

Die ökologische Qualität großer Ströme - die Bedeutung struktureller Aspekte für die Fischfauna am Beispiel des (Nieder-)Rheins

Stefan STAAS

1. Einleitung

Der Rhein ist mit einer Fließstrecke von 1.320 km und einem Einzugsgebiet von ca. 185.000 km² eines der größten und wirtschaftlich bedeutensten Fließgewässer Europas (FRIEDRICH 1989, FRIEDRICH & MÜLLER 1984). Der Strom wurde im Zuge des Hochwasserschutzes und der Schiffbarmachung in eine kanalisierte und in ein befestigtes Bett gezwängte Schifffahrtsstraße umgewandelt. Der ca. 220 km Fließstrecke ausmachende potamale Abschnitt des Niederrheins (von der nordrhein-westfälischen Landesgrenze bis zur niederländischen Staatsgrenze) ist durch ein mittleres Gefälle von 0,26 im Epipotamal und 0,16 im Metapotamal gekennzeichnet. Bei einer mittleren Wasserführung von ca. 2.250 m³/s beträgt die Strömungsgeschwindigkeit in der Schifffahrtsrinne des Niederrheins ca. 1,4 m/s (LELEK & BUHSE 1992). Trotz einiger künstlicher Durchstiche und vollständiger Uferanschlüsse aller Inseln, die bis 1822 erfolgten und den Flusslauf um insgesamt ca. 15 km verkürzten (BÜRGER 1926, VAN URK & SMIT 1989), hat der Niederrhein bis heute seinen weitgehend ursprünglichen, mäandrierenden Verlauf behalten (Abb. 1). Darüber hinaus ist der Rhein im Gegensatz zu den meisten anderen Flüssen Europas unterhalb der Staustufe Iffezheim nicht durch Stauhaltungen reguliert und somit über ca. 650 km Fließstrecke ein frei fließender Strom. Die ehemals gewässerreiche Auenlandschaft mit ausgedehnten Überschwemmungsflächen ging jedoch im Verlauf des Rheinausbaus bis auf wenige Altarme im Deichhinterland verloren (TITTIZER & KREBS 1997). In den Nachkriegsjahren entwickelte sich der Rhein zu einem der am stärksten verschmutzten Fließgewässer der Welt und lange Zeit stand die katastrophale Wasserqualität, die eine dramatische Verödung der gesamten Rheinbiozönose verursacht hatte, im Mittelpunkt des Interesses (z.B. FRIEDRICH 1989). Nachdem eine erhebliche Verbesserung der Wasserqualität erreicht wurde und der Rhein heute wieder die saprobische Gewässergüteklasse II (mäßig belastet) aufweist (z.B. LWA 1993), rücken die Folgen des bis heute anhaltenden technischen Ausbaus zur Schifffahrtsstraße für die Fischfauna zunehmend in den Vordergrund. Die große Bedeutung ökomorphologischer Bedingungen für die Fischfauna größerer Fließgewässer wurde bereits an der österrei-

chischen Donau erkannt (SCHIEMER 1988). Es zeigte sich, dass der Reproduktionserfolg der Fischarten, in beeinträchtigten Fließgewässern bestimmt von der Qualität und Verfügbarkeit von Laich- und Jungfischhabitaten, einen entscheidenden Einfluss auf die Zusammensetzung der Fischfauna hat. Daher sind die Jungfischgemeinschaften in den Uferzonen aussagekräftige Indikatoren für die strukturelle ökologische Qualität großer Ströme (SCHIEMER et al. 1991). Dieser Ansatz wurde auf die spezifischen Bedingungen des unteren Niederrheins übertragen. Anhand von Untersuchungsergebnissen zum Jungfischauftreten und zur gesamten Fischfauna werden ökomorphologische Defizite am Niederrhein und daraus abzuleitende Maßnahmen dargestellt.

2. Historische und aktuelle Entwicklungstendenzen der Fischfauna im Niederrhein

Der Artenbestand der Fischfauna des Niederrheins ist in Tab.1 dargestellt. Auch wenn Häufigkeitsangaben die subjektive Wertung verschiedener Autoren beinhalten, lassen sich wesentliche Entwicklungstendenzen über die verschiedenen Epochen von Rheinausbau und Verschmutzung erkennen. Im Niederrhein kamen ehemals 43 Fischarten einschließlich der Rundmäuler vor. Schon im Zeitraum 1880 - 1950, also nach Abschluss aller wesentlichen Flussregulierungsmaßnahmen und mit dem Einsetzen der starken Verschmutzung des Rheins wurden hiervon nur noch 30 Arten registriert. Bis zu Beginn dieses Jahrhunderts florierte am Rhein eine wirtschaftlich bedeutsame Fischerei, die im wesentlichen auf den Lachs (*Salmo salar*) und andere Langdistanz-Wanderfische ausgerichtet war. Das Verschwinden der anadromen Arten Lachs, Maifisch (*Alosa alosa*), Nordsee-Schnäpel (*Coregonus oxyrinchus*) und Stör (*Acipenser sturio*) ist durch genaue Fangstatistiken eindrucksvoll dokumentiert (Abb. 2a-b) und stellte die erste einschneidende Veränderung der Fischfauna des Rheins dar. Als Ursache für das Verschwinden dieser Arten müssen die durchgeführten Flussregulierungsmaßnahmen, die schon damals einsetzende Verschlechterung der Wasserqualität, die Beeinträchtigung von Laichgebieten in den Zuflüssen und Überfischung angenommen werden. In der Folge wurde der Aal (*An-*

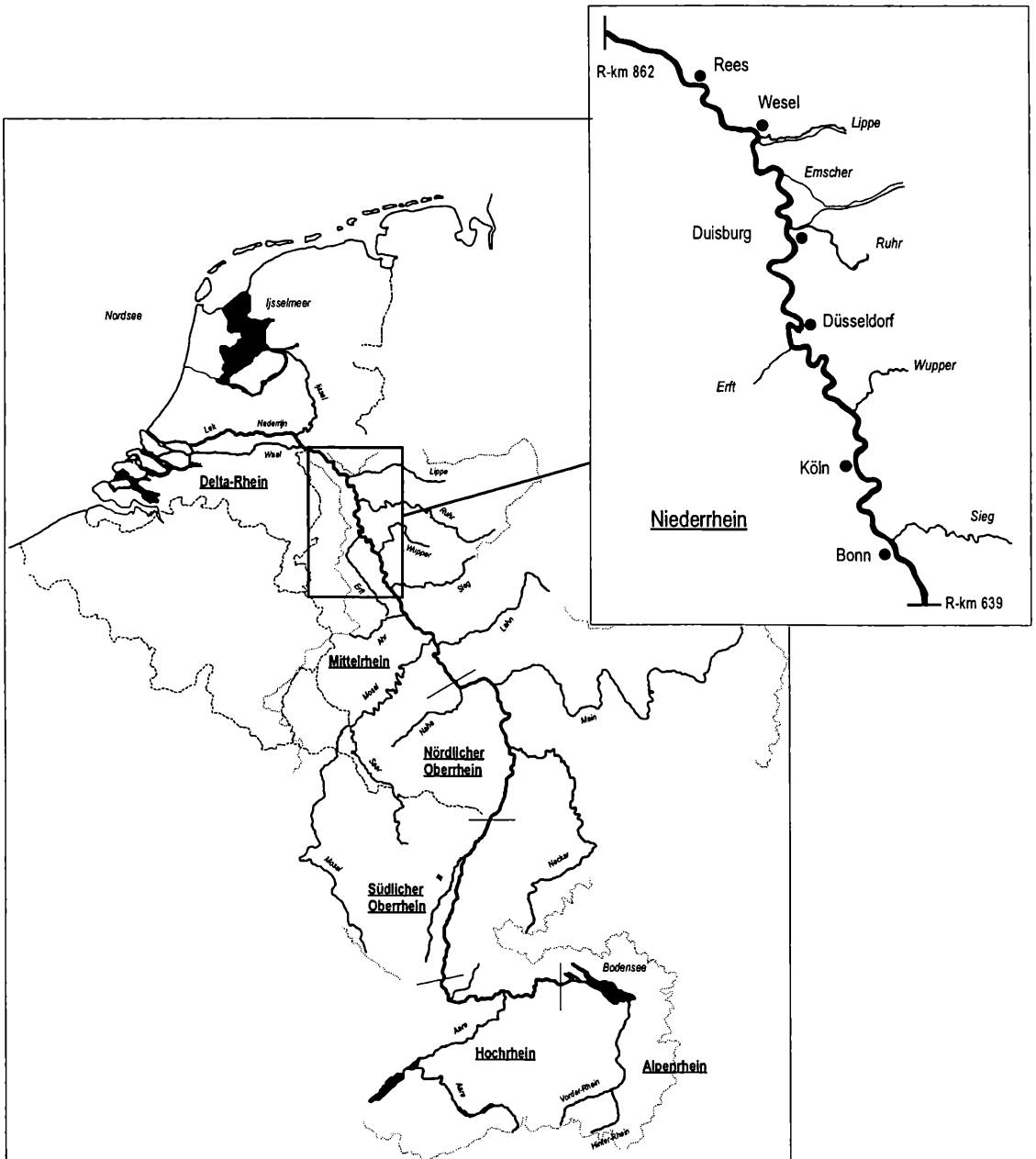


Abbildung 1

Der Rhein und sein Einzugsgebiet (Ausschnitt: Der potamale Abschnitt des Niederrheins).

guilla anguilla) der wichtigste Wirtschaftsfisch der Rheinfischerei, die jedoch Mitte der 60er Jahre praktisch zum Erliegen kam. Im Zeitraum 1950 - 1975, als die Verschmutzung des Rheins ihren Höhepunkt erreicht hatte, waren nur noch 28 Fischarten nachweisbar. Mit der Reduktion der Artenzahl gingen auch allgemeine Bestandsrückgänge einher, viele der ehemals häufigen Arten waren selten geworden und oft nur noch durch Einzelnachweise belegt. Der dramatische Rückgang der Bestände "stationärer" Fischarten, die wirtschaftlich relativ unbedeutend waren, ist im Gegensatz zu den Wanderfischen nur unvollständig durch Ertragsstatistiken der gewerblichen Fischerei dokumentiert (Abb. 2c). Eine differenzierte Betrachtung der Bestandsentwicklungen einzelner Arten ist somit kaum mög-

lich. Mitte bis Ende der 80er Jahre wurden die ersten aufwendigeren, elektrofischereilichen Bestandserhebungen im Niederrhein durchgeführt (MICHLING 1988, LELEK & KÖHLER 1989). Sie erbrachten erste Anzeichen einer Rehabilitation der Fischartengemeinschaft als Folge der seit Ende der 70er Jahre einsetzenden Verbesserung der Wasserqualität, denn ehemals verschwundene Arten waren, wenn auch nur mit geringen Individuenzahlen, wieder nachweisbar. Die ungefähr zeitgleich von MICHLING und LELEK & KÖHLER durchgeführten Untersuchungen zeichneten mit bemerkenswerter Übereinstimmung das Bild einer in hohem Maße von ubiquitären Arten dominierten Fischartengemeinschaft, in der die drei eurytopen Cypriniden Brachsen (*Abramis brama*), Rotaugen (*Rutilus*

Tabelle 1

Die Fischfauna des Niederrheins: Veränderungen von Artenbestand und Häufigkeiten im 20. Jahrhundert (zusammengestellt nach verschiedenen Quellen).

Ökotypen * Art:	Laichverhalten	Bevorzugtes Laichsubstrat:	A)	Häufigkeit					
				bis 1880 1)	bis 1950 1)	bis 1975 1)	bis 1990 1)	bis 1998 2)	
Rheophil A:									
Barbe	<i>Barbus barbus</i>	lithophil	K	1					
Nase	<i>Chondrostoma nasus</i>	lithophil	K	2					
Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>	phytolithophil	K	3					
Schneider	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	lithophil	K	4					X
Schmerle	<i>Barbatula barbatula</i>	psammophil	S	5			X	X	
Koppe	<i>Cottus gobio</i>	speleophil	K				X		
Elritze	<i>Phoxinus phoxinus</i>	lithophil	K						
⇒ Zährte	<i>Vimba vimba</i>	lithophil	K				X	X	
Rheophil B:									
Döbel	<i>Leuciscus cephalus</i>	lithophil	K	6					
Aland	<i>Leuciscus idus</i>	lithophil	K	7		X	X	X	
⇒ Rapfen	<i>Aspius aspius</i>	lithophil	K				X		
Gründling	<i>Gobio gobio</i>	psammophil	S	8		X			
Steinbeißer	<i>Cobitis taenia</i>	phytophil	P		X		X	X	
Schlammpeitzger	<i>Misgurnus fossilis</i>	phytophil	P						
Eurytop:									
Ukelei	<i>Alburnus alburnus</i>	phytolithophil	I	9					
Rotauge	<i>Rutilus rutilus</i>	phytolithophil	I	10					
Brachsen	<i>Abramis brama</i>	phytolithophil	I	11					
Güster	<i>Blicca bjoerkna</i>	phytophil	I	12					
Karpfen	<i>Cyprinus carpio</i>	phytophil	P	13			X		
Hecht	<i>Esox lucius</i>	phytophil	P						X
Flußbarsch	<i>Perca fluviatilis</i>	phytolithophil	I						
Kaulbarsch	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	phytolithophil	I						
⇒ Zander	<i>Stizostedion lucioperca</i>	phytophil	I	14	X	X			
Wels	<i>Silurus glanis</i>	phytophil	P	15	X	X	X	X	X
Stagnophil:									
Karassche	<i>Carassius carassius</i>	phytophil	P	18	X	X	X		
Rotfeder	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	phytophil	P	19	X	X		X	
Schleie	<i>Tinca tinca</i>	phytophil	P	20					X
Moderlieschen	<i>Leucaspis deloneatus</i>	phytophil	P						X
Bitterling	<i>Rhodeus sericeus amarus</i>	ostracophil	P	21					X
Dreist. Stichling	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	ariadnophil	P	22		X	X	X	
Neunst. Stichling	<i>Pungitius pungitius</i>	ariadnophil	P		X	X	X	X	
Rithral:									
Quappe	<i>Lota lota</i>	lithopelagophil	K	23		X	X	X	
Äsche	<i>Thymallus thymallus</i>	lithophil	K						X
Bachforelle	<i>Salmo trutta</i>	lithophil	K	24	X	X			X
Anadrom:									
Meerforelle	<i>Salmo trutta</i>			24		X	X	X	
Lachs	<i>Salmo salar</i>			25	X		X	X	
Nordsee-Schnäpel	<i>Coregonus oxyrinchus</i>			26					
Stint	<i>Osmerus eperlanus</i>			27	X		X		
Maifisch	<i>Alosa alosa</i>			28					
Finte	<i>Alosa fallax</i>			29					
Stör	<i>Acipenser sturio</i>			30					
Flußneunauge	<i>Lampetra fluviatilis</i>			31	X	X	X		
Meerneunauge	<i>Petromyzon marinus</i>			32		X	X		
Katadrom:									
Aal	<i>Anguilla anguilla</i>			33					
Flunder	<i>Pleuronectes flesus</i>			34	X		X		
Neozoen:									
⇒ Felchen	<i>Coregonus lavaretus</i>						X	X	
⇒ Giebel	<i>Carassius auratus gibelio</i>				X			X	
⇒ Blauband-Bärbling	<i>Pseudorasbora parva</i>						X	X	
⇒ Katzenwels	<i>Ameiurus melas</i>					X	X	X	
⇒ Sonnenbarsch	<i>Lepomis gibbosus</i>					X	X		
⇒ Sterlet	<i>Acipenser rhusenus</i>							X	
⇒ Regenbogenforelle	<i>Oncorhynchus mykiss</i>							X	
⇒ Bachsaibling	<i>Salvelinus fontinalis</i>							X	
⇒ Graskarpfen	<i>Ctenopharyngodon idella</i>							X	

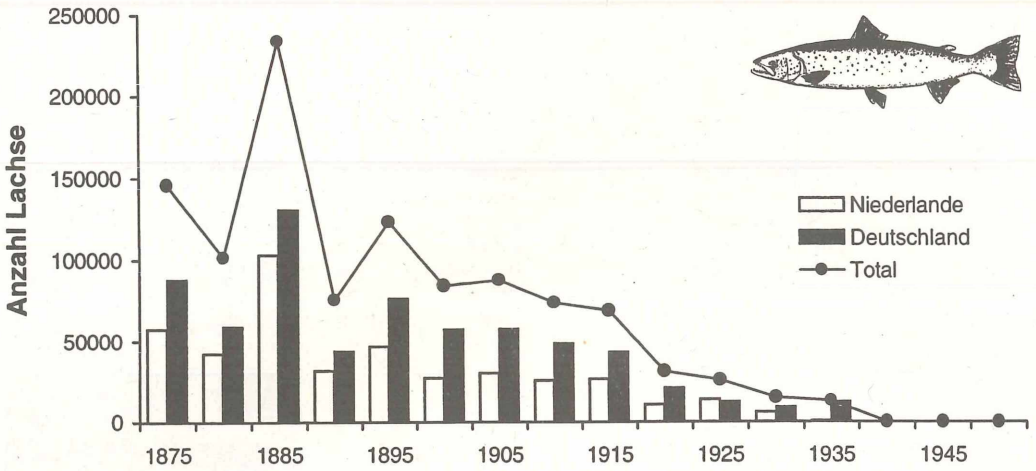
Artenzahl: 34 43 30 28 37 45

■ = häufig
 ■ = selten
 X = Einzelnachweise
 □ = kein Vorkommen

⇒ = eingebürgerte Arten und Neozoen
 * Klassifizierung nach SCHIEMER & WAIDBACHER 1992
 ** Klassifizierung nach BALON 1975
 A) Historisches Artenspektrum nach BORNE (1883), LA VALETTE (1901), LAUTERBORN (1918), BÜRGER (1926)
 1) nach LELEKK & KÖHLER 1989
 2) nach STAAS (1998)

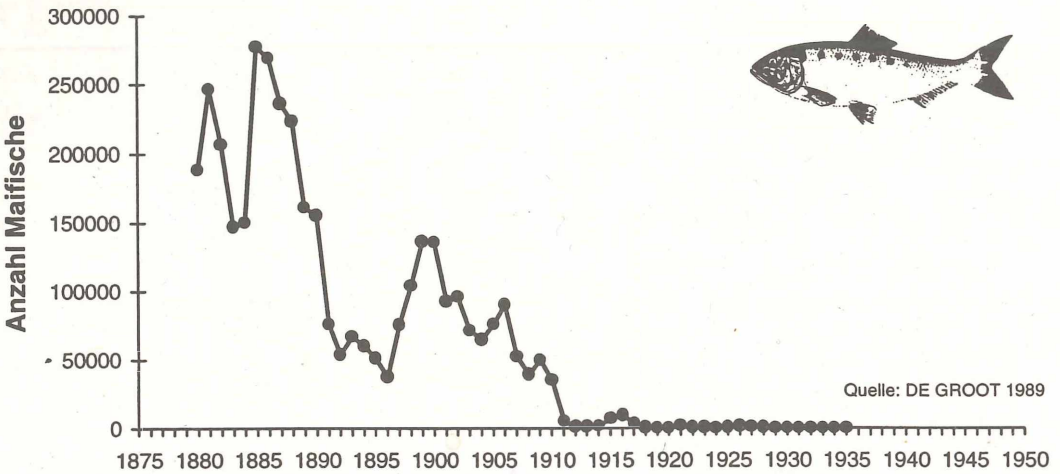
K = Kies / S = Sand / I = Indifferent / P = Pflanzen

a) Abnahme der deutschen und niederländischen Lachsfänge (*Salmo salar*) im Zeitraum 1875 - 1950



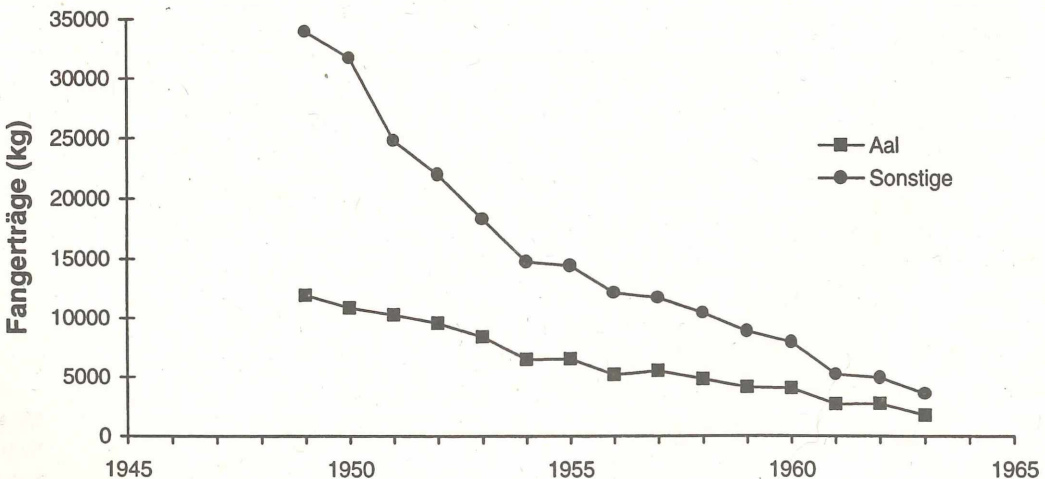
Quelle: IKSR

b) Abnahme der niederländischen Maifischfänge (*Alosa alosa*) im Zeitraum 1880 - 1934



Quelle: DE GROOT 1989

c) Abnahme der Fangerträge an 9 ausgewählten Fangplätzen am Niederrhein nach 1950



Quelle: SRU1976

Abbildung 2

Der Niedergang der Rheinfischerei in den ersten Jahrzehnten dieses Jahrhunderts

utilus) und Ukelei (*Alburnus alburnus*) sowie der Aal ca. 81-85 Individuen-% des Gesamtfanges ausmachten. Deutliche Unterschiede ergaben sich nur in der Einschätzung der relativen Abundanzen von Aal und Brachsen, was die Schwierigkeiten der quantitativen Fischbestandserfassung in großen Strömen verdeutlicht (Abb. 3). Die hohe Dominanz weniger ubiquitärer Fischarten wurde als Folge der anthropogenen Beeinträchtigung durch Uferverbau, Abwasserbelastung und Schifffahrt gewertet. Die ehemals häufigen, rheophilen Kieslaicher Bar-

be (*Barbus barbus*) und Nase (*Chondrostoma nasus*) kamen Ende der 80er noch nicht wieder in nennenswerten Beständen vor. 1995 bzw. 1997, also nach einer Zeitspanne von ca. 10 Jahren, wurden erneut elektrofischereiliche Bestandserhebungen im gesamten Niederrhein durchgeführt (IKSR 1995, STAAS & NEUMANN 1998), wodurch eine differenzierte Betrachtung der Entwicklungen in der Fischartengemeinschaft möglich wird. Die Ergebnisse der beiden aktuellen Untersuchungen weisen jedoch beträchtliche Unterschiede auf, wobei anzu-

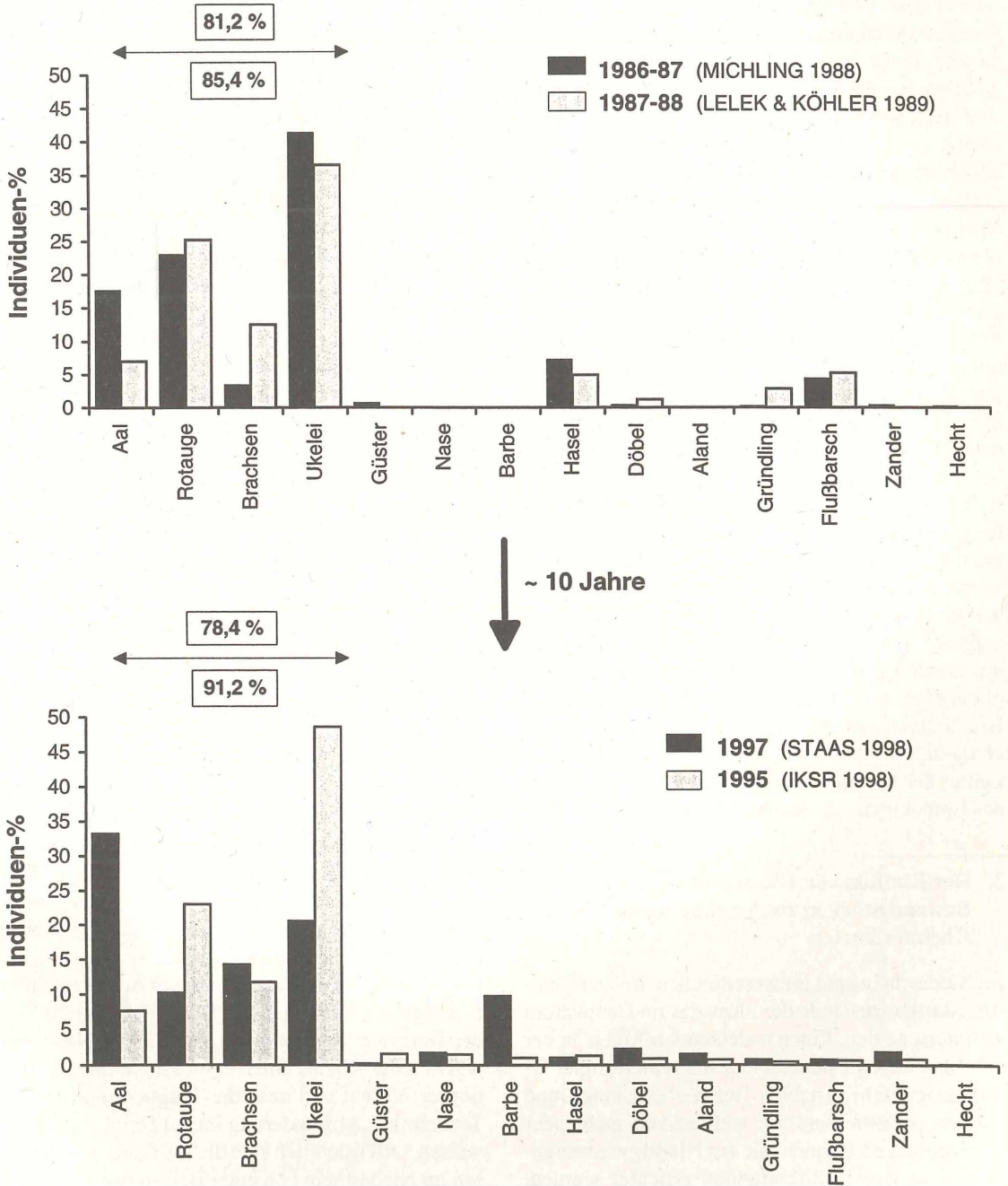


Abbildung 3

Entwicklung der Fischartengemeinschaft im Niederrhein über einen Zeitraum von 10 Jahren. Dargestellt sind die Ergebnisse von jeweils ungefähr zeitgleich mit vergleichbaren Methoden durchgeführten elektrofischereilichen Bestandserhebungen aus den Jahren 1986-1988 und 1995-1997 als relative Abundanz (Individuen-%) der wichtigsten Fischarten (nicht berücksichtigt sind seltene Arten).

merken ist, dass der IKSR-Untersuchung im Niederrhein ein erheblich geringerer Beprobungsaufwand zugrundeliegt. Es ergibt sich ein grundsätzlich ähnliches Bild von der Fischartengemeinschaft im Niederrhein wie vor 10 Jahren, denn die genannten 4 ubiquitären Arten dominieren mit ca. 78 Individuen-% nach wie vor in hohem Maße den Gesamtfang. Bemerkenswert ist jedoch eine starke Zunahme der rheophilen Kieslaicher Barbe und Nase, auch wenn sie insgesamt nur einen relativ geringen Anteil am gesamten Fischbestand haben. Gegenwärtig kommen im Niederrhein wieder mehr als 43 Fischarten vor. Hierbei sind jedoch viele allochthone Arten berücksichtigt, die mehrheitlich keine reproduktiven Populationen im Strom aufweisen. Erst in jüngster Zeit hat sich der Rapfen (*Aspius aspius*) mit größeren Beständen im Rhein etabliert. Verschollen sind nach wie vor die anadromen Arten (mit Ausnahme der Meerforelle, Lachse werden in Folge laufender Wiederansiedlungsprogramme vereinzelt nachgewiesen), eine echte Erholung der Bestände ist nur bei den Neunaugen (*Lampetra fluviatilis* und *Petromyzon marinus*) zu verzeichnen. Während die eurytopen Arten mehrheitlich während aller Epochen im Rhein häufig waren, sind die phytophilien Arten (insbesondere Hecht, Karpfen) sowie generell die vorwiegend an Auengewässer gebundenen, stagnophilen Arten seit den Bestandseinbrüchen in der Epoche bis 1950 bis heute selten geblieben. Eine deutliche Regeneration der Bestände ist somit nur bei einigen Arten aus der Gruppe rheophiler Kieslaicher zu verzeichnen. Die geschilderten Entwicklungstendenzen in der Fischartengemeinschaft müssen im wesentlichen auf die Verbesserung der Wasserqualität zurückgeführt werden, denn die gewässermorphologischen Strukturbedingungen sind aufgrund des festgeschriebenen Ausbauzustandes unverändert geblieben. Die Bedeutung der ökomorphologischen Bedingungen für die Fischfauna des Niederrheins soll im Folgenden am Beispiel zweier charakteristischer Fischarten, dem Brachsen als Leitart des Metapotamals und der Barbe als Leitart des Epipotamals verdeutlicht werden.

3. Der Einfluss von Uferstrukturen auf die Bestandsstärken zweier charakteristischer Rheinfischarten

Im Niederrhein sind im wesentlichen drei verschiedene Ausbauzustände der Flussufer im Hauptstrom zu unterscheiden. Einen bedeutenden Anteil an der Uferlinie haben Bühnenfelder mit unbefestigter Uferlinie und sehr variablen Tiefen-, Strömungs- und Substratverhältnissen. Sie werden von mehr oder weniger langen Bühnen, die zur Niedrigwasseregulierung in der Schifffahrtsrinne errichtet wurden, vom Hauptstrom abgegrenzt. Daneben existieren über lange Strecken geradlinige Uferbefestigungen aus Blocksteinschüttungen, vornehmlich in Flussgeraden und Prallhängen. In den Gleithängen der erhalten gebliebenen Mäanderbögen dagegen finden sich noch heute sehr breite, unverbaute Kiesbänke,

die mit extrem flachen Hangneigungen weit in den Strom hinausreichen. In einer schematisierten Darstellung der Niederrheinstrecke ist die Lage derartiger Kiesufer durch graue Balken an der Rhein-Kilometrierung gekennzeichnet (Abb. 4a-b). Die Befischungsergebnisse 1997 durchgeführter elektrofischereilicher Bestandserhebungen zeigen deutlich, dass größere Bestände der rheophilen Barbe (*B. barbatus*) ausschließlich an unverbauten Mäanderbögen oder in unmittelbarer Nähe zu diesen nachgewiesen werden können (Abb. 4a). Es ergibt sich ein longitudinaler Gradient abnehmender Bestandsstärken, der der ursprünglichen Zonierung des Rheins nach Fischregionen entspricht und der im wesentlichen durch die Lage der Kiesstrecken bestimmt wird. Die verschiedenen Größenklassen der Barbe (*B. barbatus*) wurden auf den Kiesstrecken entlang eines transversalen Gradienten räumlich deutlich voneinander getrennt gefangen. Kleinere Tiere hielten sich ufernah im mäßig strömenden Flachwasser auf, adulte Tiere im stark strömenden Tiefenwasser in großer Entfernung zum Ufer. Im Gegensatz dazu war für den eurytopen Brachsen (*A. brama*) keine Bindung an eine bestimmte Uferstruktur festzustellen (Abb. 4b). Die Art war im gesamten Niederrhein mit wechselnden Bestandsstärken nachweisbar, wobei besonders große Bestände anders als bei der Barbe auch in hart verbaute Flussabschnitten vorkamen.

Die Längenhäufigkeitsverteilung des Barben-Gesamtfanges im Niederrhein lässt einen geschlossenen Populationsaufbau erkennen, in dem alle Alters- bzw. Größenklassen vertreten sind und an dem Jungtiere der Altersgruppen 1+ bis 2+ den höchsten Anteil haben (die Altersgruppe 0+ ist methodisch bedingt unterrepräsentiert) (Abb. 5a). Der Populationsaufbau lässt somit auf ungestörte Reproduktionsbedingungen und eine gute Bestandsrekrutierung im Hauptstrom schließen. Im Gegensatz dazu zeigt die Längenhäufigkeitsverteilung des Brachsen-Gesamtfanges einen gestörten Populationsaufbau (Abb. 5b), der durch einen extrem hohen Anteil adulter Tiere gekennzeichnet ist und in dem Jungtiere deutlich unterrepräsentiert sind. Dieser Populationsaufbau lässt auf einen äußerst geringen Reproduktionserfolg im Hauptstrom schließen. Da der Brachsen jedoch eine der dominierenden Fischarten des Niederrheins ist, stellt sich die Frage, wie sich die konstant hohen Bestände dieser Art rekrutieren. Die Ergebnisse von MOLLS (1997, 1998) zeigen, dass der Brachsen (*A. brama*) in natürlichen Nebengewässern des Rheins einen enorm hohen Reproduktionserfolg hat und dass die Jungtiere eine starke Tendenz zur Abwanderung in den Hauptstrom aufweisen. Offensichtlich sind die Bestände des Brachsen im Niederrhein von einer Bestandsrekrutierung aus Nebengewässern abhängig. Erstaunlich sind die hohen Brachsen-Bestände vor dem Hintergrund der geringen Zahl natürlicher Nebengewässer am Niederrhein, wahrscheinlich weist die Art daher auch einen hohen Reproduktionserfolg in künstlichen Nebengewässern wie Häfen und Baggerseen auf.

Somit verdeutlicht die Rekrutierungsdynamik einer so ubiquitären Art wie des Brachsen die essentielle Bedeutung der Vernetzung von Hauptstrom und Nebengewässern.

4. Der Einfluss von Uferstrukturen auf Abundanz und räumliche Verteilung von Jungfischen im Niederrhein

Nachdem die Auswirkungen des bis heute anhaltenden, technischen Ausbaus zur SchiffsstraÙe auf die Zusammensetzung der Fischfauna in den Blickpunkt des Interesses gerückt sind, stellt sich insbe-

sondere die Frage, welchen Einfluss die vorhandenen Uferstrukturen auf den Reproduktionserfolg von Fischen im Hauptstrom haben. Die räumliche Verteilung von Fischbrut in großen Flüssen wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst.

Zunächst bestimmen die Lage der Laichplätze (viele "stationäre" Fischarten unternehmen potamodrome Laichwanderungen und aggregieren in Massen auf geeigneten Laichplätzen (MILLS 1991)) und das Ausmaß der Verdriftung von aufschwimmenden Larven die räumliche Verteilung (PAVLOV 1994). Im weiteren erfolgt dann eine aktive Habitatwahl der Larven und Jungfische entsprechend der aut-

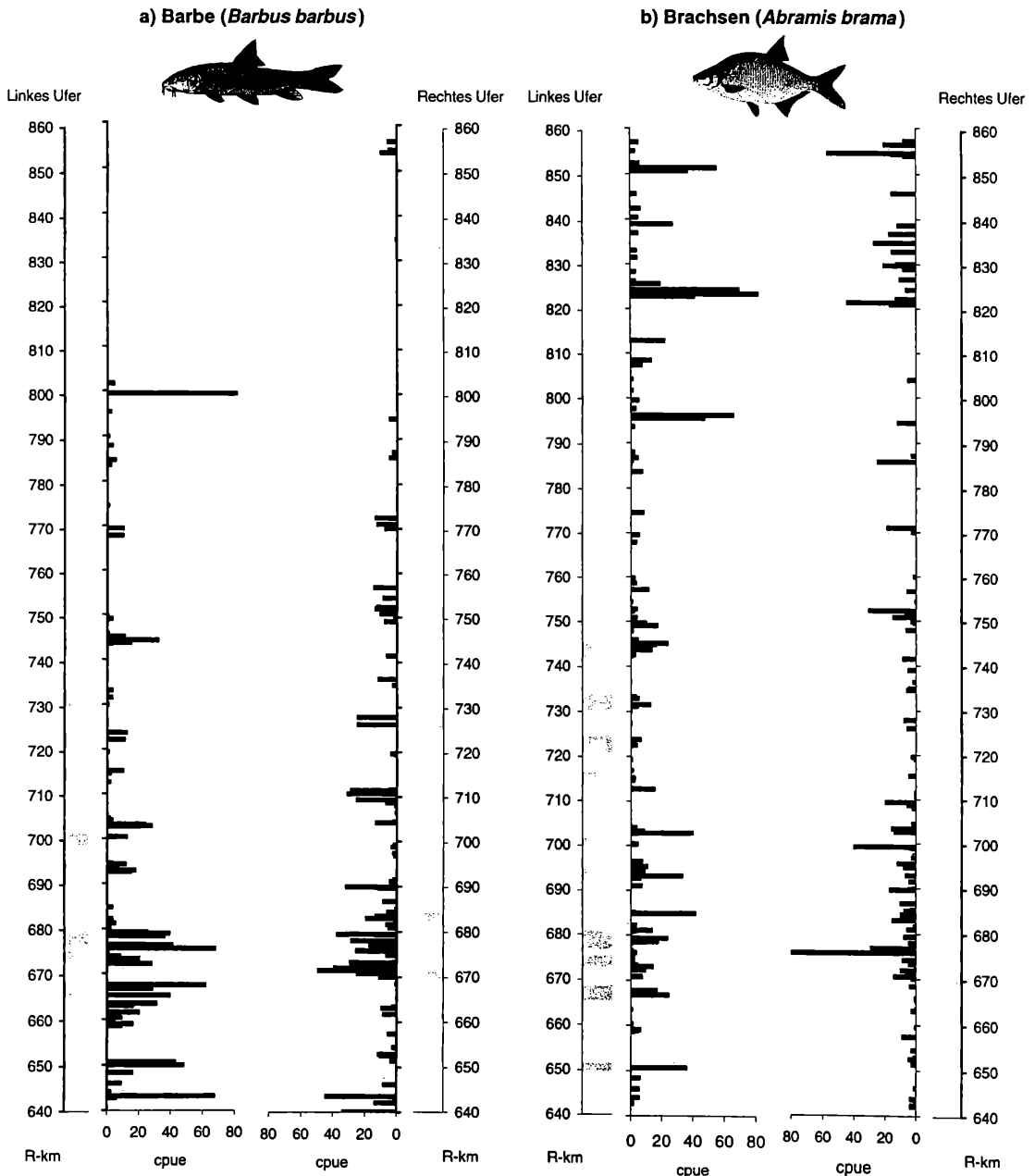


Abbildung 4

Regionale Bestandsstärken (als cpue = Ind./20 min Befischungsdauer) des Brachsen (*Abramis brama*) und der Barbe (*Barbus barbus*) im Niederrhein in Abhängigkeit von dem Vorhandensein von unverbauten Kiesufern in Mäanderbögen (die Lage der Kiesstrecken ist durch graue Säulen an der Rhein-Kilometrierung dargestellt) (nach elektrofischereilichen Bestandserhebungen 1997).

ökologischen Ansprüche. Die Untersuchung von Fischbrutvorkommen ermöglicht somit eine integrative Betrachtung der fischökologischen Funktionsfähigkeit größerer Flussabschnitte.

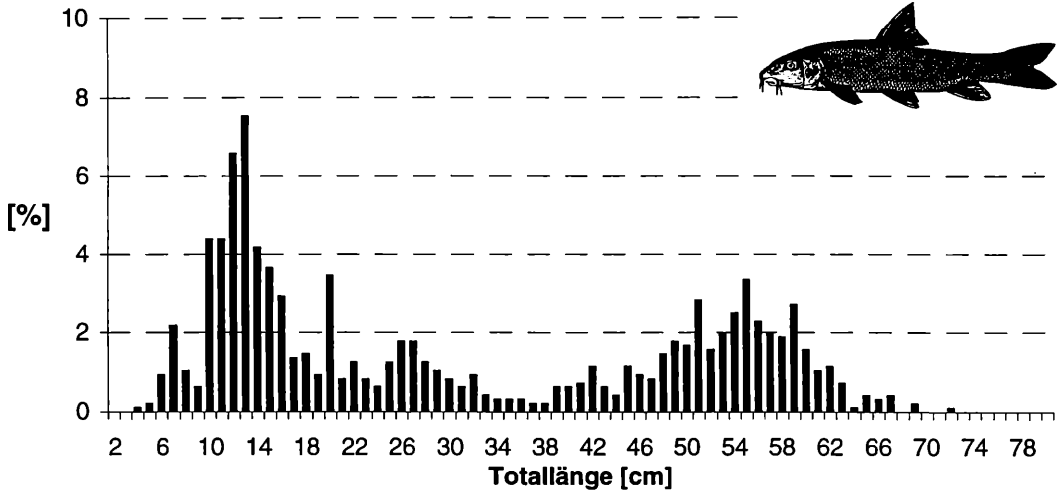
Am Niederrhein wurden erstmals 1992-94 Untersuchungen zum Jungfischauftreten durchgeführt. Die Erfassung von Fischbrutvorkommen erfolgte durch standardisierte Uferzugnetzbefischungen (Maschenweite 1mm, Länge 10m, Höhe 1,5m, mit Netzlinie), wobei begleitend zu jedem Netzhol eine genaue Habitatcharakterisierung (mit den Parametern Strömungsgeschwindigkeit, Wassertiefe, Tempera-

tur, Substrat, Vegetation, Uferlinienverlauf, Strukturtyp) aufgenommen wurde.

Im Folgenden werden Ergebnisse aus einer Untersuchungsstrecke am unteren Niederrhein (Rheinkm 820-856) einschließlich rheinangebundener Baggerseen aus dem Zeitraum Ende Juni/Anfang Juli (wenn sich stabile Artengemeinschaften mit maximalem Artenspektrum in den Uferbereichen eingestellt haben) vorgestellt. Der Einfluss der Strukturbedingungen auf das Jungfischauftreten wird durch einen Vergleich der Häufigkeiten einzelner Arten in verschiedenen, aufgrund der Uferstruktura-

a) Barbe (*Barbus barbus*) (n=1.248)

rheophile, lithophile Art



b) Brachsen (*Abramis brama*) (n=1.822)

eurytipe, phytolithophile Art

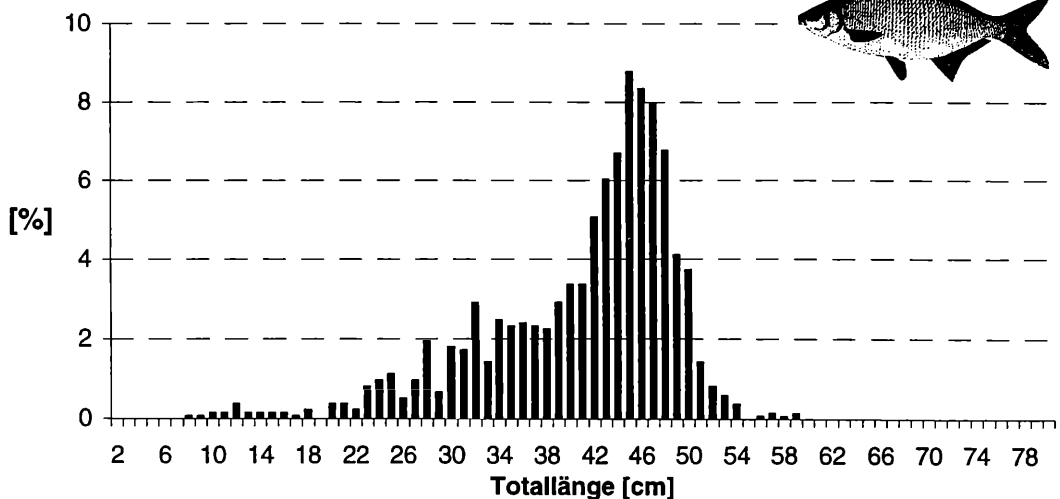


Abbildung 5

Populationsaufbau (Längenhäufigkeitsverteilung des Gesamtfanges) des Brachsen (*Abramis brama*) und der Barbe (*Barbus barbus*) im Niederrhein (nach elektrofischereilichen Bestandserhebungen 1997).

ren unterscheidbaren Habitattypen aufgezeigt. Die rheinangebundenen Baggerseen, die ausgedehnte Stillgewässer in der Flussaue darstellen, wenn auch i.d.R. mit naturferner Morphologie, werden im Hinblick auf die Fragestellung nach der Bedeutung von Nebengewässern hier in den Vergleich mit einbezogen (Abb. 6). Es zeigte sich, dass die Brut rheophiler Kieslaicher an den breiten, flach auslaufenden Kiesufern in Gleithängen jeweils in relativ hohen Individuendichten auftrat. Die Brut von Nase (*Chondrostoma nasus*) und Barbe (*Barbus barbus*) wies hier einen eindeutigen Verbreitungsschwerpunkt auf. Diese Arten wurden jedoch auch in großen Bühnenfeldern mit höheren Abundanzen nachgewiesen, wenn auch hier Kiesbänke und schwach überströmte Flachwasserbereiche ausgebildet waren.

Ein grundsätzlich ähnliches Verbreitungsmuster war auch für die Brut des rheophilen Hasel (*Leuciscus leuciscus*) festzustellen, die jedoch anders als die vorgenannten Arten auch in den rheinangebundenen Baggerseen massenhaft auftrat. Die Brut des rheophilen Aland (*Leuciscus idus*) wurde sogar fast ausschließlich in rheinangebundenen Baggerseen und deren Mündungsbereichen nachgewiesen. Da ein Abbläuen von Hasel und Aland im Litoral der Baggerseen bisher nicht beobachtet wurde und auch keine Nachweise adulter Tiere vorliegen, ist es wahrscheinlich, dass große Larven-Mengen dieser beiden Arten, die natürlicherweise von überströmten Laichplätzen im Rhein verdriftet werden, aktiv oder passiv in die ausgedehnten Stillwasserbereiche der Baggerseen einwandern und hier anders als z.B. Barben und Nasen geeignete Bedingungen für ihre weitere Entwicklung vorfinden. Ähnliches gilt auch für die Brut des Rapfens (*Aspius aspius*), die keinen eindeutigen Verbreitungsschwerpunkt aufwies, sondern in vielen der unterschiedenen Habitattypen mit vergleichbaren Abundanzen auftrat. Eurytope Arten wie Ukelei (*Alburnus alburnus*), Rotaugen (*Rutilus rutilus*), Brachsen (*Abramis brama*), Flussbarsch (*Perca fluviatilis*) und Zander (*Stizostedion lucioperca*) sowie der Gründling (*Gobio gobio*) nutzen die Baggerseen dagegen auch als Laichgewässer und ihre Brut wies hier mit Ausnahme des Ukelei die mit Abstand höchsten Individuendichten auf. Im Hauptstrom findet sich die Brut dieser Arten vornehmlich in großen Bühnenfeldern, wobei die höchsten Individuendichten immer in Bühnenfeldern mit verschiedenen Uferliniendiversifikationen nachgewiesen wurden. Die größeren Bühnenfelder mit Buchten, Kiesbänken und weitgehend vom Hauptstrom abgegrenzten Wasserflächen stellen am kanalisiertem Rhein offensichtlich wertvolle Habitate für fast alle Brutfischarten dar. Grundsätzlich wurden artenreiche Jungfischgemeinschaften mit hohen Individuendichten, meist sehr kleinräumig konzentriert, in den vor Strömung und Wellenschlag geschützten Flachwasserbereichen mit reich strukturierter Uferlinie nachgewiesen. Die Ausbildung dieser Strukturen ist stark wasserstandsabhängig

und findet grundsätzlich nur in wenigen, bestimmten Bühnenfeldern statt. Steil abfallende, strömungsexponierte Kiesufer sowie kleine und unstrukturierte große Bühnenfelder sind als Jungfischhabitat ohne Bedeutung, wie die äußerst geringen Abundanzen fast aller Arten zeigen. Das gleiche gilt für die aus methodischen Gründen nicht untersuchten Blocksteinschüttungen. Eine Inventarisierung der fischökologisch relevanten Uferstrukturen im nordrhein-westfälischen Rheinabschnitt ergab, dass als Jungfischhabitate potentiell geeignete Uferstrukturen insgesamt lediglich 48 % der Uferlinie ausmachen (Abb. 7). Hierbei entfallen ca. 12 % auf die für rheophile Kieslaicher essentiellen unverbauten Kiesstrecken und ca. 36% auf Bühnenfelder mit geeigneten Substratbedingungen, die jedoch nur zu einem sehr geringen Anteil die oben beschriebenen Uferliniendiversifikationen aufweisen. Die Verfügbarkeit und Qualität von Jungfischhabitaten ist somit wahrscheinlich ein entscheidender, limitierender Faktor für die weitere Entwicklung der Rheinischfauna.

5. Der Einfluss hydrologischer Bedingungen auf die Struktur der Jungfischgemeinschaften

In einer Untersuchungsstrecke am oberen Niederrhein (Rhein-km 674-705) wurde von 1992-1997 eine Langzeit-Untersuchung des Jungfischauftkommens mit den oben beschriebenen Methoden durchgeführt, um Art und Ausmaß der Variabilität des Reproduktionserfolges der Rheinfischfauna zu bestimmen. Eine zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse für den gesamten Untersuchungszeitraum in Form von Mittelwerten der biozönotischen Kenngrößen für die häufigsten Brutfischarten zeigt Abb. 8. In Übereinstimmung mit den Ergebnissen der elektrofischereilichen Bestandserhebungen (Abb. 5a) zeigte sich, dass Jungfische des Brachsen (*Abramis brama*) im gesamten Untersuchungszeitraum nur äußerst selten und mit geringen Abundanzen im Hauptstrom nachweisbar waren. Daneben zeigte sich, dass sowohl indifferente, phytolithophile Arten wie Rotaugen (*Rutilus rutilus*) und Ukelei (*Alburnus alburnus*) als auch rheophile Kieslaicher wie Rapfen (*Aspius aspius*), Nase (*Chondrostoma nasus*), Hasel (*Leuciscus leuciscus*) und Barbe (*Barbus barbus*) offensichtlich unabhängig von der Größe der Laichfischbestände und den gegebenen Strukturbedingungen einen sehr variablen Reproduktionserfolg aufwiesen. Die Jungfischgemeinschaft war in jedem Jahr durch eine vollständig andere Dominanzstruktur charakterisiert, wobei in einzelnen Jahren jeweils andere Arten in hohem Maße dominierten: 1993 Rotaugen (48 Prozent), 1995 Nasen (42 Prozent) und 1996 Rapfen (33 Prozent). Bemerkenswert ist hierbei das hohe reproduktive Potential der ehemals seltenen Arten Barbe, Nase und Rapfen, deren Jungfischdichten in einzelnen Jahren die der Massenfischarten übertreffen. Die Ursache für den variablen Reproduktionserfolg der Fischarten muss eine Beeinflussung der Repro-

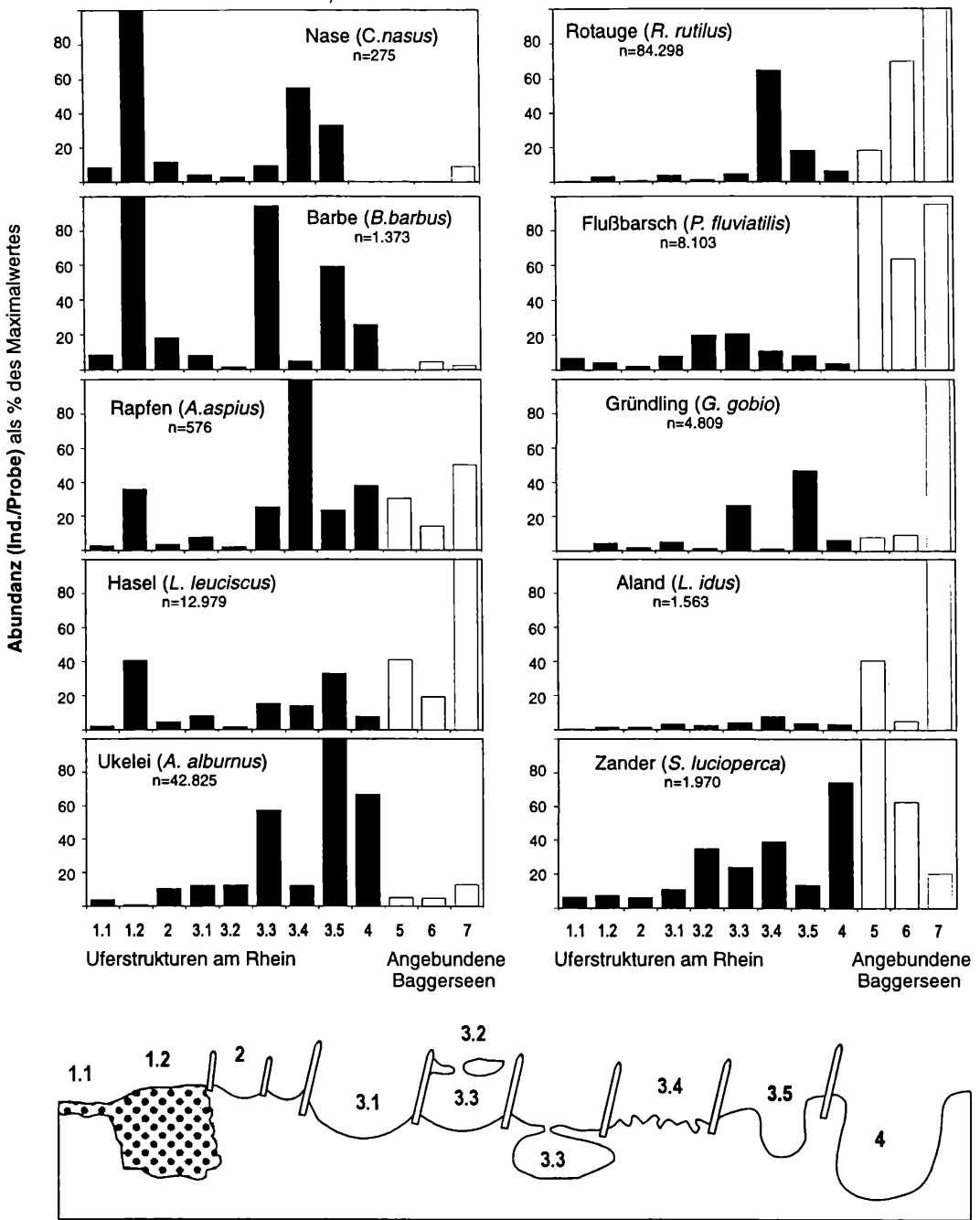


Abbildung 6

Vergleich der Jungfischdichten (Altersgruppe 0+) ausgewählter Arten an verschiedenen Uferstrukturen des Hauptstromes (dunkle Säulen) sowie in rheinangebundenen Baggerseen (helle Säulen) am unteren Niederrhein. Dargestellt ist die Mittlere Individuendichte (Ind./Probe) als Prozent des Maximalwertes einer Art auf der Grundlage von 453 Uferzugnetzbefischungen in der Zeit Juni-Juli 1992-1993; n = Anzahl ausgewerteter 0+ - Individuen.

unten:

Schematische Darstellung der unterschiedenen Uferstrukturen am Hauptstrom:

- 1.1 Kiesufer, steil abfallend und strömungsexponiert
- 1.2 Kiesufer, flach auslaufend mit breitem Strömungsgradienten
- 2 Kleine Bühnenfelder
- 3.1 Große Bühnenfelder - unstrukturiert
- 3.2 Große Bühnenfelder - mit vorgelagerten Kiesbänken
- 3.3 Große Bühnenfelder - mit weitgehend abgegrenzten Wasserflächen
- 3.4 Große Bühnenfelder - mit kleinen Buchten in der Uferlinie
- 3.5 Große Bühnenfelder - mit großer Bucht
- 4 Seitenbuchten
- 5 Mündungsbuchten von Baggersee-Verbindungskanälen
- 6 Baggersee-Verbindungskanäle
- 7 Litoral rheinangebundener Baggerseen

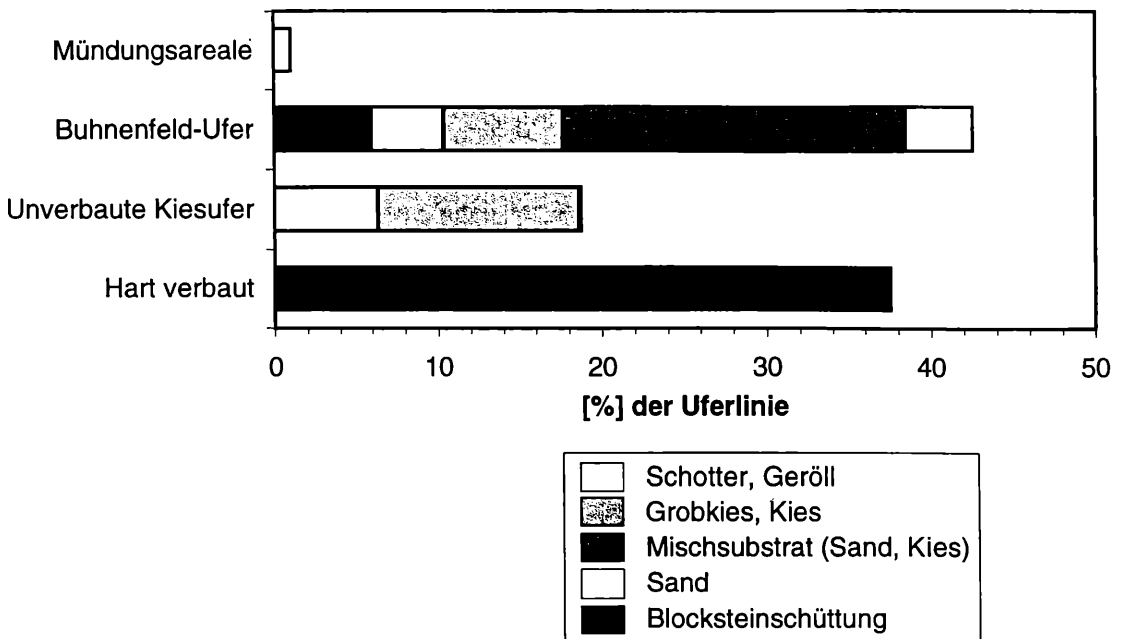


Abbildung 7

Anteil verschiedener Uferformen und Substratbedingungen an der gesamten Uferlinie im Niederrhein (Ergebnisse einer bei Niedrigwasser durchgeführten Kartierung von Struktur- und Substratbedingungen im Bereich der Mittelwasserlinie).

duktionsbedingungen durch das jährlich variierende Abflussregime des Rheins (Abb. 9 oben) angesehen werden. Die Beeinflussung der Rekrutierung von Flussfischbeständen durch hydrologische Bedingungen und die produktionssteigernde Wirkung von Frühjahrshochwässern sind grundsätzlich gut bekannt (z.B. ROUX & COPP 1996).

Am Niederrhein lassen sich folgende Auswirkungen des Abflussregimes und der damit korrelierten Wasserstände auf die Reproduktionsbedingungen unmittelbar am Hauptstrom beschreiben (Abb. 9): Im Frühjahr führen erhöhte Pegelstände überall da, wo es die Uferbefestigung zulässt, d.h. in Bühnenfeldern und an unverbauten Kiesufern, zur Überflutung weiter Uferbereiche und erhöhen somit die Verfügbarkeit geeigneter Laichplätze. Lithophile Arten profitieren davon aufgrund der Überflutung weiter Kiesbänke in den Mäanderbögen ebenso wie die relativ indifferenten, phytolithophilen Arten aufgrund der Überflutung vegetationsbestandener Ufersäume. Gleichzeitig entstehen durch die Aufweitung des Stromes relativ strömungsarme Randbereiche in kleineren und größeren Uferbuchten, die geeignete Erstaufenthaltssorte für die verdriftungsanfälligen, frühen Larvenstadien darstellen. In der Hauptrinne des Stromes ist dagegen die Strömungsgeschwindigkeit in Folge des erhöhten Abflusses erhöht. Bei niedrigen Pegelständen ist der Strom in sein befestigtes Bett gezwängt. Potentielle Laichgebiete mit Pflanzenbewuchs fehlen vollständig und die Verfügbarkeit mäßig und flach überströmter Kiesflächen ist stark reduziert. Gleichzeitig ist auch die kleinräumige Strukturdiversität der Uferlinie reduziert, strömungsarme Randbereiche als not-

wendige Erstaufenthaltssorte für frühe Larvenstadien fehlen. Die Folge ist ein erhöhter Verlust an Larven durch Abdrift. An Uferabschnitten, die mit Blocksteinschüttungen hart verbaut sind, haben Wasserstandsschwankungen keine oder nur sehr geringe Auswirkungen auf die Habitatstrukturen. Die Auswirkungen von Wasserstandsschwankungen auf die strukturellen Reproduktionsbedingungen für Fische sind daher abhängig von der Breite und Hangneigung der Uferbänke zwischen Mittelwasserlinie und Hochwasserdeich. Die große Variabilität des Reproduktionserfolges von Fischarten verschiedener reproduktiver Gilden (sensu BALON 1975) im Niederrhein kann als eine Folge des Verlustes von Auenflächen und naturnahen Uferzonen angesehen werden. Die negativen Auswirkungen bestimmter Abflusssituationen werden nicht durch breite Uferbänke und weitflächige Auengebiete, welche die Ausbildung und Funktionsfähigkeit essentieller Habitatstrukturen über einen weiten Bereich der auftretenden Wasserstandssituationen gewährleisten würden, abgepuffert.

6. Schlussbetrachtung und Notwendigkeit strukturverbessernder Maßnahmen am Niederrhein

Im Hinblick auf eine möglichst weitgehende Kompensation der negativen Auswirkungen des Niederrheinausbaus sind strukturverbessernde Maßnahmen zu fordern, die vornehmlich auf eine Verbesserung der Reproduktionsbedingungen für Fische abzielen sollten. Da die Gewährleistung einer ungehinderten Schifffahrt und der Hochwasserschutz

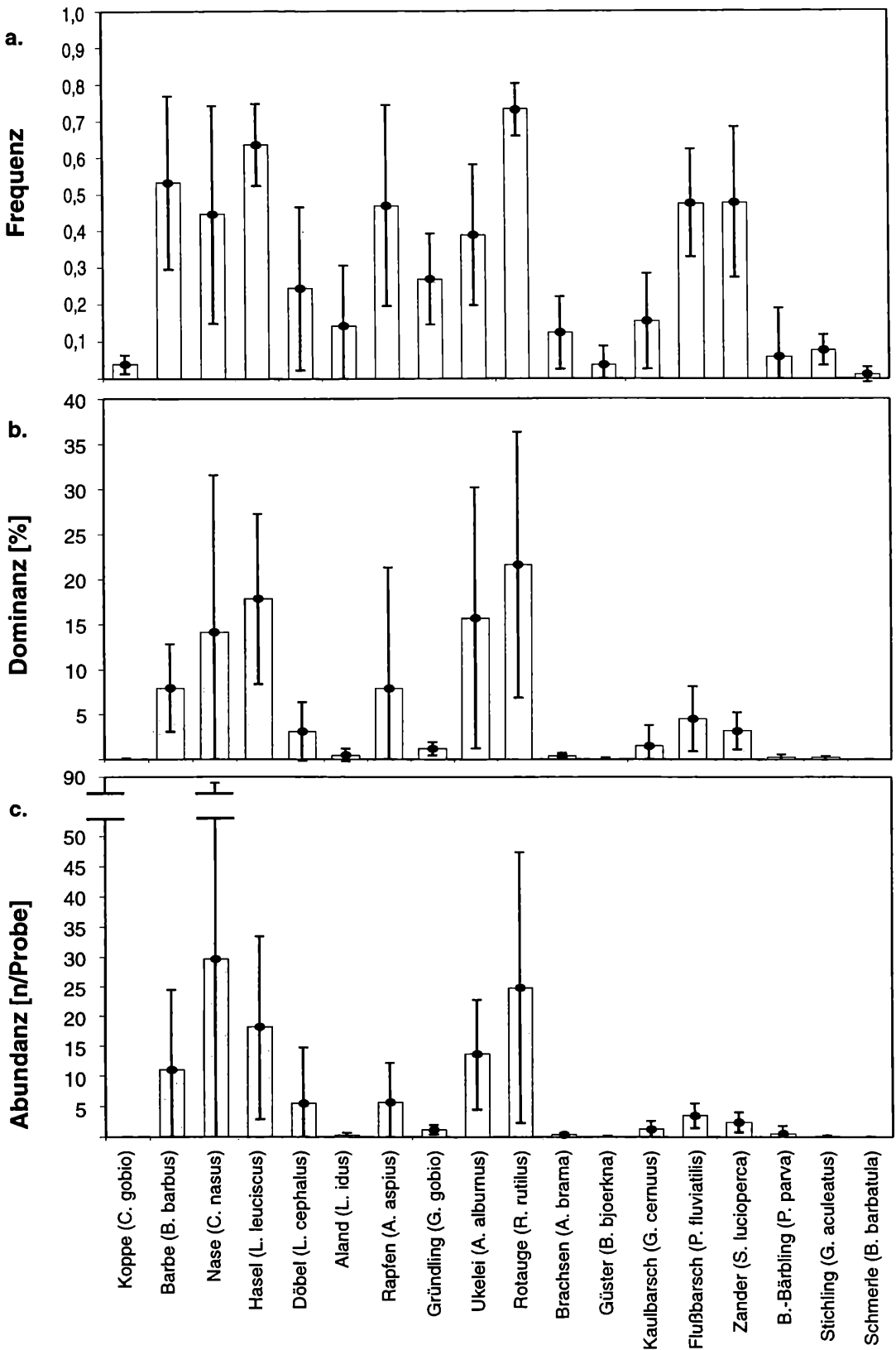


Abbildung 8

Struktur der Jungfischzönose (Altersgruppe 0+) als Mittelwert (95%-Konfidenzintervalle) für den Untersuchungszeitraum 1992-1997 im oberen Niederrhein bei Köln (Rhein-km 674-705; Zeitraum Juni/Juli).

a: Frequenz = Anteil der Proben, in denen die Art enthalten ist

b: Dominanz (%)

c: Mittlere Abundanz (cpue = Ind./Probe)

(Grundlage sind die Ergebnisse von Uferzugnetzbefischungen, die jährlich zum gleichen Zeitpunkt an jeweils 45 festgelegten Untersuchungsstellen durchgeführt wurden; nicht berücksichtigt sind seltene, nur in einzelnen Jahren nachgewiesene Arten).

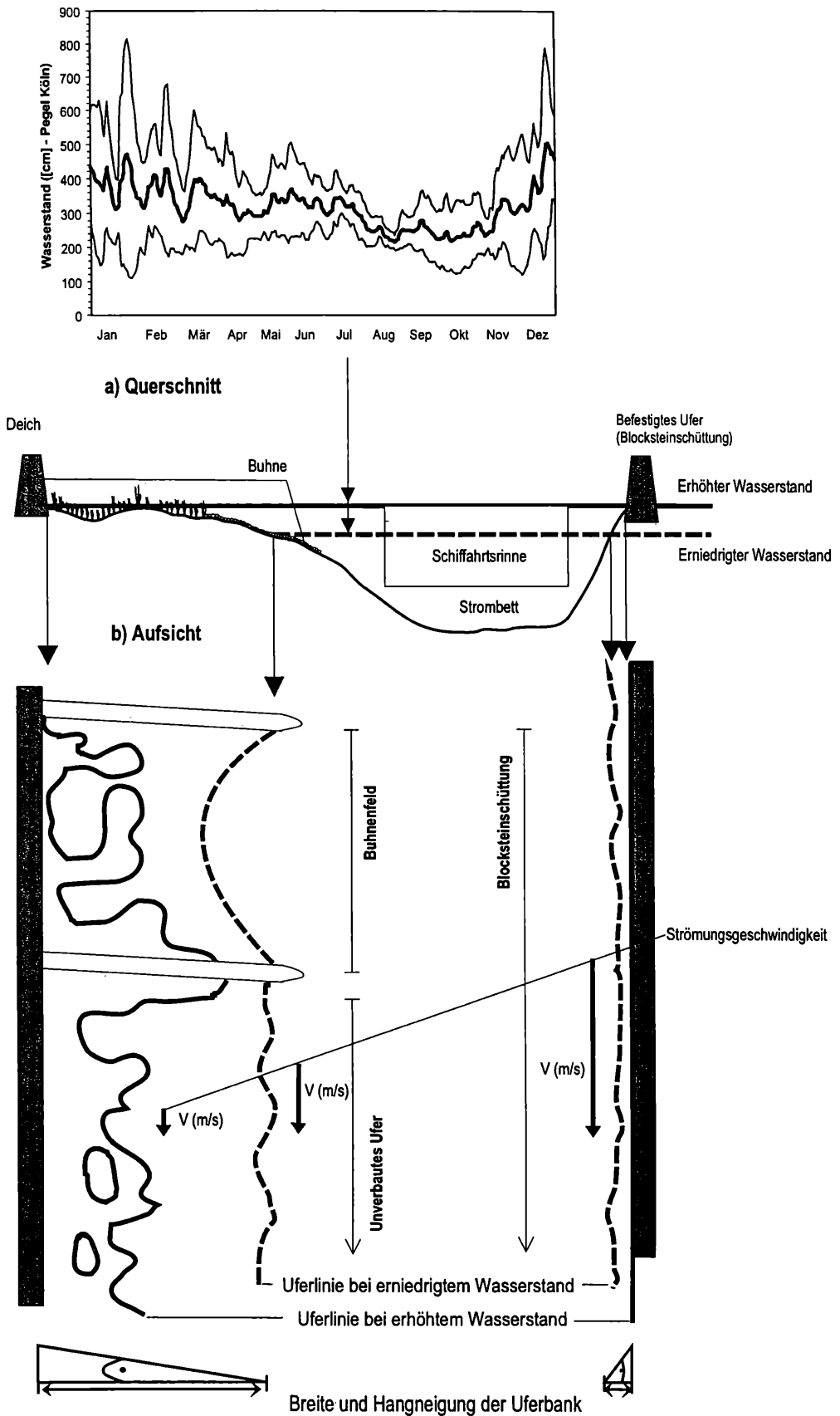


Abbildung 9

Oben: Pegelganglinie des Rheins am Pegel Köln - Mittelwert und 95%-Konfidenzintervalle für den Untersuchungszeitraum 1992-97 verdeutlichen das typische Abflussregime und die jährliche Variabilität der hydrologischen Bedingungen. Abgesehen von den Wintermonaten weisen die hydrologischen Bedingungen insbesondere im Frühjahr während der Reproduktionsperioden der Rheinfische eine besonders große Variabilität auf.

Unten: Schematische Darstellung der Auswirkungen von Wasserstandsschwankungen im Niederrhein auf die Reproduktionsbedingungen für Fische (Erläuterungen siehe Text).

am Rhein absolute Priorität haben, besteht nur ein sehr enger Spielraum für die Umsetzung ökologisch begründeter Maßnahmen. Strukturverbessernde Maßnahmen zur Schaffung produktiver Jungfischhabitate im Hauptstrom lassen sich jedoch häufig ohne Beeinträchtigung schiffahrtstechnischer Belange realisieren. Idealerweise werden Reproduktionszonen so gestaltet, dass ihre Funktionsfähigkeit über einen weiten Bereich der natürlicherweise auftretenden Wasserstandsschwankungen gewährleistet bleibt. Für eine Umgestaltung bereits existierender Bühnenfelder zur Schaffung struktureicher Uferzonen wurden bereits konkrete Vorschläge gemacht (STAAS 1997). Zu beachten ist jedoch auch, dass die longitudinale Anordnung verschiedener Uferstrukturen und Habitattypen von Bedeutung ist, Bühnenfelder können für rheophile Arten nur dann als Jungfischhabitate fungieren, wenn sie stromab von als Laichgebieten fungierenden Kiesstrecken liegen. Die unverbauten Flussabschnitte mit naturnahen Kiesstrecken sind daher unbedingt zu erhalten. Darüber hinaus bieten wasserbautechnische Maßnahmen, die im nordrhein-westfälischen Rheinabschnitt bisher kaum Verwendung finden (wie z.B. die Errichtung von Hakenbuhnen, Längsbuhnen, Parallelwerken und Seitengerinnen) vielversprechende Möglichkeiten zur Schaffung struktureicher und vor den Einflüssen der Schifffahrt geschützter Jungfischhabitate. Das weitgehende Fehlen der Brut von obligat krautlaichenden Arten wie z.B. Hecht, Schleie, Karpfen und Rotfeder im Niederrhein ist auf das Fehlen vegetationsreicher Laichgebiete am Rande des Stroms, auf Überschwemmungsflächen oder in Nebengewässern zurückzuführen. Hieraus resultiert ein Artendefizit, das für das Potamal eines großen Stromes als untypisch angesehen werden muss. Ein dringendes Kernproblem am Niederrhein ist daher die Wiederherstellung der lateralen Vernetzung des Stromes mit Auengewässern und Innundationsgebieten, sei es durch eine Verbesserung der Anbindungsverhältnisse existierender Altarme, durch die Schaffung neuer Überschwemmungsflächen oder durch die Anbindung bisher isolierter Nebengewässer. Für eine Umgestaltung und gezielte Renaturierung von rheinangebundenen Baggerseen zu altarm-ähnlichen Gewässern mit Reproduktionsmöglichkeiten für phytophile Arten wurden bereits konkrete ökotechnische Konzepte erarbeitet (SPÄH 1993).

Die besondere Bedeutung der lateralen Vernetzung von Strom und Nebengewässern wird jedoch auch aus der Tatsache ersichtlich, dass selbst eine so ubiquitäre Art wie der Brachsen für den Erhalt ihrer Bestände im Rhein auf hochproduktive Reproduktionsgebiete in Nebengewässern angewiesen ist. Rheinangebundene Baggerseen erwiesen sich für viele Fischarten als wichtige Reproduktionszonen mit enorm hohen Jungfischdichten. Aufgrund der jederzeit möglichen Abwanderung von Jungfischen kann die hohe Produktivität dieser Seen daher einen erheblichen Beitrag zur Rekrutierung der Rhein-fischbestände leisten. Die rheinangebundenen Bag-

gerseen sollten als hochproduktive Reproduktionsstätten in einer an natürlichen Auengewässern armen Landschaft möglichst erhalten werden.

7. Zusammenfassung

Die Untersuchungsergebnisse belegen eine Rehabilitation der Fischartengemeinschaft im Niederrhein, die im wesentlichen auf die Verbesserung der Wasserqualität zurückgeführt werden muss. Insbesondere die ökologisch anspruchsvolleren Arten aus der Gruppe rheophiler Kieslaicher, deren Bestände in der Vergangenheit weitgehend ausgelöscht oder dramatisch zurückgegangen waren, finden im Rhein wieder gute Reproduktionsmöglichkeiten vor. So haben sich inzwischen so starke Barben-Bestände etabliert, dass diese noch vor 10 Jahren seltene Art wieder streckenweise die Fischartengemeinschaft dominiert. Auch die Nase weist ein so hohes Reproduktionspotential auf, dass sie in günstigen Jahren die häufigste Brutfischart im Strom ist. Diese Entwicklung ist aber eindeutig an das Vorhandensein längerer, unverbauter Flussabschnitte mit naturnahen Kiesstrecken vor breiten Uferbänken gebunden, wie sowohl die Verbreitung der Laichfische als auch die räumliche Verteilung von Larven und Jungfischen zeigt. Diese Uferabschnitte sind daher unbedingt zu erhalten. Generell ist das Jungfischaufkommen im Strom, auch bei eurytopen Arten, abhängig von der wasserstandsbeeinflussten Verfügbarkeit geeigneter Jungfischhabitate. Die große Variabilität in der Zusammensetzung der Jungfischgemeinschaft ist in erster Linie auf die natürliche Dynamik der Wasserstandsschwankungen zurückzuführen. Es wurde gezeigt, dass für das Jungfischaufkommen als wertvoll einzustufende Uferstrukturen nur einen geringen Anteil an der Uferlinie haben und zudem nur in einem engen Bereich der natürlicherweise auftretenden Wasserstandsschwankungen ausgebildet sind. Die Realisierung strukturverbessernder Maßnahmen zur Förderung des Jungfischaufkommens im Hauptstrom sowie Maßnahmen zur Vernetzung von Hauptstrom und Nebengewässern sind dringend erforderlich, um eine Entwicklung der Fischartengemeinschaft des Niederrheins in Richtung des natürlichen Leitbildes zu fördern.

Summary

Results from recent ichthyological surveys in the Lower Rhine River, both with regard to adult fish stock composition and to 0+ fish assemblages, reveal a rehabilitation of the river's fish fauna because of increasing species richness and increasing stock densities of formerly rare species. This has mainly be attributed to the improvement of water quality during the last two decades. Especially rheophilic gravel-spawning species with specific autecological requirements during the reproductive exhibited a high reproductive potential in the epipotamon of the Lower Rhine River. During the last decade strong

barbel-stocks (*Barbus barbus*) have developed, so that this formerly extremely rare species is recently dominating the fish community in distinct river stretches. Although the nase (*Chondrostoma nasus*) is up to now occurring with only low stock densities, an enormous reproductive potential has been observed making 0+ nase the most abundant fry species in some years. This development is depending on the existence of almost natural river stretches with broad and gentle sloped gravelbanks in the inner curves of meanders not affected by hydraulic engineering measures. This has been demonstrated by the spatial distribution of adult spawners and also by the distribution and abundance of larval and juvenile 0+ fish. Therefore, these river stretches have to be protected. The 0+ fish recruitment in the main channel is depending on the hydrologically influenced availability of suitable nursery grounds for both, eurytopic and rheophilic species. A strong interannual variability in the assemblage structure and abundance of 0+ fishes is predominantly caused by naturally occurring water-level fluctuations. It has been shown, that inshore structures representing suitable nursery habitats are forming only a small proportion of the shoreline of the complete watercourse in the Lower Rhine River. Additionally, these inshore structures develop only within a small range of the occurring water-level-fluctuations. Therefore, several measures to improve inshore structuring are required with regard to the enhancement of 0+ fish recruitment in the main channel of the Lower Rhine. Additionally, lateral connections between main channel and inundation areas or lentic sidewaters have to be created to improve habitat conditions for stagnophilous and phytophilous species.

Danksagung

Die Untersuchungen wurden im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft NRW durchgeführt und mit Mitteln der Fischereiabgabe, die vom Fischereibeirat des Landes Nordrhein-Westfalen bereitgestellt wurden, finanziert. An der Finanzierung der Folgeuntersuchungen beteiligte sich auch die Rheinfischereigenossenschaft, Bonn.

8. Literatur

- BALON, E. K. (1975):
Reproductive guilds of fishes: a proposal and definition.-
J. Fish. Res. Board Can. 32: 821-864.
- BORNE, M. von dem (1882):
Die Fischereiverhältnisse des Deutschen Reiches, Österreich-Ungarns, der Schweiz und Luxemburgs.- Hofbuchdruckerei W. Moeser, Berlin, 304 S.
- BÜRGER, F. (1926):
Die Fischereiverhältnisse im Rhein im Bereich der preußischen Rheinprovinz.- Zeitschr. f. Fischerei 24: 217-399.
- De GROOT, S. J. (1989):
The former allis and twaite shad fisheries of the lower Rhine, The Netherlands.- Int. Coun. Explor. Sea, C.M. 1989/M: 19, 12 pp.
- FRIEDRICH, G. (1989):
The River Rhine.- in: Lampert, W.; Rothhaupt, K.-O. (Ed.): Limnology in the Federal Republic of Germany; for the 24.th Congress of the International Association of Theoretical and Applied Limnology, August 13-19, 1989, München (Plön 1989), 18-24.
- FRIEDRICH, G. & D. MÜLLER (1984):
Rhine.- in: Whitton, B. A. (Ed.): Ecology of European rivers.- Blackwell Scientific Publications, Oxford [u.a.], 265-315.
- IKSR (Hrsg.) (1997):
Bestandsaufnahme der Rheinfischfauna 1995 (im Rahmen des Programmes "Lachs 2000").- Internationale Kommission zum Schutz des Rheines, Technisch-wissenschaftliches Sekretariat, Koblenz.
- LA VALETTE, Freih. v. (1901):
Über die Wanderfische des Rheins.- Fischereizeitung (Neudamm) 4: 534-536.
- LWA (1993):
Rheingütebericht NRW '92.- Landesamt für Wasser und Abfall NRW, Düsseldorf.
- LELEK, A. & G. BUHSE (1992):
Fische des Rheins.- Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 214 S.
- LELEK, A. & Ch. KÖHLER (1989a):
Zustandsanalyse der Fischartengemeinschaften im Rhein (1987-1988).- Fischökologie 1: 47-64.
- (1989b):
Zustandsanalyse und Prognosen zur Rheinfischfauna.- Studie für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn, Teil 1 (150 S.) u. Teil 2 (251 S.) (unveröff.).
- MICHLING, G. (1988):
Fischereibiologische Untersuchungen am Rhein in den Grenzen von Nordrhein-Westfalen 1986/1987.- Gutachten im Auftrag der Rheinfischereigenossenschaft, Bonn, 56 S. (unveröff.).
- MILLS, C. A. (1991):
Reproduction and early life history.- in: WINFIELD, E. J.; NELSON, J. S. (Eds.): Cyprinid fishes: systematics, biology and exploitation.- Chapman & Hall, London, 483-508.
- MOLLS, F. (1997):
Populationsbiologie der Fischarten einer niederrheinischen Auenlandschaft - Reproduktionserfolge, Lebenszyklen, Kurzstanzwanderungen.- Dissertation, Universität Köln, 185 S.
- (1998):
Die fischökologische Bedeutung der verbliebenen Altrheinarme des Niederrheins.- LÖBF-Mitteil. 2/1998: 26-30.
- PAVLOV, D. S. (1994):
The downstream migration of young fishes in rivers: mechanisms and distribution.- Folia Zool. 43 (3): 193-208.

- ROUX, A. L. & G. H. COPP (1996):
Fish populations in rivers.- in: Petts, G. E.; Amoros, C. (Ed.): Fluvial hydrosystems.- Chapman & Hall, London, 167-183.
- SCHIEMER, F. (1988) :
Gefährdete Cypriniden - Indikatoren für die ökologische Intaktheit von Flusssystemen.- Natur und Landschaft 63 (9): 370-373.
- SCHIEMER, F.; H. SPINDLER, A. WINTERSBERGER, A. SCHNEIDER & A. CHOVANEC (1991):
Fish fry associations: Important indicators for the ecological status of large rivers.- Verh. Internat. Verein. Limnol. 24: 2497-2500.
- SCHIEMER, F. & H. WAIDBACHER (1992):
Strategies for conservation of a Danubian fish fauna.- in: Boon, P. J.; Calow, P.; Petts, G. E. (Eds.): River conservation and management.- John Wiley & Sons, Chichester u.a., 363-382.
- SPÄH, H. (1993):
Vorschläge zur Verbesserung der Reproduktionsbedingungen für Fische in ausgewählten Nebengewässern des Niederrheins (Strom-Km 733-845).- Studie im Auftrag der Rheinfischereigenossenschaft, Bonn (unveröff.).
- SRU (RAT VON SACHVERSTÄNDIGEN FÜR UMWELTFRAGEN) (1976):
Umweltprobleme des Rheins.- Verlag Kohlhammer, Stuttgart, 258 pp.
- STAAS, St. (1997):
Das Jungfischauftreten im Niederrhein und in angrenzenden Nebengewässern unter Berücksichtigung der Uferstrukturen am Strom.- (Hrsg.): Landesanst. f. Ökol., Bodenordg. u. Forsten/Landesamt für Agrarordg. NRW, LÖBF-Schriften. Bd. 12, 114 S.
- STAAS, ST. & D. NEUMANN (1998):
Jungfisch-Artengemeinschaften als Bioindikator für die ökologische Qualität des nordrhein-westfälischen Reinabschnitts.- Studie für das Ministerium für Umwelt, Raumordnung u. Landwirtschaft (unveröff. Zwischenber.).
- TITTIZER, T. & F. KREBS (Hrsg.) (1996):
Ökosystemforschung: Der Rhein und seine Auen - eine Bilanz.- Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 468 S.
- URK, G. van & H. SMIT (1989):
The Lower Rhine: Geomorphical changes.- in PETTS, G. E., H. MÖLLER, A. L. ROUX (Eds.): Historical change of large alluvial rivers.- Chichester, New York, Brisbane (John Wiley & Sons), 167-182.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Stefan Staas
Zoologisches Institut der
Universität zu Köln
D-50923 Köln

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1999

Band/Volume: [4_1999](#)

Autor(en)/Author(s): Staas Stefan

Artikel/Article: [Die ökologische Qualität großer Ströme - die Bedeutung struktureller Aspekte für die Fischfauna am Beispiel des \(Nieder-\)Rheins 83-98](#)