

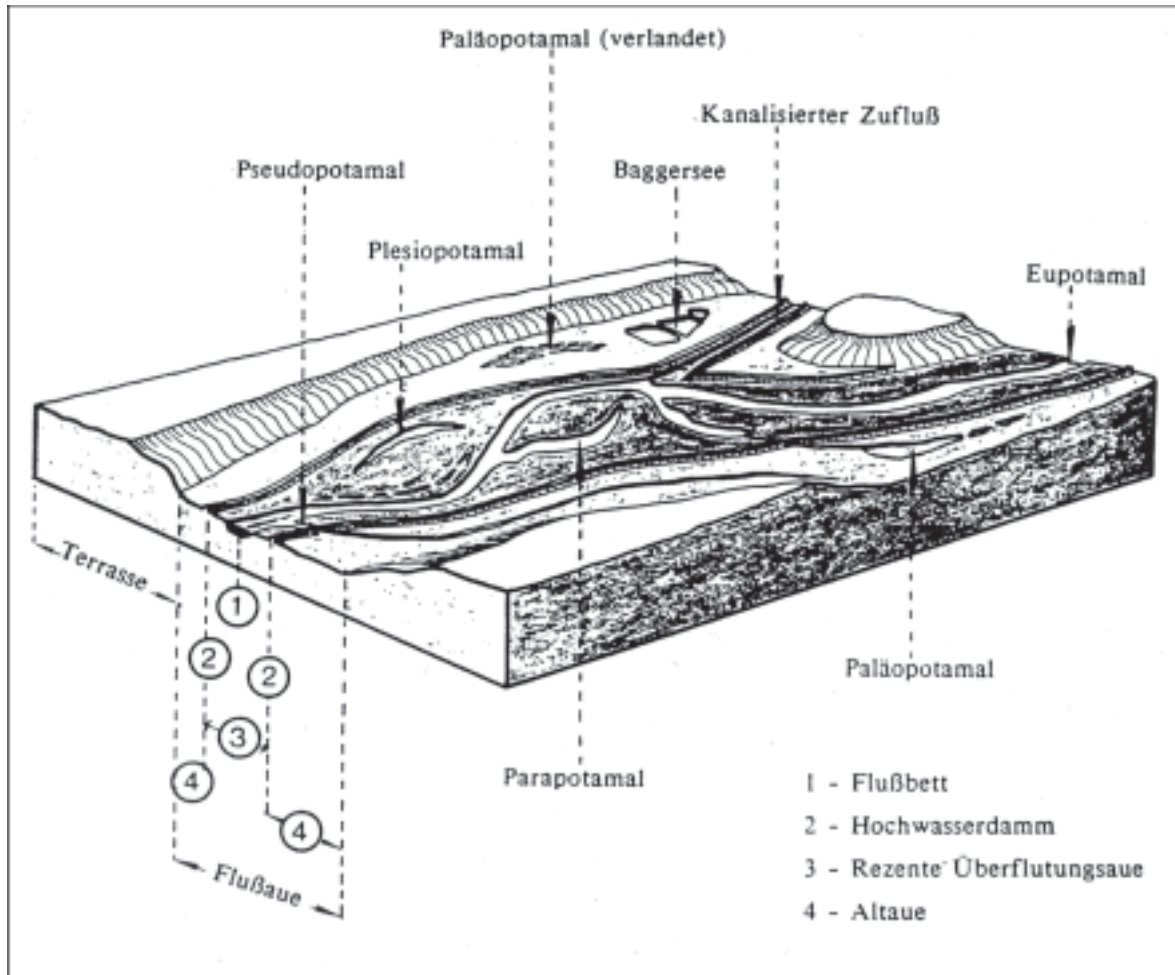


Abb. 5-1: Schematische Übersicht der orohydrographischen Verhältnisse im Auenbereich des Potamals (nach Roux 1982)

### a) Eupotamal:

Das Eupotamal beschreibt den eigentlichen strömenden Hauptlauf eines Tieflandflusses, der vorwiegend durch das Vorhandensein von lotischen Bereichen und Biotopen charakterisiert ist. Darüber hinaus beinhaltet das Eupotamal ständig durchströmte oder bereits bei mittleren Wasserständen durchströmte parallel zum Hauptstrom verlaufende Seitenarme mit beidseitiger Anbindung unter Einschluß von Inseln. Hier, wie auch zwischen Bühnenfeldern oder anderen natürlichen oder künstlichen Strombuchten, können lenitische Bereiche entstehen, die wichtige Aufenthaltszonen (vermehrtes Nahrungsangebot) für zahlreiche Cypriniden-Arten, insbesondere deren Jungfische, darstellen. Heute entspricht das Eupotamal weitgehend dem stauregulierten Flußlauf mit seinen entsprechenden Strukturen, wie z. B. Prall- und Gleithangufer, Bühnenfelder, Umläufe bzw. Inseln, natürliche und künstliche Buchten, ausgebaute Hafenanlagen und sonstige wasserbauliche Konstruktionen.



b) Parapotamal:

Als Parapotamal werden Altarme in der Überflutungsau mit mindestens flußabwärts gelegener permanenter und direkter Anbindung an den Hauptstrom (Egestion) verstanden (Rückstautypen). Hierzu zählen sowohl weit bogenförmige als auch parallel zum Hauptstrom verlaufende Altgewässer der Überflutungsau. Vorwiegend werden diese Altarme nur bei Hochwasser vollständig durchströmt, so daß dort mehr oder weniger semistagnierende Strömungsverhältnisse herrschen. Aufgrund unregelmäßiger Durchströmung führen der Eintrag von Schwebstoffen bei Hochwasser zu verstärkter feinkörniger Sedimentablagerung und fördert den Prozeß der Verlandung.

c) Plesiopotamal:

Das Plesiopotamal ist durch flache oder verlandete Altarme in der Überflutungsau charakterisiert, welche ständig oder häufig stehendes Wasser aufweisen. Hierzu zählen auch die zahlreichen kleinen Tümpel und Schluten als Reste ehemaliger Altgewässer. Eine permanente und direkte Anbindung an den Hauptstrom existiert nicht. Durchströmt werden die Gewässerbereiche des Plesiopotamals periodisch, lediglich während der Hochwässer. Aus diesem Grund können dort instabile und stark veränderliche Biotope existieren, welche stark vom Wasserstand des Hauptstroms (Druckwasser) beeinflusst sind. Lokal können in tieferen Bereichen starke Sedimentations- und schwache Erosionsvorgänge existieren, während in höheren Auenzonen durch die gelegentliche und kurzzeitige Überflutung jegliche Erosion fehlt und nur schwache Sedimentationsprozesse zu registrieren sind.

d) Paläopotamal:

Im Paläopotamal sind jegliche flachgründige und verlandete Altarme der Altaue zusammengefaßt. In der Regel weisen diese Gewässer Stillwassercharakter auf und besitzen keine permanente oder direkte Verbindung mit dem Hauptstrom. Die Wasserstände dieser Gewässer sind vornehmlich durch den Wechsel der Grundwasserstände sowie vom Druckwassereinfluß geprägt oder erlangen eine geringe Durchströmung durch Seitenbäche. Erosionserscheinungen fehlen in diesen Bereichen entweder völlig oder sind in Ausnahmefällen (z. B. Kiesgruben) ohne hydraulische Dynamik. Die Biotope des Paläopotamals besitzen häufig recht stabilen Charakter, so daß nicht selten schutzwürdige Bereiche in der Altaue entstanden sind, für die eine Flutung höchst negative Folgen hätte.

e) Pseudopotamal:

Wichtige, vom Hauptstrom hydrologisch oder biologisch beeinflusste Übergangsbiootope sind die Unterlaufregionen und Mündungszonen der Zuflüsse. Als potentielle Laichgewässer für Wanderfischarten besitzt die Durchgängigkeit und Gewässergüte der Nebengewässer höchste Priorität, um einen Wiederaufstieg dieser Fischarten zu gewährleisten. Ein direkter Einfluß auf Hauptstrom oder Altgewässer kann über den verstärkten Eintrag von Schwebstoffen aus den Zuflüssen erfolgen, der zu überhöhten Sedimentationsraten führen kann.

Der Hauptlauf des Rheins (als Bestandteil des Eupotamals) sowie die in der Altaue gelegenen Gewässer (Paläopotamal) sind nicht Gegenstand des Projekts. Untersuchungsgegenstand sind hingegen die Seitenarme des Eupotamals sowie die Gewässer des Parapotamals (insb. Altarme), des Plesiopotamals (insb. Altwässer) sowie des Pseudopotamals (Fließgewässermündungen).

## 5.1 Charakterisierung und Typisierung der Auengewässer

---

Je nach Entstehungsgeschichte, Durchströmung, Art der Anbindung an den Hauptstrom sowie weiterer abiotischer und biotischer Merkmale lassen sich folgende Auengewässertypen idealtypisch differenzieren:

### 1.) Fließgewässermündungen

*Merkmale:*

Entstehung: natürlich

Durchströmung: deutlich durchströmte Gewässer

Anbindung: ständig vorhanden, bei HQ erfolgt Abfluß häufig über Pumpwerke

Die häufig vorkommenden Fließgewässermündungen sind dem Pseudopotamal zuzuordnen (siehe Abb. 5-1). Die Mündungsbereiche besitzen eine große Heterogenität, die in der unterschiedlichen Beschaffenheit der einmündenden Fließgewässer begründet liegt (Größe, Morphologie, Limnochemie). Allen Mündungsbereichen sind die nachfolgend aufgeführten Merkmale gemeinsam: Die Anbindung an den Rhein ist einseitig, bei Hochwasser wird der Abfluß häufig über Pumpwerke geregelt. Sie sind permanent durchströmt. Die natürliche morphologische Entwicklung erfolgt theoretisch über Migration und Verlegung. Im Uferbereich kann es zu Erosionserscheinungen kommen. Als Geschiebe wird Schotter, Kies und Sand mitgeführt, an der Gewässersohle kommt es zur Ablagerung von Feinsedimenten. Die Wasserqualität und Wassertemperatur wird vom einmündenden Seitengewässer bestimmt. Submerse Makrophyten kommen in der Regel nicht vor. Die vorkommenden Tierarten sind indifferent bis strömungsliebend.

Die Mündungsbereiche sind heute in der Regel befestigt, und eine Migration ist nicht oder nur selten möglich. Der Grobgeschiebetransport wird meist durch Querbauwerke in den Fließgewässern verhindert.

### 2.) Natürliche Seitenarme

*Merkmale:*

Entstehung: natürlich

Durchströmung: deutlich durchströmte Gewässer

Anbindung: Egestion und Ingestion vorhanden, Wasserqualität wird vom Rhein bestimmt

Natürliche Seitenarme des Rheins sind orohydrographisch gesehen Bestandteil des Eupotamals (siehe Abb. 5-1). Es handelt sich hierbei um permanent mit Rheinwasser durchflossene Nebenäste des Hauptstroms. Aufgrund der stärkeren Durchströmung wird wie beim Hauptstrom nicht nur Sand, sondern auch Schotter und Kies als Geschiebe mitgeführt. Wasserpflanzen fehlen aufgrund der Strömung, die vorkommenden Tierarten sind strömungsliebend. Die morphologische Entwicklung erfolgt durch Erosion und Sedimentation. Wasserstand, -qualität und -temperatur werden vom Hauptstrom bestimmt.

Natürliche Seitenarme treten im Projektgebiet selten auf und sind in der Regel wasserbaulich verändert. Meist sind die Seitenarme durch Leitwerke vom Fluß abgetrennt und erhalten bei mittleren Abflüssen nur einen geringen Wasserzufluß. Bei Hochwasser kommt es zum Durchfluß der Hohlform mit meist geringen Fließgeschwindigkeiten. Die Ufer sind ganz oder teilweise mit Steinschüttungen gesichert.

### 3.) Anthropogene Seitenarme

*Merkmale:*

Entstehung: anthropogen

Durchströmung: schwach durchströmt

Anbindung: Egestion und Ingestion vorhanden, Wasserqualität wird vom Rhein bestimmt

Anthropogene Seitenarme sind Teil des Parapotamals (siehe Abb. 5-1). Sie weisen durch das Vorhandensein einer (meist kleindimensionierten) Ingestions- und Egestionsöffnung eine permanente, jedoch schwache Durchströmung auf. Die Wasserqualität und -temperatur wird vom Rheinwasser bestimmt. Der Sauerstoffgehalt ist stets ausreichend. Aufgrund der Strömung wird neben Sand auch Schotter und Kies als Geschiebe mitgeführt. An den Prallufeln tritt Erosion auf. Wasserpflanzen finden sich wegen der zeitweise hohen Abflüsse und des damit verbundenen hydraulischen Stresses nur in kleinen Beständen in strömungsberuhigten Bereichen. Es kommen strömungsliebende Tierarten vor.

### 4.) Stromnahe Altarme

*Merkmale:*

Entstehung: natürlich oder anthropogen durch Rheinbegradigung

Durchströmung: bei HQ durchströmte Gewässer

Anbindung: Egestion ständig vorhanden, Ingestion bei HQ vorhanden (regulierbares Bauwerk)

Der Gewässertyp ist dem Parapotamal zuzuordnen (siehe Abb. 5-1). Die stromnahen Altarme haben keine Ingestionsöffnung und werden nur bei Hochwasser durchströmt. Der Sauerstoffgehalt ist ausreichend, lokal sind jedoch Sauerstoffdefizite möglich. Als Geschiebe wird wegen der Schwellenwirkung im Ingestionsbereich nur Sand mitgeführt. Es dominiert sandiges oder schlammiges Substrat. Die Ufer neigen aufgrund der geringen Durchströmung nicht zur Erosion. Die Gewässer unterliegen der Verlandung. Die Wasserqualität wird sowohl vom Hauptstrom als auch von einmündenden Seitengewässern sowie durch organische Ablagerungen des Sediments beeinflusst. Aufgrund des überwiegenden Stillwassercharakters wird die Wassertemperatur durch die Sonneneinstrahlung bestimmt.

### 5.) Stromferne Altarme

*Merkmale:*

Entstehung: natürlich oder anthropogen durch Rheinbegradigung

Durchströmung: ohne Durchströmung

Anbindung: Egestion ständig vorhanden, Ingestion fehlt

Wie die stromnahen Altarme sind auch die stromfernen Altarme Bestandteil des Parapotamals (siehe Abb. 5-1). Stromferne Altarme sind einseitig über eine Egestion an den Hauptstrom angebunden. Ihr Wasserstand schwankt jedoch in Abhängigkeit vom Rhein. Aufgrund des Fehlens von Strömung ist die biogene Sedimentation hoch, und die Altarme unterliegen einer deutlichen Verlandung. Es dominiert sandiges oder schlammiges Sohlsubstrat. Das Vorkommen submerser Wasserpflanzen im Ufer- und Sohlbereich unterstreicht den Stillwassercharakter. Die Wasserqualität ist maßgeblich vom Sediment abhängig, bei Hochwasser bestimmt das Rheinwasser die limnochemischen Verhältnisse.

## 6.) Altwässer

### *Merkmale:*

Entstehung: natürlich oder anthropogen durch Rheinbegradigung

Durchströmung: ohne Durchströmung

Anbindung: keine Anbindung vorhanden

Altwässer gehören orohydrographisch dem Plesiopotamal an (siehe Abb. 5-1). Es handelt sich um größere stehende Gewässer in der rezenten Aue. Sie verfügen weder über eine Ingestions- noch Egestionsöffnung und werden wie die stromfernen Altarme bei Hochwasser nur unmerklich durchströmt. An der Gewässersohle findet Sedimentation von Feinpartikeln statt, die Uferbereiche sind mit Über- und Unterwasserpflanzen dicht bewachsen und die Verlandung schreitet durch den ständigen Eintrag von mineralischem und organischem Material rasch fort. Die Wasserqualität wird bei Hochwasser vom Rhein bestimmt und ist in der Regel vom Sediment abhängig.

## 7.) Baggerseen

### *Merkmale:*

Entstehung: anthropogen durch Auskiesung

Durchströmung: geringe bis fehlende Durchströmung

Anbindung: Egestion meist vorhanden, Ingestion fehlt oder gering dimensioniert

Baggerseen finden sich im Bereich des Parapotamals und des Plesiopotamals (siehe Abb. 5-1). In der rezenten Rheinaue stehen die meisten Baggerseen mit dem Rheinhauptstrom direkt oder indirekt über Seitenarme oder Altarme in Verbindung. Die Baggerseen sind je nach Lage und Anbindung nicht oder nur gering durchströmt; größtenteils haben sie Stillwassercharakter. Hinsichtlich ihrer Morphologie sind sie meist als naturfern einzustufen. Die Uferkanten verlaufen steil und nur in unmittelbarer Ufernähe sind submerse Makrophyten als schmaler Streifen bestandsbildend vorhanden. Im Gegensatz zu den stehenden Altarmen und Altwässern unterliegen sie aufgrund ihrer größeren Tiefen auch Grundwassereinflüssen. Je älter ein Baggersee wird, umso stärker nimmt der Einfluß des Grundwassers durch die Sedimentation und Verstopfung der Poren der Gewässersohle ab. Die weitere Entwicklung ist durch eine allmähliche Verlandung gekennzeichnet.

## 8.) Kanäle und Gräben

### *Merkmale:*

Entstehung: anthropogen zur Entwässerung des Vorlands

Durchströmung: schwach durchströmt

Anbindung: einseitig (meist in andere Auengewässer einmündend)

Kanäle und Gräben sind sowohl im Parapotamal als auch im Plesiopotamal anzutreffen (siehe Abb. 5-1). Sie stehen mit dem Rheinhauptstrom meist über Seitenarme, Altarme oder Fließgewässermündungen in Verbindung. Sie sind schwach durchströmt. Die Gewässermorphologie ist vom Grad der Gewässerunterhaltung abhängig. Vereinzelt sind Ausstattungsmerkmale natürlicher Auengewässer vorhanden. Der Gewässertyp wurde im Rahmen des Projekts nicht weiter betrachtet.

## 9.) Sonstige rezente Auengewässer

Sonstige rezente Auengewässer sind beispielsweise temporäre Tümpel und Schluten. Da sie in der Regel kleinflächig und für die Fischfauna nicht permanent nutzbar sind, ist ihre Bedeutung für das Ökosystem Rhein als gering einzustufen. Sie werden daher von der weiteren Betrachtung ausgeschlossen.

Die nachfolgende Tabelle faßt die einzelnen Merkmale der jeweiligen Auengewässertypen zusammen. Die aufgeführten Merkmale beziehen sich dabei auf die jeweils ideale Ausprägung des Gewässertyps.

Tab. 5-1: Aktuell vorhandene Gewässertypen der rheinland-pfälzischen Auengewässer und ihre charakteristischen Unterscheidungsmerkmale

Unterscheidungsmerkmale wässer- mündung		Auengewässertypen							
		Fließge- licher Seitenarm	Natür pogener Seitenarm	Anthro naher Altarm	Strom ferner Altarm	Strom	Altwasser	Baggersee und Gräben	Kanäle
Anbindung an den Rhein		einseitig	beidseitig	beidseitig	bedingt beidseitig	einseitig  zweiseitig	keine ein- bis einseitig	fehlend, bis	fehlend
Durch- strömung	bei Rhein HQ <sub>D</sub>	++	++	++	+	0/+	0/+	0/+	+
	bei Rhein MQ	++	++	+	0	0	0	0	+
natürliche morphologische	Migration	0	0	0	0	0	0	0	0
	Verlegung	0	0	0	0	0	0	0	0
Entwicklung	Verlandung	0	0	0/+	+	++	++	++	+
Geschiebe- führung	Schotter/Kies	++/+	+	+	0	0	0	0	0
	Sand	++	++	++	+	0	0	0	0
Feinsedimentation an der Gewässersohle		++/+	++/+	++/+	++/+	++	+	+	+
potentielle Ufererosion		+	+	+	0	0	0	0	0
Wasserqualität wird bestimmt durch	Seitengewässer	++	+	+	+	+	0	0	++
	Rhein HQ	0	+	+	+	+	+	+	0
	Rhein MQ	0	++	++	0	0	0	0	0
	Sediment	0	0	0	+	++	++	0	+
	Grundwasser	0	0	0	0	0	0	++	0
Temperatur wird bestimmt durch	Strahlung	0	0	0	+	+	+	+	+
	Durchströmung	+	+	+	0	0	0	0	0
	Grundwasser	0	0	0	0	0	0	++	0
submerse	Uferzone	0	0	0	0	+	++	+	+
Wasserpflanzen	Sohle	0	0	0	0	+	+	0	+

Ausprägung: 0 = gering; + = mittel; ++ = hoch

Anhand der topographischen Karten (TK 25, Maßstab 1:25.000) wurden alle im Projektgebiet vorkommenden Fließgewässermündungen, Seitenarme, Altarme, Altwässer sowie die größeren Baggerseen erfaßt; sie sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt. Auf die Auflistung der Mündungsbereiche kleinerer Bäche wurde verzichtet, da nur die größeren Mündungsbereiche für das Ökosystem Rhein eine fischökologisch wirksame Bedeutung haben.

Tab. 5-2: Übersicht über die im Projektgebiet vorhandenen Auengewässer und ihre Zuordnung zu den verschiedenen Gewässertypen (Festlegung nach TK 25, Nennung in Fließrichtung des Rheins)

Nr.	Bezeichnung	TK-Nr.	Ingestion bei km	Egestion bei km	Gewässertyp
1	Alte Lauter	7015	-	352,1	Fm
2	Neue Lauter	7015	-	355,5	Fm
3	Goldgrund (= Goldkehle)	6915	358,0*	360,4	SnA + Bs
4	Pforzer Altrhein	6915	358,0*	360,4	SfA
5	Hörnelt Altrhein (Scherpfer Graben)	6816	366,0*	367,7	SnA
6	Leimersheimer Altrhein (= Gimpelaltrhein)	6816	373,0+	375,4	ASa
7	Hochwaldsporen	6816	377,5*	378,5	SnA
8	Sondernheimer Ölhafen	6816	-	380,4	SnA + Bs
9	Queich	6716	-	384,8	Fm
10	Kiefweiher	6716	-	386,5	Bs
11	Lingenfelder Altrhein	6716	386,0+	386,5	SfA
12	Schäfersee	6716	-	386,5	Bs
13	Mechtersheimer Altrhein	6716	387,6+	389,3	ASa
14	Berghäuser Altrhein	6716	391,0*	393,5	SnA , SfA + Bs
15	Eisbruchlache	6716	-	-	Aw
16	Großer Trompeterbau	6616	396,5*	398,0	SnA + Bs
17	Speyerbach	6616	-	400,3	Fm
18	Baggersee b. Angelwald	6616	-	-	Bs
19	Baggersee Otterstädter Wald	6616	-	-	Bs
20	Angelhofer Altrhein	6616	403,3*	406,3	SfA + Bs
21	Otterstädter Altrhein	6516	407,0*	411,1	SfA + Bs
22	Schwalbeneck	6616	-	-	Bs
23	Horren	6516	412,0*	413,0	Aw
24	Prinz Karl Wörth	6516	414,8*	417,0	SnA
25	Kiefweiher	6516	-	419,0	Bs
26	Isenach	6416	-	438,5	Fm
27	Altbach	6316	-	442,4	Fm
28	Pfrimm	6316	-	446,7	Fm
29	Krielsbach	6316	-	449,2	Fm
30	Ibersheimer Wert (Ibersheimer Altrhein)	6216	-	459,6	SfA
31	Eicher See	6216	-	466,0	Bs
32	Nackenheimer Mühlarm	6016	484,9+	488,4	NSa
33	Mariannaue	5915	502,5+	505,5	NSa
34	Königsklinger-/Hader-Aue (Heidenfahrter Stillwasser, Seitenarm bei Heidenfahrt)	5914	509,8+	512,2	NSa
35	Alte Sandlache	6014	521,8*	514,9	Aw
36	Ilmenaue-Fulderaue	6013	521,8+	525,3	NSa
37	Nahe	6013	-	529,4	Fm

Fm: Fließgewässereinmündung

SnA: Stromnaher Altarm

Bs: Baggersee

NSa: Natürlicher Seitenarm

SfA: Stromferner Altarm

\* Ingestion möglich

ASa: Anthropogener Seitenarm

Aw: Altwasser

+ Ingestion nach TK vorhanden



## 5.2 Funktionale Bedeutung der Auengewässer für die Fischfauna des Rheins

Aufgrund ihrer differenzierten morphologischen Beschaffenheit haben die Auengewässertypen unterschiedliche ökologische Bedeutungen für die Fischfauna des Rheins (siehe WEIBEL et al. 1996). Von besonderer Bedeutung für die Fischfauna sind hierbei die Parameter Anbindung an den Rhein, Durchströmungsverhältnisse, Beschaffenheit des Sohlsubstrats, die Wasserqualität und die Wasserpflanzenbedeckung. Je nach der Ausprägung dieser Parameter bieten die Gewässer einzelnen Fischarten spezifische Lebensbedingungen und übernehmen für diese unterschiedliche ökologische Funktionen.

Nach Auswertung von fischökologischen und limnologischen Publikationen<sup>2</sup> lassen sich den Auengewässern neun Funktionen zuordnen, die sie für die verschiedenen Altersstadien der Fische (Larven, Juvenile und Adulte) erfüllen können:

- Permanenter Lebensraum
- Ernährung
- Fortpflanzung
- Aufwuchsgebiet
- Wintereinstand
- Hochwassereinstand
- Wanderweg
- Refugialraum bei Schadstoffkatastrophen
- Artenreservoir (bei lang anhaltend ungünstigen Lebensbedingungen im Gesamtsystem)

### 5.2.1 Permanenter Lebensraum

Die Auengewässer sind aufgrund ihrer Heterogenität für viele Fischarten, die entweder nicht, zeitweilig oder nur in geringer Anzahl den Hauptstrom besiedeln, permanenter Lebensraum. Die ökologischen Ansprüche dieser Arten werden über ihre gesamte Lebensphase in den Auengewässern erfüllt (SCHIEMER 1988). Am Beispiel der Donau stellte SCHIEMER (1985, 1988) fest, daß die dauerhaft mit dem Hauptstrom in Verbindung stehenden Altarme die höchsten Artenzahlen aufweisen.

Arten mit spezifischen Habitatansprüchen wie die limnophilen Krautlaicher Hecht, Schleie, Karpfen und Rotfeder und Kleinfischarten wie Moderlieschen, Bitterling, Steinbeißer und Schlammpeitzger finden in den Auengewässern einen geeigneten Lebensraum. Der Hauptstrom bietet diesen Arten keine geeigneten Lebensbedingungen. Er ist für ökologische Ubiquisten (z. B. Rotaugen, Flußbarsch) und rheophile Arten (z. B. Barbe, Nase) als Laichhabitat geeignet (BFG 1994). Diese Arten stellen ca. 40 % der im Projektgebiet potentiell vorkommenden Fischarten. Etwa 90 % aller potentiell vorkommenden Arten befinden sich zumindest zeitweilig im Hauptstrom, zum Beispiel bei Wanderungsbewegungen (anadrome Fische).

<sup>2</sup> BALON 1975, BAUER 1992, BERG et al. 1989, BORCHARD et al. 1986, BRUNKEN et al. 1989, DE GROOT 1989, DISTER 1980, 1985, FREYHOFF 1993, GEBHARDT 1990a, GERSTER 1990, GRIMM 1988, HARDEN-JONES 1968, HASSLER 1966, HEIL 1990, HIRT 1996, HOFFMANN et al. 1995, HOLCIK 1986, IUS 1990, 1994, IWK 1990, 1992, JUNGWIRTH & WINKLER 1983, KINKOPF 1991, KINZELBACH 1985a/b, 1987a/b/c, 1990, KINZELBACH & FRIEDRICH 1990, KINZELBACH & JENS 1988, KORTE 1994, KOß MANN 1991, KUHN 1976, KURMAYER et al. (in Druck), LAUTERBORN 1926, LELEK 1976, 1978a/b, 1989b, LELEK & BUHSE 1992, LELEK & KÖHLER 1989b/c, LIMNOFISCH 1995, LUCKER et al. 1989, MEINERT 1985a/b, MICHLING 1988, MÜLLER 1969, MYERS 1949, NERESHEIMER 1941, NEUMANN et al. 1995, OBRDLIK 1992, PAVLOV 1989, PELZ 1985, 1989, ROTH 1988, SCHIEMER 1985, 1988, SCHIEMER et al. 1991, SPÄH 1996, STAAS 1991a/b, 1995, STERBA 1962, TENT 1983, TESCH 1976, WEIBEL 1995

Situation in den Rhein-Auengewässern:

Die Auengewässer sind (mit ca. 70 % der potentiell vorkommenden Arten) für eine deutlich größere Anzahl an Fischarten als Laichhabitat geeignet. Neben den ökologischen Ubiquisten kommen dort insbesondere die phytophilten Arten z. B. Hecht, Schleie, Karpfen und Kleinfische wie Schlammpeitzger und Steinbeißer vor. Insgesamt sind die Auengewässer für ca. 80 % aller potentiell im Projektgebiet vorkommenden Fischarten als Lebensraum geeignet. Der Anteil der dort laichenden und gleichzeitig mindestens als bundesweit „gefährdet“ eingestuft Fischarten beträgt etwa 40 % (Hauptstrom: ca. 20 %).

Die Auengewässer erfüllen für die dort dauerhaft vorkommenden Arten alle autökologisch notwendigen Funktionen und sind aus fischökologischer und fischereiwirtschaftlicher Sicht von großer Bedeutung (Tab. 5-3). Die Gewässer weisen jedoch häufig ökologische Defizite auf. Die beiden Hauptprobleme sind die oft fehlende oder nur mangelhafte Anbindung an den Hauptstrom und die ungenügende Gewässergüte. Häufig fehlen auch ausreichende Wasserpflanzenbestände. Geeigneten Auengewässern mangelt es an flach überströmten Kiesflächen. Die genannten Defizite sind die wesentlichen Ursachen für das Fehlen oder die geringe Populationsgröße einiger Fischarten.

Tab. 5-3: Einschätzung der Auengewässer-Funktion „Permanenter Lebensraum“ für die Fischfauna

	Larven	Juvenile	Adulte
<b>Bedeutung</b>	++	++	++
<b>Eignung</b>	-	+	+
<b>Defizite</b>	ja	ja	ja

0: keine, —: sehr gering, -: gering, +: hoch, ++: sehr hoch

## 5.2.2 Ernährung

Günstige Nahrungsbedingungen finden Fische in der Regel dort, wo eine hohe pflanzliche Primärproduktion das Vorkommen von wirbellosen Fischnährtieren begünstigt. In den Auen liegen solche Bereiche zum Beispiel in pflanzenreichen Stillgewässern und phytoplanktonreichen Baggerseen. Ein mögliches Maß zur Darstellung der Nahrungsverhältnisse ist die Berechnung der fischereilichen Erträge. Ius (1994) gibt für die Auengewässer die nachfolgenden fischereilichen Erträge an. Der Ertrag beträgt in der Regel ca. 20 % des Bestandes.

Tab. 5-4: Jährlicher Ertrag und Fischbestand verschiedener Gewässertypen (Ius 1994)

Gewässertyp	Jährlicher Ertrag	Fischbestand (geschätzt)
Naturnahe Altwässer	326 kg/ha/a	1630 kg/ha
Ausgekieste Altwässer und Häfen	153 kg/ha/a	765 kg/ha
Rhein und rheinparallele Gewässer	107 kg/ha/a	535 kg/ha
Mündungen	107 kg/ha/a	535 kg/ha

Die hohe Produktivität von Auengewässern zeigt sich nicht nur bei der Berechnung der fischereilichen Erträge. Die Larven und Jungfische zahlreicher Arten profitieren von dem Nahrungsangebot in zooplanktonreichen Gewässern mit Rheinanbindung (Seitenarme, Altarme, Baggerseen) und kommen in

hoher Dichte vor (NEUMANN et al. 1995, SPÄH 1996, STAAS 1995). Aufgrund der verschiedenen Nahrungsgewohnheiten liegen optimale Ernährungshabitate für die einzelnen Fischarten häufig in unterschiedlichen Habitaten (Tab. 5-5). Eine Ausnahme bilden die omnivoren Arten, die mehrere Nahrungsarten verwerten können und daher in unterschiedlichen Habitaten oder Gewässertypen geeignete Bedingungen vorfinden. Einige Cyprinidenarten, wie beispielsweise der Brachsen (*Abramis brama*), können sowohl Benthon als auch Plankton aufnehmen und finden in unterschiedlichen Gewässertypen ausreichend Nahrung. Zwischen den Ernährungshabitaten unternehmen viele Fischarten Wanderungen, insbesondere bei schlechter werdenden Nahrungsbedingungen (SCHIEMER 1985). Für diese Arten ist die Erreichbarkeit der Ernährungshabitate in Form von Gewässervernetzungen von besonderer Bedeutung.

Tab. 5-5: Ernährungstypen bei Fischen

Bezeichnung	Nahrung	Gewässer	Vertreter
Planktivore Arten	Zooplankton	Stillgewässer und Fließgewässer	Fischlarven, Ukelei, Coregonen
Benthivore Arten	Makrozoobenthon	Fließgewässer, pflanzenreiche Stillgewässer	Schleie, Karpfen, Barbe
Piscivore Arten	Fische	fischreiche Still- und Fließgewässer	Zander, Hecht, Rapfen
Herbivore Arten	Wasserpflanzen, Algen	pflanzenreiche Stillgewässer und langsam fließende Bereiche	Rotfeder, Graskarpfen
Omnivore Arten	unterschiedliche Nahrungsquellen	alle Typen	Flußbarsch, Rotaue, Brachsen

#### Situation in den Rhein-Auengewässern:

In den rheinangebundenen Auengewässern kommen alle Ernährungstypen vor. Für die fischereiwirtschaftlich bedeutsamen Arten Hecht, Karpfen und Schleie sind Altarme aus nahrungsbiologischer Sicht weitaus relevanter als der Hauptstrom. Der Hecht ist ein Raubfisch und benötigt ruhiges, wasserpflanzenreiches Wasser zur erfolgreichen Jagd. In den Altarmen sind diese Bedingungen erfüllt, und die Dichte an potentiellen Beutefischen ist hoch. Untersuchungen von GRIMM (1988) ergaben, daß die Dichte an Hechten direkt mit dem Vorkommen und der Dichte von Wasserpflanzen korreliert ist. Die gründelnden Cyprinidenarten Karpfen und Schleie finden in den Altarmen ebenfalls gute Nahrungsbedingungen, da sie sich als typische Stillgewässerarten vom Makrozoobenthonangebot des Gewässergrunds ernähren.

Die hohe Produktivität der rheinangebundenen Gewässer und die hohe fischereiliche Ertragsfähigkeit spiegelt sich in der großen Bedeutung der Gewässer für die Berufs- und Sportfischerei wider. Etwa 50 % der fischereilichen Erträge aus dem rheinland-pfälzischen Oberrheinabschnitt stammen aus den Auengewässern bei einem Flächenanteil von ca. 30 %. Darüber hinaus stammen auch im Rhein gefangene Fische zu großen Teilen aus den Seitengewässern (100 % aller Hechte, Karpfen und Schleien entstammen den Auengewässern). Die bevorzugt gefangenen Arten sind nach IUS (1994): Zander (17 %), Hecht (15 %), Aal (9 %), Karpfen (4 %), Barsch (1 %) und Schleie (1 %). Den größten Anteil an den Gesamtfängen repräsentieren die Weißfische (49 %). Unter diesem Sammelbegriff sind verschiedene Cyprinidenarten wie Brachsen, Güster und Rotaue zusammengefaßt, die zumeist eine plankti- und benthivore Ernährungsweise haben.

Die Auengewässer-Funktion „Ernährung“ spielt für alle Lebensstadien der Fische eine wichtige Rolle (Tab. 5-6). Die Nahrungssituation kann für die meisten Fischarten der Auengewässer als ausreichend bezeichnet werden.

Tab. 5-6: Einschätzung der Auengewässer-Funktion „Ernährung“ für die Fischfauna

<b>Bedeutung</b>	++	++	+
<b>Eignung</b>	++	+	+
<b>Defizite</b>	nein	nein	nein

0: keine, —: sehr gering, -: gering, +: hoch, ++: sehr hoch

### 5.2.3 Fortpflanzung

Die stenöken Fischarten stellen spezifische Bedingungen an ihre Laichhabitate, insbesondere an die Beschaffenheit des Laichsubstrats und an die Strömungsverhältnisse. Je nach Ausprägung dieser Faktoren können Gewässer die Funktion eines Laichhabitats übernehmen. Es lassen sich drei Gruppen von Fischen mit unterschiedlichen Laichgewohnheiten unterscheiden (LELEK & BUHSE 1992):

- Fischarten, die ihren Laich nicht verstecken,
- Fischarten, die ihren Laich verstecken und
- Fischarten, die Brutpflege betreiben.

In Abhängigkeit vom genutzten Laichsubstrat lassen sich die Laichgewohnheiten der einzelnen Arten weiter differenzieren (Tab. 5-7). Als Laichsubstrat dienen Sand (psammophile Arten), Kies und Steine (lithophile Arten) oder Pflanzen (phytophile Arten). Während der Reproduktionserfolg der spezialisierten Arten vom Vorhandensein eines bestimmten Laichsubstrats abhängt, können die indifferenten Arten verschiedene Substrate nutzen und finden daher in unterschiedlichen Gewässertypen geeignete Laichbedingungen. Besondere Laichgewohnheiten haben die pelagophilen Arten, die ihre Eier frei ins Wasser abgeben, sowie der ostracophile Bitterling (*Rhodeus sericeus amarus*), der seine Eier in die Mantelhöhle von Großmuscheln legt. Die speläophile Groppe (*Cottus gobio*) laicht auf der Unterseite hohl liegender Steine ab.

Tab. 5-7: Differenzierung der Rheinfischarten hinsichtlich ihrer Ansprüche an die Strömung (Grad der Rheophilie) und an das Laichsubstrat (verändert nach LELEK &amp; BUHSE 1992)

Bezeichnung	Anspruch an Strömung	Anspruch an Laichsubstrat	Vertreter
<b>Fischarten, die ihren Laich nicht verstecken</b>			
Psammophile Arten	mittlere Strömungsgeschwindigkeit <0,2m/s	Sand	Gründling, Bachschmerle
Phytophile Arten	keine Strömung, = 0,1 m/s	Wasserpflanzen	Hecht, Rotfeder, Schleie, Karpfen
Lithophile Arten	hohe Strömungsgeschwindigkeit, 0,2m/s-0,6m/s	Grobkies, Steine	Döbel, Nase, Barbe
Teilweise pelagophile Arten	keine Strömung	laichen im Freiwasser	Quappe, Blaufelchen
Indifferente Arten	indifferent, bevorzugte Strömung: < 0,2 m/s	Pflanzen, Steine, Totholz	Rotaugen, Ukelei, Brachsen, Güster
<b>Fischarten, die ihren Laich verstecken</b>			
Lithophile Arten	hohe Strömungsgeschwindigkeit, 0,2m/s-0,6m/s	Grobkies, Steine, bzw. Kieslückensystem	Forellenartige, Neunaugen
Ostracophile Arten	indifferent, bevorzugte Strömung: < 0,4 m/s	Mantelhöhle von Großmuscheln	Bitterling

Fortsetzung Tab. 5-7:

Bezeichnung	Anspruch an Strömung	Anspruch an Laichsubstrat	Vertreter
<b>Fischarten, die Brutpflege betreiben</b>			
Phytophile Arten	indifferent, bevorzugte Strömung < 0,2 m/s	Wasserpflanzen	Moderlieschen, Wels
Psammo-phytophile Arten	indifferent, bevorzugte Strömung: < 0,2 m/s	Sand, Pflanzen, Wurzeln	Zander
Speläophile Arten	hohe Strömungsgeschwindigkeit, 0,2m/s-0,4m/s	größere Steine	Groppe

#### Situation in den Rhein-Auengewässern:

Die Auengewässer-Funktion „Fortpflanzung“ ist für die Fischfauna des Rheinsystems von großer Bedeutung, da sich ca. 40 % (19 Arten) aller Arten ausschließlich in den Auengewässern fortpflanzen (Tab. 5-8). Hierzu gehören die phytophilen Arten wie Hecht, Schleie und Karpfen, die auf eine Kombination von geeignetem Laichsubstrat und entsprechender Wasserführung zur Laichzeit angewiesen sind (vgl. u. a. BRUNKEN et al. 1989, LELEK & BUHSE 1992, SPÄH 1996). Die Bestandserhaltung dieser Arten wäre ohne die Flachwasserbereiche und Überschwemmungsflächen der Auengewässer nicht möglich (SPÄH 1996). Auch gefährdete Kleinfischarten wie Bitterling, Steinbeißer, Schlammpeitzger und Moderlieschen finden in den Auengewässern geeignete Laichbedingungen. Geeignete Laichstrukturen sind verkrautete Gewässerabschnitte und überschwemmte Ried- und Wiesenflächen der Altarme und Altwässer. Die Anzahl der in den Auengewässern reproduzierenden Arten wird durch ca. 30 % (16 Arten) der fakultativ dort laichenden Arten (phyto-lithophile Arten) ergänzt. Insgesamt weisen die Auengewässer damit für ca. 70 % (35 Arten) aller im Projektgebiet potentiell vorkommenden Arten geeignete Laichbedingungen auf.

Der Hauptstrom bietet ca. 40 % (18 Arten) aller Arten Laichmöglichkeiten. Dies sind in erster Linie die hinsichtlich ihres Laichverhaltens anspruchslosen phyto-lithophilen Fischarten wie Rotaugen, Flußbarsch und Zander, die auch in anderen Habitaten geeignete Laichstrukturen finden, sowie die Fließgewässerarten Barbe, Nase und Neunaugen. Die anspruchsvollen Salmoniden können sich gegenwärtig nicht im Rhein fortpflanzen.

Tab. 5-8: Bedeutung der Gewässer des Rheinstromsystems als Laichgebiet für die potentiell im Projektgebiet vorkommenden Fischarten

Reproduktion	in den Auengewässern*	im Rhein- Hauptstrom	in sauerstoffreichen Fließgewässern
obligat	19 (39 %)	4 (8 %)	3 (6 %)
fakultativ	16 (33 %)	14 (29 %)	20 (41 %)
Summe	35 (72 %)	18 (37 %)	23 (47 %)

\* Auengewässer hier: Altarme, Altwässer, Baggerseen; obligat: nur dort laichend, fakultativ: sowohl im Rhein als auch in den Auengewässern laichend

Die potentiell als Laichhabitate in Betracht kommenden Seitengewässer sind im Projektgebiet aufgrund von Querbauwerken nicht erreichbar, ihre Gewässergüte genügt meist nicht den Ansprüchen der rheophilen Arten. Insgesamt bieten sauerstoffreiche Fließgewässer 50 % aller potentiell im Projektgebiet vorkommenden Arten ein geeignetes Laichhabitat. Sowohl im Hauptstrom als auch in den zufließenden Seitengewässern fehlen mit sauerstoffreichem Wasser flach über- und durchströmte, seichte Kiesflächen mit lückigem Interstitial, die früher die Laichhabitate der für den Rhein charakteristischen anadromen Salmoniden bildeten.

Neben den Salmoniden sind noch zwei weitere ökologische Gruppen im Rheinstromsystem unterrepräsentiert: Die phytophilen Stillwasserarten und die Kleinfische. Diesen Gruppen fehlen langsam-fließende bis stehende Bereiche mit dichter Unterwasservegetation als Laichhabitat.

Die in ihren Anforderungen an das Laichhabitat weniger anspruchsvollen Arten Meer- und Flußneunauge finden heute wieder geeignete und erreichbare Laichräume, da sie in der Lage sind, sich im Hauptstrom fortzupflanzen (HIRT 1996). Tabelle 5-9 verdeutlicht die hohe Bedeutung einzelner Auengewässertypen als Laichhabitate.

Tab. 5-9: Eignung der Auengewässer als Laichbiotope am Beispiel einiger fischökologischer Leitarten

Leitart	geschätzte : Reproduktion Auengewässer Hauptstrom	Altarm	Altwasser	Baggersee	Hauptstrom
Hecht	100 %	xxx	xx	x	0
Karpfen	100 %	xxx	xx	x	0
Rotfeder	100 %	x	xx	x	0
Schleie	100 %	xxx	xx	x	0
Steinbeißer	100 %	xxx	xx	x	0
Schlammpeitzger	100 %	xxx	xx	x	0
Moderlieschen	100 %	xxx	xx	x	0
Brachsen	90 %	xxx	x	xx	0

0: bedeutungslos; x: geringe Eignung; xx: mittlere Eignung; xxx: hohe Eignung

Beim Vergleich der einzelnen Gewässertypen wird die besondere Eignung der Altarme als Laichhabitat deutlich (Tab. 5-9). Im Gegensatz zu Baggerseen verfügen sie über eine höhere Gewässerstrukturgüte und einen dichteren Wasserpflanzenbestand. Baggerseen haben meist steil abfallende und fast vegetationsfreie Uferzonen. Den phytophilen Fischen mangelt es daher an geeignetem Laichsubstrat. Stillwasser ohne Anbindung (Altwasser) sind für die aus dem Hauptstrom zur Reproduktion in die Auengewässer einwandernden Arten wie dem Hecht oder Brachsen von geringer Bedeutung, da sie nur bei starkem Hochwasser über eine Verbindung zum Rhein verfügen.

Tab. 5-10: Einschätzung der Auengewässer-Funktion „Fortpflanzung“ für die Fischfauna

	Larven	Juvenile	Adulte
<b>Bedeutung</b>	0	0	++
<b>Eignung</b>	entfällt	entfällt	-
<b>Defizite</b>	entfällt	entfällt	ja

0: keine, —: sehr gering, -: gering, +: hoch, ++: sehr hoch

#### 5.2.4 Aufwuchsgebiet

Nach dem Schlüpfen sind die Larven und später die Jungfische auf spezifische Umweltverhältnisse angewiesen. Während die Larven strömungsberuhigte, häufig sonnenexponierte Habitate benötigen (KORTE 1994, SCHIEMER 1988), verschiebt sich der bevorzugte Aufenthaltsbereich vieler Flußfischarten mit zunehmendem Lebensalter in Richtung strömungsexponierter Habitate (FREYHOFF 1993, KORTE 1994, SCHIEMER 1988). Da Fischlarven passiv durch die Strömung bewegt werden, sind die strömungsberuhigten Gewässerabschnitte zugleich Laich- und Aufwuchsgebiete, die geeignete Bedingungen zum Wachstum der Brut



bieten. Die Fließgewässerarten wechseln erst mit zunehmendem Alter in die stärker durchströmten Bereiche (FREYHOFF 1993, KORTE 1994). Anforderungen, die Fischlarven und Juvenile an ihren Lebensraum stellen, sind günstige Nahrungsbedingungen in Form von Zooplankton in geeigneten Größenklassen und das Vorhandensein von Schutzstrukturen. Die frühen Lebensstadien sind durch Prädation durch größere Fische bedroht. Schutzstrukturen können beispielsweise für Salmonidenlarven Flachwasserbereiche oder für Cyprinidenlarven flache pflanzenreiche Uferzonen sein (GEBHARDT 1990a). Larven und Jungfische sind gegen Wasserverunreinigungen besonders empfindlich. Geeignete Aufwuchsgebiete müssen daher auch eine ausreichende Wasserqualität aufweisen. Tabelle 5-11 listet den derzeitigen Kenntnisstand über Habitatpräferenzen, bevorzugte Wassertiefen und Wassertemperaturen für Eiablage, Brutentwicklung etc. verschiedener Fischarten auf. Daraus wird ersichtlich, daß während der empfindlichsten Phasen im Frühjahr und im Frühsommer primär die oberen Wasserschichten von 0-1,5 m Wassertiefe für die Fischfauna von Bedeutung sind.

Tab. 5-11: Laichzeit sowie Angaben zur Ei- und Larvalentwicklung verschiedener Fischarten

Fischart	Laichzeit	Angaben zur Ei- und Larvalentwicklung	Quelle
Barbe	Mai bis Juli	Wassertiefe der Larvalentwicklung bis maximal 0,4 m; Optimaler Temperaturbereich für die Eientwicklung: 16-21°C	FREYHOFF 1993; HERZIG & WINKLER 1985; PENAZ 1973
Döbel	Mai bis Juni	Larvalentwicklung im ufernahen Flachwasser bis in eine Tiefe von 0,5 m. Optimaler Temperaturbereich für die Eientwicklung: 12-17°C	COPP 1990, 1992; FREYHOFF 1993; MARK et al. 1989; PROKES & PENAZ 1980
Nase	März bis Mai	Larvalentwicklung bevorzugt in 0,2 m; Juvenilentwicklung in 0,7-0,8 m. Wassertemperatur Ei- und Larvalentwicklung: 12-19°C bzw. bis 24°C	COPP 1990; FREYHOFF 1993; HERZIG & WINKLER 1985
Rapfen	Mai bis Juni	Eiablage in einer Wassertiefe von 1-1,5 m bei einer Wassertemperatur zwischen 9-13°C	HERZIG & WINKLER 1985; HOFMANN et al. 1987; RIEDEL 1974; WUNDSCH 1962
Gründling	Mai bis September	Larvalentwicklung in Wassertiefen zwischen 0,2-0,5 m bei Temperaturen zwischen 12-29°C	COPP 1990, 1992; FREYHOFF 1993; KAINZ & GOLLMANN 1990
Hecht	Februar bis Mai	Eiablage in Tiefen bis 0,4 m (Überschwemmungsflächen). Optimale Temperaturen für Ei- und Larvalentwicklung 7-16°C bzw. 8-23°C	GRIMM 1988; JENS 1978; KENNEDY 1969; RIEDEL 1974
Karpfen	April bis Juli	Eiablage in Wassertiefen bis 0,4 m bei Temperaturen > 16°C	BRUNKEN 1988; HERZIG & WINKLER 1985; JENS 1978
Rotfeder	Mai bis Juli	Larvalentwicklung in ufernahen Pflanzenbeständen	COPP 1993; LADIGES & VOGT 1979; KENNEDY 1969
Güster	Mai bis Juni	Eiablage in Wasserpflanzen bis 0,4 m Tiefe; Temperatur 14-20°C	GRIMM 1988; HOLCIK 1986; JENS 1978; TEROFAL 1984
Hasel	Februar bis Mai	Eiablage auf Sand oder Kies in einer Tiefe von 0,3-0,4 m. Entwicklung der Eier bei Temperaturen bis 24°C	COPP 1990; FREYHOFF 1993; KENNEDY 1969; MILLS 1980
Kaulbarsch	März bis Mai	Eiablage in ufernahen Bereichen; Eientwicklung zwischen 16-23°C	BAUR & RAPP 1988, HOLCIK 1986, KOVAC 1993, MARK et al. 1989, RIEDEL 1974, TEROFAL 1984
Rotauge	April bis Mai	Eiablage in ufernahen Bereichen; Eientwicklung zwischen 12-24°C	KOVAC 1993; MARK et al. 1989
Schleie	Mai bis August	Eiablage in Flachwasserbereichen bis 0,4 m Tiefe. Optimale Wassertemperaturen für Ei-, Larval- und Juvenilentwicklung: 20-25°C, 24-26°C, 23-27°C	COPP 1993; BAUR & RAPP 1988; HERZIG & WINKLER 1985
Ukelei	April bis Juni	Eiablage in ufernahen Bereichen; Eientwicklung optimale bei 20°C; Larvalentwicklung findet bevorzugt in Tiefen zwischen 0,2-0,5 m statt	COPP 1990; HERZIG & WINKLER 1985
Zander	März bis Juni	Eiablage in ufernahen Bereichen; die optimalen Temperaturen für die Ei- und Larvalentwicklung liegen bei 12-18°C	BAUR & RAPP 1988; LADIGES & VOGT 1979



Ein Problem beim Aufwuchs der Fischbrut stellt der schiffahrtsbedingte Wellenschlag dar (MICHLING 1988, BLESS 1989). Durch den Wellenschlag wird die Fischbrut an ufernahen Strukturen wie Steinschüttungen vernichtet. Dies ist insbesondere in dem durch Schifffahrt genutzten Rheinhauptstrom und in den durch Freizeitbootbetrieb beeinträchtigten Seitengewässern der Fall.

Die Auengewässer-Funktion „Aufwuchsgebiet“ spielt vor allem für Fischlarven eine wichtige Rolle. KURMAYER et al. (in Druck) belegten für die Donau die große Bedeutung verschiedener Habitats in Seitenarmen als Aufwuchsgebiet für unterschiedliche ökologische Gruppen. KORTE (1994) untersuchte das Vorkommen von Fischlarven und Jungfischen in verschiedenen Habitats in der Eder und deren Altarmen und stellte sowohl zeitliche als auch räumliche Unterschiede in der artspezifischen Nutzung fest.

#### Situation in den Rhein-Auengewässern:

Es liegen derzeit keine Studien zur Beurteilung der Auengewässer-Funktion „Aufwuchsgebiet“ für das Projektgebiet vor. Die Bedeutung wird jedoch als hoch eingeschätzt (Tab. 5-12). Hierfür sprechen folgende Anhaltspunkte:

- Untersuchungen aus anderen Flußsystemen (z. B. SCHIEMER 1988) und Rheinabschnitten (z. B. GEBHARDT 1990a, MOLLS 1997, SPÄH 1996, STAAS 1991a, 1991b, 1995) belegen die große Bedeutung der Auengewässer für die Fortpflanzung.
- Zur Laichzeit finden umfangreiche Wanderbewegungen von adulten Fischen aus dem Strom in die angebundenen Gewässer statt (MOLLS 1997).
- Nur in den Rhein-Auengewässern sind Reproduktionsareale für limnophile Arten vorhanden.
- Die hohe Produktionskraft führt zu einem optimalen Nahrungsangebot für Larven und Jungfische; Cladoceren (Wasserflöhe) und Copepoden (Hüpfertinge) als wichtigste Nahrungsgrundlage für die Jungfische der meisten Arten entwickeln sich in den Auengewässern in Massen.
- Die meisten Arten entwickeln sich nur in strömungsberuhigten Abschnitten.

Tab. 5-12: Einschätzung der Auengewässer-Funktion „Aufwuchsgebiet“ für die Fischfauna

	Larven	Juvenile	Adulte
<b>Bedeutung</b>	++	++	0
<b>Eignung</b>	+	+	entfällt
<b>Defizite</b>	gering	gering	entfällt

0: keine, —: sehr gering, -: gering, +: hoch, ++: sehr hoch

### 5.2.5 Wintereinstand

In der kalten Jahreszeit ist die Aktivität der meisten Fische herabgesetzt. Die Futtersuche und die Nahrungsaufnahme sind eingeschränkt, Ortsbewegungen werden meist in geringem Umfang durchgeführt. Von einigen Cyprinidenarten ist bekannt, daß sie sich an bestimmten Stellen sammeln, um dort zu überwintern (SCHIEMER 1985). Die Anforderungen an solche Wintereinstände sind: eine gute Wasserqualität, vor allem im Hinblick auf eine ausreichende Versorgung mit Sauerstoff, eine größere Gewassertiefe, keine Störung durch starke Wasserbewegung oder Strömung und Schutz vor potentiellen Freßfeinden wie tauchenden Wasservögeln. Am besten werden diese Bedingungen von Altarmen mit geringer Strömung sowie rheinangebundenen Baggerseen (NEUMANN et al. 1995) erfüllt.

Situation in den Rhein-Auengewässern:

Es liegen zur Funktion „Wintereinstand“ keine Studien aus dem Projektgebiet vor. Ihre Bedeutung wird wie folgt eingeschätzt:

Tab. 5-13: Einschätzung der Auengewässer-Funktion „Wintereinstand“ für die Fischfauna

	Larven	Juvenile	Adulte
<b>Bedeutung</b>	0	+	+
<b>Eignung</b>	entfällt	+	+
<b>Defizite</b>	entfällt	nein	nein

0: keine, —: sehr gering, -: gering, +: hoch, ++: sehr hoch

**5.2.6 Hochwassereinstand**

Bei großen Hochwasserereignissen mit starker Strömung besteht die Gefahr, daß die Fische des Hauptstroms und seiner Seitenarme über weite Strecken verfrachtet werden. In solchen Fällen bieten die gering durchflossenen Gewässer bis zum Ablauf des Hochwassers Schutz. Insbesondere die nicht direkt vom Rhein durchflossenen Gewässertypen erfüllen diese für alle juvenilen und adulten Fische potentiell wichtige Funktion (Tab. 5-14). Aus der Literatur liegen zu dieser Funktion bislang wenig Informationen vor. Hochwasserereignisse sind auch für die Reproduktion phytophiler Arten, wie die fischereiwirtschaftlich wichtigen Arten Hecht und Karpfen, von großer Bedeutung. Vom zeitlichen Eintreffen und der Dauer der Hochwasserereignisse hängt ihr Reproduktionserfolg entschieden ab. Durch die Überflutung der pflanzenbestandenen Auenbereiche entstehen Laichräume im Flachwasser. Sie sind über die Auengewässer mit dem Hauptstrom verbunden und werden in den Frühjahrsmonaten von den laichreifen Fischen aufgesucht.

Situation in den Rhein-Auengewässern:

Die Auengewässer werden als „Zufluchtsort“ (SPÄH 1996) älterer Fische aus dem Rhein genutzt. Zum Zeitpunkt großer Hochwasserwellen im Rhein ist die Funktion „Hochwassereinstand“ vor allem für die limnophilen Arten des Rheingebiets wie Karpfen, Schleie, Rotfeder und Hecht sowie die Kleinfischarten und Jungfische von Bedeutung. Bei rasch fallendem Wasserstand besteht allerdings die Gefahr, daß Fische den Weg in Richtung Hauptgewässer nicht schaffen und in „Fischfallen“ zurückgehalten werden (BRUNKEN et al. 1989). „Fischfallen“ sind abflußlose Senken, deren Verbindung zum Rhein durch das fallende Wasser unterbrochen wird. Die darin zurückbleibenden Fische verenden bei vollständigem Trockenfallen. In Kombination mit dem Vorhandensein pflanzenbestandener Ufer- und Überflutungsbereiche in den Auengewässern bestimmen die Hochwasserereignisse den Reproduktionserfolg von phytophilen Fischarten.

Tab. 5-14: Einschätzung der Auengewässer-Funktion „Hochwassereinstand“ für die Fischfauna

	Larven	Juvenile	Adulte
<b>Bedeutung</b>	0	+	+
<b>Eignung</b>	+	+	+
<b>Defizite</b>	nein	nein	nein

0: keine, —: sehr gering, -: gering, +: hoch, ++: sehr hoch

### 5.2.7 Wanderweg

Der Hauptstrom und seine Seitenarme bilden die Längsachse der Wanderungsbewegungen der fernwandernden Arten. Die anadromen Fische passieren auf ihrer stromaufwärts gerichteten Laichwanderung die Mündungsbereiche der Seitengewässer und versuchen, über die Seitengewässer die sommerkalten Fließgewässerabschnitte zu erreichen. In der Vergangenheit waren die fernwandernden Arten, vor allem Lachs und Meerforelle, die charakteristischen und fischereilich bedeutsamsten Rheinfischarten (KUH 1976). Der Quer- und Längsverbau des Rheins und seiner Seitengewässer trug zum Rückgang dieser Fischarten bei. Die stromaufwärts oder in einmündenden Seitengewässern gelegenen Laichgebiete waren nicht mehr erreichbar. Durch die Anlage von Fischdurchlässen und -aufstiegsanlagen wird vielerorts versucht, die Passierbarkeit wieder herzustellen (vgl. u. a. DVWK 1996).

#### Situation in den Rhein-Auengewässern:

Die Auengewässer des Rheins hatten in der Vergangenheit vermutlich eine geringere Bedeutung als Wanderweg für die anadromen Wanderfische. Die Hauptwanderungsbewegung fand im Rheinstrom statt. Heute ist die Durchgängigkeit des Hauptstroms und die Erreichbarkeit der Seitengewässer erschwert. Abgesehen von den Querbauwerken im Mündungsdelta des Rheins, die jedoch teilweise passierbar sind, bildet die Staustufe Iffezheim das erste nicht passierbare Querbauwerk im Hauptstrom. Die Seitengewässer des Rheins südlich von Iffezheim sind zur Zeit für Wanderfische nicht erreichbar (IWK 1992). Derzeit stattfindende Projekte zur besseren Passierbarkeit werden die Situation in den kommenden Jahren verbessern.

Auch die nicht fernwandernden Arten führen Ortsbewegungen durch. Diese sind aber kleinräumig und dienen dem Aufsuchen von Laich- oder neuen Ernährungshabitaten. Insbesondere zur Laichzeit kommt es bei vielen Arten zu Masseneinwanderungen aus dem Hauptstrom. Die Erreichbarkeit der Auengewässer ist daher besonders für die dort reproduzierenden Arten Hecht, Schleie, Karpfen von großer Bedeutung. Behinderungen dieser Wanderungen bestehen häufig durch unpassierbare Regelbauwerke oder bei Niedrigwasser trockenliegende Anbindungen an den Rhein. Bis in die jüngste Vergangenheit wurden Verbindungen zwischen dem Hauptstrom und seinen Seitengewässern unterbrochen, wodurch wertvolle Laichhabitate unerreichbar wurden. SCHWEVERS (1996) berichtet am Beispiel des Lahn-Systems von Arealverlusten selbst anspruchsloser Fischarten wie Rotaugen und Döbel. Unpassierbare Querbauwerke verhindern eine Wiederbesiedelung früherer Lebensräume, der Habitatverlust liegt zwischen 35-50 %.

Tab. 5-15: Einschätzung der Auengewässer-Funktion „Wanderweg“ für die Fischfauna

	Larven	Juvenile	Adulte
<b>Bedeutung</b>	0	+	++
<b>Eignung</b>	entfällt	+	—
<b>Defizite</b>	entfällt	ja	hoch

0: keine, —: sehr gering, -: gering, +: hoch, ++: sehr hoch

### 5.2.8 Refugialraum bei Schadstoffkatastrophen

Im Falle von Schadstoffkatastrophen gelten die Seitengewässer als Artenreservoir für eine Wiederbesiedelung des Rheins (DISTER 1980, KINKOPF 1991, KINZELBACH 1987b, 1990, NEUMANN et al. 1995). Diese Funktion können jedoch nur solche Auengewässer erfüllen, die zum Zeitpunkt der Havarie nicht oder nur gering von Rheinwasser durchflossen werden. Die älteren Lebensstadien von Fischen sind zu einer aktiven Flucht beim Eintreten von ungünstigen Lebensverhältnissen in der Lage. Eier, Larven und sehr

kleine Jungfische können dies nicht. Nach KINZELBACH (1990) liegen mögliche Refugialräume auch in der Hauptstromrinne (z. B. Lückensysteme und Bühnenfelder).

#### Situation in den Rhein-Auengewässern:

Im November 1986 kam es zur „Sandoz-Katastrophe“ in Schweizerhalle, bei der große Mengen Agrochemikalien in den Rhein gelangten. Als Folge durchlief zwei Wochen lang eine Schadstoffwelle den Hauptstrom (von Rhein-km 159 bis ca. Rhein-km 640) und die voll durchflossenen Seitengewässer. Dabei wurde der Aalbestand auf dieser Strecke einschließlich des Bestands in den durchflossenen Auengewässern weitgehend vernichtet (HEIL 1990). In Baden-Württemberg wurden auch andere Fischpopulationen wie Zander und Hecht stark dezimiert. Salmoniden und Äschen wurden bis auf die Höhe von Strasbourg geschädigt, Weißfische verendeten in großen Mengen (KINZELBACH 1990). Das Makrozoobenthon wurde im Nahbereich der Unfallstelle vollständig vernichtet und in unterhalb gelegenen Abschnitten bis auf Höhe von Bad Honnef (Rhein-km 640) taxaspezifisch geschädigt. Die Wiederbesiedelung des Stroms mit Makroinvertebraten und mit Weißfischen erfolgte rasch (CASPER 1990, MÜLLER & MENG 1990, STÖSSEL 1990, TITTIZER et al. 1990). Die Ursachen für die rasche Wiederbesiedelung des Rheins werden unterschiedlich beurteilt und hängen in hohem Maße von den jeweils betrachteten Tierarten ab.

Im wesentlichen kann davon ausgegangen werden, daß Kompensationswanderungen oder -drift aus dicht besiedelten und ungeschädigten Bereichen innerhalb des Stromsystems erfolgten und so zu einer raschen „Auffüllung“ der wieder bewohnbaren Habitats führte (KINZELBACH 1990). Etwa drei Jahre nach der „Sandoz-Katastrophe“ waren in Rhein und dessen Seitenarmen alle geschädigten Fischarten wieder nachzuweisen (KÖHLER & LELEK 1992).

KINKOPF (1991) wies für die zwei im Projektgebiet gelegenen Auengewässer Leimersheimer Altrhein und Sondernheimer Altrhein eine Wechselwirkung zwischen Altrhein- und Rhein-Benthonzönosen nach. Durch Drift gelangen aus den Auengewässern permanent Organismen in den Hauptstrom und können sich in Abhängigkeit von den Umweltverhältnissen erfolgreich wiederansiedeln. Voraussetzung hierfür ist jedoch, daß der Hauptstrom und das Auengewässer ähnliche, für jeweils das gleiche Arteninventar geeignete Verhältnisse aufweisen. Dies trifft für durchflossene Seitenarme und Altarme zu, die aufgrund der starken Durchströmung mit Rheinwasser jedoch Gefahr laufen, selbst von Schadstoffwellen geschädigt zu werden. Gewässer mit Stillwassercharakter haben für die Makrozoobenthonfauna des Hauptstroms nur eine geringe Refugialfunktion (KINZELBACH 1990).

Für die Fischfauna kommt den Altarmen und Baggerseen eine hohe Bedeutung als Refugialraum zu. Fische sind hochmobil und flüchten zum Beispiel beim Erkennen chemischer Verunreinigungen in geringer belastete Gewässerbereiche. Funktionale Defizite bestehen in Form der teilweise schlechten Erreichbarkeit der Auengewässer aufgrund von fehlenden, sehr kleinen oder zeitweilig trockenliegenden Anbindungen an den Hauptstrom (Tab. 5-16).

Tab. 5-16: Einschätzung der Auengewässer-Funktion „Refugialraum“ für die Fischfauna

	Larven	Juvenile	Adulte
<b>Bedeutung</b>	0	+	-
<b>Eignung</b>	entfällt	-	-
<b>Defizite</b>	entfällt	ja	ja

0: keine, —: sehr gering, -: gering, +: hoch, ++: sehr hoch

### 5.2.9 Artenreservoir

Bei langfristig ungünstigen Lebensbedingungen, wie dies beispielsweise die schlechte Wasserqualität bis Ende der 70er Jahre darstellte, können die Auengewässer nach LELEK (1978a) Rückzugsraum für Fischarten sein. Sie werden dann zum Ausgangspunkt für eine Wiederbesiedelung des Hauptstroms und weiterer angebundener Gewässer bei sich verbessernden Bedingungen (KINZELBACH 1990). Der Unterschied zur Auengewässer-Funktion „Refugialraum“ besteht darin, daß die Fische bei dieser Funktion längere Zeit oder über mehrere Generationen in den Gewässern überleben und nicht nur für die Dauer einer Katastrophe einen Ausweichlebensraum finden müssen.

#### Situation in den Rhein-Auengewässern:

Aus heutiger Sicht kommt den Auengewässern die Funktion „Artenreservoir“ nur noch für wenige Fischarten zu (Tab. 5-17), da die meisten im Rheinstrom vorkommenden Arten diesen auch heute bereits wiederbesiedelt haben.

Tab. 5-17: Einschätzung der Auengewässer-Funktion „Artenreservoir“ für die Fischfauna

<b>Bedeutung</b>	-	-	-
<b>Eignung</b>	?	?	?
<b>Defizite</b>	?	?	ja

0: keine, —: sehr gering, -: gering, +: hoch, ++: sehr hoch

Tabelle 5-18 faßt die fischökologisch bedeutsamen Funktionen der Auengewässer geordnet nach Auengewässertypen zusammen. Die gewässerspezifische Bewertung der Funktionen erfolgt in drei Stufen gering, mittel und hoch.

Tab. 5-18: Fischökologisch bedeutsame Funktionen der Auengewässertypen

Funktion	Auengewässertypen						
	Fließgewässermündung	Natürlicher Seitenarm	Anthropogener Seitenarm	Stromnaher Altarm	Stromferner Altarm	Altwasser	Baggersee
Ernährung	++	++	++	++	++	+	+
Fortpflanzung	++	++	++	+	++	++ (2)	++ (3)
Aufwuchsgebiet	+	+	++	++	++	++ (2)	++ (3)
Wintereinstand	0/+	+	+	+	++	0	++ (3)
Hochwassereinstand	0/+	0	0	0	++	0	++ (3)
Wanderweg	++	+(1)	++(1)	+(1)	+(1)	0	+(1)
Refugialraum	+	abhängig vom Durchfluß	abhängig vom Durchfluß	++	++	0	++ (3)
Artenreservoir	++	0	++	++	++	+(2)	++ (3)

0 Bedeutung gering

+ Bedeutung mittel

++ Bedeutung hoch

(1) wenn Seitengewässer einmündet

(2) abhängig von Rheinwasserstand im Frühjahr

(3) nur bei Baggerseen, die bei MQ eine offene Verbindung zum Rhein haben (Bedeutung = 0, wenn Gewässer nicht angebunden sind)

### 5.3 Typische Verlandungsstadien und ihre Bedeutung für die Fischfauna des Rheins

Insbesondere in den anthropogenen Seitenarmen, den Altarmen bzw. den Altwässern finden sich charakteristische Verlandungsstadien, denen eine unterschiedliche Bedeutung für die Fischfauna des Rheins zukommt.

#### 5.3.1 Frühes, mittleres und spätes Verlandungsstadium

Die Verlandungsmerkmale bzw. -stadien lassen sich anhand von morphologischen, morphometrischen, hydraulischen, hydrographischen, chemisch-physikalischen und biologischen Parametern unterscheiden. Merkmale, die frühe und späte Verlandungsstadien charakterisieren, sind in Tabelle 5-19 aufgeführt (WEIBEL & BAUER 1997b). Einzelne Auengewässer können sowohl Merkmale früher als auch später Verlandungsstadien aufweisen.

Tab. 5-19: Verlandungsmerkmale früher und später Verlandungsstadien

Merkmal	Frühes Verlandungsstadium	Spätes Verlandungsstadium
<b>Morphologische Parameter</b>		
Ursprünglicher Verlauf	deutlich erkennbar	schwach erkennbar, manchmal in „Tümpelkette“ aufgelöst
Längsprofil	Längsprofil weist noch Fließgewässermerkmale mit einem Sohlgefälle von Ingestion zu Egestion auf	Längsprofil nicht mehr durchgängig vorhanden, in einzelne Kleingewässer aufgelöst
Querprofil	Flach- und Steilufer sind abschnittsweise noch vorhanden, Gewässerbreite in Relation zum Fluß geringfügig reduziert	gesamtes Profil abgeflacht, ausgedehnte Flachwasserbereiche, Gewässerbreite in Relation zum Fluß deutlich reduziert
Substrat	kiesig-sandig-schlammig	sandig-schlammig, mit hoher Faulschlamm-mächtigkeit
<b>Morphometrische Parameter</b>		
Wassertiefe bei MW	meist über 2 m, stellenweise über 4 m	überwiegend 0,5-2 m, selten über 2 m
Verhältnis Wasserfläche / amphibische Fläche	>>1	<1 bis 1
<b>Hydraulische und hydrographische Parameter</b>		
Strömung bei Hochwasser	vorhanden	fehlend
Geschiebeführung	gering bis fehlend	fehlend
Sedimentation	mittel bis hoch	hoch
Frischwasserzufuhr	aus Rhein partiell vorhanden oder fehlend	fehlend
<b>Chemisch-physikalische Parameter</b>		
Wassertemperatur	sommerliche Erwärmung auf ca. 15-20°C	sommerliche Erwärmung bis über 25°C
pH-Wert	mittlere Tagesgangschwankungen	starke Tagesgangschwankungen
Phosphat	entsprechend der Rheinwassergrundbelastung	über die Grundbelastung erhöhte Werte möglich
Stickstoff	entsprechend der Rheinwassergrundbelastung	gegenüber der Grundbelastung erhöhte Werte, Gefahr von toxischer Ammoniakkonzentration
<b>Biologische Parameter</b>		
Aquatische und amphibische Vegetation	geringe bis mittlere Deckungsgrade	mittlere bis hohe Deckungsgrade

Die Auengewässer können abhängig von der Ausprägung der Verlandungsmerkmale einem frühen, mittleren und späten Verlandungsstadium zugeordnet werden. Das mittlere Verlandungsstadium entspricht dabei dem Übergang vom frühen zum späten Verlandungsstadium. Die Intensität der Verlandungsprozesse nimmt vom frühen zum späten Stadium hin zu. Die Verlandung ist in der Regel weit fortgeschritten, wenn das Gewässer auch bei Hochwasser nicht mehr vom Rhein durchflossen wird; ab diesem Zeitpunkt verstärkt sich das weitere Verlandungsgeschehen. Da es sich bei der fortschreitenden Verlandung um eine kontinuierliche Entwicklung handelt, gehen die einzelnen Stadien ineinander über, ohne daß eine scharfe Abgrenzung möglich ist.

### **Frühes Verlandungsstadium**

---

Sobald der Hochwassereinfluß in einem Auengewässer soweit reduziert ist, daß die Sedimentationsprozesse größer werden als die Erosionsprozesse, ist das frühe Verlandungsstadium erreicht. Verlandungsmerkmale sind erst in geringem Umfang ausgebildet. Prall- und Gleithänge sowie der ursprüngliche Gewässerverlauf sind noch erkennbar (Abb. 5-1). Die Gewässerbreite ist hinsichtlich ihrer Größenordnung mit der des Rheins vergleichbar. Die Profiltiefe und die Tiefenvarianz sind jedoch aufgrund von Sedimentationsprozessen bereits reduziert, wobei die Tiefe noch Werte von ca. vier Metern erreichen kann. Die tiefsten Gewässerabschnitte befinden sich am ehemaligen Prallhang. Sand und Schluff dominieren das Sohlsubstrat. Die Uferbereiche werden von Auelehm oder Kiesanschnitten bestimmt.

Die Gewässer werden von Rheinhochwasser noch durchflossen, wobei der Durchfluß in seiner hydraulischen Wirkung häufig behindert wird (z. B. durch Querbauwerke oder hoch gelegene Ingestionsöffnungen). Dem frühen Verlandungsstadium sind auch Gewässer zuzuordnen, die gegenwärtig vom Hochwasser nicht mehr durchströmt werden, deren Ingestionsbereiche jedoch erst in den letzten Jahrzehnten hochwasserfrei ausgebaut wurden. Der Verlandungsprozeß in diesen Gewässern wird vermutlich schneller ablaufen als in den Gewässern, in denen es noch hochwasserbedingt zum Sedimentaustag kommt. Der Zulauf von Frischwasser kann der biogenen Verlandung entgegenwirken. Der Zufluß erfolgt, wie z. B. im Lingenfelder Altrhein, über ein Wasserbauwerk aus dem Rhein und/oder über einmündende Seitenbäche.

Solange die Gewässer deutlich vom Rheinhochwasser durchströmt werden, bilden sich keine flächenhaften Wasserpflanzenbestände aus. Es ist nur eine kleinräumige Pflanzenentwicklung in strömungsgeschützten Uferabschnitten denkbar. Eine ausgedehnte amphibische Zone existiert nur am Gleitufer, wo die Land-Wassergrenze im fließenden Übergang bleibt.

Der Lingenfelder Altrhein ist ein Beispiel für ein frühes Verlandungsstadium (siehe Abb. 5-2).



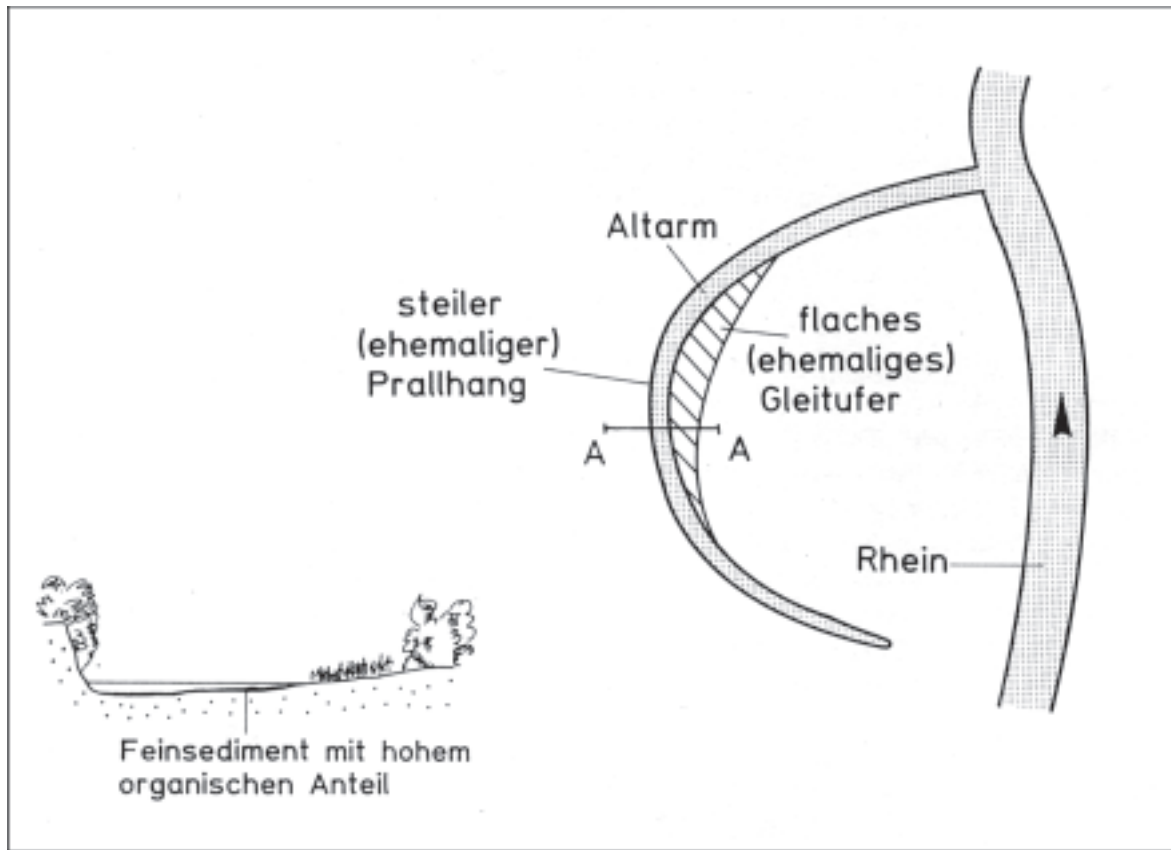


Abb. 5-2: Aufsicht (oben) und Querschnitt A-A (unten) eines frühen Verlandungsstadiums  
(AUS WEIBEL & BAUER 1997b)

### Mittleres Verlandungsstadium

In diesem Stadium sind Verlandungsmerkmale bereits deutlicher ausgeprägt. Ein Durchfluß von Rhein-hochwasser mit nennenswertem Austrag von Sedimenten findet nicht mehr statt. Ursächlich hierfür ist entweder eine hochwasserfreie Lage der Ingestion oder eine drastische Aufweitung des Abflußquerschnitts, zum Beispiel durch Teilauskiesung des Altarms oder des Vorlands.

Eine Strukturierung in Prall- und Gleitufer ist nicht mehr erkennbar, das Gewässer hat ein langgestrecktes, flach wannenförmiges Profil mit durchschnittlichen Wassertiefen zwischen ein und zwei Metern (Abb. 5-3). Die größte Tiefe befindet sich in der Regel in Egestionsnähe. Die Sedimentation von Feinstoffen am Gewässergrund ist weit fortgeschritten, die Sohle wird von schlammig-lehmigem Substrat gebildet. Im Uferbereich beschleunigen allochthone Einträge (Falllaub, amphibische Vegetation) die Verlandung. Aufgrund der geringen Wassertiefe und der flach auslaufenden Ufer führen Rheinwasserstände unter Mittelwasser zu einer deutlichen Reduzierung der Freiwasserflächen bei entsprechender Erhöhung des amphibischen Flächenanteils. Bei Gewässern mit Wasserzuflüssen bilden sich in den trockenfallenden Gewässerabschnitten prielartige Strukturen zur Wasserableitung aus.

Die Stillwasserbedingungen begünstigen das Vorkommen submerser Wasserpflanzen und verändern die chemisch-physikalischen Rahmenbedingungen. Dabei ersetzen ausgeprägte Tagesgangschwankungen (z. B. Temperatur, Sauerstoff, pH-Wert) die deutlich gleichmäßigeren Fließgewässerbedingungen. An

hochsommerlichen Tagen kann es im Laufe des Tages zu einer Erhöhung des pH-Wertes und der Wassertemperatur kommen. Bei gleichzeitig hohen Ammoniumgehalten dissoziiert dieses teilweise zu fischtoxischem Ammoniak. Hierdurch können Schäden insbesondere an der Fischbrut entstehen (WEIBEL & WOLF 1997). Die vollständige Bedeckung der Gewässeroberfläche mit Schwimmblatt- oder schwimmenden Pflanzen kann ebenso wie eine lange winterliche Eisbedeckung zur kritischen Sauerstoffgehalten führen. Die Wasserpflanzenbestände zeigen teilweise die bekannte Differenzierung in amphibische, Schwimmblatt- und submerse Zone. In den meisten Gewässern ist diese Zonierung jedoch aufgrund der geringen Tiefe nicht vorhanden. Die Wasserpflanzenbestände sind dann häufig artenarm, teilweise dominieren Neophyten, wie zum Beispiel die Kanadische Wasserpest (*Elodea canadensis*), die Artengemeinschaft.

Die Anbindung an den Rhein erfolgt direkt über eine Egestion oder indirekt über weitere Auengewässer. Bei großen Hochwasserereignissen kommt es in einigen Gewässern zur zeitweilig beidseitigen Anbindung mit Ingestion und Egestion. Die Gewässer werden jedoch nicht merklich durchströmt, so daß weder Erosion noch Sedimentaustrag erfolgen. Die Einleitung von belastetem Wasser, beispielsweise durch zufließende Seitengewässer, beschleunigt die Feinstoffsedimentation und biogene Auflandung. Dies führt zu Faulschlammablagerungen von teilweise mehreren Metern Mächtigkeit.

Der nicht ausgekieste Teil des Berghäuser Altrheins ist ein charakteristischer Vertreter des mittleren Verlandungsstadiums.

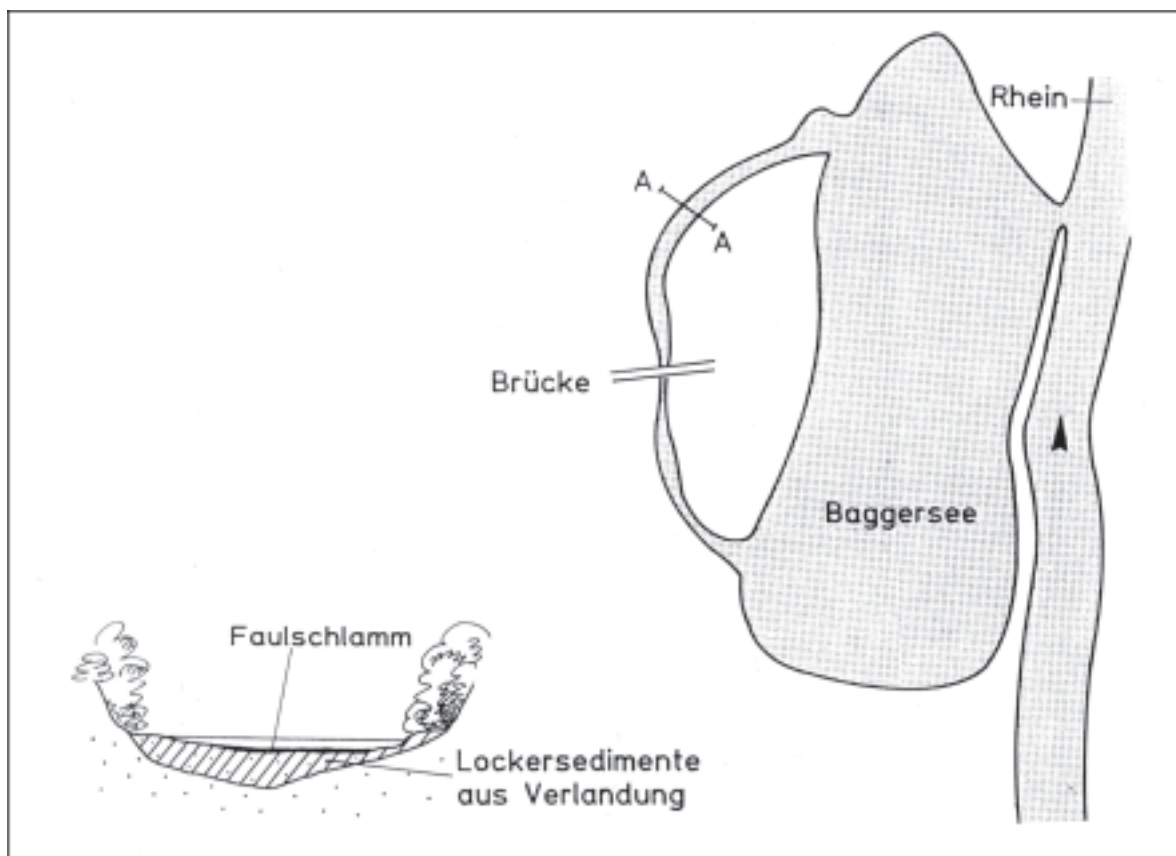


Abb. 5-3: Aufsicht (oben) und Querschnitt A-A (unten) eines mittleren Verlandungsstadiums (aus WEIBEL & BAUER 1997b)

### Spätes Verlandungsstadium

Das späte Verlandungsstadium ist aufgrund der vollständigen Abtrennung vom Hauptstrom ein verlandendes Altwasser mit temporär trockenfallenden Bereichen. Die Gewässer werden nicht mehr von Rheinhochwasser durchspült, ein Sedimentaustrag findet nicht mehr statt. Infolge der starken Verlandung ist die freie Gewässerfläche im Verhältnis zur ursprünglichen Ausdehnung deutlich verringert. Der ehemalige Seiten- oder Altarm kann auch in einzelne kleinere Gewässer zerfallen sein (Abb. 5-4). Bei Hochwasser werden die Gewässer überstaut, jedoch nicht durchflutet. Dabei kommt es zum Wasseraustausch, und der freie Fischwechsel wird möglich. Belastete Zuflüsse existieren in den abflußlosen Altwassern nicht.

Die Stillwasserbedingungen begünstigen das Vorkommen submerser Wasserpflanzen und verändern die chemisch-physikalischen Rahmenbedingungen (vgl. mittleres Verlandungsstadium). Die vollständige Bedeckung der Gewässeroberfläche mit Schwimmblatt- oder schwimmenden Pflanzen kann ebenso wie eine lange winterliche Eisbedeckung zu kritischen Sauerstoffgehalten führen. Die Wasserpflanzenbestände zeigen teilweise eine Differenzierung in amphibische, Schwimmblatt- und submerse Zone. In den meisten Gewässern ist diese Zonierung jedoch aufgrund der geringen Tiefe nicht vorhanden. Die Wasserpflanzenbestände sind meist artenreich. In Niedrigwasserphasen können weite Teile der Wasserpflanzenflächen trockenfallen.

Repräsentatives Beispiel für ein spätes Verlandungsstadium ist die Eisbruchlache.

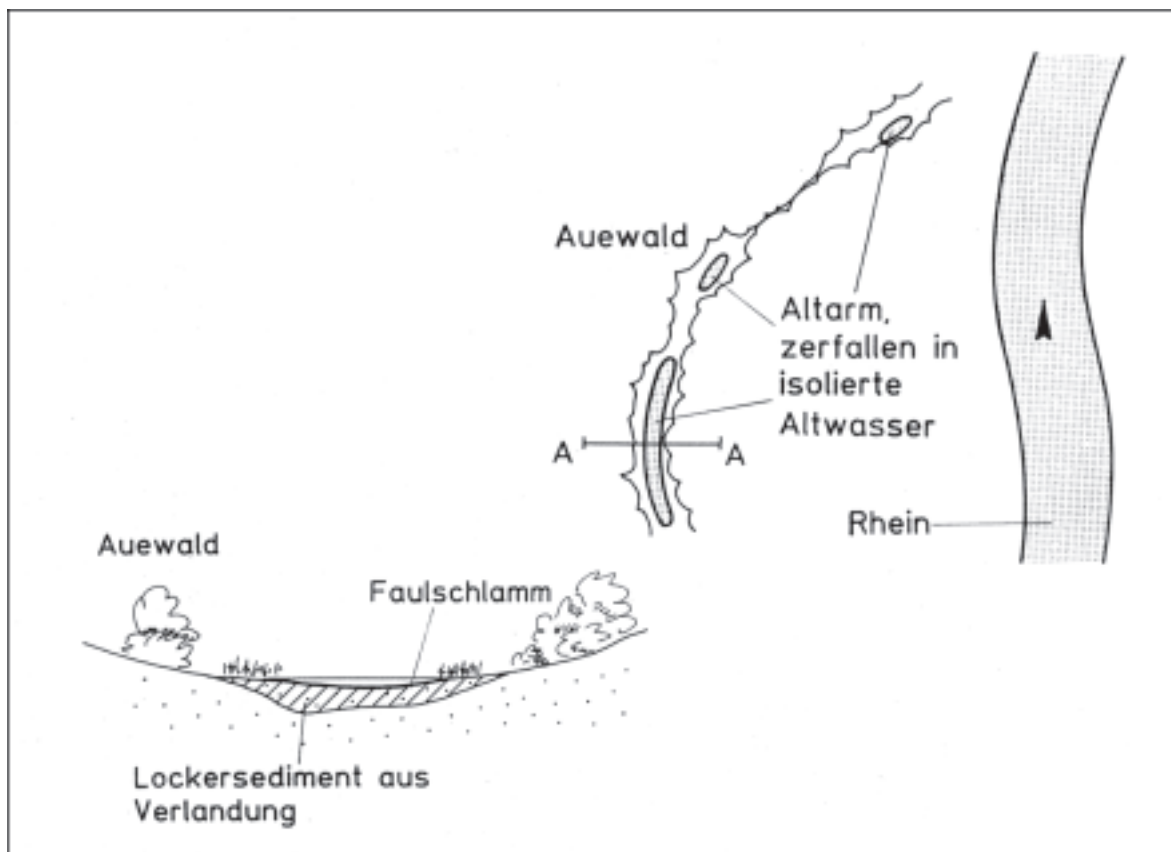


Abb. 5-4: Aufsicht (oben) und Querschnitt A-A (unten) eines späten Verlandungsstadiums (aus WEIBEL & BAUER 1997b)

### 5.3.2 Bedeutung der Verlandungsstadien für die Fischfauna des Rheins

Die Verlandungsstadien der Auengewässer erfüllen unterschiedliche Funktionen für die verschiedenen Altersstadien der Fischfauna (siehe Kapitel 5.2, WEIBEL et al. 1996, WEIBEL & WOLF 1997, WEIBEL & BAUER 1997a). Besonders bedeutsam ist die Funktion der Auengewässer als Reproduktionsraum für die Fischfauna. Der Grad der Funktionsfähigkeit ist abhängig von der Erreichbarkeit (Anbindung), dem Anteil von Flachwasserbereichen, der Wasserqualität, der Wasserpflanzendeckung, den Strömungsverhältnissen und der Substratbeschaffenheit.

Entsprechend den autökologischen Ansprüchen der einzelnen Arten an den Fortpflanzungsraum kann die Fischfauna des Rheinsystems in fünf Reproduktionstypen eingeteilt werden (WEIBEL & BAUER 1997a). Diese sind Kieslücken-, Kies-, Sand- und Pflanzenlaicher sowie die euryöken Arten ohne spezielle Anforderungen an den Laichplatz. Die in den rezenten Auengewässern nicht reproduzierenden Kieslückenlaicher finden bei der nachfolgenden Betrachtung keine weitere Berücksichtigung.

#### Fischfauna des frühen Verlandungsstadiums

Das frühe Verlandungsstadium weist potentiell eine hohe Habitatdiversität auf und ermöglicht daher das Vorkommen unterschiedlich spezialisierter Arten (Tab. 5-20). Das Vorhandensein sandig-kiesiger, leicht überströmter Flachwasserbereiche ermöglicht die Fortpflanzung psammo- und rheophiler Arten. In den wasserpflanzenbestandenen Flachwasserbereichen mit Stillwasserbedingungen finden die phytophilan Arten einen geeigneten Lebens- und Fortpflanzungsraum.

Tab. 5-20: Ökologische Bedeutung des frühen Verlandungsstadiums für die Fischfauna des Rheins (aufgeschlüsselt nach Reproduktionstypen, besonders bedeutsam ist die Eignung als Fortpflanzungsraum, die deshalb in Fettdruck angelegt ist.)

Funktion	Kieslaicher	Sandlaicher	Pflanzenlaicher
Permanenter Lebensraum	+	+	+
Ernährung	+	+	+
<b>Fortpflanzung</b>	<b>0/+</b>	<b>+</b>	<b>0/+</b>
Aufwuchsgebiet	0/+	+	0/+
Wintereinstand	++	++	++
Hochwassereinstand	++	++	++
Wanderweg	0	0	0
Refugialraum	++	++	++
Artenreservoir	0	++	+

0: bedeutungslos, +: geringe Bedeutung, ++: hohe Bedeutung

Die Jungfischfauna des Beispielgewässers Lingenfelder Altrhein besteht zu ca. 90 % aus euryöken Arten (Abb. 5-5). Aufgrund der herabgesetzten Frischwasserzufuhr sind für rheophile Kieslaicher im Vergleich zum potentiellen Zustand nur eingeschränkt geeignete Lebensbedingungen vorhanden. Der Anteil der Kieslaicher beträgt etwa 8 %. In geringem Ausmaß kommen sand- und pflanzenlaichende Arten vor. Diese Arten sind auf sandige, leicht überströmte bzw. pflanzenbestandene, strömungsberuhigte Abschnitte angewiesen. Beide Habitattypen kommen in dem strukturreichen Gewässer in begrenztem Umfang vor. Phytophile Arten sind nur mit Einzelindividuen vertreten. Der Deckungsgrad aquatischer Pflanzen

nimmt gegenwärtig zu, so daß sich der Anteil an Pflanzenlaichern in Zukunft vermutlich erhöhen wird.

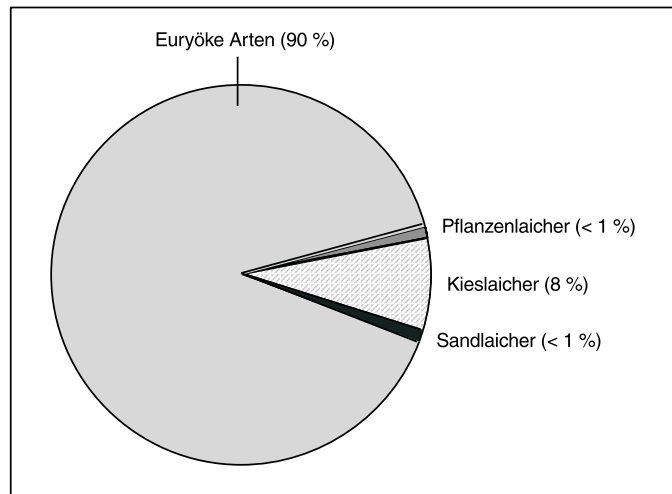


Abb. 5-5: Jungfischfauna eines frühen Verlandungsstadiums am Beispiel des Lingenfelder Altrheins (Angaben nach Jungfischuntersuchung von WEIBEL & BAUER 1997a, modifiziert)

### Fischfauna des mittleren Verlandungsstadiums

Dieses Verlandungsstadium begünstigt potentiell die Fortpflanzung von Sandlaichern und von Pflanzenlaichern (Tab. 5-21). Entscheidend sind die Anbindung an den Rhein, die Ausprägung der Unterwasservegetation sowie die Substratverhältnisse. Dichte Bestände von Unterwasserpflanzen fördern den Anteil pflanzenlaichender Arten. Hierzu gehören Hecht, Karpfen, Schleie und Rotfeder. Sandiges Substrat im Flachwasserbereich ermöglicht das Vorkommen sandlaichender Arten. Bei sommerlichen Temperaturen können infolge der mangelnden Durchströmung der sich stark erwärmenden Gewässer kritische Ammonium- und Ammoniakwerte mit möglichen Auswirkungen auf die Zusammensetzung der Fischfauna auftreten (WEIBEL & BAUER 1997a). Nachteilig wirken sich Abwassereinleitungen in Kombination mit niedrigen Wasserständen aus.

Tab. 5-21: Ökologische Bedeutung des mittleren Verlandungsstadiums für die Fischfauna des Rheins (aufgeschlüsselt nach Reproduktionstypen, besonders bedeutsam ist die Eignung als Fortpflanzungsraum, die deshalb in Fettdruck angelegt ist.)

Funktion	Kieslaicher	Sandlaicher	Pflanzenlaicher
Permanenter Lebensraum	0	++	++
Ernährung	0	++	++
<b>Fortpflanzung</b>	<b>0</b>	<b>+</b>	<b>++</b>
Aufwuchsgebiet	0	+	++
Wintereinstand	0	+	++
Hochwassereinstand	0	+	++
Wanderweg	0	0	0
Refugialraum	0	+	++
Artenreservoir	0	+	++

0: bedeutungslos, +: geringe Bedeutung, ++: hohe Bedeutung

Ein charakteristisches Beispiel für das mittlere Verlandungsstadium ist der alte Teil des Berghäuser Altrheins. Dieser Bereich wurde nicht ausgekiest und ist als flach wannenförmiges Profil erhalten geblieben. Der Anteil euryöker Arten beträgt 87 % (Abb. 5-6); Kieslaicher sind mit einem Anteil von 1 % unbedeutend, Sandlaicher erreichen 5 %, und Pflanzenlaicher haben bereits einen Anteil von 7 %.

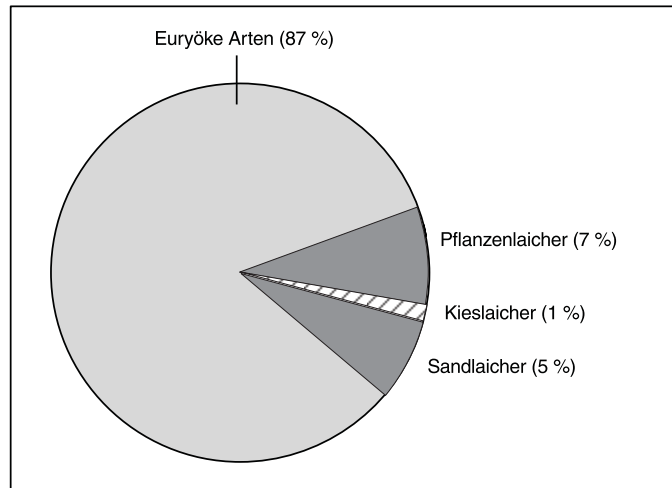


Abb. 5-6: Jungfischfauna eines mittleren Verlandungsstadiums am Beispiel des alten Teils des Berghäuser Altrheins (Angaben nach Jungfischuntersuchung von WEIBEL & BAUER 1997a, modifiziert)

### Fischfauna des späten Verlandungsstadiums

Die Altwässer bieten aufgrund der ausgeprägten Unterwasservegetation den spezialisierten phytophilinen Fischarten einen geeigneten Lebens- und vor allem Reproduktionsraum (Tab. 5-22). Allerdings kommt es in diesem Verlandungsstadium aufgrund der geringen Gewässertiefe gelegentlich zu kritischen Zuständen. So fallen in der warmen Jahreszeit Gewässerabschnitte trocken, und Fische können in isolierten „Fischfallen“ zugrunde gehen. Im Sommer kann die Wasserqualität für Fische ungünstige Werte aufweisen (WEIBEL & WOLF 1997). Dies ist jedoch eine natürliche Situation, an die spezialisierte Fischarten (z. B. Schleie, Hecht oder Karpfen) angepaßt sind. Im späten Verlandungsstadium dominieren daher die gegenüber hohen Temperaturen und niedrigen Sauerstoffkonzentrationen toleranteren pflanzenlaichenden Cypriniden, während die indifferenten Arten an Dominanz verlieren.

Tab. 5-22: Ökologische Bedeutung des späten Verlandungsstadiums für die Fischfauna des Rheins (aufgeschlüsselt nach Reproduktionstypen, besonders bedeutsam ist die Eignung als Fortpflanzungsraum, die deshalb in Fettdruck angelegt ist.)

Funktion	Kieslaicher	Sandlaicher	Pflanzenlaicher
permanenter Lebensraum	0	0	++
Ernährung	0	0	++
<b>Fortpflanzung</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>++</b>
Aufwuchsgebiet	0	0	++
Wintereinstand	0	0	0
Hochwassereinstand	0	0	++
Wanderweg	0	0	0
Refugialraum	0	0	++
Artenreservoir	0	0	++

0: bedeutungslos, +: geringe Bedeutung, ++: hohe Bedeutung

Die Fischfauna der Eisbruchlache, die dieses Verlandungsstadium aufweist, besteht annähernd zu gleichen Teilen aus spezialisierten Pflanzenlaichern und euryöken Arten (Abb. 5-7). Damit weist das Gewässer den größten Anteil von Spezialisten auf und dokumentiert die hohe Bedeutung des späten Verlandungsstadiums für die pflanzenlaichenden Arten.

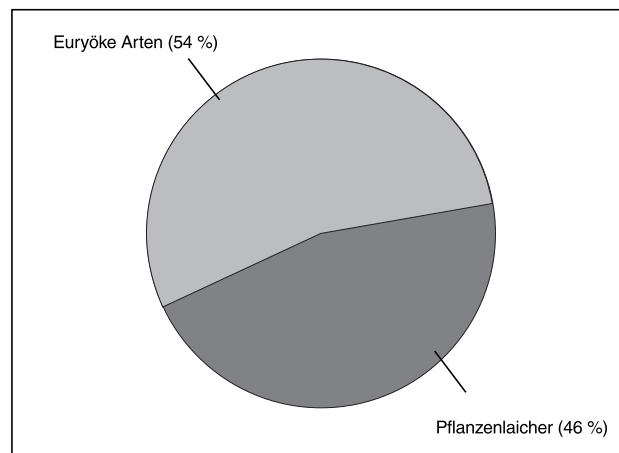


Abb. 5-7: Jungfischfauna eines späten Verlandungsstadiums am Beispiel der Eisbruchlache (Angaben nach Jungfischuntersuchung von WEIBEL & BAUER 1997a, modifiziert)

### Zusammenfassende Beurteilung der Verlandung von Auengewässern hinsichtlich der Rheinfischfauna

Die Lebensbedingungen im Rheinhauptstrom begünstigen das Vorkommen von euryöken und kieslaichenden Arten. Die besondere Bedeutung der Auengewässer besteht darin, den an Stillwasserbedingungen angepaßten sand- und pflanzenlaichenden Arten des Rheinsystems geeigneten Lebens- und vor allem Reproduktionsraum zu bieten. Unter den Auengewässern sind im wesentlichen die Verlandungsstadien in der Lage, diese Funktionen zu erfüllen. Der Anteil der limnophilen krautlaichenden Arten



erhöht sich mit zunehmendem Grad der Verlandung, während die Kieslaicher an Bedeutung verlieren (Abb. 5-8, zum besseren Vergleich wird ein durchflossenes nicht verlandetes Auengewässer als „Ausgangsstadium“ mit aufgeführt).

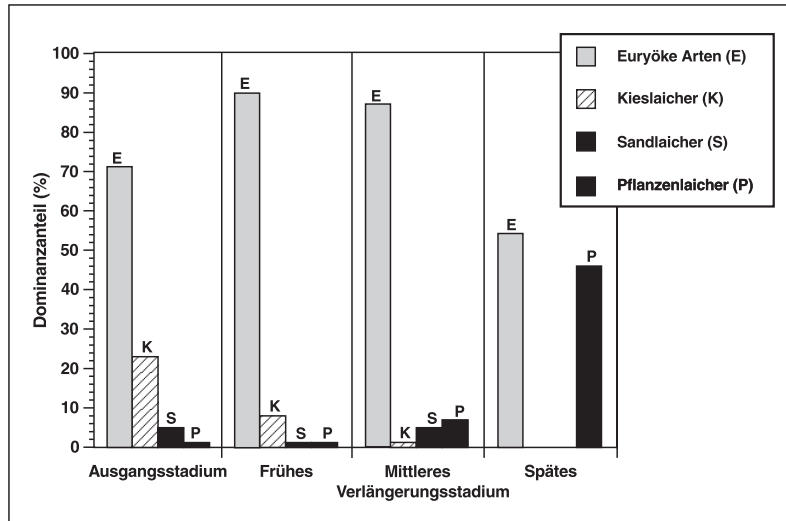


Abb. 5-8: Vergleich der Jungfischfauna auf Reproduktionstypenniveau (WEIBEL & BAUER 1997a/b)  
(Je weiter fortgeschritten die Verlandung ist, desto stärker verschiebt sich das Spektrum von kieslaichenden zu pflanzenlaichenden Arten. Den höchsten Anteil an spezialisierten Arten weisen das Ausgangsstadium und das späte Verlandungsstadium auf.)

Die kieslaichenden Arten pflanzen sich am erfolgreichsten im „Verlandungsausgangsstadium“ fort, während die Pflanzenlaicher ihren Reproduktionsschwerpunkt im mittleren und späten Verlandungsstadium haben. In diesen Stadien ist folgerichtig der Individuenanteil spezialisierter Arten am größten, der Anteil anspruchsloser Arten am geringsten. Damit kommt dem Ausgangsstadium und dem mittleren sowie späten Verlandungsstadium fischökologisch der höchste Wert zu. Im Gegensatz zu den Pflanzenlaichern finden die kieslaichenden Arten auch im Rheinhauptstrom geeignete Fortpflanzungsbedingungen vor. Die mittleren und späten Verlandungsstadien sind daher für die Fischfauna des Rheinökosystems von herausragender Bedeutung, da nur in ihnen die Fortpflanzung der für den Rhein so typischen Stillwasserarten wie Hecht, Schleie und Karpfen gesichert werden kann.

Die ökologische Leistungsfähigkeit der meisten Verlandungsstadien ist derzeit aus verschiedenen Gründen herabgesetzt. Aufgrund der mangelhaften Anbindung an den Rhein werden Fischwanderungen zwischen Hauptstrom und Auengewässern häufig erschwert oder sind gar nicht möglich. Hecht, Karpfen und Schleie finden keinen Zugang zu geeigneten Laichplätzen; das hohe Reproduktionspotential der Verlandungsgewässer kann nicht genutzt werden. Aufgelandete Egestionsbereiche sind die Ursache für „Fischfallen“. Bei zurückgehenden Wasserständen werden Fische in bestimmten Gewässerabschnitten isoliert und verenden bei vollständigem Trockenfallen. Insbesondere bei geringer Frischwasserzufuhr beeinträchtigen Abwassereinleitungen die Funktionsfähigkeit und die Lebensbedingungen für die Fischfauna erheblich. Faulschlamm wird von Grundwasser oder Druckwasser aus dem Rhein durchströmt, wobei toxische Substanzen (z. B. Schwefelwasserstoff) ausgewaschen werden und in den Wasserkörper gelangen.

## 5.4 Habitatansprüche der gewässertypischen Fischarten

### 5.4.1 Kies- und Sandlaicher in den Fließgewässermündungen

Fließgewässermündungen können je nach der Beschaffenheit des einmündenden Seitengewässers unterschiedlich ausgestaltet sein. Gemeinsam ist allen Mündungsbereichen das ständige Vorhandensein von Strömung. Wasserpflanzen fehlen weitgehend. Leitfischarten sind die anadromen und die rheophile Arten wie Barbe, Meerneunauge und Schneider (Tab. 5-23). Durch die vorhandenen Kies- und Sandbänke sind die Mündungsbereiche potentielle Fortpflanzungsräume für litho- und psammophile Arten (LELEK & KÖHLER 1989b/c). Für die anadromen Arten sind die Mündungsbereiche bei der Laichwanderung in stromaufwärts gelegene Laichhabitate von großer Bedeutung, da viele dieser Arten zum Abbläuen in die sommerkalten Fließgewässerbereiche vordringen müssen. Häufig ist die Durchquerung des Hauptdeichs problematisch. Dort sind oft Pumpwerke oder regulierbare Rohrverbindungen vorhanden, die den Fischaufstieg ver- oder behindern (LUDWIG & ELPERS 1997).

Tab. 5-23: Anforderungen der Leitfischarten an den Gewässertyp Fließgewässermündung

Merkmal	Ausprägung
Leitfischarten	Salmoniden, Neunaugen, Barbe, Nase, Schneider
Gewässergüte	I, I-II
Sauerstoffgehalt	ca. 10 mg/l
Temperatur	2-15°C
Fließgeschwindigkeit	0,2-0,5 m/s
Substrat	Kies, Sand
Pflanzen	keine, kaum
Morphologie	hohe Tiefenvarianz
Uferbereich	Flachufer vorherrschend
Strukturvielfalt	mittel

### 5.4.2 Kies- und Sandlaicher in den Seitenarmen des Rheins

Die natürlichen und anthropogenen Seitenarme des Rheins sind durch das ständige Vorhandensein von Strömung gekennzeichnet. Die Zusammensetzung der Fischfauna entspricht der des Hauptstroms. Die fischökologischen Leitarten natürlicher Seitenarme sind Anadrome und Rheophile, wie Meerneunauge und Barbe (Tab. 5-24), die die Seitenarme als Lebensraum nutzen, dort reproduzieren oder diese durchwandern. In den anthropogenen Seitenarmen ermöglichen die Fließgewässerverhältnisse das Vorkommen von rheophilen Arten wie Barbe, Nase und Rapfen. Für psammo- und lithophile Arten, wie Steinbeißer und Gründling, ist Laichsubstrat vorhanden. Durch die permanente Anbindung an den Hauptstrom können die anthropogenen Seitenarme auch für Fischwanderungen von Bedeutung sein, wenn Seitengewässer einmünden.

Tab. 5-24: Anforderungen der Leitfischarten an den Gewässertyp Seitenarm

Merkmal	Ausprägung	
	Natürlicher Seitenarm	Anthropogener Seitenarm
Leitfischarten	Meerforelle, anadrome Neunaugen, Barbe, Nase	Barbe, Nase, Steinbeißer, Bachschmerle
Gewässergüte	I-II, II	I-II, II
Sauerstoffgehalt	8-10 mg/l	8-10 mg/l
Temperatur	5-20°C	5-20°C
Fließgeschwindigkeit	0,2 - 0,5 m/s	bis 0,2 m/s
Substrat	Kies, Sand	Kies, Sand
Pflanzen	keine	kaum
Morphologie	hohe Tiefenvarianz	hohe Tiefenvarianz
Uferbereich	Flachufer vorherrschend	mit Prall- u. Gleithangstrukturen
Strukturvielfalt	mittel	mittel

### 5.4.3 Pflanzenlaicher und euryöke Arten in den Altarmen des Rheins

Stromnahen und stromfernen Altarmen lassen sich Fließ- oder Stillgewässereigenschaften zuordnen (Tab. 5-25). Da sie von nährstoffreichem Rheinwasser gespeist werden, sind Produktivität und Nahrungsangebot hoch und für Jungfische liegen günstige Aufwuchsverhältnisse vor. Stromnahe Altarme bieten einen Lebensraum für strömungsindifferente, rheo- und limnophile Fischarten. Für phytophile Arten mangelt es an geeignetem Laichsubstrat. Geeignete Fortpflanzungsbedingungen sind vor allem für indifferente Arten vorhanden. Die fischökologischen Leitarten sind demnach euryöke Arten wie Rotaue, Flußbarsch und Aal.

Aufgrund der dort vorhandenen Wasserpflanzen stellen die limnophilen Vertreter die fischökologischen Leitarten der stromfernen Altarme (Tab. 5-25).

Tab. 5-25: Anforderungen der Leitfischarten an den Gewässertyp Altarm

Merkmal	Ausprägung	
	Stromnaher Altarm	Stromferner Altarm
Leitfischarten	Rotaue, Flußbarsch, Aal	Hecht, Schleie, Schlammpeitzger, Rotfeder, Karpfen
Gewässergüte	eutrophes Stillgewässer	eu- bis hypertrophes Stillgewässer
Sauerstoffgehalt	4-8 mg/l	4-8 mg/l
Temperatur	bis 25°C	> 25°C
Fließgeschwindigkeit (MQ)	bis 0,1 m/s	0 m/s
Substrat	Sand, Feinsubstrat	Schlamm, Sand, Detritus
Pflanzen	Vorhanden, geringe Dichte	dichte Bestände
Morphologie	Tiefenvarianz mittel	Tiefenvarianz gering
Uferbereich	Flachufer	Flachufer
Strukturvielfalt	hoch	hoch

#### 5.4.4 Pflanzenlaicher in den Altwässern

Die Leitfischarten der Altwässer werden von der Gruppe der limnophilen Arten gestellt. Hierzu gehören Schleie, Hecht, Rotfeder und Moderlieschen (Tab. 5-26). Diese Arten sind phytophile Laicher. Je nach Wasserstand zur Laichzeit im Frühjahr bis Frühsommer können Fische aus dem Hauptstrom zum Ab-lai-chen einwandern.

Tab. 5-26: Anforderungen der Leitfischarten an den Gewässertyp Altwasser

Leitfischarten	Hecht, Schleie, Moderlieschen, Schlammpeitzger, Rotfeder, Karpfen
Gewässergüte	eutrophes Stillgewässer
Sauerstoffgehalt	4-8 mg/l
Temperatur	> 25°C
pH	7,5-8,5
Fließgeschwindigkeit	0 m/s
Substrat	Feinsubstrat, Detritus
Pflanzen	dichte Bestände
Morphologie	Tiefenvarianz gering
Uferbereich	Flachufer
Strukturvielfalt	hoch

#### 5.4.5 Sandlaicher in Baggerseen

Die Lebensbedingungen in den Baggerseen variieren in Abhängigkeit vom Alter des Gewässers, den hydromorphologischen Verhältnissen und dem Grundwassereinfluß. Bei Vorhandensein von Flachuferbereichen könnte den ausgekiesten Gewässern der Aue eine wichtige ökologische Funktion zukommen. STAAS (1995) kommt bei einem Vergleich des Fischbrutauflommens zwischen Rhein und einem angebundenen Baggersee zu dem Ergebnis, daß die schwach strukturierten aber zooplanktonreichen Seen wertvolle Laich- und Brutgebiete für strömungsindifferente und auch rheophile Arten sind. Die Leitarten in Baggerseen sind Zander, Steinbeißer und Gründling (Tab. 5-27).

Tab. 5-27: Anforderungen der Leitfischarten an den Gewässertyp Baggersee

Merkmal	Ausprägung
Leitfischarten	Zander, Steinbeißer, Gründling
Gewässergüte	meso- bis hypertrophes Stillgewässer
Sauerstoffgehalt	4-10 mg/l
Temperatur	bis 25°C
pH	7,5-8,5
Fließgeschwindigkeit	0 m/s
Substrat	Kies, Sand, Feinsubstrat
Pflanzen	im Uferbereich
Morphologie	flächenhafte Flachufer
Strukturvielfalt	gering

## 5.5 Derzeitige Funktionsfähigkeit der Auengewässer als Jungfischbiotope

Die reproduktionsbiologische Bedeutung der Auengewässer liegt in der Möglichkeit der erfolgreichen Eiablage und des Heranwachsens der frühen Lebensstadien von Fischarten, die im Hauptstrom keine geeigneten Reproduktions- und Aufwuchsbedingungen vorfinden (vgl. Kapitel 2.3.2 und 5.2). Trotz dieser hohen Bedeutung liegen nur wenige Kenntnisse über Art, Umfang und Erfolg der Fischreproduktion sowie zu den von den Jungfischen genutzten Habitaten vor. Lediglich am Beispiel von kleineren temporären und semipermanenten Gewässern auf badischer Rheinseite wurden 17, z.T. reproduzierende Fischarten belegt (GEBHARDT 1990a). Zur näheren Bestimmung von Art, Umfang und Erfolg der Fischreproduktion wurden deshalb im Rahmen des Projekts in elf Gewässern (an insgesamt ca. 90 Lokalitäten) Befischungen durchgeführt (WEIBEL & BAUER 1997a).

Die für die natürliche Fortpflanzung der Fische relevanten Habitattypen liegen in den Flachwasserbereichen der Auengewässer. Dort können fünf für die natürliche Reproduktion der Fischfauna bedeutsame Habitattypen unterschieden werden:

- flach überströmter Kiesbereich
- wasserpflanzenreicher Flachwasserbereich
- wasserpflanzenloser Flachwasserbereich
- nicht durchströmter Kiesbereich
- durchströmter Flachwasserbereich

Die fünf Habitattypen lassen sich aufgrund der morphologisch-strukturellen Parameter Substrat, Strömungsverhältnisse und Wasserpflanzenbestand voneinander abgrenzen (Tab. 5-28).

Tab. 5-28: Morphologisch-strukturelle Merkmale der Habitattypen (WEIBEL & BAUER 1997a)

Habitattyp Nr.	Substrat	Strömung	Wasserpflanzenbestand
1 „flach überströmter Kiesbereich“	Kies	durchströmt	nicht vorhanden
2 „wasserpflanzenreicher Flachwasserbereich“	Sand, Kies, Schlamm, Auelehm	nicht durchströmt	vorhanden
3 „wasserpflanzenloser Flachwasserbereich“	Sand, Kies, Schlamm, Auelehm	nicht durchströmt	nicht vorhanden
4 „nicht durchströmter Kiesbereich“	Kies, (selten mit Sand)	nicht durchströmt	nicht vorhanden
5 „durchströmter Flachwasserbereich“	Sand, Kies, Schlamm, Auelehm	durchströmt	nicht vorhanden

Die befischten Gewässer und die dabei unterschiedenen Habitattypen sind in Tabelle 5-29 dargestellt.

Tab. 5-29: Befischte Gewässer und Habitattypen

Befischte Gewässer	TK 25 Nr. bei km	Ingestion bei km	Egestion	Beprobte Habitattypen
Rhein bei Goldkehle/Minthe	6915	358,0	-	1
Goldkehle/Minthe	6915	358,0*	360,4	3, 4, 5
Pforzer Altrhein	6915	358,0*	360,4	2, 3, 4, 5
Wörther Altrhein/Altwasser	6915	363,5	366,0	2
Leimersheimer Altrhein	6816	373,0	375,4	1, 3, 4, 5
Baggersee am Karlskopf	6816	-	375,4	4
Lingenfelder Altrhein	6716	386,0*	386,5	2, 3, 5
Berghäuser Baggersee	6716	391,0*	393,5	3, 4
Alter Berghäuser Altrhein	6716	391,0*	393,5	2, 3
Eisbruchlache	6716	-	-	2, 3
Seitenarm bei Heidenfahrt	5914	509,8	512,2	3, 4

\* Ingestion/Egestion potentiell möglich oder früher vorhanden

### 5.5.1 Reproduktionsbiologische Bedeutung der einzelnen Habitattypen

In der Untersuchung konnte die Reproduktion von 23 Fischarten nachgewiesen werden. Diese Anzahl entspricht ca. 50 % der im Nördlichen Oberrhein vorkommenden oder potentiell vorkommenden Arten. Nach der Roten Liste der gefährdeten Fischarten in Rheinland-Pfalz (M<sub>FUF</sub> in Vorb.) sind von den nachgewiesenen reproduzierenden Arten acht und nach der bundesweiten Roten Liste (BLESS et al. 1994) zehn Arten in unterschiedlichem Maße gefährdet. Besonders bedeutsam ist der mehrfache Nachweis des Steinbeißers (*Cobitis taenia*), der in Rheinland-Pfalz als „vom Aussterben bedroht“ geführt wird. Mit einem Individuenanteil von über 80 % dominieren die euryöken Arten deutlich die Artenzusammensetzung. Fortpflanzungsbiologisch hochspezialisierte Arten wie die Kieslückenlaicher Lachs und Meerforelle fehlen vollständig oder kommen wie die Kies-, Sand- und Pflanzenlaicher nur in geringen Individuendichten vor. Die zur Reproduktion genutzten Habitate umfassen etwa 93 ha. Das größte Reproduktionspotential der Auengewässer besitzt zur Zeit der Lingenfelder Altrhein.

Zusammenfassend ist die reproduktionsbiologische Bedeutung der einzelnen Habitattypen in Tabelle 5-30 dargestellt. Die größte Bedeutung für spezialisierte Arten weisen derzeit die „wasserpflanzenreichen Flachwasserbereiche“ und die „flach überströmten Kiesbereiche“ auf.

Tab. 5-30: Artenanzahl, Diversität, Dichte und Individuenanteil der Jungfische der spezialisierten Reproduktionstypen (Kies-, Sand-, Pflanzenlaicher) nach Ergebnissen der Zugnetzfänge und geschätzte Flächenausdehnung (WEIBEL & BAUER 1997a)

Habitattyp	Arten	Artendi- versität	Spezia- listen	Dichte (Ind./ha)	Fläche (ha)
1: „flach überströmter Kiesbereich“	10	0,88	31,7 %	9.100	0,8
2: „wasserpflanzenreicher Flachwasserbereich“	16	1,65	37,0 %	88.100	17,5
3: „wasserpflanzenloser Flachwasserbereich“	17	1,31	1,8 %	69.200	49,0
4: „nicht durchströmter Kiesbereich“	16	1,88	13,4 %	23.100	23,4
5: „durchströmter Flachwasserbereich“	14	1,26	8,4 %	143.400	2,1

### Situation der Kieslückenlaicher

---

Für die Kieslückenlaicher sind aufgrund der hohen Anforderungen, die sie an den Reproduktionsraum stellen, keine geeigneten Laichplätze in den Auengewässern vorhanden. Die früheren Laichgebiete der immer noch selten im Rheinsystem auftretenden Arten lagen in den Kiesbetten des Hauptstroms und der einmündenden Seitengewässer. Die Reproduktionsräume der Kieslückenlaicher sind durch klares, sauerstoffreiches Wasser und flach überströmte Kiesflächen, deren Interstitial ausreichend mit sauerstoffreichem Wasser versorgt wird, gekennzeichnet. Die Kiesflächen der Auengewässer sind durch Feinstoffsedimentation verdichtet und lassen eine erfolgreiche Reproduktion der Arten nicht zu. In dem vorhandenen Habitattyp „flach überströmter Kiesbereich“ finden euryöke Arten und die weniger anspruchsvollen Kieslaicher geeignete Reproduktionsbedingungen. Der Rheinhauptstrom bietet den Kieslückenlaichern gegenwärtig geeignetere Voraussetzungen als die Auengewässer, ohne daß die Reproduktion dieser Arten dort bisher belegt wurde. Möglicherweise sind auch die Interstitialbereiche der Kiesflächen im Hauptstrom mit Feinsediment verdichtet und damit als Reproduktionsraum ungeeignet.

### Situation der Kieslaicher

---

Die Arten reproduzieren in den Habitattypen „durchströmtes Flachwasser“, „überströmter Kiesbereich“, „nicht durchströmter Kiesbereich“ und in geringerem Maße im „wasserpflanzenarmen Flachwasser“. Es wurden jedoch überwiegend die Jungfische weniger anspruchsvoller Kieslaicher (Döbel, Hasel und Rapfen), die geringere Strömung tolerieren, nachgewiesen. Auch Jungfische der anspruchsvolleren Kieslaicher Nase und Barbe wurden belegt. Die Nase, die von TITTIZER & KREBS (1996) als „vereinzelt“ und „in geringer Bestandsdichte“ vorkommend beschrieben wird, konnte an über 10 % der Untersuchungsstellen belegt werden. Ihr Individuenanteil war subdominant, so daß ihr Vorkommen im Projektgebiet als stabil betrachtet wird. Die Barbe, ein anspruchsvollerer Kieslaicher, wurde nur im Heidenfahrter Stillwasser nachgewiesen. Zur Reproduktion benötigen die zuletzt genannten Arten klares, sauerstoffreiches Wasser und einen lückig-kiesigen Untergrund. Entsprechende Bedingungen sind derzeit in den Auengewässern nur ansatzweise gegeben und stark verbesserungswürdig. Die weniger anspruchsvollen Kieslaicher finden v. a. im Leimersheimer Altrhein, im Lingenfelder Altrhein, im Berghäuser Baggersee und im Heidenfahrter Stillwasser potentiell geeignete Reproduktionsareale. Gut geeignete Reproduktionsareale liegen im Hauptstrom (Gleithänge, Bühnenfelder).

### Situation der Sandlaicher

---

Verbreitungsschwerpunkt der drei sandlaichenden Fischarten Steinbeißer, Bachschmerle und Gründling waren die Habitattypen „nicht durchströmter Kiesbereich“ und „durchströmter Flachwasserbereich“. Die derzeitige Verbreitung und Bestandsgröße der sandlaichenden Arten entspricht nicht den ursprünglichen Verhältnissen. Entscheidend für eine Verbesserung der Situation sind neben geeigneten Reproduktionsbedingungen, wie sandig-kiesiges Substrat, morphologisch-strukturelle Vielgestaltigkeit der Auengewässer und ein ausgewogenes Raub-Friedfisch-Verhältnis. Von besonderer Bedeutung ist der Beleg des Steinbeißers, dem TITTIZER & KREBS (1996) eine Indikatorfunktion für die naturnahe Struktur und Funktionalität der Auengewässer zusprechen. Für die vormals im Gebiet des Nördlichen Oberrheins verbreitete Art waren bislang nur vereinzelte Reliktvorkommen (IUS 1991, LELEK 1978b, LELEK & KÖHLER 1989b/c) bekannt. In der vorliegenden Untersuchung wurde die Art an fast 20 % der Untersuchungsstellen belegt. Im Baggersee Karlskopf konnten bis zu 34 Individuen pro 100 m<sup>2</sup> festgestellt werden. Potentiell geeignete Reproduktionsareale liegen für die Sandlaicher im Lingenfelder Altrhein, im Berghäuser Baggersee und im Heidenfahrter Stillwasser, für den Steinbeißer insbesondere im Baggersee Karlskopf.



### Situation der Pflanzenlaicher

---

Die pflanzenlaichenden Fischarten reproduzieren im Habitattyp „wasserpflanzenreiches Flachwasser“. Zu den Arten gehören Hecht, Karpfen, Schleie und Rotfeder. Die besondere Bedeutung der wasserpflanzenreichen Bereiche wird durch die hohe Artendiversität in diesem Habitattyp belegt. WAIDBACHER (1989) führt die hohe Reproduktion auf die dichten Wasserpflanzenbestände zurück, die als Laichsubstrat dienen, aber auch als Schutz vor Prädation die Larvalsterblichkeit erheblich herabsetzen. GRIMM (1981, 1983, 1988) beschreibt die direkte Abhängigkeit der Individuendichte des Hechts von der Dichte der Wasserpflanzenbestände. Die meist stagnophilen pflanzenlaichenden Fischarten finden in den Stillwasserbereichen der stromfernen Altarme aufgrund der hohen Zooplanktonproduktion gute Aufwuchsbedingungen. Die Fläche der wasserpflanzenbestandenen Bereiche in den Auengewässern ist im Vergleich zu den pflanzenlosen Bereichen jedoch gering und wird damit zum limitierenden Faktor für die Reproduktion der pflanzenlaichenden Fischarten. Potentielle Reproduktionsflächen finden sich v. a. im Pforzer Altrhein, im Lingenfelder Altrhein sowie in der Eisbruchlache.

#### 5.5.2 Verbreitung und Zustand der Fortpflanzungshabitate

---

In Tabelle 5-31 sind die Flächengrößen der einzelnen Habitattypen, ihre Flächenanteile sowie die Bewertung ihres derzeitigen Zustands wiedergegeben. Die Flächengröße aller in den untersuchten Auengewässern vorhandenen Flachwasserbereiche beträgt insgesamt etwa 93 ha. Dies entspricht etwa einem Drittel der Gesamtfläche der untersuchten Auengewässer.

Von besonderer Bedeutung für die Fortpflanzung spezialisierter Arten sind die beiden Habitattypen „flach überströmter Kiesbereich“ und „wasserpflanzenreicher Flachwasserbereich“. Die reproduktionsbiologische Bedeutung der „flach überströmten Kiesbereiche“ wird gegenwärtig durch die Verdichtung der Interstitialräume eingeschränkt. Der Habitattyp ist von seinem Flächenanteil in den Auengewässern stark unterrepräsentiert. Jedoch ist er im Rheinhauptstrom (Gleithänge, Bühnenfelder) in flächenhaft bedeutsamen Umfang vorhanden. Der Flächenanteil des Habitattyps „wasserpflanzenreicher Flachwasserbereich“ ist, gemessen an seiner reproduktionsbiologischen Bedeutung, ebenfalls zu klein.

Die beiden größten Habitattypen „wasserpflanzenloser Flachwasserbereich“ und „nicht durchströmter Kiesbereich“ weisen stellenweise strukturelle Defizite in Form steil abfallender Uferzonen und hoher Schlammanteile auf. Sie verfügen daher ebenso wie der selten anzutreffende und durch Strukturarmut gekennzeichnete Habitattyp „durchströmter Flachwasserbereich“ nur über eine mittlere reproduktionsbiologische Bedeutung für spezialisierte Fischarten.

Tab. 5-31: Fläche, Flächenanteile (bezogen auf gesamten Flachwasserbereich der untersuchten Auengewässer) und Bewertung der in den Auengewässern vorhandenen Fortpflanzungshabitate (WEIBEL & BAUER 1997a)

„flach überströmter Kiesbereich“	0,8	<1	große strukturelle Defizite, zu kleine Fläche	hoch
„wasserpflanzenreiche Flachwasserbereich“	17,5	19	zu kleine Fläche	hoch
„wasserpflanzenlose Flachwasserbereich“	49,0	53	strukturelle Defizite	mittel
„nicht durchströmter Kiesbereich“	23,4	25	strukturelle Defizite	mittel
„durchströmter Flachwasserbereich“	2,1	2	strukturelle Defizite, zu kleine Fläche	mittel

### 5.5.3 Bedeutung der Fortpflanzungshabitate und limitierende Faktoren

Die beiden Habitattypen „flach überströmter Kiesbereich“ und „wasserpflanzenreicher Flachwasserbereich“ haben für die Fortpflanzung spezialisierter Fischarten die größte Bedeutung (Tab. 5-32). Für diese Arten können aufgrund der vorliegenden Befischungsergebnisse folgende Aussagen zum Reproduktionspotential getroffen werden:

- Für die Pflanzenlaicher ist derzeit der Habitattyp „wasserpflanzenreicher Flachwasserbereich“ der bedeutsamste Reproduktionsraum. Dieser Habitattyp ist jedoch nur in sehr geringem Umfang vorhanden.
- Für die Kies- und Sandlaicher ist z. Zt. der Habitattyp „nicht durchströmter Kiesbereich“ wichtigster Reproduktionsraum.
- Die euryöken Arten reproduzieren mengenmäßig v. a. im „wasserpflanzenlosen Flachwasserbereich“, dem derzeit größten Reproduktionsraum. Sie erreichen dabei die mit Abstand höchsten Reproduktionsdichten.

Tab. 5-32: Anteil spezialisierter Arten und limitierende Faktoren (WEIBEL & BAUER 1997a)

Habitattyp	Anteil Spezialisten	Limitierende Faktoren
„flach überströmter Kiesbereich“	31,7 %	verdichtetes Interstitial
„wasserpflanzenreiche Flachwasserbereich“	37,0 %	geringe Flächenausdehnung dichter Wasserpflanzenbestände
„wasserpflanzenlose Flachwasserbereich“	1,8 %	steil abfallende Ufer, hohe Schlammanteile, Strukturarmut
„nicht durchströmter Kiesbereich“	13,4 %	steil abfallende Ufer, Strukturarmut
„durchströmter Flachwasserbereich“	8,4 %	hohe Schlammanteile, Strukturarmut



## 6. Referenzgewässer zur Konkretisierung von Entwicklungszielen

Referenzgewässer sind solche Gewässer, die einem planungsrelevanten Entwicklungsleitbild / Entwicklungsziel bereits in guter Näherung entsprechen. Sie beweisen, daß das Entwicklungsziel realisierbar ist, und sie zeigen, wie der Zielzustand insgesamt und unter den verschiedensten Aspekten geartet ist. Für jeden der behandelten Gewässertypen ist (mindestens) ein gutes Referenzgewässer zu benennen und in seinen fischökologischen Eigenschaften anhand der bestehenden Daten zu charakterisieren.

### 6.1 Optimale fischökologische Funktionsfähigkeit eines Auengewässers

Gemäß den in Kapitel 5 getroffenen Aussagen können zwei fischökologisch optimale Funktionstypen differenziert werden (WEIBEL 1998):

***Gut durchströmte Gewässer (Funktionstyp A):***

Als Lebens- und Fortpflanzungsraum für rheophile Fließgewässerarten (u. a. Neunaugen, Nase, Barbe, Gründling, Steinbeißer) sind die von Hochwasserabflüssen geprägten, dauerhaft durchströmten Gewässer mit sandig-kiesiger Sohle geeignet.

***Wasserpflanzenreiche Stillgewässer (Funktionstyp B):***

In den vor Hochwasserabfluß geschützten Stillgewässern mit ausgedehnten wasserpflanzenbestandenen Flachwasserbereichen leben und vermehren sich die spezialisierten pflanzenlaichenden Stillgewässerarten und Sandlaicher (u. a. Hecht, Schleie, Rotfeder, Schlammpeitzger).

Die Fließgewässermündungen sowie die natürlichen und anthropogenen Seitenarme können dem Funktionstyp A zugeordnet werden. Dem Funktionstyp B entsprechen die stromfernen Altarme sowie die Altwässer. Die stromnahen Altarme sind aufgrund ihrer zeitweisen Durchströmung (bei Hochwasser) derzeit weder dem einen noch dem anderen Funktionstyp zuzuordnen. Baggerseen können je nach Ausprägung sowohl dem einen als auch dem anderen Funktionstyp angehören.

Während den Vertretern der rheophilen Kies- und Sandlaicher die Fortpflanzung auch im Rhein gelingt (Ius 1999), sind die limnophilen Arten ausschließlich auf die Verlandungsgewässer als Reproduktionsraum angewiesen.

Der fischökologische Wert eines Auengewässers leitet sich primär aus dessen Eignung zur Fortpflanzung und Jungfischentwicklung spezialisierter Arten ab (siehe oben). Die fischökologische Funktionsfähigkeit kann daher über den Jungfischanteil spezialisierter, gewässertypischer Arten im jeweiligen Gewässer beurteilt werden.

In Tabelle 6-1 werden die Arten aufgeführt, die für die jeweiligen Funktionstypen charakteristisch sind. Dabei werden dem Funktionstyp A die kieslaichenden Arten und dem Typ B die pflanzenlaichenden Arten zugeordnet. Die sandlaichenden Arten sind in beiden Funktionstypen vertreten. Es werden nur Arten angeführt, die in ihrem Anspruch an Reproduktionshabitate eine relativ enge ökologische Valenz aufweisen.

Tab. 6-1: Charakteristische Fischarten der Funktionstypen „gut durchströmte Gewässer“ und „wasserpflanzenreiche Stillgewässer“

<b>Gut durchströmte Gewässer (Funktionstyp A)</b>	<b>Wasserpflanzenreiche Stillgewässer (Funktionstyp B)</b>
Bachneunauge	
Bachschmerle	
Barbe	Giebel
Döbel	Hecht
Elritze	Karausche
Forelle (Bach-, Meer-)	Karpfen
Flußneunauge	Moderlieschen
Groppe	Rotfeder
Gründling	Schlammpeitzger
Hasel	Schleie
Meerneunauge	Sonnenbarsch
Nase	Stichling
Quappe	
Steinbeißer	

Die fischökologische Funktionsfähigkeit eines Gewässers bzgl. der Funktionen „Fortpflanzungsraum“, und „Aufwuchsraum“ kann durch die Überprüfung des Reproduktionserfolgs bewertet werden. Fischarten, die dauerhaft in einem Auengewässer leben, pflanzen sich dort auch fort. Daher ist die Funktion „Nahrungsraum“ und „Lebensraum“ für diese Arten ebenfalls über den Reproduktionserfolg bewertbar.

Die Bewertung der Funktionsfähigkeit erfolgt durch Berechnung der Dominanzanteile aller Fischarten, die dem betreffenden Funktionstyp charakteristischerweise zugeordnet werden können (Funktionserfüllungsgrad, siehe Tabelle 6-2). Die Bewertungsmatrix zeigt, daß auch in den für Spezialisten gut geeigneten Gewässern mit hohem Grad der Funktionsfähigkeit gleichzeitig ein hoher Anteil ubiquitärer Arten vorkommen kann.

Tab. 6-2: Bewertungsmatrix für den Grad der Funktionsfähigkeit

<b>Anteil charakteristischer Fischarten</b>	<b>Grad der Funktionsfähigkeit</b>
> 50 %	sehr hoch
>35 - 50 %	hoch
>20 - 35 %	mittel
10 - 20 %	gering
< 10 %	sehr gering

Zur Plausibilitätskontrolle wird das Bewertungsverfahren für Gewässer angewendet, deren Jungfischbestände im Rahmen des Projekts befischt wurden (WEIBEL & BAUER 1997a).

Auf der Grundlage des angeführten Bewertungsverfahrens wird der Begriff der „optimalen fischökologischen Funktionsfähigkeit“ eines Auengewässers wie folgt definiert:

**Ein Auengewässer befindet sich dann in einem fischökologisch optimalen Gewässerzustand, wenn der Fortpflanzungserfolg der Spezialisten auf Arten- und Populationsniveau hoch ist, und / oder das Gewässer als Dauerlebensraum für diese Arten geeignet ist. Quantitativ hohe Reproduktionserfolge bei häufigen, ubiquitären Arten werden nicht als Beleg für fischökologisch optimale Gewässerzustände gewertet.**

Gegenwärtig dominieren die euryöken Arten den Fischbestand der Auengewässer. Im Durchschnitt aller Gewässer erreichen die Charakterarten des Funktionstyps A einen Anteil von ca. 4,4 % und die des Funktionstyps B einen Anteil von ca. 3,9 %.

Bezogen auf einzelne Gewässer wurden unter Berücksichtigung des anzustrebenden Funktionstyps die in der Tabelle 6-3 aufgeführten Bewertungen erreicht:

Tab. 6-3: Bewertung des fischökologischen Zustands unterschiedlicher Auengewässer auf Basis der Befischungsergebnisse aus dem Jahr 1996 (WEIBEL & BAUER 1997a)

Gewässer	Anteil von Charakterarten [%]		Ubiquitäre Arten [%]	Bewertung des Grades der Funktionsfähigkeit mit Angabe der Funktionstypen	
	A	B			
Eisbruchlache	0	55,3	44,7	(B)	sehr hoch
Leimersheimer Altrhein	28,6	0,7	70,7	(A)	mittel
Lingenfelder Altrhein	0,5	7,7	91,8	(B)	sehr gering
Seitenarm bei Heidenfahrt	15,7	0,3	84	(A)	gering
Berghäuser Baggersee	3,4	0,2	96,4	?	sehr gering
Alter Berghäuser Altrhein	0,2	0,8	99	(B)	sehr gering
Goldkehle	9,6	0,6	89,8	(A)	sehr gering
Pforzer Altrhein	4,1	1,4	94,5	(B)	sehr gering
Rheinstrom <sup>*1</sup>	40,2	0,5	59,3	(A)	hoch
Wörther Altrhein/Altwasser <sup>*2</sup>	0,3	28,8	70,9	(B)	mittel

\*1 zu Vergleichszwecken wurden noch Befischungsergebnisse aus dem Rheinstrom zugefügt

\*2 zu Vergleichszwecken wurden noch Befischungsergebnisse aus einem subrezentem Auengewässer zugefügt

Der Funktionstyp A, gut durchströmte Gewässer, ist bei Fließgewässermündungen, den natürlichen und anthropogenen Seitenarmen sowie bei den stromnahen Altarmen anzustreben. Die unterschiedliche Abflußdynamik in den einzelnen Gewässertypen hat unter fischökologischen Gesichtspunkten Auswirkungen auf die Beschaffenheit des Interstitials und damit auf die Frage, inwieweit sich Salmoniden in den Auengewässern fortpflanzen können.

Stromferne Altarme und Altwässer sind idealerweise dem Funktionstyp B, wasserpflanzenreiche Stillgewässer, zuzuordnen. Die beiden Gewässertypen unterscheiden sich lediglich in ihrer Anbindung an den Rhein. Während die Altarme praktisch bei allen Wasserständen mit dem Rhein in Verbindung stehen, sind die Altwässer nur bei höheren Abflüssen angebunden. Damit sind die Altarme für Fische stets erreichbar, die Altwässer hingegen sind über unterschiedlich lange Zeiträume vom Rhein abgetrennt und dann für Fische nicht erreichbar.

Für Baggerseen ist - im Vergleich zu der Tatsache, ob sie dem Funktionstyp A oder B angehören – das Vorhandensein von geeigneten Reproduktionszonen (flache Uferbereiche) aus fischökologischer Sicht von höherer Relevanz.

In der folgenden Tabelle sind für die beiden Funktionstypen die Rahmenbedingungen aufgeführt, die zum Erreichen idealer Gewässerzustände gegeben sein müssen (Tab. 6-4).

Tab. 6-4: Merkmale des Optimalzustands der Funktionstypen  
(Die Angaben zu Flächen, Tiefen usw. beziehen sich auf mittlere Rheinwasserstände, ca. 4,9 m am Pegel Maxau.)

Merkmal	Gutdurchströmte Fließgewässer (Funktionstyp A)	Wasserpflanzenreiche Stillgewässer (Funktionstyp B)	Bedeutung für Funktionstyp
Gewässertypen	Fließgewässermündungen, natürliche und anthropogene Seitenarme, stromnahe Altarme	stromferne Altarme und Altwässer	
Wasserqualität	Gewässergüte II, keine toxische Beeinträchtigung	eutrophe Gewässer, O <sub>2</sub> -Konz. > 5 mg/l, NH <sub>4</sub> Konz. < 1,0 mg/l, keine toxische Beeinträchtigung	A hoch B mittel
Ingestion	offen, Hochwässer können unbegrenzt einwirken	hochwassersicher geschlossen	A hoch B mittel
Egestion	offen	offen	hoch
Geschiebeeintrag	Grobgeschiebeeintrag möglich	kein Geschiebeeintrag möglich	hoch
Strömung bei MHW	> 1 m/s	< 0,2 m/s bis fehlend	A hoch B mittel
Strömung bei MW	> 0,2 m/s	< 0,05 m/s bis fehlend	A hoch B mittel
Strömung bei MNW	> 0 m/s	fehlend	A hoch B mittel
Querbauwerke	keine bauwerksbedingte Einengung des Querprofils	keine bauwerksbedingte Einengung des Querprofils	A hoch B gering
Sohldifferenz zum Rhein	Sohle im Durchschnitt 1 m unter MNH <sub>Rhein</sub> . Tiefster Punkt der Sohle mindestens 0,5 m unter NNH <sub>Rhein</sub>	Sohle im Durchschnitt 1 m unter MNH <sub>Rhein</sub> . Tiefster Punkt der Sohle mindestens 0,5 m unter NNH <sub>Rhein</sub>	hoch
Querprofil	flach wannenförmig, mit Prall- und Gleitufer	flach uhrglasförmig	mittel
Tiefenvarianz	im Längs- und Querprofil hoch, mittlere Tiefe 1-2 m, max. 4 m	im Querprofil hoch, mittlere Tiefe 1-1,5 m, max. 4 m	hoch
Flachwasseranteil	hoher Flächenanteil (ca. 30-40 %) mit Wassertiefen < 1 m vorhanden	sehr hoher Flächenanteil (ca. 60-80 %) mit Wassertiefen < 1 m vorhanden	hoch
Sohlsubstrat	Kies und Sand ohne Feinsubstratüberdeckung	Sand, Schluff, Faulschlamm	A hoch B mittel
Interstitial	durchströmbar vorhanden	nicht vorhanden	A hoch B gering
Wasserpflanzendeckung	fehlend bis gering	hoch	A gering B hoch
Treib- u. Totholzanteil	hoch, Treibholz und Sturzbäume vorhanden	gering bis mittel, Sturzbäume vorhanden, Treibholz fehlt	mittel
Uferstrukturen	amphibischer Bereich fehlend oder linienhaft ausgeprägt, Trennlinie Wasser-Land vegetationsfrei	ausgedehnte amphibische Bereiche, Trennlinie Wasser-Land vegetationsreich	A gering B hoch
Überschwemmungsflächen	ohne „Fischfallen“ angebundene Überschwemmungsflächen	ohne „Fischfallen“ angebundene Überschwemmungsflächen	mittel



## 6.2 Beispiele für fischökologisch optimale Auengewässer (Referenzgewässer)

Folgende Gewässer können im Sinne der Funktionstypen A (gut durchströmte Gewässer) und B (wasserpflanzenreiche Stillgewässer) als Referenzgewässer herangezogen werden:

### Referenzgewässer des Funktionstyps A

- **Gewässertyp Fließgewässermündung: Nahe und Rehbach**

Fließgewässer unterscheiden sich in ihrer Größe und damit dem Abflußverhalten beträchtlich. Für größere Fließgewässer kann der Mündungsbereich der Nahe als Referenzzustand benannt, für kleinere Fließgewässer kann hierzu der Rehbach herangezogen werden (siehe Abb. 1-1).

- **Gewässertyp Natürlicher Seitenarm**

Die gegenwärtig am Nördlichen Oberrhein vorhandenen natürlichen Seitenarme Nackenheimer Mühlarm, Stillwasser bei Heidenfahrt, Mariannaue und Ilmenaue-Fulderaue-Rüdesheimer Aue (WEIBEL et al. 1996) haben aufgrund wasserbaulicher Veränderungen ihre ökologische Funktionsfähigkeit gemäß den in Kapitel 6.1 formulierten Bedingungen weitgehend verloren. Ein Referenzgewässer kann deshalb nicht benannt werden.

- **Gewässertyp Anthropogener Seitenarm: Leimersheimer Altrhein**

Der Leimersheimer Altrhein (Abb. 6-1) ist der einzige anthropogene Seitenarm am rheinland-pfälzischen Oberrhein, der dauerhaft durchflossen wird, und in dem die Rheinhochwässer weitgehend uneingeschränkt wirksam werden können (WEIBEL 1995, WEIBEL et al. 1996).

- **Gewässertyp Stromnaher Altarm: Hörnel Altrhein**

Der Hörnel Altrhein (Abb. 6-2) weist weitgehend die Merkmale des oben beschriebenen Optimalzustands des Funktionstyps A auf.

### Referenzgewässer des Funktionstyps B

- **Gewässertyp Stromferner Altarm: Lingenfelder Altrhein**

Der Lingenfelder Altrhein (siehe Abb. 6-3) wurde bei der Rheinkorrektion im Entwicklungsstand einer weit ausholenden Mäanderschlinge vom Rhein abgetrennt. Die Ingestion wurde zu einem Hafenbecken (Germersheim) erweitert. Eine Wasserzuführung erhält der Altarm durch ein regulierbares Bauwerk aus dem Germersheimer Hafen.

- **Gewässertyp Altwasser: Eisbruchlache**

Die Eisbruchlache ist ein charakteristisches pflanzenreiches Altwasser der Auen am Nördlichen Oberrhein (siehe Abb. 6-4).

### Referenzgewässer Gewässertyp Baggersee

Unabhängig von der Zuordnung eines Baggersees zu dem jeweiligen Funktionstyp ist für Baggerseen aus fischökologischer Sicht von besonderer Relevanz, ob geeignete Reproduktionszonen (flache Uferbereiche) vorhanden sind. Derzeit existieren keine Baggerseen mit ausgedehnten Flachwasserbereichen im Projektgebiet.

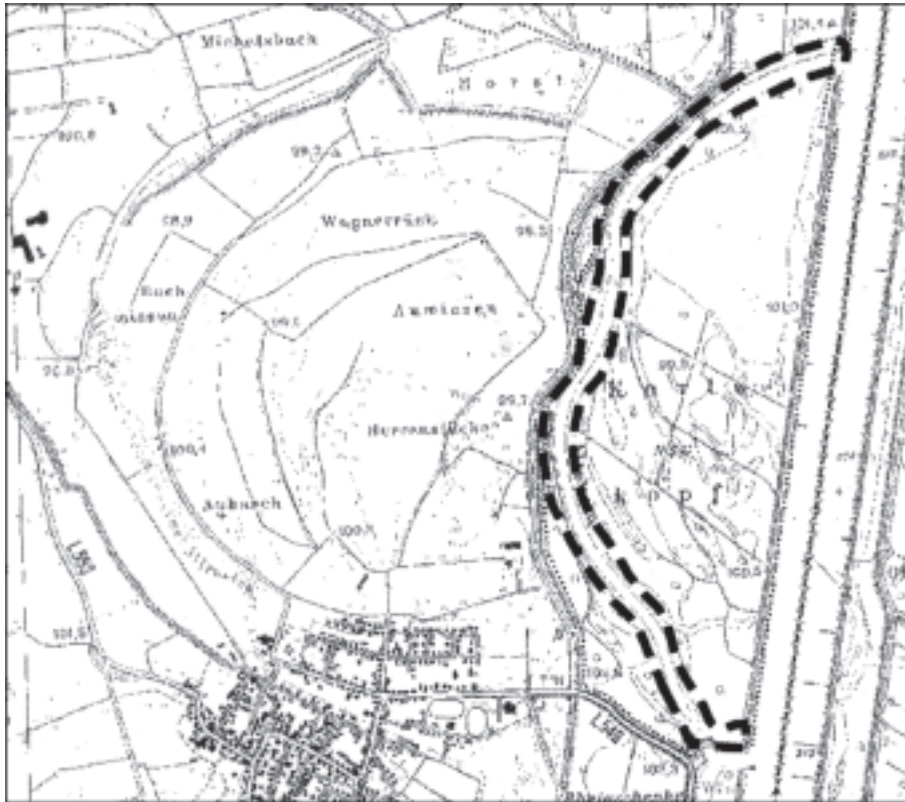


Abb. 6-1: Referenzgewässer Anthropogener Seitenarm: Leimersheimer Altrhein  
(Ausschnitt aus TK 25, Blatt Nr. 6816, verkleinert)



Abb. 6-2: Referenzgewässer Stromnaher Altarm: Hörnel Altrhein  
(Ausschnitt aus TK 25, Blatt Nr. 6816, verkleinert)

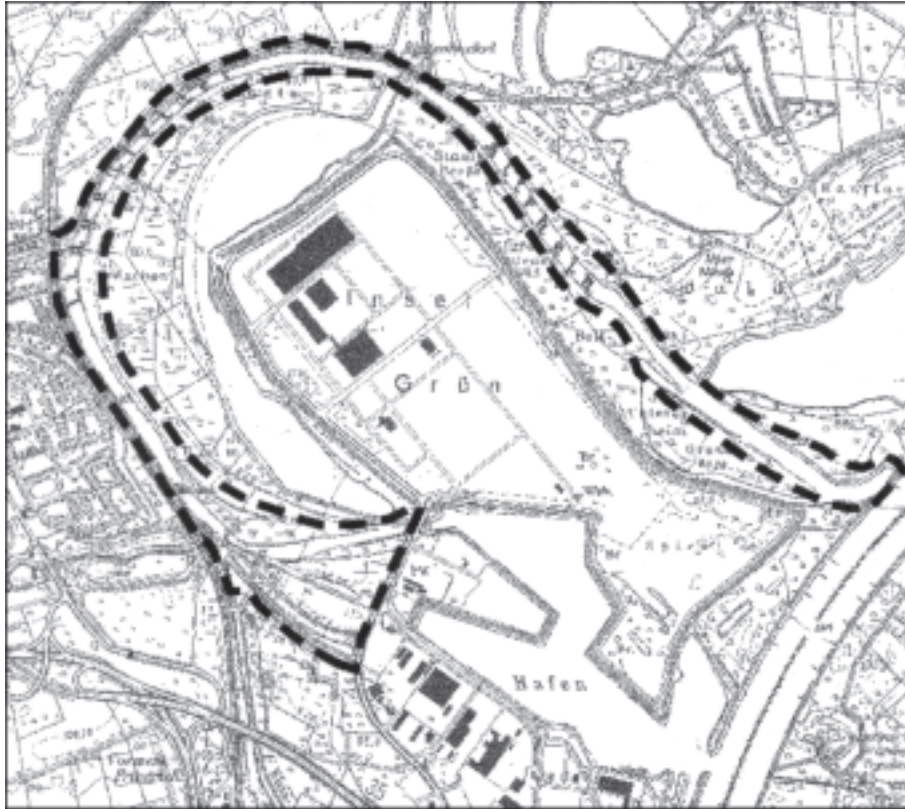


Abb. 6-3: Referenzgewässer Stromferner Altarm: Lingenfelder Altrhein  
(Ausschnitt aus TK 25, Blatt Nr. 6716, verkleinert)



Abb. 6-4: Referenzgewässer Altwasser: Eisbruchlache  
(Ausschnitt aus TK 25, Blatt Nr. 6716, verkleinert)





## 7. Literatur

---

78/659/EWG (1978): Richtlinie des Rates vom 18.07.1978 über die Qualität von Süßwasser, das schutz- und verbesserungsbedürftig ist, um das Leben von Fischen zu erhalten.

BALON, E.K. (1975): Reproductive guilds of fishes: a proposal and definition. In: J. Fish. Res. Board Can. 32 (6): 821-864.

BAUER, F.R. (1992): Der See als Lebensraum: Kriterien zu seiner Bewertung. In: BL-Journal 2 (1): 10-15.

BAUR, W. & J. RAPP (1988): Gesunde Fische. 238 S.; Hamburg, Berlin.

BCE – BJÖRNSSEN BERATENDE INGENIEURE GMBH (1997): Projekt Gimpelaltrhein - Berichtsteile als Vorabzug. Erstellt i.A. des Landesamtes für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz. Koblenz.

BEEGER, H. (1990): Staustufen, Polder und kein Ende. Die Ausbaumaßnahmen am Oberrhein von Tulla bis heute. In: Mitt. Pollichia 77: 55-72.

BERG, R. (1987): Zur Situation des Fischbestandes im Rhein im Bereich zwischen Schaffhausen und Mannheim. Studie der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, Institut für Seenforschung, 36 S., Langenargen.

BERG, R., BLANK, S. & T. STRUBELT (1989): Fische in Baden-Württemberg. Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg, 158 S., Stuttgart.

BERNERTH, H., A. LELEK & W. TOBIAS (1990): Grundlagen und Vorschläge zur ökotechnischen Sanierung aquatischer Lebensräume in der Mainau. In: Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg 122: 1-172.

BFG (1994): Fischfauna der Bundeswasserstraßen in Berlin, Brandenburg und Sachsen-Anhalt. 86 S., Berlin.

BLANK, M. & CH. KLEINSCHMIDT (BCE - BJÖRNSSEN BERATENDE INGENIEURE GMBH) (1997): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna. 2. Projektabschnitt, Schwerpunkt: „Relevante Wasserbauwerke“. Mai 1997. Erstellt i.A. des Landesamtes für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz. 20 S. plus Anlagen. Koblenz.

BLESS, R. (1989): Artenschutzproblematik und Erforschungsstand bei Fischen und Rundmäulern. In: Schr.-R. f. Landschaftspflege u. Naturschutz H. 29: 217-221.

BLESS, R. (1990): Bestandsentwicklungen der Molluskenfauna des Rheins zwischen Köln und Koblenz in den letzten 10 Jahren (1979-1988). In: Natur und Landschaft 65 (9): 423-430.

BLESS, R., LELEK, A. & A. WATERSTRAAT (1994): Rote Liste und Artenverzeichnis der in Deutschland in Binnengewässern vorkommenden Rundmäuler und Fische (Cyclostomata & Pisces). In: NOWAK et al. (Hrsg.): Rote Liste der gefährdeten Wirbeltiere in Deutschland. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz: 137-156. Greven.

BÖVING, H.-P. (1981): Die Fischfauna des Rheinstromes und seiner direkt angrenzenden Altwässer im Niederrheingebiet. In: Decheniana 134: 260-273.

BORCHARD, B., BRENNER, T. & L. STEINBERG (1986): Fische in Nordrhein-Westfalen. Hrsg: Der Minister für Umwelt, Raumordnung, und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen, 128 S., Düsseldorf.

BRAUN, M., KUNZ, A. & L. SIMON (1992): Rote Liste der in Rheinland-Pfalz gefährdeten Brutvögel (Stand 31.06.1992). In: Flora Fauna Rheinland-Pfalz 6: Heft 4 1992: 1065-1073.

- BRENNER, T. (1993): Lachs 2000? In: MINISTERIUM FÜR UMWELT RHEINLAND-PFALZ (Hrsg.): Die Biozönose des Rheins im Wandel Lachs 2000? S. 63-67.
- BRUNKEN, H. (1988): Ausbreitungsdynamik von *Noemacheilus barbatulus* (LINNAEUS, 1758). Doktorarbeit an der Universität Braunschweig. 219 S.
- BRUNKEN, H., KÖHLER, CH. & A. LELEK (1989): Lampertheimer Altrhein - Laichgebiet oder Falle für den Wildkarpfen? In: Fischökologie Aktuell 1 (2): 4-5.
- BÜRGER, F. (1926): Die Fischereiverhältnisse im Rhein im Bereich der preussischen Rheinprovinz. In: Zeitschrift für Fischerei 24: 217-399.
- CASPERS, N. (1990): Die Invertebratenfauna im unteren Hochrhein und im Oberrhein. Stand Sommer 1987. In: KINZELBACH, R. & G. FRIEDRICH (Hrsg.): Biologie des Rheins. S. 349-359.
- CLAUS, W. & R. KINZELBACH (1976): Die Höheren Krebse des Naturschutzgebietes „Hördter Rheinaue“ (Crustacea: Malacostraca). In: Mitt. Pollichia 64: 129-137.
- COPP, G.H. (1990): Shifts in the microhabitat of larval and juvenile roach, *Rutilus rutilus* (L.), in a flood plain channel. In: J. Fish. Biol. 36: 683-692.
- COPP, G.H. (1992): Comparative microhabitat use of cyprinid larvae and juveniles in a lotic floodplain channel. In: Env. Biol. Fish 33: 181-193.
- COPP, G.H. (1993): Microhabitat use of fish larvae and 0+ juveniles in a small abandoned channel of the upper river Rhone, France. In: Folia Zoologica 42 (2): 153-164.
- DE GROOT, S.J. (1989): Data on Dutch fisheries on salmo (1863-1957) and trout (1886-1986) fisheries in the river Rhine. In: International Council Exploration Sea C. M. 1989. Ana. Cat. Fish. Comm., M 17: 1-14.
- DISTER, E. (1980): Geobotanische Untersuchungen in der Hessischen Rheinaue als Grundlage für die Naturschutzarbeit. Diss. Universität Göttingen. 170 S.
- DISTER, E. (1985): Auenlebensräume und Retentionsfunktion. In: Lauf. Seminarbeiträge 3/85: 74-90.
- DOSCH, L. (1899): Die Fischwasser und die Fische des Großherzogtums Hessen mit Einschluß der Fischerei und Gesetzeskunde. 152 S.
- DVWK - DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU E.V. (1991): Ökologische Aspekte zu Altgewässern. Merkblätter zur Wasserwirtschaft, Nr. 219, 48 S., Hamburg und Berlin.
- DVWK (1996): Fischaufstiegsanlagen - Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle. Merkblätter Nr. 232, 110 S.
- ENGEL, H. & P.J. GUNDERT (1998): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna. 2. Projektabschnitt, Schwerpunkt: Entwicklung der Mittelwasserstände am Oberrhein. April 1998. Erstellt i.A. des Landesamtes für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz. 7 Seiten und Anlagen. Koblenz.
- FLUCK, H.R. (1970): Die Fischerei im Hanauer Land. In: Badische Heimat 50: 477-489.
- FRANK, CH. (LABÖ - LABORATORIUM FÜR ANGEWANDTE BIOLOGIE UND ÖKOLOGIE) (1997): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna. 2. Projektabschnitt, Schwerpunkt: „Baggerseen“. Erstellt i.A. des Landesamtes für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz. 40 Seiten, 5 Karten. Ulm.

- FREYHOFF F.J. (1993): Zeitliche und räumliche Verteilung von Jungfischen in einer Fließstrecke der Sieg. Diplomarbeit Universität Bonn. 126 S.
- FRIEDRICH, H., VOLKMANN, J. & H. WIESNER (GHG - GESELLSCHAFT FÜR HYDROLOGIE UND GEOWISSENSCHAFTEN GbR) (1997): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna. 2. Projektabschnitt, Schwerpunkt: Verlandung der Altarme - Veränderung der Wasserspiegelflächen. Juli 1997. Erstellt i.A. des Landesamtes für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz. 65 S. plus Anhang. Buchenbach.
- GALLUSSER, W. A. & A. SCHENKER (Hrsg.) (1992): Die Auen am Oberrhein. 192 S., Basel.
- GEBHARDT, H. (1990a): Die Bedeutung des Inundationsgebietes des Rheins als Laichgebiet für Fische. In: KINZELBACH, R. & G. FRIEDRICH (Hrsg.): Biologie des Rheins. S. 435-453.
- GEBHARDT, H. (1990b): Stechmückenbekämpfung mit Fischen. Dissertation Universität Heidelberg, 238 S. (unveröffentlicht).
- GEBLER, R.-J. (1992a): Eignung der Zuflüsse Murg und Kinzig für die Wiederansiedlung von Lachs und Meerforelle - Ökologische/Morphologische Bestandsaufnahme. Institut für Wasserbau und Kulturtechnik, Universität Karlsruhe.
- GEBLER, R.-J. (1992b): Potentielle Laichplätze für Kieslaicher und Wanderhindernisse im Oberrhein. Institut für Wasserbau und Kulturtechnik, Universität Karlsruhe.
- GEBLER, R.-J. (1997): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna. 2. Projektabschnitt, Schwerpunkt: Optimaler Verlandungsschutz. Juni 1997. Erstellt i.A. des Landesamtes für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz. 26 S. plus 17 Anlagen. Walzbachtal.
- GEISENHEYNER, L. (1888): Wirbeltierfauna von Kreuznach unter Berücksichtigung des ganzen Nahegebietes, I. Teil Fische, Amphibien, Reptilien. Wissenschaftliche Beilage zum Programm des Kgl. Gymnasiums zu Kreuznach, 73 S., Kreuznach.
- GERKEN, B. (1988): Auen – verborgene Lebensadern der Natur. 132 S., Freiburg.
- GERSTER, S. (1990): Hochrhein-Fischfauna im Wandel der Zeit. Internationale Fischereikommission für den Hochrhein. 23 S., Bern.
- GRIMM, M.P. (1981): The composition of northern pike (*Esox lucius* L.) populations in four shallow waters in the Netherlands with special reference to factors influencing 0+ pike biomass. In: Fish. Manage 12: 61-77.
- GRIMM, M.P. (1983): Regulation of biomasses of small (41 cm) northern pike (*Esox lucius* L.), with special reference to the contribution of individuals stocked as fingerlings (4-6 cm). In: Fish. Manage 14: 115-135.
- GRIMM, M.P. (1988): Northern pike (*Esox lucius* L.) and aquatic vegetation, tools in the magement of fisheries and waterquality. - Submitted to EIFAC-Symposium, Göteborg.
- GRIMM, R. (1992): Fische und Fischerei im Oberrhein. Fischereiforschungsstelle des Landes Baden-Württemberg. 66 S., Langenargen.
- GROH, K., JUNGBLUTH, J.H. & D. VOGT (1994): Vorläufige Rote Liste der bestandsgefährdeten Schnecken und Muscheln (Mollusca: Gastropoda et Bivalvia) in Rheinland-Pfalz, Bearbeitungsstand 01. Januar 1995. In: Flora Fauna Rheinland-Pfalz, Beiheft 13, 1994: 37-47.
- HAKE, G. (1982): Kartographie I, 6. neu bearbeitete Auflage. Berlin, New York.
- HARDEN-JONES, F.R. (1968): Fish migrations. 325 S., London.



HARMS, O. & J. SCHERLE (1996): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna, 1. Projektabschnitt: Erarbeitung von Grundlagen, Arbeitsblock B: Ökomorphologie - Ökomorphologische Strukturgütekartierung und Studie zur Sedimentationsfähigkeit der Rheinauengewässer. September 1996. Erstellt i.A. des Landesamtes für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz. 63 S. plus Anhang. Karlsruhe.

HASSLER, A.D. (1966): Underwater Guideposts. - University of Wisconsin Press.

HEIL, K.H. (1990): Die Auswirkung des Sandoz-Unfalles auf die Biozönose des Rheins. In: KINZELBACH, R. & G. FRIEDRICH (Hrsg.): Biologie des Rheins. S. 11-26.

HERZIG, A. & H. WINKLER (1985): Der Einfluß der Temperatur auf die embryonale Entwicklung der Cypriniden. In: Österreichs Fischerei Jg. 38: 182-186.

HIRT, J. (1996): Untersuchung des Fischanfalles im Rechengut zweier thermischer Kraftwerke am nördlichen Oberrhein. Diplomarbeit Zoologisches Institut Universität Karlsruhe. 140 S. (unveröffentlicht).

HOFFMANN, R., BERG, R., BLANK, S., DEHUS, P., GRIMM, R. & R. RÖSCH (1995): Fische in Baden-Württemberg. Gefährdung und Schutz. Ministerium für ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg. 92 S., Stuttgart.

HOFMANN, J., GELDHAUSER, F. & P. GERSTNER (1987): Der Teichwirt. 6. Aufl., 253 S., Hamburg und Berlin.

HOLCIK, J. (1986): The Freshwater Fishes of Europe, Vol. 1, Part I - Petromyzontiformes. 313 S., Wiesbaden.

HONSELL, M. (1878): Die Canalfrage und die Rheincorrection zwischen Basel und Mannheim. 28 S., Berlin.

HONSELL, M. (1887): Der natürliche Strombau des Deutschen Oberrheins. In: KIENTZ, O. (Hrsg.), Verh. 7 Dt. Geographentag, 22 S., Karlsruhe.

HÜTTERMANN, A. (1979): Karteninterpretation in Stichworten - II. Thematische Karten. Kiel.

HÜTTERMANN, A. (1993): Karteninterpretation in Stichworten - I. Topographische Karten, 3. überarbeitete und erweiterte Auflage. Berlin, Suttgart.

HUMBORG, G. (1990): Der Rheinlachs als Indikator für den Zustand des Ökosystems Rhein. Literaturstudie. Institut für Wasserbau und Kulturtechnik, Universität Karlsruhe.

IAWR - INTERNATIONALE ARBEITSGEMEINSCHAFT DER WASSERWERKE IM RHEINEINZUGSGEBIET (1994): Rheinbericht 1991-1993.

IKSR - INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZ DES RHEINS (1997): Statusbericht Rhein 1997. Entwicklung der Rheinqualität zwischen 1987 und 1995. 6 S.

IUS - INSTITUT FÜR UMWELTSTUDIEN, WEISSER & NESS GMBH (1990): Untersuchung zur Fischfauna des nördlichen Oberrheins. Unveröffentlichter Bericht an das Ministerium für Umwelt, Baden-Württemberg.

IUS (1991): Ökologische Untersuchung der Wörther Altrheine - Erfassung und Bewertung der Gewässerbelastung - Sanierungskonzept. Studie im Auftrag der Stadt Wörth, Band 1, 108 S., Band 2, 82 S., Scheibenhardt.

IUS (1994): Gutachten zur ökologisch angepaßten fischereilichen Bewirtschaftung des rheinland-pfälzischen Rheinabschnittes. Endbericht im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft, Weinbau und Forsten Rheinland-Pfalz.

- IUS (1999): Die Fischfauna als Bioindikator zur Bewertung der gewässermorphologischen Veränderungen an den großen Flüssen Baden-Württembergs. Endbericht Februar 1999; Projekt „Angewandte Ökologie“ der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Förderkennzeichen 209304. Bearbeiter: WEIBEL, U., WOLF, J.E. & J. HIRT; 86 S., Kandel.
- IWK - INSTITUT FÜR WASSERBAU UND KULTURTECHNIK, UNIVERSITÄT KARLSRUHE (1990): Der Rheinlachs als Indikator für den Zustand des Ökosystems Rhein. Karlsruhe.
- IWK (1992): Potentielle Laichplätze für Kieslaicher und Wanderhindernisse im Oberrhein. Karlsruhe.
- JATZEK, H.-J. (1992): Untersuchungen an Rheinfischen im Bereich der BASF AG (Ludwigshafen) in den Jahren 1976-1990. In: Fischökologie 6 (1992): 31-42.
- JENS, G. (1978): Fische und Fischerei des Rheins. In: Beitr. Rheinkde. 23, 2. Folge: 8-14.
- JENS, G. & G. PREUSS (1987): Fische und Rundmäuler (Teleostei, Ganoidei & Cyclostomi). In: MINISTERIUM FÜR UMWELT UND GESUNDHEIT RHEINLAND-PFALZ (1990): Rote Liste der bestandsgefährdeten Wirbeltiere in Rheinland-Pfalz. 3. Aufl., Stand 1987. S. 34-39. Mainz.
- JUNGBLUTH, J.H. & D. v. KNORRE (1998): Rote Liste der Binnenmollusken (Schnecken – Gastropoda und Muscheln – Bivalvia), Bearbeitungsstand: 1994. In: BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (Hrsg.): Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands, Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, Heft 55: 283-289.
- JUNGWIRTH, M. & H. WINKLER (1983): Die Bedeutung der Flußbettstruktur für Fischgemeinschaften. In: Österreichische Wasserwirtschaft Jg. 35, H. 9/10: 229-233.
- KAINZ, E. & H.P. GOLLMANN (1990): Beiträge zur Verbreitung einiger Kleinfischarten in österreichischen Fließgewässern. Teil 3: Gründling (*Gobio gobio*; Cyprinidae). In: Öster. Fisch. Jg. 43: 80-86.
- KENNEDY, M. (1969): Spawning and early development of the dace, *Leuciscus leuciscus* (L.). In: J. Fish. Biol. 1: 249-259.
- KHR – INTERNATIONALE KOMMISSION FÜR DIE HYDROLOGIE DES RHEINGEBIETES (1978): Hochwasser-Studienkommission für den Rhein, Schlußbericht Teil II, Anlagen vom Februar 1978.
- KINKOPF, G. (1991): Benthonzönosen im Rhein und seinen Nebengewässern: Die Beziehungen und Austauschprozesse zwischen den Lebensgemeinschaften und die Refugialfunktion der Altrheine. Dissertation an der TH Darmstadt.
- KINZELBACH, R. (Hrsg.) (1985a): Die Tierwelt des Rheins einst und jetzt. Mainzer Naturwiss. Arch. Beih. 5. 183 S., Mainz.
- KINZELBACH, R. (1985b): Ein Nachweis des Meerneunauges (*Petromyzon marinus*) am hessischen Oberrhein. In: Hess. faun. Briefe 5 (4): 56-58.
- KINZELBACH, R. (1987a): Das ehemalige Vorkommen des Störs, *Acipenser sturio* (LINNAEUS, 1758), im Einzugsbereich des Rheins (Chondrostei: Acipenseridae). In: Zeitschr. f. angew. Zool. 74 (2): 167-200.
- KINZELBACH, R. (1987b): Der Rhein nach Sandoz. GNOR Tagungsbericht. 10 Jahre GNOR. Mainz.
- KINZELBACH, R. (1987c): Die Tierwelt im Rhein nach dem November 1986. In: Natur und Landschaft 62 (12): 521-526.
- KINZELBACH, R. (1990): Umweltvorsorge am Rhein: Rheingrund, Altrheine und Häfen als Refugien der Tierwelt. Unveröffentlichter Bericht der TH Darmstadt, Auftraggeber: LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT RHEINLAND-PFALZ, 402 S., Mainz.
- KINZELBACH, R. (1992): Der Rhein als Ökosystem. In: Werk und Zeit 1992 (3): 86-97.

- KINZELBACH, R. & G. FRIEDRICH (Hrsg.) (1990): Biologie des Rheins. Limnologie Aktuell 1. Stuttgart.
- KINZELBACH, R. & G. JENS (1988): Der Lachs. Atlas zur Fauna von Rheinland-Pfalz. 17 S., Mainz.
- KINZELBACH, R. & W. CLAUS (1977): Die Verbreitung von *Gammarus Fossarum* KOCH, 1835, *G. Pulex* (LINNAEUS, 1758) und *G. Roeselii* GERVAIS, 1835, in den linken Nebenflüssen des Rheins zwischen Wieslauter und Nahe. In: Crustaceana, Suppl. 4: 164-172.
- KIRSCHBAUM, C.L. (1865): Die Reptilien und Fische des Herzogtums Nassau. In: Nass. naturwiss. Jahrbücher 17/18: 77-122.
- KLOSE, H. (1995): Anthropogene Veränderungen des Oberrheins von 1820 bis zur Gegenwart. Wasserbau-Mitteilungen der Technischen Hochschule Darmstadt Nr. 40/1995.
- KÖHLER, CH. (1991): Untersuchungen zur Fischartengemeinschaft des Rheins mit besonderer Berücksichtigung der intraspezifischen Variabilität morphometrischer Parameter von ausgewählten ubiquitären Arten. - Dissertation Johann Wolfgang Goethe Universität Frankfurt/Main, 209 S. (unveröffentlicht).
- KÖHLER, CH. (1992): Morphometrische Untersuchungen zur intraspezifischen Variabilität des Rotauges, *Rutilus rutilus* (L.), aus dem Rhein. In: Fischökologie 6: 43-67.
- KÖHLER, CH. & A. LELEK (1992): Die Fischfauna des Rheins: Analyse der Artengemeinschaften sowie Daten zur Morphometrie und Meristik der vorkommenden Arten. In: Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg 148: 53-153.
- KÖHLER, CH., LELEK, A. & F. WICHOWSKI (1991): Ichthyologische Untersuchungen des Rhein-Hauptstromes - Fischbesiedlung. Studie im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz, 37 S, Anhang A + B; Wiesbaden.
- KORTE, E. (1994): Untersuchungen zur Ökologie von Jungfischen und Fischlarven der oberen Eder. Diplomarbeit an der Universität Marburg.
- KOß MANN, H. (1991): Fische und Fischerei. In: GEIGER, M., PREUß, G. & K.-H. ROTHENBERGER (Hrsg.): Der Rhein und die Pfälzer Rheinebene. Landau.
- KOVAC, V. (1993): Early development of ruff, *Gymnocephalus cernuus*. In: Folia Zoologica 42 (3): 269-280.
- KROHMER, R. & J. SCHERLE (1996): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna, 1. Projektabschnitt: Erarbeitung von Grundlagen, Arbeitsblock B: Ökomorphologie - Morphologie, Sedimentation, Durchströmung - Studie zur Sedimentations-tätigkeit der Altarme. September 1996. Erstellt i.A. des Landesamtes für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz. 31 S. plus 70 S. Anhang. Karlsruhe.
- KUBINIÖK, J. (1997): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna - 2. Projektabschnitt, Schwerpunkt: „Verlandungsdynamik“. April 1997. Erstellt i.A. des Landesamtes für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz. 22 S. plus 19 S. Abbildungen. Saarbrücken.
- KUHN, G. (1976): Die Fischerei am Oberrhein. - Hohenheimer Arbeiten, Reihe Agrarökonomie (83), 196 S.; Stuttgart.
- KUNZ, A. & L. SIMON (1987): Die Vögel in Rheinland-Pfalz. In: Natursch. Ornithol. Rh.-Pf. Band 4, Nr. 3 (1987): 353-657.
- KURMAYER, R., KECKEIS, H., SCHRUTTKA, S. & I. ZWEIMÜLLER (in Druck): Macro- und microhabitat use of 0+ fish in a side-arm of the River Danube. Supplement Archiv für Hydrobiologie. Hamburg.

- KUTTER, S. & V. SPÄTH (1993): Rheinauen - Bedrohtes Paradies am Oberrhein, 120 S., Karlsruhe.
- LADIGES, W. & D. VOGT (1979): Die Süßwasserfische Europas. 2. Aufl. 299 S.; Hamburg, Berlin.
- LANDAU, G. (1865): Die Geschichte der Fischerei in beiden Hessen. In: RENOARD, G. (Hrsg.): Beiträge zur Geschichte der Fischerei in Deutschland. 107 S., Kassel.
- LAUTERBORN, R. (1908): Bericht über die 2. Untersuchung. In: Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamt 28: 1-28.
- LAUTERBORN, R. (1926): Das Laichen des Flußneunauges (*Lampetra fluviatilis*) in den Seitengewässern des Oberrheins. In: Zool. Anz. 68: 142-146.
- LAWA - LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (1993): Fließgewässer der Bundesrepublik Deutschland - Karten der Wasserbeschaffenheit. Umweltbundesamt Berlin, 1-165 S.
- LELEK, A. (1976): Veränderung der Fischfauna in einigen Flüssen Zentraleuropas (Donau, Elbe und Rhein). In: Schriftenreihe für Vegetationskunde 10: 295-308.
- LELEK, A. (1978a): Die Bedeutung der Altrheine für die Fischfauna des Rheinhauptstroms am Beispiel des Schusterwörther Altrheins. In: Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg 35: 109-154.
- LELEK, A. (1978b): Die Fischbesiedelung des nördlichen Oberrheins und des südlichen Mittelrheins. In: Natur und Museum 108: 1-9.
- LELEK, A. (1983): Ichthyologische und fischereibiologische Arbeiten in den hessischen Altrheinen. In: Forsten und Naturschutz in Hessen, Jahresbericht 1981/82: 54-57.
- LELEK, A. (1989a): Neuentwicklung der Fischbestände in der hessischen Rheinstrecke an diversen Standorten des Stromes. Studie für das hessische Ministerium für Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz. Frankfurt.
- LELEK, A. (1989b): The Rhine River and some of its Tributaries under Human Impact in the Last Two Centuries. In: DODGE, D. P. (Hrsg.): Proceedings of the International Large River Symposium, Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 106: 469-487.
- LELEK, A. & G. BUHSE (1992): Fische des Rheins - früher und heute. 214 S.; Berlin, Heidelberg, New York.
- LELEK, A. & CH. KÖHLER (1989a): Neuentwicklung der Fischbestände in der hessischen Rheinstrecke an diversen Standorten des Stromes. - Studie für das Hessische Ministerium für Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz, Wiesbaden, 151 S. (unveröffentlicht).
- LELEK, A. & CH. KÖHLER (1989b): Zustandsanalyse der Fischartengemeinschaften im Rhein (1987-1988). In: Fischökologie 1: 47-64.
- LELEK, A. & CH. KÖHLER (1989c): Zustandsanalysen und Prognosen zur Rheinfischfauna. - Studie für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn, 150 S. (unveröffentlicht).
- LELEK, A. & CH. KÖHLER (1990): Restoration of fish communities of the Rhine River two years after a heavy pollution wave. In: Regulated Rivers: Research and Management 5: 57-66.
- LELEK, A. & CH. KÖHLER (1993a): Erfassung der Fischfauna des deutschen Niederrheinabschnittes mit besonderer Berücksichtigung der Rheinsohle im Hauptstrom. Studie im Auftrag der Rheinfischereigenossenschaft, Bonn, 29 S. (unveröffentlicht).
- LELEK, A. & CH. KÖHLER (1993b): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna. Vorstudie. 107 Seiten. Frankfurt.

LEUTHNER, F. (1877): Die Mittelrheinische Fischfauna mit besonderer Berücksichtigung des Rheins bei Basel. 59 S., Basel, Genf, Lyon.

LFW - LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT RHEINLAND-PFALZ (1996): Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland. Verfahrensvorschlag für kleine und mittelgroße Fließgewässer in der freien Landschaft im Bereich der Mittelgebirge, des Hügellandes und des Flachlandes. Juni 1996. Mainz.

LIMNOFISCH (1995): Maifische im Rheinsystem. Gutachten im Auftrag des Regierungspräsidiums Freiburg, Obere Fischereibehörde. Freiburg.

LUCKER, T., SCHWARZE, H. & P. ULRICH (1989): Untersuchungen zur ökologischen Funktion von drei mit der Mittelweser verbundenen Baggengewässern im Raum Nienburg (Staustufe Drakenburg). Diplomarbeit an der Universität Bremen.

LUDWIG, K. & CH. ELPERS (IBL - INGENIEURBÜRO LUDWIG) (1997): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna. 2. Projektabschnitt; Schwerpunkt: Realistische Situationsverbesserungen. Erstellt i.A. des Landesamtes für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz. 106 S., Karlsruhe.

MARK, W., WIESER, W. & C. HOHENAUER (1989): Interactions between developmental processes, growth and food selection in the larvae and juveniles of *Rutilus rutilus* (L.) (Cyprinidae). In: *Oecologia* (1989) 78: 330-337.

MARSSON, M. (1908): Bericht über die Ergebnisse der dritten vom 15. bis zum 22. August 1906 ausgeführten biologischen Untersuchung des Rheins auf der Strecke Basel-Mainz (30. April bis 12. Mai 1906). In: *Arbeiten aus dem kaiserlichen Gesundheitsamt* 28 (1): 1-28.

MEINEL, W., BARLAS, M., LELEK, A., PELZ, G.R. & H. BRUNKEN (1987): Das Vorkommen der Fische in Fließgewässern des Landes Hessen. - *Natur in Hessen, Fischartenkataster*. In: HESSISCHES MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, FORSTEN UND NATURSCHUTZ (Hrsg.), 72 S., Wiesbaden.

MEINERT, W. (1985a): Fischbewegungen zwischen Rhein bzw. Altrhein und blind endenden Seitengewässern. Dissertation Universität Mainz, 285 S. (unveröffentlicht).

MEINERT, W. (1985b): Untersuchungen über Fischbestandsverschiebungen zwischen Rhein beziehungsweise Altrhein und blind endenden Seitengewässern in der Vorderpfalz. In: *Mainzer Naturwiss. Arch. Beih.* 5: 131-149.

MEINERT, W. & R. KINZELBACH (1985): Die limnischen Schnecken und die Muscheln von Rheinland-Pfalz (Mollusca: Gastropoda et Bivalvia). *Mainzer Naturwiss. Arch. Beih.* 4, 58 S.

MELSHEIMER (1878): Über Linz im Rheine gefangene Fische. In: *Verh. Naturh. Var. preuss. Rheinl. Westph.* 35: 95-98.

MEUSER (1992): Soil pollution in floodplains of the Rhine River in Rhineland-Palatinate. In: INTERNATIONALE KOMMISSION FÜR DIE HYDROLOGIE DES RHEINGEBIETES (Hrsg.): *Contributions to the European workshop ecological rehabilitation of floodplains*, Arnheim, The Netherlands, 22.-24.09.1992, S. 41-46.

MFU BW - MINISTERIUM FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg., 1988): *Biotopsystem Nördliche Oberrhein-niederung*. 137 S.; Bonn, Karlsruhe, Oppenheim, Wiesbaden.

MFU - MINISTERIUM FÜR UMWELT RHEINLAND-PFALZ (1990): *Rheinwasserbeschaffenheit gestern, heute und morgen*. Mainz.

MFU (1993a): *Gewässergütekarte*, Ausgabe 1993. Mainz.



- MFU (1993b): Schadstoffbelastungen in Böden von Hochwasserüberflutungsflächen des Rheins. Mainz.
- MICHLING, G. (1988): Fischereibiologische Untersuchungen am Rhein in den Grenzen von Nordrhein-Westfalen 1986/87. Gutachten im Auftrag der Rheinfischereigenossenschaft, 56 S. (unveröffentlicht).
- MILLS, C.A. (1980): Spawning and rearing eggs of the dace, *Leuciscus leuciscus* (L.). In: Fish. Mgmt. 11, no. 2: 67-723.
- MOLLS, F. (1997): Populationsbiologie der Fischarten einer niederrheinischen Auenlandschaft. Dissertation an der Universität Köln. 184 S.
- MÜLLER, K. (1969): Die Tagesperiodik bei Fischen. In: Österreichische Fischerei 22 (1): 6-9.
- MÜLLER, R. & H.-J. MENG (1990): The fate of the fish populations in the river Rhine after the Schweizerhalle accident. In: KINZELBACH, R. & G. FRIEDRICH (Hrsg.): Biologie des Rheins. S. 405-421.
- MUSALL, H. (1978): Zur historisch-geographischen Entwicklung der Rheinniederung bei Rußheim. In: LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.): Der Rußheimer Altrhein, eine nordbadische Auenlandschaft. Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs, Band 10: 15-47.
- MYERS, G.S. (1949): Usage of anadromous, catadromous and allied terms for migratory fishes. In: Copeia 2: 89-97.
- NAU, B.S. (1787): Oekonomische Naturgeschichte der Fische in der Gegend um Mainz. In: Beitr. z. Naturgesch. d. Mainzer Landes 1: 1-120.
- NAU, B.S. (1788): Nachtrag zur Naturgeschichte der Fische nebst den Amphibien und Vögeln des Mainzer Landes. In: Beitr. z. Naturgesch. d. Mainzer Landes 2: 121-197.
- NAU, B.S. (1791): Bemerkungen zu des Herrn Sanders Beiträgen zur Naturgeschichte der Fische im Rhein. In: Naturforscher 25: 24-34.
- NERESHEIMER, E. (1941): Die Lachsartigen (Salmonidae) I. Teil. In: DEMOLL, R. & H.N. MAIER (Hrsg.): Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas; Band III A, S. 219-370; Stuttgart.
- NEUMANN, D. (1990): Makrozoobenthos-Arten als Bioindikatoren im Rhein und seinen angrenzenden Baggerseen. In: KINZELBACH, R. & G. FRIEDRICH (Hrsg.): Biologie des Rheins. S. 87-106.
- NEUMANN, D., RUTSCHKE, J., SEIDENBERG-BUSSE, C., PETERMEIER, A., STAAS, S. & F. MOLLS (1995): Die ökologische Bewertung von Baggerseen mit Anbindung an den Fluß - dargestellt am Beispiel vom Niederrhein. Limnologie aktuell B.7. Abgrabungsseen - Risiken und Chancen. Stuttgart, Jena, New York.
- OBRDLIK, P. (1992): Regenerierung der Rheinbiozönose durch Auengewässer, Proc. Sandoz, Rheinfonds Konferenz Sept. 1992. Basel.
- PAVLOV, D.S. (1989): Structures assisting the migration on non-salmonid fish: USSR. FAO Fisheries Technical Paper, No. 308. Rome, FAO. 1989. 97 p.
- PELZ, R. (1985): Fischbewegung über verschiedenartige Fischpässe am Beispiel der Mosel. Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg 76, 190 S.
- PELZ, R. (1989): Zur Verwendung der Begriffe „fish movements“ und „fish migration“ in der deutschsprachigen Literatur. In: Fischökologie Aktuell 1 (2): 20-24.
- PEMÖLLER, A. (1969): Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 160 Landau i.d. Pfalz. Geographische Landesaufnahme 1:200.000. Herausgeber: BUNDESANSTALT FÜR LANDESKUNDE UND RAUMFORSCHUNG - INSTITUT FÜR LANDESKUNDE. Bad Godesberg.
- PENAZ, M. (1973): Embryonic development of the barb, *Barbus barbus* (Linnaeus, 1758). Zoologické Listy 22 (49): 363-374.

- PROKES, M. & M. PENAZ (1980): Early development of the chub, *Leuciscus cephalus*. In: Academia Nakladatelstvi Ceskoslovenske Akademie ved Tomus XIV, nova series-Fasc. 7: 3-40.
- RIEDEL, D. (1974): Fisch und Fischerei. 287 S., Stuttgart.
- ROTH, J. (1986): Untersuchung über die Fischfauna des Nördlichen Oberrheins und des Mittelrheins im Jahre 1986. Studie im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft, Weinbau und Forsten Rheinland-Pfalz, 140 S., Mainz.
- ROTH, J. (1988): Die Fischbesiedlung des nördlichen Oberrheins und des Mittelrheins im Jahre 1986. Diplomarbeit TH Darnstadt, 147 S. (unveröffentlicht).
- ROTHER, K.-H. (1993): Wasserbau und Ökologie - Die Entwicklung der Gewässer und der Aue am Rhein. In: MINISTERIUM FÜR UMWELT RHEINLAND-PFALZ (Hrsg.): Die Biozönose des Rheins im Wandel - Lachs 2000? S. 53-61.
- ROUX, A.L. (Hrsg.) (1982): Cartographie polythématique appliquée à la gestion écologique des eaux. Etude d'un hydrosystème fluvial. Le Haute-Rhône français. Paris.
- SANDERS, H. (1780): Beytraege zur Naturgeschichte der Fische im Rhein. In: Naturforscher 15: 163-183.
- SCHENKER, A. (1992): Naturräumliche Gegebenheiten. In: GALLUSSER, W.A. & A. SCHENKER (Hrsg.): Die Auen am Oberrhein. S. 3-17.
- SCHIEMER, F. (1985): Die Bedeutung der Auengewässer als Schutzzonen für die Fischfauna. In: Österreichische Wasserwirtschaft 37 (9/10): 239-245.
- SCHIEMER, F. (1988): Gefährdete Cypriniden - Indikatoren für die ökologische Intaktheit von Flußsystemen. In: Natur und Landschaft 63. Jg., H. 9: 370-373.
- SCHIEMER, F. & H. WAIDBACHER (1992): Strategies for Conservation of a Danubian Fish Fauna. In: BOON, P.J., CALOW, P. & G.E. PETTS (Hrsg.): River Conservation and management. J. Wiley & Sons Ltd.
- SCHIEMER, F., SPINDLER, T., WINTERSBERGER, H., SCHNEIDER A. & A. CHOVANEC (1991): Fish fry associations: important indicators for the ecological status of large rivers. In: Verh. Internat. Verein. Limnol. 24: 2497-2500.
- SCHMIDT, G.W. (1991): Versuche zur Wiedereinbürgerung des Lachses *Salmo salar* L. in den Rhein-Nebenfluß Sieg. In: Fischökologie 5: 35-42.
- SCHOLZ, E., TANNER, G. & R. JÄNCKEL (1983): Einführung in die Kartographie und Luftbildinterpretation, 2. Auflage, Gotha.
- SCHULZE, E. (1890): Über die geographische Verbreitung der Süßwasserfische von Mitteleuropa. In: KIRCHHOFF, A. (Hrsg.): Forschungen zur Deutschen Landes- und Volkskunde 5, S. 69-84.
- SCHWEVERS, U. (1996): Auswirkungen von Wanderungsbarrieren in Fließgewässern auf Verbreitung und Bestandssituation von Fischen und wirbellosen Kleintieren. 10. Bad Godesberger SVK Fischereitagung. 15 S.
- SIEBOLD, C.TH.E. von (1863): Die Süßwasserfische von Mitteleuropa, 430 S. Leipzig.



- SIMON, L. (1987): Untersuchungen zu Vorkommen, Habitat und Gefährdung der Blattfuß-Krebse (Branchiopoda: Anostraca, Notostraca, Conchostraca) in Rheinland-Pfalz. In: Natursch. Ornithol. Rh.-Pf. Band 4, Nr. 4 (1987): 853-871.
- SIMON, L. (1991): Rote Liste der bestandsgefährdeten Blattfußkrebse (Branchiopoda; ausgewählte Gruppen) und Zehnfüßigen Krebse (Decapoda) in Rheinland-Pfalz, Stand: April 1990. Herausgeber: MINISTERIUM FÜR UMWELT UND GESUNDHEIT. Mainz.
- SIMON, L. (1998): Rote Liste ausgewählter Gruppen der Blattfußkrebse (Branchiopoda: Anostraca, Notostraca, Conchostraca), Bearbeitungsstand: 1994. In: BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (Hrsg.): Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands, Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, Heft 55: 280-282.
- SPÄH, H. (1996): Vorschläge zur Verbesserung der Reproduktionsbedingungen für Fische in ausgewählten Nebengewässern des Niederrheins (Strom-km 733-845). Studie im Auftrag der Rheinfischereigenossenschaft, 27 S., Bonn.
- SPOSNY, W. (1975): Die Fischfauna des Rheins. Diplomarbeit an der Universität Mainz. 137 S., Mainz.
- STAAS, S. (1991a): Das Jungfischaufkommen in Baggerseen mit Anbindung an den Rheinstrom. In: Natur und Landschaft 66. Jg. H. 3: 164-165.
- STAAS, S. (1991b): Das Jungfischaufkommen in rheinangebundenen Baggerseen am unteren Niederrhein. Diplomarbeit. Universität Köln.
- STAAS, S. (1995): Der Vergleich des Jungfischaufkommens im Rheinstrom und seinen angebundenen Baggerseen in der niederrheinischen Auenlandschaft. Limnologie aktuell B. 7. Abgrabungsseen - Risiken und Chancen. Stuttgart, Jena, New York.
- STAWA Mainz- STAATLICHES AMT FÜR WASSER- UND ABFALLWIRTSCHAFT Mainz (1995): Von der Großherzoglichen Kulturinspektion zum Staatlichen Amt für Wasser- und Abfallwirtschaft Mainz. Mainz.
- STEINBERG, L. & B. LUBIENIECKI (1991): Die Renaissance der Meerforelle (*Salmo trutta trutta* L.) und erste Versuche zur Wiedereinbürgerung des Lachses (*Salmo salar* L.) in Nordrhein-Westfalen. In: Fischökologie 5: 19-33.
- STEINBERG, L., MARMULLA, G., SCHMIDT, G.W. & J. LEHMANN (1991): Erster gesicherter Nachweis des Lachses (*Salmo salar* L.) im Gewässersystem der Sieg seit über drei Jahrzehnten. In: Fischökologie Aktuell 5: 2-3.
- STERBA, G. (1962): Die Neunaugen (Petromyzonidae). In: DEMOLL, R. & H.N. MAIER (Hrsg.): Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas, Band III B, S. 263-352; Stuttgart.
- STÖSSEL, F. (1990): Schädigung und Erholung der Makroinvertebratenfauna im schweizerischen Abschnitt des Rheins nach dem Brandfall in Schweizerhalle. In: KINZELBACH, R. & G. FRIEDRICH (Hrsg.): Biologie des Rheins. S. 277-287.
- TENT, L. (1983): Zusammenhänge zwischen Meerforellen-Laichwanderung und Wasserbeschaffenheit der Elbe. In: Wasser & Boden 3: 138-140.
- TEROFAL, F. (1984): Süßwasserfische in europäischen Gewässern. 287 S., München.
- TESCH, F.W. (1976): Aktivität und Verhalten wandernder *Lampetra fluviatilis*, *Lota lota* und *Anguilla anguilla* im Tidegebiet der Elbe. In: Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchung 16: 92-111.

TITTIZER, TH. & F. KREBS (1996): Ökosystemforschung: Der Rhein und seine Auen. Eine Bilanz. 467 S.; Heidelberg, Berlin, New York.

TITTIZER, TH., SCHÖLL, F. & M. DOMMERMUTH (1993): Die Entwicklung der Lebensgemeinschaften des Rheins im 20. Jahrhundert. In: MINISTERIUM FÜR UMWELT RHEINLAND-PFALZ (Hrsg.): Die Biozönose des Rheins im Wandel - Lachs 2000? S. 25-39.

TITTIZER, TH., SCHÖLL, F. & M. SCHLEUTER (1990): Beitrag zur Struktur und Entwicklungsdynamik der Benthalfauna des Rheins von Basel bis Düsseldorf in den Jahren 1986 und 1987. In: KINZELBACH, R. & G. FRIEDRICH (Hrsg.): Biologie des Rheins. S. 293-323.

UHLIG, H. (1964): Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 150 Mainz. Geographische Landesaufnahme 1:200.000. Herausgeber: BUNDESANSTALT FÜR LANDESKUNDE UND RAUMFORSCHUNG – INSTITUT FÜR LANDESKUNDE. Bad Godesberg.

VOLZ, J. & S.J. DE GROOT (1992): Erster Nachweis des Störs (*Acipenser sturio*) im niederländischen Rhein seit 40 Jahren. In: Fischökologie 6: 3-6.

VOLZ, J. & W.G. CAZEMIER (1991): Die Fischfauna im niederländischen Rhein - eine aktuelle Bestandsaufnahme. In: Fischökologie 5: 3-18.

WAIDBACHER, H. (1989): Zum Einfluß der Uferstruktur auf Fischbestände - Stauraumgestaltung Altenwörth. In: Österreichische Wasserwirtschaft, 41. Jhg. H.7/8.

WEIBEL, U. (1990): Untersuchungen zur Fischfauna des nördlichen Oberrheins. - Diplomarbeit Universität Heidelberg, 128 S. (unveröffentlicht).

WEIBEL, U. (1991): Neue Ergebnisse zur Fischfauna des nördlichen Oberrheins - ermittelt im Rechengut von Kraftwerken. In: Fischökologie 5: 43-68.

WEIBEL, U. (1994): Die Fischfauna als Bioindikator zur Bewertung der gewässermorphologischen Veränderungen an den großen Flüssen Baden-Württembergs - Methodenentwicklung und Erprobung. In: Veröff. PAÖ 8: 459-468.

WEIBEL, U. (IUS - INSTITUT FÜR UMWELTSTUDIEN) (1995): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna. Vorstudie „Referenzgewässer Rheinauenentwicklung“ - Entwurf. Im Auftrag des Landesamtes für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz. 29 S., Scheibenhardt.

WEIBEL, U. (IUS - INSTITUT FÜR UMWELTSTUDIEN) (1998): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna. 2. Projektabschnitt, Schwerpunkt: „Bestimmung der optimalen fischökologischen Funktionsfähigkeit der Auengewässer“. Endbericht Januar 1998. Erstellt i.A. des Landesamtes für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz. 30 S., Kandel.

WEIBEL, U. & A. BAUER (IUS - INSTITUT FÜR UMWELTSTUDIEN) (1997a): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna. 2. Projektabschnitt, Schwerpunkt: „Jungfischbiotope“. Endbericht Mai 1997. Erstellt i.A. des Landesamtes für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz. 70 S., 5 Karten. Kandel.

WEIBEL, U. & A. BAUER (IUS - INSTITUT FÜR UMWELTSTUDIEN) (1997b): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna. 2. Projektabschnitt, Schwerpunkt: „Verlandung der Altarme - Repräsentative Verlandungsbilder“. Endbericht August 1997. Erstellt

i.A. des Landesamtes für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz. 33 S., Kandel.

WEIBEL, U. & J.E. WOLF (IUS - INSTITUT FÜR UMWELTSTUDIEN) (1997): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna. 2. Projektabschnitt, Schwerpunkt: „Gewässergüte der Projektgewässer“. Endbericht Mai 1997. Erstellt i.A. des Landesamtes für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz. 66 S., 5 Karten. Kandel.

WEIBEL, U., BAUER, A. & J.E. WOLF (IUS - INSTITUT FÜR UMWELTSTUDIEN) (1996): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna. 1. Projektabschnitt, Arbeitsblock A: „Ökologie“. Erstellt i.A. des Landesamtes für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz. 159. S., Kandel.

WITTMACK, L. (1875): Beiträge zur Fischereistatistik des Deutschen Reiches. 251 S., Berlin.

WUNDSCH, H.H. (1962): Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas. Band III B. 352 S., Stuttgart.

ZENTGRAF, P., D. BLEY (BCE), WEIBEL, U. & A. BAUER, A. (IUS) (1998): Pflege und Entwicklung der Auengewässer des Oberrheins zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Fischfauna. 2. Projektabschnitt, Schwerpunkt: Anbindung des Leimersheimer Altrheins. Januar 1998. Erstellt i.A. des Landesamtes für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz. 75 S. und Anhang, Koblenz.

ZSCHOKKE, F. (1919): Der Rhein als Bahn und Schranke der Tierverbreitung. In: Verh. naturf. Ges. Basel 30: 137-188.