



Untersuchungen zur Fischfauna des Dortmund-Ems-Kanals

Artenvielfalt – Wachstum – Reproduktion

Olaf Niepagenkemper

Band 4

Herausgeber: Landesfischereiverband Westfalen und Lippe e.V.
Von-Vincke-Str. 4
48143 Münster

Bearbeitung: Olaf Niepagenkemper

Fotos: Olaf Niepagenkemper

Titelgestaltung: Olaf Niepagenkemper

Druck: Bitter & Loose GmbH, Greven

Vertrieb: Landesfischereiverband Westfalen und Lippe e.V.
Von-Vincke-Str. 4
48143 Münster
E-Mail: info@lfv-westfalen.de
Homepage: www.lfv-westfalen.de

© 2004 Landesfischereiverband Westfalen und Lippe e.V.

ISBN 3-00-013103-5

Alle Rechte vorbehalten.

Nachdruck nur mit Genehmigung des Landesfischereiverbandes
Westfalen und Lippe e.V.

Printed in Germany

Die vorliegende Arbeit wurde aus Mitteln der Fischereiabgabe gefördert.

Zoologie

**Untersuchungen zur Fischfauna
des Dortmund-Ems-Kanals**

Artenvielfalt – Wachstum – Reproduktion

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades
der Naturwissenschaften im Fachbereich Biologie
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

Vorgelegt von

Olaf Niepagenkemper
aus Münster

2003

Dekan: Prof. Dr. A. Steinbüchel
Erste Gutachterin: Prof. Dr. E.I. Meyer
Zweiter Gutachter: Prof. Dr. H. Mattes

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
2	Der Dortmund-Ems-Kanal	9
2.1	Die Problematik der Entwicklung der Schiffsgrößen auf dem Dortmund-Ems-Kanal	10
2.2	Das Untersuchungsgebiet	12
2.3	Die Auswahl der Probestrecken	14
2.4	Der derzeitig bekannte Fischbestand des DEK	14
2.5	Besatz und Fangstatistik	16
3	Material und Methoden	18
3.1	Bestandserfassung der Fischfauna	18
3.1.1	Elektrofischerei	18
3.1.2	Kombinierter Fang mit mehreren Stellnetzen und einem Zugnetz	19
3.2	Bearbeitung der Adultfänge	20
3.2.1	Auswertung der Adultfänge	20
3.2.2	Untersuchungen zum Befall der Aale mit dem Schwimmblasenwurm <i>Anguillicola crassus</i> (KUWAHARA, NIIMI & HAGAKI, 1974)	23
3.3	Untersuchung der Jungfischfauna im ersten Wachstumsjahr	24
3.3.1	Bearbeitung der Jungfischfänge	25
3.3.2	Experimentelle Untersuchungen mit dem Fischlaich ausgesuchter Fischarten zur Dokumentation der Reproduktionsfähigkeit unter dem Einfluss der Schifffahrt	25
3.3.2.1	Die Laichgewinnung	25
3.3.2.2	Versuche mit Fischlaich in Transportbehältern zur Ermittlung von Folgeschäden auf die Eientwicklung	26
3.3.3	Die Laichunterlagen	27
3.3.4	Der Feldversuch im Dortmund-Ems-Kanal	27
3.3.5	Freiluft-Laborversuche in der Wellensimulationsanlage und in der Fließrinne in der Bundesforschungsanstalt für Wasserbau in Karlsruhe	28
3.3.5.1	Versuche in der Wellensimulationsanlage	28
3.3.5.2	Versuche in der Fließrinne	29
3.3.5.3	Laborversuch zum Einfluss von Wellenschlag auf Eier und Dottersacklarven	30
3.4	Ausbringen von künstlichen Laichnestern für den Flussbarsch	31
4	Ergebnisse	32
4.1	Physikalische Parameter	32
4.1.1	Wassertemperatur	32
4.1.2	Elektrische Leitfähigkeit	32
4.1.3	Vertikale Verteilung des Sauerstoffs	33
4.2	Fangergebnisse und Zusammensetzung der Adultfische	34

4.2.1	Ökoethologische Typisierung der nachgewiesenen adulten Fische hinsichtlich ihrer Präferenz von Strömung und Laichsubstrat	37
4.2.2	Längen-Häufigkeits-Verteilung von ausgewählten Fischarten	38
4.2.3	Längen-Gewichts-Beziehungen	42
4.2.3.1	Längen-Gewichts-Beziehungen beim Flussbarsch (<i>Perca fluviatilis</i>)	42
4.2.3.2	Längen-Gewichts-Beziehungen beim Rotauge (<i>Rutilus rutilus</i>)	43
4.2.3.3	Längen-Gewichts-Beziehungen beim Aal (<i>Anguilla anguilla</i>)	44
4.2.3.4	Längen-Gewichts-Beziehungen beim Kaulbarsch (<i>Gymnocephalus cernuus</i>)	45
4.2.3.5	Längen-Gewichts-Beziehungen beim Ukelei (<i>Alburnus alburnus</i>)	46
4.3	Vergleich der Alter-Wachstums-Beziehungen von ausgesuchten Fischarten	47
4.3.1	Flussbarsch (<i>Perca fluviatilis</i> L.)	47
4.3.2	Rotauge (<i>Rutilus rutilus</i> L.)	48
4.3.3	Kaulbarsch (<i>Gymnocephalus cernuus</i> L.)	49
4.3.4	Ukelei (<i>Alburnus alburnus</i> L.)	50
4.4	Nahrungsanalyse	51
4.4.1	Flussbarsch (<i>Perca fluviatilis</i> L.)	51
4.4.2	Rotauge (<i>Rutilus rutilus</i> L.)	53
4.4.3	Kaulbarsch (<i>Gymnocephalus cernuus</i> L.)	53
4.4.4	Ukelei (<i>Alburnus alburnus</i> L.)	56
4.4.5	Aal (<i>Anguilla anguilla</i> L.)	57
4.5	Untersuchungen zum Befall der Aale mit dem Schwimmblasenparasiten <i>Anguillicola crassus</i> (KUWAHARA, NIIMI & HAGAKI, 1974)	58
5	Untersuchungen zu den Jungfischen im ersten Wachstumsjahr	59
5.1	Abundanzen der Jungfische	60
5.2	Vergleich des Längenwachstums von Jungfischen ausgewählter Fischarten	64
5.3	Vergleich der Gewichtszunahme bei Jungfischen ausgewählter Fischarten	66
6	Freiland- und Laborversuche zur Haftung von Fischeiern auf künstlichen Laichunterlagen	68
6.1	Der Transportversuch mit Barschlaich	68
6.2	Der Transportversuch mit Rotaugeneiern	68
6.3	Freilandversuche zur Haftung der Eier von Flussbarsch, Rotauge, Karpfen und Brasse auf künstlichen Laichsubstraten unter Einfluss von Strömung und Wellenschlag der Schifffahrt	68
6.4	Laborversuche zur Haftung von Fischeiern auf künstlichen Laichsubstraten in der Wellenanlage und der Fließrinne	74
6.4.1	Die Haftung von Brasseneiern auf einer künstlichen Laichunterlage in der Wellenanlage	74
6.4.2	Die Haftung von Brasseneiern auf einer künstlichen Laichunterlage in der Fließrinne	75
6.4.3	Die Haftung von Rotaugeneiern auf einer künstlichen Laichunterlage in der Fließrinne	76

6.4.4	Die Haftung von Laichschnüren des Flussbarsches auf einer künstlichen Laichunterlage in der Fließrinne	76
6.5	Laborversuch zu Mortalitätsraten von abgelösten Fischeiern und frisch geschlüpften Dottersacklarven von Flussbarsch und Brasse unter dem Einfluss des Wellenschlags	77
7	Diskussion	79
7.1	Die Bedeutung physikalischer Parameter für die Fische des DEK	79
7.2	Das Fischartenspektrum des Dortmund-Ems-Kanals im Bereich von Münster-Hiltrup	79
7.3	Die Bestandssituation der einzelnen Fischarten in der Alten Fahrt und der Fahrt	82
7.3.1	Rotauge (<i>Rutilus rutilus</i> L.)	82
7.3.2	Flussbarsch (<i>Perca fluviatilis</i> L.)	85
7.3.3	Aal (<i>Anguilla anguilla</i> L.)	89
7.3.4	Kaulbarsch (<i>Gymnocephalus cernuus</i> L.)	92
7.3.5	Ukelei (<i>Alburnus alburnus</i> L.)	93
7.3.6	Brasse (<i>Abramis brama</i> L.)	95
7.3.7	Rotfeder (<i>Scardinius erythrophthalmus</i> L.)	96
7.3.8	Schleie (<i>Tinca tinca</i> L.)	96
7.3.9	Zander (<i>Stizostedion lucioperca</i> L.)	97
7.3.10	Karpfen (<i>Cyprinus carpio</i> L.)	98
7.3.11	Rapfen (<i>Aspius aspius</i> L.)	98
7.3.12	Bachforelle (<i>Salmo trutta</i> L.)	99
7.4	Auswirkungen der Schifffahrt und der Kanalverbreiterung auf die Fischzönose im DEK und die möglichen Ursachen für die geringe Artenvielfalt	100
7.5	Die morphologischen Verhältnisse im DEK und die Auswirkungen auf die Entwicklung der Fischfauna	102
7.6	Maßnahmen für eine positive Bestandsentwicklung der Fischfauna im DEK	102
8	Zusammenfassung	104
9	Literatur	107

I Einleitung

Der Dortmund-Ems-Kanal ist ein künstlich geschaffener Binnenschifffahrtskanal, der seit 1898 auf einer Länge von 266 km das Ruhrgebiet mit dem Seehafen Emden verbindet. Der südliche Abschnitt des Kanals (lat. *canalis*, „Wasserröhre“) ist eine der verkehrsreichsten Wasserstraßen in Deutschland und verbindet seit der Fertigstellung des Mittellandkanals die Rheinhäfen, die deutschen Nordseehäfen und den Großraum Berlin. Der Dortmund-Ems-Kanal (DEK) ist damit ein wichtiges Bindeglied im transeuropäischen Verkehrsnetz. Neben der Schifffahrt hat das Gewässer eine große Bedeutung für die Trinkwassergewinnung, Be- und Entwässerung und als Betriebswasser von Kraftwerken (KLEINEBENNE 1999).

Durch das weite Netz der künstlichen Wasserstraßen bekommen zuvor getrennte Flusssysteme Kontakt miteinander. Dadurch wanderten im Laufe der Jahre Fische und wirbellose Tiere in das Gewässer ein. Nach MURPHY & EATON (1981) vereinigt ein Schifffahrtskanal die charakteristischen Merkmale von Still- und Fließgewässern, in dem sich eine Fisch-Lebensgemeinschaft entwickelt, die sich den speziellen Bedingungen anpasst.

Den größten Einfluss auf die Kanalbiozönose haben die Binnenschiffe, die durch die wechselnden Fahrtrichtungen und Geschwindigkeiten in einem begrenzten Querschnitt eine immense physische Belastung auf alle Wasserbewohner ausüben. Auch die Fische sind daher in den weiten, strukturlosen Abschnitten einer hohen mechanischen Beanspruchung ausgesetzt. Abrupt entstehende Strömungsgeschwindigkeiten bis zu 1,2 m/s aus häufig wechselnden Richtungen und Wellen von bis zu einem Meter Höhe haben großen Einfluss auf die Zusammensetzung der Fischartengemeinschaft (NIEPAGENKEMPER 1998). Bei der Planung haben die Wasserbauingenieure nur einen sehr begrenzten Spielraum, ein Kanalbett samt seiner Böschung zu gestalten, da in erster Linie die bauliche Sicherheit und der störungsfreie Ablauf der Binnenschifffahrt gewährleistet sein müssen. Ruhezonen, die z. B. als Winterestand oder Reproduktionsräume dienen können, finden die Fische im Dortmund-Ems-Kanal in Alten Fahrten oder separaten Hafenbecken.

Zur Zeit ist noch nicht genau bekannt, welche Fischarten den DEK besiedeln und wie die Häufigkeiten bei den einzelnen Arten verteilt sind. Als Untersuchungsgebiet für die fischereilichen Erhebungen wurde der Bereich des Dortmund-Ems-Kanals bei Münster Hiltrup gewählt. Hier existiert noch die letzte offene Alte Fahrt mit beidseitigem Anschluss an die Fahrt im DEK, die durch einige kleine Bereiche mit Schilfröhricht und größeren Wasserpflanzenvorkommen (*Potamogeton pectinatus*) zu den „struktureichsten“ Zonen im gesamten Kanal gehört. Ehemalige Alte Fahrten wurden zum überwiegenden Teil verfüllt, und es existieren nur noch beruhigte Gewässerbereiche, die nach wenigen hundert Metern enden. Diese Restabschnitte ehemaliger Alter Fahrten fungieren heute oft als Sportboothäfen, wie im Falle der Alten Fahrt Fuestrup. Durch den Verbau der Ufer mit Hafenanlagen werden diese „sensibelsten“ Kanalbereiche weiter degradiert. Wie wichtig solche Bereiche für die Fischarten als Reproduktionsraum, Aufwuchshabitat und Winterlager sind, haben schon STAAS (1997) und MOLLS (1997) für den Rhein beschrieben.

Detaillierte fischereibiologische Fragestellungen wurden am DEK bisher nicht bearbeitet. Für ein insgesamt 270 Kilometer langes Gewässer ist das allerdings eher die Ausnahme. Durch die flächendeckende Strukturlosigkeit und Monotonie der Kanalböschung und der Sohle ist die Erhebung fischereilicher Daten sehr schwierig. Die Standorte der Fische sind kaum voraussehbar. Daher sind in der Literatur wissenschaftliche Erhebungen über die Fischfauna aus dem Dortmund-Ems-Kanal

nicht bekannt. Es existieren lediglich einige Gutachten. So erstellte BORCHARD (1991) eine kurze fischereibiologische Grundlagenuntersuchung an kleinen Teilstrecken des DEK. In diesem Rahmen wurde u.a. ein Reststück einer ehemaligen Alten Fahrt in Ladbergen vor der Verfüllung mit Erdreich komplett abgefischt. Dabei konnten 10 Fischarten nachgewiesen werden. Im Rhein-Herne-Kanal und im Datteln-Hamm-Kanal, die mit dem Dortmund-Ems-Kanal in Verbindung stehen, wiesen BORCHARD (1991) 9 Arten (DHK) und SPÄH (1992) 7 Arten (RHK) nach. Eine intensivere fischereibiologische Arbeit über das Aufkommen von Jungfischen erfolgte im Oder-Havel-Kanal, ein im Vergleich zum DEK gering befahrener Schifffahrtskanal (ARLINGHAUS 2000). Hier wurden 14 reproduzierende Fischarten nachgewiesen.

Für die weitaus weniger stark befahrenen und strukturreicheren mittel- und ostdeutschen Kanäle liegen zahlreichere Ergebnisse von VILCINSKAS (1993), VILCINSKAS & WOLTER (1994), WOLTER & VILCINSKAS (1996, 1997a, 1997b) und WOLTER et al. (2000) vor. Daneben existieren fischerei-ökologische Untersuchungen über zu Schifffahrtsstraßen ausgebauten Flüssen wie z.B. den Rhein (LELEK & KÖHLER 1993, RIEDEL 1994, MOLLS 1997, STAAS 1997) und den Main (HOFBAUER 1965, SCHWEVERS et al. 1999). Die Ergebnisse lassen sich durch die unterschiedlichen morphologischen Voraussetzungen nur in ihren Grundsätzen mit den Bedingungen im DEK vergleichen. So fehlt dem Dortmund-Ems-Kanal die Anbindung an Auengewässer oder Flachwasserbereiche. Auf der insgesamt 109 Kilometer langen Südstrecke münden mit dem Offerbach (km 50,6) und dem nicht weit entfernt verlaufenden Kannenbach (km 53,6) nur zwei kleine, stark ausgebaute Bäche direkt in den Dortmund-Ems-Kanal. Weitere Nebengewässer und Auenbereiche sind nicht vorhanden. Einzig die Alten Fahrten oder Hafengebiete bieten den Fischen beruhigte Habitate.

Diese Zusammenfassung des Kenntnisstandes verdeutlicht, dass über die Ökologie des Fischbestandes im Dortmund-Ems-Kanal wenig wissenschaftlich gesicherte Erkenntnisse vorliegen. Daher besteht ein Bedarf zur Erhebung von Daten über die Verbreitung, das Wachstum und die Reproduktionsbedingungen der vorhandenen Arten. Insbesondere die Erkenntnisse über die Auswirkungen der Schifffahrt auf Fischeier und -larven kann auch auf andere große Wasserstraßen wie den Rhein übertragen werden. So können Konzepte für Binnenwasserstraßen entworfen werden, um den Fischen bessere Reproduktionsvoraussetzungen zu liefern.

Auch die Eier der Fischarten und die sich daraus entwickelnden Dottersacklarven sind im Dortmund-Ems-Kanal während der Entwicklungsphasen den mechanischen Belastungen durch den Schiffsverkehr ausgesetzt. Die bei der Passage eines Schiffes lokal entstehenden, z.T. erheblichen Strömungsgeschwindigkeiten und der Wellenschlag am Ufer beanspruchen den Fischlaich, der häufig im flachen Wasser des Uferbereiches abgelegt wird. Durch den Einfluss der beiden Parameter entstehen Scherkräfte, die auf die Laichunterlagen der Fische im Kanal – hauptsächlich Steine – eine starke Wirkung ausüben. Zusätzlich entsteht ein Abrasionseffekt, da durch den ständigen Schiffsverkehr eine starke Trübung durch aufgewirbelte Ton- und Schluffpartikel von der Kanalsohle entsteht. Ob dieses Feinmaterial im Zusammenspiel mit der Strömung einen schädlichen Einfluss auf die Eihüllen ausübt, ist bisher nicht bekannt. Unbekannt ist auch, ob die klebefähigen Eier der Cypriniden von ihrer Unterlage gelöst werden und ob dabei Beschädigungen an der Eihülle auftreten, so dass ihre weitere Entwicklung ausbleibt. So besteht die Möglichkeit, dass Eier von ihrem Laichsubstrat abgelöst werden und sich im strömungsarmen Raum zwischen den Steinen bis zum Schlupf weiterentwickeln. Der Laich des Flussbarsches (*Perca fluviatilis*) scheint besonders anfällig gegen Verdriftung zu sein, da die Fische ihre Eier in netzartigen Strukturen ablegen, die nur eine

geringe Klebefähigkeit besitzen. Als Unterlage für die Laichschnüre werden Strukturen wie Totholz oder Wasserpflanzen im Gewässer genutzt.

Auch die frisch geschlüpften Dottersacklarven der Barsche und Cypriniden sind im Freiwasser der Strömung und dem Wellenschlag ausgesetzt. Die Cyprinidenlarven liegen bis zu einigen Stunden nach dem Schlupf am Grund, bis sie ihre Schwimmblase aufgepumpt haben. In diesem Stadium sind sie sehr empfindlich und durch Strömung und Wellenschlag einer besonderen Gefährdung ausgesetzt.

Die Barschlarven vollziehen direkt nach dem Schlupf positiv phototaktische Bewegungen zur Wasseroberfläche. Dadurch scheinen auch sie besonders anfällig gegenüber Strömung und Wellenschlag.

Die Artenzusammensetzung und der Bestand einer Fischzönose eines Fließgewässers wird maßgeblich durch den Reproduktionserfolg von einzelnen Arten bestimmt (STAAS 1991). Eine erfolgreiche Reproduktion und Entwicklung hängt von der Verfügbarkeit geeigneter Laich-, Jungfisch- und Nahrungshabitate für alle Altersstadien ab. Die genaue Kenntnis über die Verbreitung von Fischlarven, Jungfischen und adulten Tieren erleichtert eine Bewertung des Reproduktionserfolges und ermöglicht so Prognosen über die zukünftige Entwicklung einer Fischartengemeinschaft. Im Rahmen dieser Arbeit soll der DEK im Bereich der Alten Fahrt und der Fahrt in Münster-Hiltrup hinsichtlich seiner Qualität als Lebensraum für die Fischarten vergleichend bewertet werden. Dazu werden folgende Fragen als Schwerpunkte bearbeitet:

- Welche Fischarten leben im DEK und welche Abundanzen verzeichnen die einzelnen Arten?
- Gibt es Unterschiede in der Artendiversität und der Abundanz der Fischarten zwischen der Alten Fahrt und der Fahrt?
- Bieten die Schifffahrtstrecken des Dortmund-Ems-Kanals den Fischen einen nachhaltigen Reproduktionsraum, oder sind sie auf die beruhigten Zonen der Alten Fahrt angewiesen?
- Wie reagieren die Eier und Fischlarven auf den Einfluss der Schifffahrt?
- Wie sind die Verteilung und das Wachstum der Jungfische bis zum ersten Winter in der Alten Fahrt und der Fahrt?
- Wie verhält sich das Wachstum der Fische im Vergleich zu anderen Gewässern?

2. Der Dortmund-Ems-Kanal

Der Dortmund-Ems-Kanal verbindet seit 1898 das Ruhrgebiet mit dem Nordseehafen Emden. Auf einer Länge von rund 266 km (Dortmund-Emden) wird ein Gefälle von 70,66 m durch 15 Kanalstufen ausgeglichen. Der DEK ist vor allem als Durchgangswasserstraße mit einer durchschnittlichen Tiefe von 3,5 Meter für Fahrten zwischen dem Rhein einschließlich dem Rhein-Herne-Kanal, dem Wesel-Datteln-Kanal, dem Datteln-Hamm-Kanal und dem Mittellandkanal von großer Bedeutung (WASSER- U. SCHIFFFAHRTSDIREKTION WEST 1987, 1995).

Der DEK verläuft von Dortmund in nordwestlicher Richtung (Abb. 1). Bei Datteln schwenkt er nach Norden, überquert die Lippe, die Stever, die Ems und verläuft ab Greven auf der Ostseite des Emstals. Bei Bergeshövede (km 108,3) zweigt der Mittellandkanal ab. Dieser als Südstrecke bezeichnete Teil des Dortmund-Ems-Kanals wird im Zuge des Ausbaus zur Europaschiffahrtsbreite für Großmotorschiffe (110 m lang, 11,4 m breit) als Verbindung einer West-Ost-Achse über den Mittellandkanal dienen. Damit wird eine Wasserstraßenverbindung zwischen dem Rheinstromgebiet und den ostdeutschen Wasserstraßen gewährleistet. Die südliche Strecke, die von Dortmund bis Bergeshövede reicht, gehört zu den am stärksten frequentierten Wasserstraßen überhaupt, wesentlich bedingt durch die deutsche Wiedervereinigung.

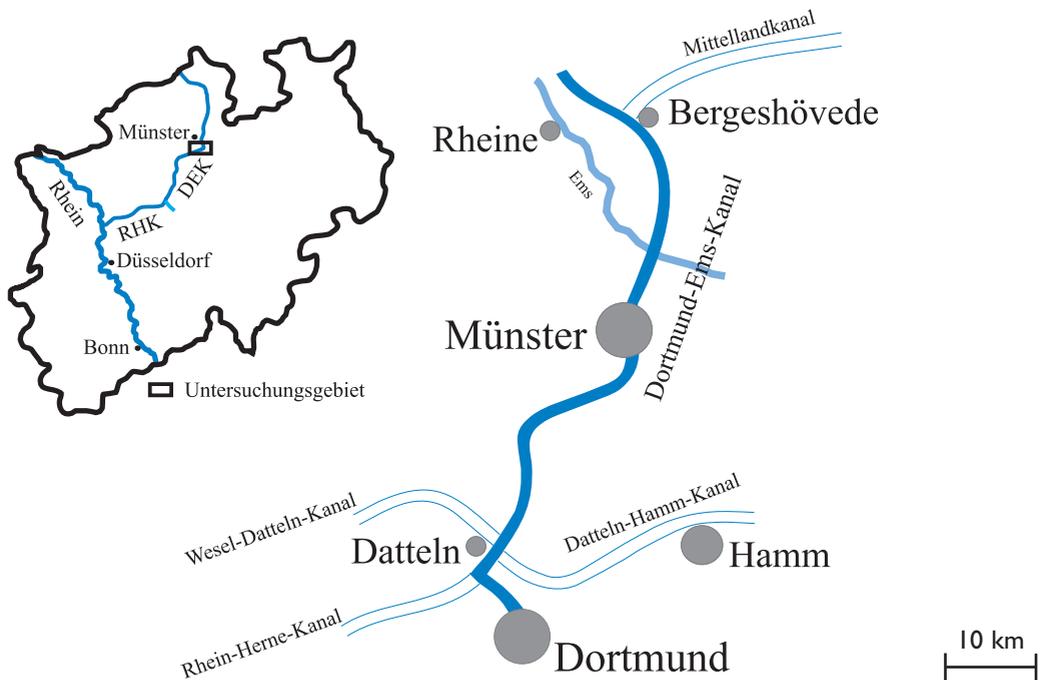


Abb. 1: Die Südstrecke des Dortmund-Ems-Kanals zwischen Dortmund und Bergeshövede.

Das momentane Frachtvolumen von 15 Mio. Gütertonnen pro Jahr soll sich bis zum Jahr 2010 auf 30 Mio. Gütertonnen verdoppeln. Das bedeutet aber keineswegs, dass sich auf dem DEK in der Zukunft auch doppelt so viele Frachtschiffe bewegen. Ihre absolute Zahl wird sich voraussichtlich um ca. 25 % erhöhen, da die Produktionssteigerung in erster Linie durch die Vergrößerung der Schiffe erreicht werden soll (KLEINEBENNE 1999).

Künstliche Wasserstraßen benötigen für ihren Betrieb Zuschusswasser, das die Verluste aus Verdunstung und Versickerung ausgleicht und das bei jeder Schleusung abfließende Wasser ersetzt (WASSERVERBAND WESTDEUTSCHE KANÄLE 1980). Um den DEK mit Wasser zu speisen, wird bei Hamm die Lippe aufgestaut und Wasser von dort in das Kanalnetz geleitet. Gelegentlich reicht jedoch der natürliche Zufluss der Lippe nicht aus. Dann wird der DEK vorübergehend über eine Pumpwerkette mit Wasser aus dem Rhein und der Ruhr versorgt. Abwässer dürfen grundsätzlich nicht in den Kanal geleitet werden, das verbietet seinen Nutzung als Trinkwasserreservoir. Der DEK ist ein eutrophes Gewässer (LANDESUMWELTAMT NRW 2002), und die Wasserqualität zeigt in dem untersuchten Abschnitt die saprobische Gewässergüteklasse II (mäßig belastet) (BfG 1994).

2.1 Die Problematik der Entwicklung der Schiffsgrößen auf dem Dortmund-Ems-Kanal

Im Laufe seiner Geschichte wurden die Ausmaße der auf dem DEK verkehrenden Schiffe größer (Abb. 2). In seinen Anfängen um die Jahrhundertwende war der Kanal für einen 600-t-Regelschleppkahn konzipiert, wurde allerdings schon bei seiner Eröffnung mit 720-t-Kähnen befahren. Als die Ausmaße des Kanals den steigenden Schiffsgrößen nicht mehr gerecht wurden, mussten einige Kurvenradien im Kanal erhöht werden. Dadurch verlängerte sich der Kanal um 700 Meter, und die Verkehrssicherheit bei der Passage des Engpasses, insbesondere, wenn sich in der Kurve Schiffe begegneten, war gewährleistet. Deshalb entstand im Jahr 1952 die Alte Fahrt Hiltrup bei Münster. Nach einer jahrzehntelangen Ausbauphase wurde der DEK im Jahr 1959 für das 1000-t-Schiff mit 67 m Länge, 8,2 m Breite und 2,5 m Abladetiefe freigegeben. Bereits vier Jahre später, im Jahr 1963, wurde ohne die notwendige generelle Aufweitung des Kanalbettes das 1350-t-Schiff mit 85 m Länge, 9,5 m Breite und Tauchtiefe von 2,5 m zugelassen. Dieses Typschiff wurde als Europaschiff zum Regelschiff für den DEK und beeinflusste damit die Entwicklung der Regelquerschnitte (LANKENAU & BARTNIK 1992).

Noch während diese Festlegungen getroffen wurden, zeichnete sich eine erneute Steigerung der Schiffsgrößen auf diesen Querschnitten ab, wobei man in Anpassung an den Rheinverkehr 110 m lange, 11,4 m breite und 2,8 m abgeladene Großmotorschiffe bzw. 180 m lange Schubverbände gleicher Breite und Tiefe ins Auge fasste (LANKENAU & BARTNIK 1992). Seit 1993 wird die Süd-strecke des Dortmund-Ems-Kanals in einer weiteren Bauphase diesen neuen Verhältnissen angepasst und auf eine Wasserspiegelbreite von 55 Metern ausgebaut. Die Arbeiten hierzu sollen nach ca. 15 Jahren abgeschlossen sein.

Bei Fahr- und Modellversuchen in den 80er Jahren wurden Erkenntnisse über für die Kanäle erträgliche Schiffs-geschwindigkeiten gewonnen. Für den Dortmund-Ems-Kanal wurden die Werte für drei verschiedene Schiffsgrößen und zwei Kanalquerschnitte berechnet (Tab. 1).

So beträgt im Dortmund-Ems-Kanal die kritische Geschwindigkeit von einem 1000-t-Schiff 9,3 km/h. Dies führt zu einer Absenkung des Wasserspiegels von 74 cm. Bei einem Europaschiff

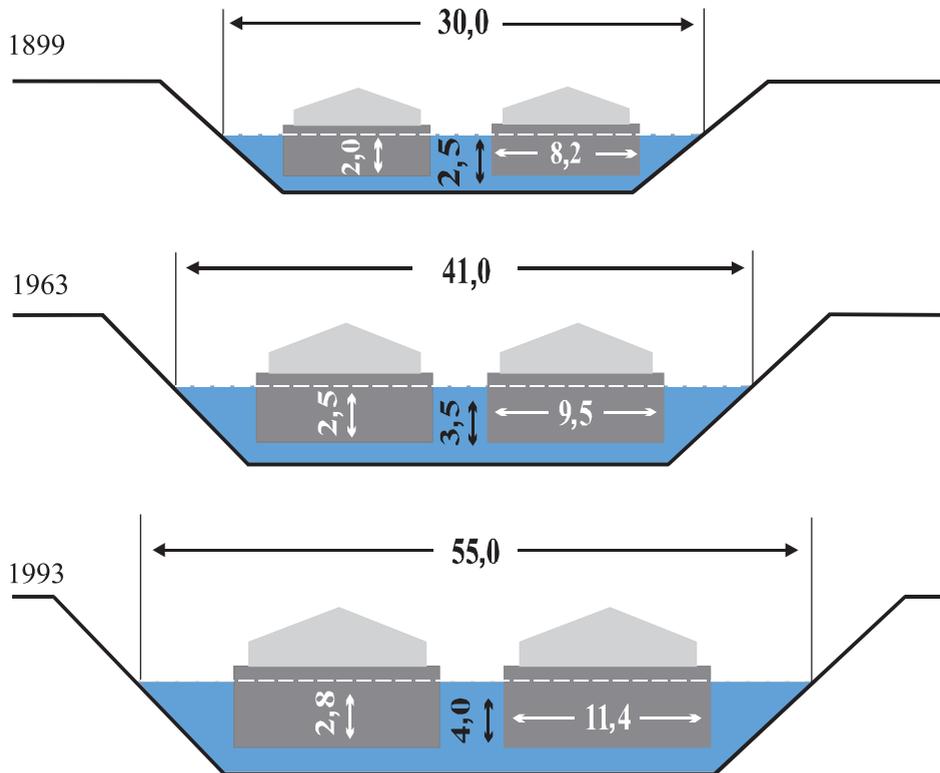
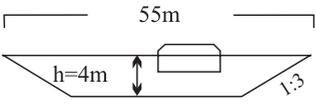
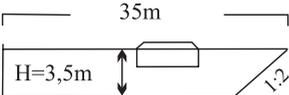


Abb. 2: Änderung der Querschnitte in verschiedenen Phasen des Kanalausbaus (Angaben in Meter).

Tab. 1: Beispiele für Regelprofile, Schiffsgeschwindigkeiten und Absunk auf dem DEK.

Profil	Schiffsmaße BreitexHöhe [m]	Kritische Geschwindigkeit v [km/h]	Absunk [cm]	$0,9xv$ [km/h]	Absunk [cm]
Trapezprofil	9,50x2,50	10,9	72	9,8	31
	11,40x2,80	9,5	77	8,5	35
Rechteck-Trapezprofil	8,20x2,50	9,3	74	8,3	34
	9,50x2,50	8,6	76	7,7	35

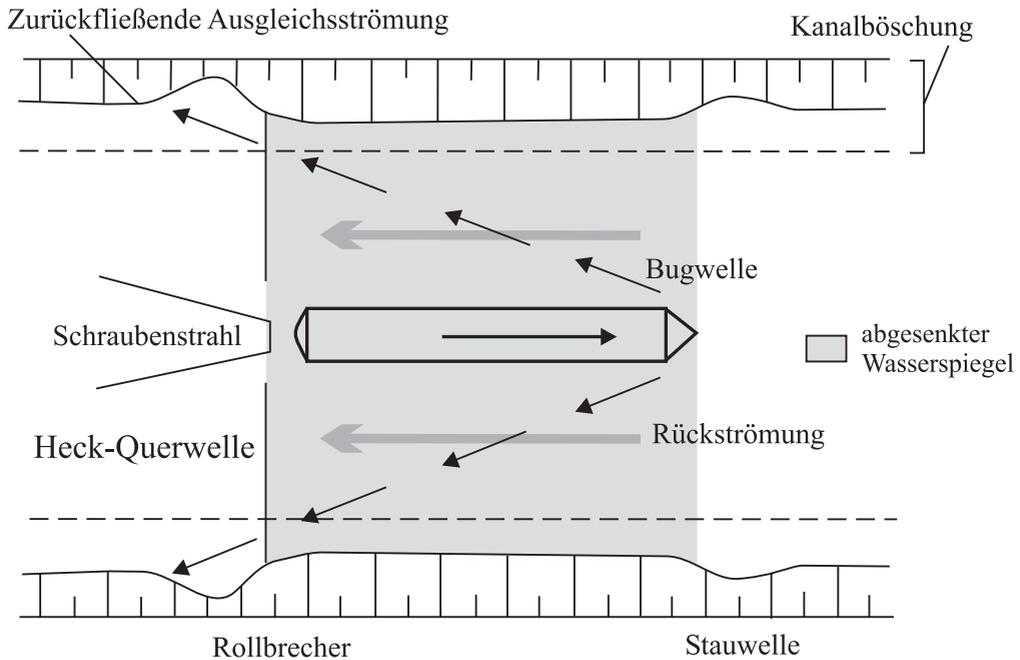


Abb. 3: Hydraulische Verhältnisse und Strömungen durch die Schifffahrt.

(1350 t) mit einer Geschwindigkeit von 8,6 km/h erfolgt eine Wasserspiegelabsenkung von 76 cm. Das bedeutet bei einer Wassertiefe von 3,5 Metern eine Kielfreiheit von theoretisch nur 24 cm (LANKENAU & BARTNIK 1992). Verringern die Schiffe ihre Geschwindigkeit nur um 10 %, so verringert sich der Absenk um die Hälfte. Dies ist auch für die Fischfauna von Bedeutung, da die Ausweichmöglichkeiten in den Kanalabschnitten gering sind. Dies gilt besonders für den Fall, wenn sich zwei Schiffe begegnen.

Während der Passage eines Schiffes kommt es zu Auswirkungen im Wasserkörper des DEK, die besonders im Uferbereich deutlich zu erkennen sind (Abb. 3). Als erstes erreicht die Bugwelle das Ufer, gefolgt von einer plötzlich anspringenden Rückströmung, die auf die gesamte Kanalbreite ausgedehnt ist. Gleichzeitig wird der Wasserspiegel abgesenkt. Je schwerer ein Schiff bei höherer Geschwindigkeit beladen ist, desto höher ist der Absenk, der große Teile der Uferböschung trocken fallen lassen kann. Nach der Passage des Schiffes treffen die von der Heckquerwelle verursachten Rollbrecher auf die Uferböschung. Anschließend folgt eine zurückfließende Ausgleichsströmung, nach der sich der Wasserkörper wieder beruhigt.

2.2 Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet im Dortmund-Ems-Kanal bei Hilstrup erstreckt sich von km 59,5 bis km 61,8 (Abb. 4). Einflüsse auf die Wasserstände treten durch Schleusen- und Pumpbetrieb, Windstau

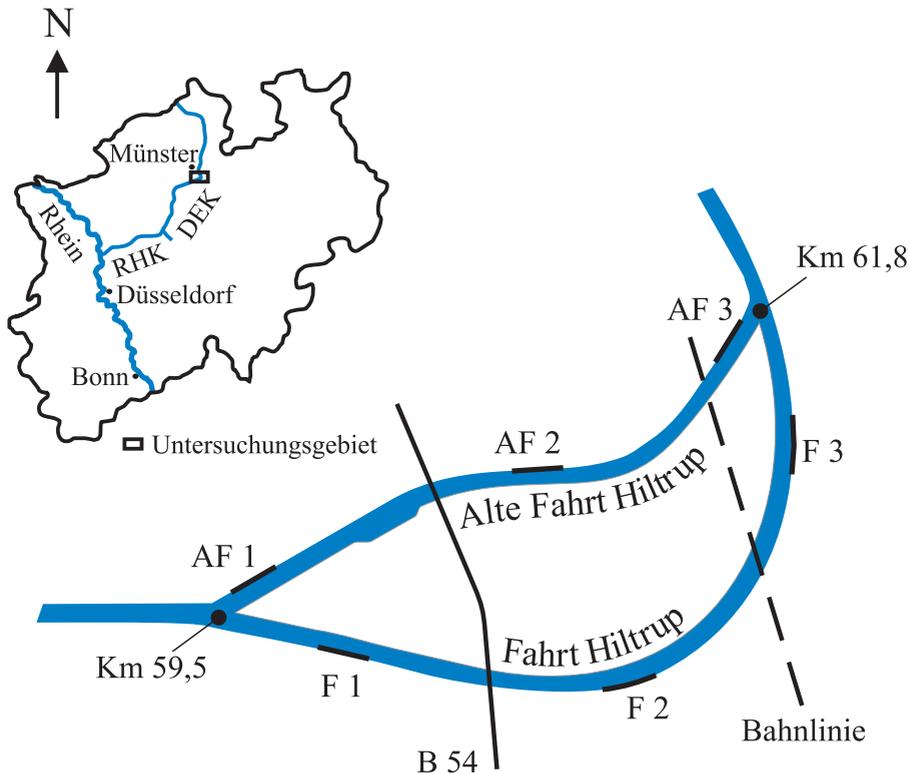


Abb. 4: Probestrecken in der Alten Fahrt (AF 1-3) und in der Fahrt (F 1-3).

und lokale Einleitungen und Entnahmen auf. Die Schwankungen des Wasserspiegels liegen im Bereich zwischen dem oberen und unteren Betriebswasserstand (NN + 56,25 m bis NN + 56,85 m).

Somit finden im Kanal keine wesentlichen strömungsbedingten morphologischen Veränderungen wie Umbildungen der Sohle in Abhängigkeit der Strömungsenergie – etwa vergleichbar den Vorgängen in Fließgewässern – statt (BFG 1994). Die Kilometrierung bezieht sich auf den Verlauf der Alten Fahrt.

Der Querschnitt des Kanals im Bereich des Hiltruper Bogens wurde als Trapezprofil ausgebaut. Die ehemalige Böschungsneigung von 1:3 ist durch Abrutschen der Steine im unteren Bereich 1:4 und im oberen Bereich 1:2,5 geneigt. Die Böschungen bestehen aus Kanalbausteinen der Klassen II und III (Tab. 2). Das Material der Kanalsohle besteht aus den Fraktionen Ton, Schluff und Feinsand. Lokal ergeben sich infolge von Auswirkungen der Schifffahrt Umlagerungen und Durchmischungen zwischen den feinen Fraktionen der Kanalsohle und den Grob-Fraktionen der Böschung am Böschungsfuß (BFG 1994). In der Alten Fahrt beträgt die Wasserspiegelbreite 30 m, bei einer Tiefe von 2,5 m. Die Wasserspiegelbreite der Fahrt beträgt 40 m, in Krümmungen 46 m, bei einer Wassertiefe von 3,5 m.

Tab. 2: Größenklassen für Wasserbausteine.

Größenklasse	Abmessungen in cm
0	5 - 15
I	10 - 20
II	10 - 30
III	15 - 45
IV	20 - 60
V	35 - 100

nur bis an die Wasserspiegelgrenze und stellen so keine Unterstandsmöglichkeiten für Fische dar. Die Bestände setzen sich hauptsächlich aus *Phragmites communis* (Schilfrohr) und *Phalaris arundinacea* (Rohr-Glanzgras) zusammen. In der Alten Fahrt gibt es einige größere Bestände von *Iris pseudacorus* (Schwertlilie), die bis zu 1,5 m in den Kanal wachsen. Die Uferbereiche sind mit Hochstaudenfluren bestanden, die im Bereich der Fahrt einmal im Jahr im Spätherbst gemäht werden. Im Uferbereich der Alten Fahrt erfolgt keine Mahd. Daher bieten einige ins Wasser reichende Weidenbüsche Unterstandsmöglichkeiten für Fische.

Wasserpflanzen gibt es in dem Untersuchungsgebiet nur im Bereich der Alten Fahrt. Neben dem dichte Bestände bildenden *Potamogeton pectinatus* (Kammlaichkraut), kommt an wenigen Standorten noch *Nuphar lutea* (Teichrose) kleinräumig vor. Die Schüttsteine sind im Sommer mit dichten Fadenalgen der Gattung *Cladophora* bewachsen.

Röhrichte sind im Untersuchungsgebiet fragmentarisch ausgebildet. Im Bereich der Fahrt reichen die Bestände durch den Wellenschlag

2.3 Die Auswahl der Probestrecken

In der Alten Fahrt und in der Fahrt wurden je drei Probestrecken von je 200 Metern ausgewählt. Die Strecken wurden so ausgesucht, dass jeweils ein 200 Meter-Abschnitt im Zentrum und jeweils zwei 200 Meter-Abschnitte im Mündungsbereich der Alten Fahrt und der Fahrt liegen (vgl. Abb. 4).

Die Probestrecken in der Fahrt sind zusammen betrachtet sehr homogen strukturiert (Abb. 5). Gleiches gilt für die Probestrecken der Alten Fahrt, wobei die Strecke Alte Fahrt 2 durch ein Röhricht aus *Iris pseudacorus* strukturell aufgewertet wird.

2.4 Der derzeitige bekannte Fischbestand des DEK

Einer genaueren fischökologischen Betrachtung wurde der Dortmund-Ems-Kanal erstmalig 1996 zwischen Olfen (km 29,6) und Bevergern (km 109,2) in einer Untersuchung des Landesfischereiverbandes Westfalen und Lippe e.V. unterzogen (NIEPAGENKEMPER 1998). Dabei wurden in der Südstrecke insgesamt 14 Probestrecken einmalig im September befischt und beruhigte Bereiche in Alten Fahrten und Wendebecken mit Spundwand- und Schüttsteinbereichen in der Fahrt verglichen. Insgesamt gelang der Nachweis von 12 Arten. Die meisten Individuen wurden in den Alten Fahrten nachgewiesen. Zusätzlich zeigte sich, dass die geringe Diversität durch wenige, überwiegend eurytope Arten dominiert wird. Dabei entfielen ca. 75 % auf die beiden Arten Rotauge (*Rutilus rutilus*) und Flussbarsch (*Perca fluviatilis*). Aal (*Anguilla anguilla*), Ukelei (*Alburnus alburnus*), Kaulbarsch (*Gymnocephalus cernuus*) und Zander (*Stizostedion lucioperca*) konnten nur in geringen Stückzahlen nachgewiesen werden. Die übrigen Arten fanden sich nur als Einzelnachweise (Abb. 6).



Abb. 5: Beispiele für die Probestrecken am Dortmund-Ems-Kanal in Münster-Hiltrup, oben: Alte Fahrt Hiltrup 1, Mitte: Alte Fahrt Hiltrup 2, unten: Fahrt Hiltrup 2.

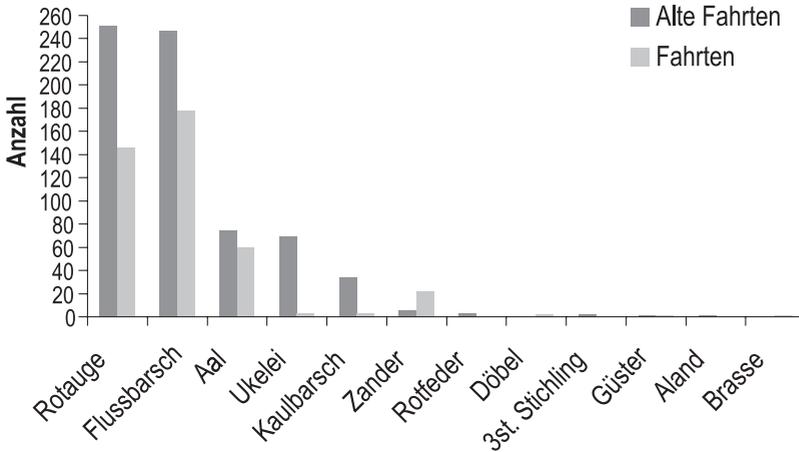


Abb. 6: Abundanzen der Fischarten im Dortmund-Ems-Kanal aus einer Untersuchung von 1996 (NIEPAGEN-KEMPER 1998).

Im Rahmen der Erhebungen wurde vor allem in den Alten Fahrten z.T. ein hohes Jungfischauftreten beobachtet, ohne dass die Artenzusammensetzung näher betrachtet werden konnte. Auch BORCHARD (1991) und SPÄH (1992) konnten im Dortmund-Ems-Kanal bei ihren Untersuchungen nur durch Beobachtungen unsystematische Aussagen zum Jungfischauftreten treffen und die Fragen zur Reproduktionsmöglichkeit der Fischarten nur weitgehend spekulativ beantworten.

2.5 Besatz und Fangstatistik

Der Dortmund-Ems-Kanal wird durch den Landesfischereiverband Westfalen und Lippe e.V. bewirtschaftet. Das Gewässer ist als Angelrevier beliebt, dies gilt besonders für die Strecke in Richtung Ruhrgebiet, da in diesem dicht besiedelten Bereich für eine hohe Anzahl an Anglern nur eine relativ geringe Anzahl von Gewässern zur Verfügung steht. Die Hauptfischarten, denen nachgestellt wird, sind Aal, Flussbarsch, Karpfen und Zander. Am Ende des Jahres müssen die Angler ihre Fangergebnisse in Form einer Fangstatistik abgeben. Da der Landesfischereiverband neben dem Dortmund-Ems-Kanal auch noch den Datteln-Hamm-Kanal, den Rhein-Herne-Kanal und den Wesel-Datteln-Kanal bewirtschaftet, werden die Fänge dieser Gewässer in der Auswertung unter „Kanäle“ zusammengefasst. Daher ist eine genaue Einzelanalyse der Fänge aus dem DEK nicht möglich. Die Gesamtfänge geben jedoch einen groben Hinweis auf das Vorkommen und die Häufigkeiten einiger Arten und sollen deshalb in dieser Arbeit nicht unberücksichtigt bleiben, da die Datenlage über die Fischvorkommen insgesamt sehr gering ist. Die Fänge aus den Jahren 1997 und 1998 sowie das Artenspektrum des Besatzes aus den Jahren 1993 bis 1998 sind in Tab. 3 zusammengefasst. Zum Besatz können nur die Arten angegeben werden, da aus den Aufzeichnungen keine lücken-

losen Angaben über deren Größe und Gewicht hervorgehen. Aal, Karpfen, Rotaugen und Schleie werden regelmäßig besetzt, Zander nur sehr selten in geringeren Mengen.

Bei der Auswertung der Fangstatistik wurden nur die Fischarten berücksichtigt, die auch im Rahmen dieser Arbeit nachgewiesen werden konnten, da die zusammenfassende Auswertung der Fangergebnisse aller Kanäle eine Zuordnung der Arten auf die einzelnen Kanäle nicht ermöglicht. So wird verhindert, dass falsche Aussagen über die Verbreitung einiger Arten getroffen werden.

Tab. 3: Besatz aus dem DEK im Bereich der Stadt Münster und Auswertung der Fangstatistik der Fische aus den Kanälen (Dortmund-Ems-Kanal, Datteln-Hamm-Kanal, Rhein-Herne-Kanal, Wesel-Datteln-Kanal). Daten des Landesfischereiverbandes Westfalen und Lippe e.V.

Fischart	Besatz (1993-1998)	Fangstatistik 1997 [kg]	Fangstatistik 1998 [kg]
Aal	X	6,745	13,621
Brasse	-	9,031	11,391
Flussbarsch	-	4,210	4,653
Karpfen	X	17,424	15,922
Schleie	X	2,525	2,917
Rotaugen	X	16,344	14,454
Zander	X	10,585	13,698

3 Material und Methoden

3.1 Bestandserfassung der Fischfauna

In den Jahren 1997 und 1998 wurde die Fischfauna im Dortmund-Ems-Kanal in der Alten Fahrt und der Fahrt Hilstrup vergleichend untersucht (Tab. 4). Für die Bestandserfassung der adulten Fischfauna stehen u. a. die Methoden der Elektro-, Stell-, Zug-, und Schleppnetzfisherei zur Verfügung. Diese Methoden fischen im unterschiedlichen Maße selektiv. Da möglichst das gesamte Fischarzenspektrum erfasst werden soll, ist eine Kombination aller Varianten zu empfehlen.

So konnte in der Alten Fahrt in Hilstrup neben intensiven Elektrobefischungen einmalig mit einer Sondergenehmigung des Wasser- und Schifffahrtsamtes in Rheine eine kombinierte Stell- und Zugnetzerfassung im Dezember des Jahres 1998 durchgeführt werden. Die Befischung erfolgte unter Aufsicht der Wasserschutzpolizei, um eine Gefährdung des Schiffsverkehrs auszuschließen. In der Fahrt wurde eine Genehmigung aus Sicherheitsgründen für die Schifffahrt verwehrt. Daher kam in der Fahrt zur Bestandserfassung der Adultfischfauna nur die Elektrofischerei zum Einsatz.

Tab. 4: Einsatztage der verschiedenen Methoden in den Jahren 1997 und 1998 in der Alten Fahrt und der Fahrt in Hilstrup (* die kombinierte Zug- und Stellnetzbefischung wurde vom Wasser- und Schifffahrtsamt in Rheine für einen Tag in der Alten Fahrt genehmigt).

	Methode	Einsatztage 1997	Einsatztage 1998
Adulte	Elektrobefischung Stell- / Zugnetzbefischung*	6 (36 Strecken)	3 (18 Strecken) 1 (2 Züge à 400 m)
0+ Stadien	Schubnetz- bzw. Elektrobefischung	25 (150 Strecken)	18 (108 Strecken)

3.1.1 Elektrofischerei

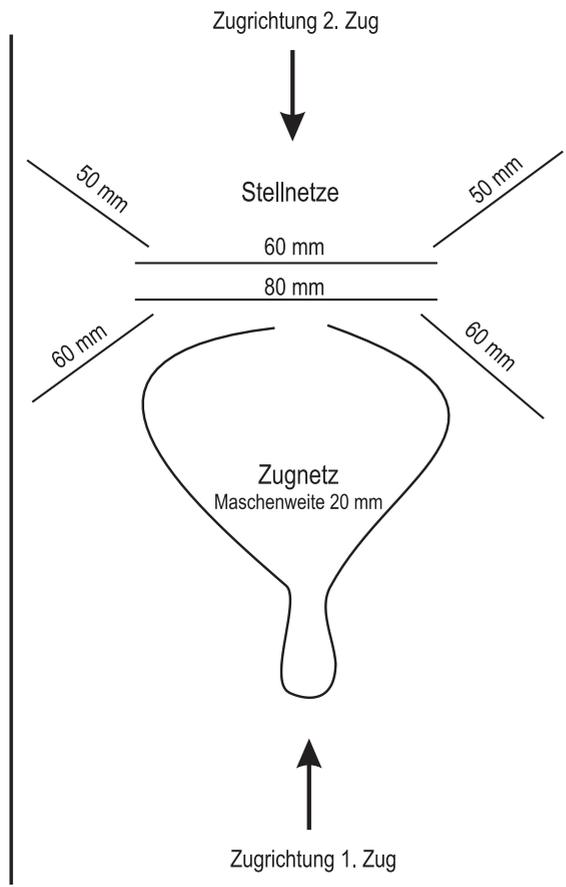
Mit Hilfe eines Elektrofischgerätes wird ein elektrisches Feld im Wasser erzeugt. Fische, die sich in diesem Feld befinden, greifen je nach ihrer Stellung zu den Feldlinien eine unterschiedlich starke Spannung ab. In Abhängigkeit von der Spannungsstärke reichen die Reaktionen der Fische von Flucht über gerichtetes Schwimmen zur Kescheranode (positive Galvanotaxis) bis hin zur Galvanonarkose. Als Fanggeräte kamen das DEKA 7000 und das DEKA 6000 zum Einsatz.

Faktoren, wie Wassertemperatur, Leitfähigkeit, Gewässertiefe und die Leistung des Fischgerätes beeinflussen das Fangergebnis. Auch die Gewässerstruktur hat großen Einfluss auf die Effektivität der Befischung. Fehlen am Ufer Unterstände und Versteckmöglichkeiten für die Fische, kann die Scheuchwirkung des Bootes den Fangeffekt überwiegen. Sind ausgedehnte Freiwasserzonen vorhanden, ist den Fischen die Möglichkeit gegeben, vor Herannahen des Bootes auszuweichen, da die Reichweite der Fangeinrichtung, je nach Beschaffenheit des Gewässers, begrenzt ist. Daher werden pelagisch lebende Arten im Fangergebnis immer unterrepräsentiert sein.

Neben der Fangtechnik sind Zeitpunkt, Häufigkeit und Anzahl der Probestellen von Bedeutung für die Genauigkeit der Bestandseinschätzung. So empfehlen VILCINSKAS & WOLTER (1994), die die Fischfauna der Bundeswasserstraßen in Berlin, Brandenburg und Sachsen-Anhalt untersuchten, drei Beprobungen im jahreszeitlichen Verlauf, um den Frühjahrs-, Sommer- und Herbstaspekt zu dokumentieren. Durch die jahreszeitliche Biorhythmik der Fische können zwischen den einzelnen Gewässerabschnitten Abundanzschwankungen auftreten. So können sich die Fische während der Ruhezeiten im Winter in ganz anderen Bereichen aufhalten als in ihrer Laichphase im Frühjahr bzw. in ihrer Aktivitätsphase im Sommer.

Die Anzahl der Probestrecken richtet sich u.a. nach der Gewässergröße. Als Faustregel kann hier eine Strecke von ca. 200 m pro 2 km Gewässerlänge gelten (VILCINSKAS & WOLTER 1994).

Elektrobefischungen wurden in den Jahren 1997 und 1998 durchgeführt. 1997 erfolgte eine intensive Erhebung zur Erfassung des Artenspektrums. Von Mai bis August wurde monatlich eine Befischung angesetzt. 1998 erfolgte eine erneute Befischung in den Monaten Mai, Juli und September, um den Frühjahrs-, Sommer- und Herbstaspekt der beiden Jahre miteinander zu vergleichen.



3.1.2 Kombiniertes Fang mit mehreren Stellnetzen und einem Zugnetz

Zur Bestandserfassung der Fischfauna wurden zwei etwa 400 m lange Netzzüge durchgeführt (Abb. 7). Mit dieser Methode sollten pelagische Arten nachgewiesen werden. Aus Sicherheitsgründen für die Schifffahrt konnten die Netzzüge nur in der Alten Fahrt erfolgen. Zu diesem Zweck wurde die gesamte Breite der Alten Fahrt mit mehreren Stellnetzen unterschiedlicher Maschenweiten (50, 60, und 80 mm) abgesperrt. Anschließend wurde mit einem Uferzugnetz (Maschenweite 20 mm) von beiden Uferseiten auf die Absperrung zu gezogen und das Zugnetz mit einem Motorboot direkt vor den Absperrnetzen geschlossen. Nach der Leerung wurden die Netze neu positioniert und der Vorgang aus der Gegenrichtung wiederholt.

Abb. 7: Skizze der kombinierten Zug- und Stellnetzbeifischung in der Alten Fahrt Hilstrup mit verschiedenen Maschenweiten.

3.2 Bearbeitung der Adultfänge

Um die Zusammensetzung und die Abundanz der Arten in der Alten Fahrt und der Fahrt vergleichend bewerten zu können, wurden in beiden Abschnitten jeweils drei Strecken im Uferbereich von jeweils 200 Meter elektrisch befischt (vgl. Abb. 4).

Ein Großteil der gefangenen Fische wurde dem Gewässer für weitere Untersuchungen entnommen, fachgerecht getötet und in 60 %-igem Ethylalkohol konserviert. Der Gewichtsverlust, der durch die Konservierung auftrat, wurde im Labor ermittelt und in der Bewertung berücksichtigt. Die Fische wurden nach Art bestimmt, gewogen (Abtropfgewicht) und gemessen (Totallänge) (Waage: Satorius BL 6). Die Nomenklatur der Fischfamilien und der Fischarten erfolgte nach GERSTMEIER & ROMIG (1998).

Die Altersanalyse erfolgte anhand der Wachstumsringe der Schuppen. Dazu sei angemerkt, dass das Alter der Fische in vollständigen Jahren und einem + Zeichen für die Monate seit der letzten Laichzeit der Art angegeben wird. 0+ Fische sind demnach die Larven und frühen Juvenilen bis zur Laichzeit des folgenden Jahres. Innerhalb ihres zweiten Lebensjahres werden sie demnach als I+ Fische bezeichnet usw.

Nach den Empfehlungen von GEYER (1937) und STEINMETZ & MÜLLER (1991) wurden die Schuppen der Cypriniden aus dem vorderen Körperdrittel oberhalb der Seitenlinie entnommen, bei den Perciden hingegen unterhalb der Seitenlinie. Von jedem Fisch wurden mindestens 5 Schuppen entnommen, zwischen zwei Objektträgern fixiert und unter einem Stereomikroskop mit Durchlichtuntersatz (Olympus SZH 10) mit 7 bis 70facher Vergrößerung analysiert.

Hinweise zur Interpretation von Wachstumsringen der Fische liefern neben den oben aufgeführten Autoren STEINER (1974), BAGENAL & TESCH (1978) und VILCINSKAS (1994). Fehlbestimmungen sind in einigen Fällen nicht auszuschließen. Aufgrund der hohen Stichprobenzahl sind aber verlässliche Aussagen möglich. Bei der Schuppenanalyse erfolgte eine stichprobenartige Kontrolle durch Herrn Dr. Möhlenkamp (Landesfischereiverband Westfalen u. Lippe e.V.).

Bei Aalen, Flussbarschen, Kaulbarschen, Rotaugen und Ukeleis wurden Nahrungsanalysen durchgeführt. Nach dem Aufpräparieren der Fische wurde der Verdauungstrakt hinter dem Oesophagus abgetrennt und aus der Leibeshöhle entfernt. Für die Nahrungsanalyse wurde bei den Cypriniden der gesamte Inhalt des Darms, bei den Perciden der des Magens analysiert. Der entsprechende Verdauungstrakt wurde der Länge nach geöffnet, der Inhalt sortiert und unter dem Stereomikroskop nach Taxa bestimmt. Der Inhalt des Verdauungstraktes wurde ungeachtet seines Füllgrades mit 100 % gleichgesetzt und der jeweilige prozentuale Anteil der einzelnen Taxa bzw. höheren taxonomischen Einheit bestimmt.

3.2.1 Auswertung der Adultfänge

Der Vergleich der Individuenzahlen der beiden benachbarten Lebensräume in der Alten Fahrt und der Fahrt erfolgte anhand der Analyse von absoluter und relativer Abundanz sowie der Frequenz. Absolute und relative Abundanz erlauben direkte Vergleiche der Anteile einer Art am Gesamtfang in einem bestimmten Zeitintervall oder einem Untersuchungsgebiet. Die Dominanzklassen zur Beschreibung von Zönosen nach relativen Abundanzen wurden aus MÜHLENBERG (1995) übernom-

Tab 5: Häufigkeitsklassen nach MÜHLENBERG (1995).

	Häufigkeitsklasse	%
Hauptarten	eudominant	32-100
	dominant	10-31,9
	subdominant	3,2-9,9
Begleitarten	rezendent	1-3,1
	subrezendent	0,32-0,99
	sporadisch	< 0,32

men (Tab. 5). Die Frequenz beschreibt die Regelmäßigkeit des Vorkommens einer Art. Zeigt eine Art eine Frequenz von 100 %, ist sie in allen Stichproben einer Probestelle nachgewiesen worden. Nach der Einteilung von SCHWERDTFEGER (1975) können den Frequenzklassen bestimmte Häufigkeitsklassen zugeordnet werden (Tab. 6).

Fische bevorzugen bestimmte Strömungsverhältnisse und Laichsubstrate. Daher erfolgte eine ökoethologische Typisierung der Fischarten hinsichtlich ihrer Präferenz an Strömung (SCHIEMER & WAID-

BACHER 1992) und Laichsubstrat (BALON 1975, 1981). Anhand der erhobenen Fangdaten können so Rückschlüsse auf prägende Umweltfaktoren des Gewässersystems Kanal gezogen werden.

In Anlehnung an die Klassifizierung von SCHIEMER & WAIDBACHER (1992) wurde in dieser Arbeit in die Gruppierungen *eurytop* (strömungsindifferente Arten, die ein breites Spektrum an Habitaten besiedeln), *rheophil b* (strömungsliebende Arten, die phasenweise an strömungsberuhigte Nebengewässer gebunden sind) und *limnophil* (Stillwasserarten, deren gesamter Lebenszyklus an ruhige, pflanzenreiche Gewässer gebunden ist), unterschieden.

Tab 6: Frequenzklassen (in %) nach SCHWERDTFEGER (1975).

Frequenzklasse	Frequenz (F) in %	Häufigkeitsklasse
0	0 - 10	sehr selten
I	> 10 - 25	selten
II	> 25 - 45	verbreitet
III	> 45 - 75	häufig
IV	> 75 - 100	sehr häufig

Im Rahmen des von BALON (1975, 1981) anhand der Laichsubstratpräferenz entwickelten Klassifizierungssystems wurde in die Gruppen *phyto-lithophil* (nicht obligatorische Pflanzenlaicher), *phytophil* (obligatorische Pflanzenlaicher), *lithophil* (Kieslaicher mit benthischen Larven) und *pelagophil* (schwebende Eier im Freiwasser) eingeteilt.

Eine hohe Anzahl der verschiedenen Gruppierungen in einem Gewässer, die bestimmte Strömungs- und Laichsubstratverhältnisse bevorzugen, weist auf eine hohe Variabilität der Gewässerstrukturen hin und kann somit zur Beurteilung des Gewässers als Lebensraum dienen.

Der Aufbau einer natürlichen Fischzönose ist mit zunehmendem Alter von einer abnehmenden Individuenzahl geprägt. Anhand von Längen-Häufigkeits-Verteilungen sind Aussagen über den Altersaufbau der Fischbestände möglich. In der Regel sind in einer Längen-Häufigkeitsverteilung die einzelnen Altersklassen unterschiedlich stark repräsentiert. Das tritt bei der graphischen Darstellung in Form von sog. „Peaks“ in Erscheinung (VILCINSKAS 1993). So nimmt mit zunehmendem Alter die Individuenzahl bei allen Fischarten ab. Einschränkend muss angemerkt werden, dass größere Individuen kaum noch repräsentativ nachgewiesen werden können, da sie sich seltener in Ufernähe aufhalten und von der Scheuchwirkung des Bootes erfasst werden.

Durch die Analyse von Längen-Gewichts-Beziehungen der Fische kann auf die Qualität eines Lebensraumes geschlossen werden. Zur Beurteilung der Längen-Gewichts-Beziehungen der Fischarten in der Alten Fahrt und der Fahrt wurde der Median mit dem 1. und 3. Quartil gewählt. Der Median ist dem arithmetischen Mittel vorzuziehen, wenn eine asymmetrische Verteilung der Daten vorliegt.

Bei Fischen steht das Gewicht in einem bestimmten Verhältnis zur Länge. Unabhängig von der Größe ähnlicher Körper bleiben die Relationen verschiedener Dimensionen zueinander gleich. Für Fische wird vereinfachend angenommen, dass sie isometrisch wachsen, d.h. das Verhältnis Volumen zu Gewicht ändert sich nicht. Die 3. Potenz der Länge steht in dieser Formel für streng isometrisches Wachstum.

$$G = a * L^b$$

G = Gewicht
a = artspezifische Konstante
L = Länge
b = Exponent für proportionales Wachstum

Abweichungen von der Konstante $b = 3$ deuten auf ein allometrisches Wachstum. Schwankungen der artspezifischen Konstante im Jahresverlauf deuten auf eine Änderung des spezifischen Gewichtes durch einen geänderten Ernährungszustand hin. Ein kleineres a weist auf ein niedriges Gewicht bzw. lange, dünne Form, ein größeres a auf höheres Gewicht bzw. kurze, voluminöse Form.

Das Gewicht steigt also proportional zur Länge des Fisches an. Wird der Exponent größer als 3, wächst das Gewicht überproportional, wird er kleiner als 3, steigt das Gewicht unterproportional.

In den folgenden Graphiken ist das Bestimmtheitsmaß (R^2) als statistischer Wert der Korrelation angegeben. Je näher R^2 am Wert 1 liegt, desto geringer sind die Schwankungen der Längen-Gewichts-Beziehung.

Das Ausmaß der Längen- und Gewichtszunahme unterliegt den Einflüssen von Temperatur, Nahrungsangebot, inter- und intraspezifischer Konkurrenz sowie vielen anderen Faktoren. Analysiert man den Wachstumsverlauf, können Rückschlüsse auf die Qualität des Nahrungsangebotes des Gewässers als Lebensraum gezogen werden.

Durch unterschiedliche biotische und abiotische Voraussetzungen in verschiedenen Gewässern entwickeln die Individuen einer Fischart ein gewässerspezifisches Wachstum. Um die Qualität des Wachstums im Dortmund-Ems-Kanal bei Hiltrup zu bewerten, wurden die Daten mit Erhebungen aus anderen Gewässern und eigenen überregionalen Daten des Dortmund-Ems-Kanals verglichen.

Der Vergleich des Wachstums der Fische aus unterschiedlichen Untersuchungen und Gewässern wurde mit dem t-Test paarweise verglichen. Die Daten waren normal verteilt.

3.2.2 Untersuchungen zum Befall der Aale mit dem Schwimmblasenwurm *Anguillicola crassus* (KUWAHARA, NIIMI & HAGAKI, 1974)

Die gefangenen Aale wurden zusätzlich auf den Befall mit dem Schwimmblasenwurm *Anguillicola crassus* (KUWAHARA, NIIMI & HAGAKI, 1974) hin untersucht, der in einer vorangegangenen Erhebung eine Befallsrate von 58,5 % zeigte (NIEPAGENKEMPER 1998).

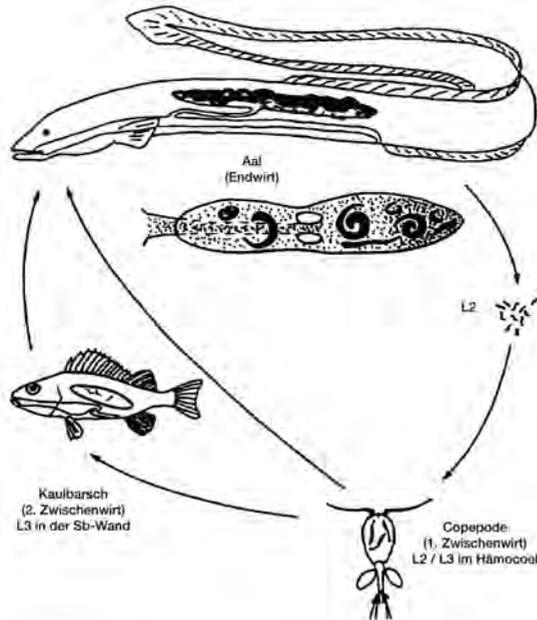


Abb. 8: Entwicklungszyklus vom Schwimmblasenwurm (*Anguillicola crassus*).

Der Lebenszyklus des Parasiten *Anguillicola crassus* ist durch einen oder mehrere Wirtswechsel gekennzeichnet. Die einzelnen Wirte infizieren sich oral durch die Aufnahme infektiöser Stadien. Die Kopulation adulter Schwimmblasenwürmer erfolgt in der Schwimmblase des Endwirtes. Die aus den Eiern geschlüpften Larven (L2) gelangen passiv während des Druckausgleichs aus der Schwimmblase in den Darm. So gelangen sie mit dem Kot ins Wasser. Dort heften sie sich an eine Unterlage (Steine, Wasserpflanzen usw.) und werden zur Beute von Ruderfußkrebse (Copepoden). In diesem 1. Zwischenwirt (obligat) entwickeln sie sich zur nächsten Larvengeneration (L3). Neben anderen Arten gehört der Kaulbarsch (*Gymnocephalus cernuus*) als 2. Zwischenwirt (fakultativ) zu den Fischen, bei denen Infektionen festgestellt wurden (SZÉKELY 1994). Im 2. Zwischenwirt durchdringt die L3-Larve die Darmwand und gelangt durch die

Bauchhöhle in das Bindegewebe der Schwimmblase. Der Aal infiziert sich mit den L3-Larven durch die orale Aufnahme befallener Ruderfußkrebse (1. Zwischenwirt) oder infizierter Fische. Die Larve durchdringt den Darm und gelangt zum Bindegewebe der Schwimmblase. Dort entwickelt sie sich nach einer Häutung zur L4-Larve. Anschließend dringt sie in das Lumen der Schwimmblase ein und beginnt mit der Blutaufnahme aus den Adern der Schwimmblase. Hier erfolgt erneut die Kopulation zweier Geschlechtspartner und der Kreislauf schließt sich.

Im Jahr 1982 wurden erstmals im Weser-Ems-Gebiet mit *Anguillicola crassus* befallene Aale nachgewiesen. Die im ostasiatischen Raum heimischen Schwimmblasenwürmer parasitierten ursprünglich nur im Japanischen Aal (*Anguilla japonica*) und erreichen dort Befallsraten zwischen 10 % und 40 % (WANG & ZHAO 1980, EGUSA 1976), ohne eine nennenswerte Schädigung bei den infizierten Aalen hervorzurufen (EGUSA 1976).

Die Ergebnisse aus dem Dortmund-Ems-Kanal wurden mit Daten der LÖBF/LaFAO NRW, die im Zeitraum von 1994 - 1996 an verschiedenen Still- und Fließgewässern Aale gezielt auf *Anguillicola*-befall untersucht hat, verglichen.



Abb. 9: Befischung auf 0+-Fischlarven mit dem Schubnetz.

3.3 Untersuchung der Jungfischfauna im ersten Wachstumsjahr

Die Qualität eines Laich- und Jungfischhabitates lässt sich durch qualitative und quantitative Erhebungen der Jungfische messen. Um das Jungfischauftreten in der Alten Fahrt und in der Fahrt in Hiltrup im Laufe eines Jahres zu vergleichen, wurden die Tiere im ersten Wachstumsjahr mit dem Schubnetz bzw. mit dem Elektrofischgerät vom Boot aus gefangen (Abb. 9). Zu Beginn der Fangsaison im Frühjahr, wenn die Schwimmfähigkeit der Fischlarven noch relativ gering ausgeprägt ist, wurde eine speziell angefertigte Kescherkonstruktion am Bootsrumf (Schubnetz) befestigt, um die Larven, die sich bevorzugt an der Oberfläche im ufernahen Bereich aufhalten, nachzuweisen. Später im Jahr, wenn die Schwimgeschwindigkeit der Jungfische die maximal mögliche Geschwindigkeit des Bootes mit der Netzkonstruktion übertraf, erfolgte der Nachweis mit dem Elektrofischgerät. Bodenorientierte Fischarten bleiben bei beiden Techniken unterrepräsentiert. Ein Uferzungenetz konnte wegen der Gefährdung der Schifffahrt nicht eingesetzt werden.

Je eher eine Fischlarve nach ihrem Schlupf nachgewiesen werden kann, desto enger kann man den Schlupfort zuordnen. Daher begannen die Netzfänge Ende April, da die Flussbarsche ab Mitte April zuerst ablaichten, und endeten im Jahr 1997 Anfang November und im Jahr 1998 Mitte Oktober. Am Anfang der Fangsaison wurde in zweitägigen Intervallen beprobt. Später im Jahr vergrößerten sich die Probenintervalle von wöchentlich im Sommer bis etwa zweiwöchentlich im Herbst.

3.3.1 Bearbeitung der Jungfischfänge

Die Fänge erfolgten in den Jahren 1997 und 1998 und wurden im Labor nach der Art bestimmt, ausgezählt, gewogen und vermessen. Bei den zahlreichen Jungfischen wurde eine Formaldehydlösung als Konservierungsmittel verwendet, da die Bestimmungsmerkmale der kleinen Dottersacklarven in dieser Lösung besser erhalten bleiben. Um den Gewichts- und Längenverlust durch Formaldehyd im jungen Stadium zu dokumentieren, sind einige Exemplare von Rotaugen (*Rutilus rutilus*) und Flussbarsch (*Perca fluviatilis*) über einen Zeitraum von 150 Tagen gewogen und vermessen (Totallänge) worden. Die Wägung des Abtropfgewichtes (Waage: Sartorius H 680) erfolgte auf 0,001 g genau. Eine Artendifferenzierung der frühen Stadien erfolgte unter einem Binokular. Dabei kamen die Bestimmungsschlüssel für Fischlarven und Jungfische von STAAS (unveröff.), BALON (1956), BRACKEN & KENNEDY (1967), SPINDLER (1988), MOOIJ (1989) und SCHEFFEL (1989) zum Einsatz.

Dieser Teil der Arbeit befasst sich mit der räumlichen und zeitlichen Verteilung sowie mit dem Wachstum der Fische im ersten Lebensjahr vom Schlupf der Larven bis zum ersten Winter. Diese Fische der Altersgruppe 0+ werden in der folgenden Arbeit auch Jungfische bzw. Fischbrut genannt.

3.3.2 Experimentelle Untersuchungen mit dem Fischlaich ausgesuchter Fischarten zur Dokumentation der Reproduktionsfähigkeit unter dem Einfluss der Schifffahrt

In Feld- und Freilandlaborversuchen wurde untersucht, ob der Laich ausgesuchter Fischarten trotz der starken mechanischen Beanspruchung in der Fahrt des Dortmund-Ems-Kanals bis zum Schlupf der Larven entwicklungsfähig ist. Es sollte geprüft werden, in wie weit die Reproduktion der Arten in den stark befahrenen Streckenabschnitten stattfinden kann, oder ob beruhigte Bereiche ohne Schiffsverkehr für eine erfolgreiche Vermehrung notwendig sind.

Die Feldversuche fanden auf einer geraden Strecke in einem stark befahrenen Abschnitt des Dortmund-Ems-Kanals bei Ladbergen statt. Für die Laborversuche stellte die Bundesforschungsanstalt für Wasserbau in Karlsruhe ihre Wellensimulationsanlage und ihre Strömungsrinne zur Verfügung.

Für die Versuche wurden die Arten Brasse (*Abramis brama*), Flussbarsch (*Perca fluviatilis*), Karpfen (*Cyprinus carpio*) und Rotaugen (*Rutilus rutilus*) ausgesucht.

3.3.2.1 Die Laichgewinnung

Der Cyprinidenlaich wurde durch das Abstreifen von laichreifen Rognern und Milchneern von Brasse (*Abramis brama*), Karpfen (*Cyprinus carpio*) und Rotaugen (*Rutilus rutilus*) gewonnen (Abb. 10). Zur Gewinnung des Rotaugen- und Brasselaichs wurden laichreife Fische mit Netzen aus der Ems gefangen. Der Karpfenlaich wurde von laichbereiten Karpfen eines Fischzüchters gewonnen.

Der Cyprinidenlaich und das Sperma der Männchen wurden in eine Schale gestreift und mit einer Feder vermischt und somit befruchtet. Dabei war unbedingt darauf zu achten, dass kein Wasser mit den Eiern in Verbindung kam, da ansonsten sofort die Klebefähigkeit der Eier einsetzte und



Abb. 10: Laichgewinnung durch Abstreifen bei einem Karpfen.

diese für den weiteren Versuch unbrauchbar waren.

Nach der Befruchtung wurden die Eier unter stetigem Rühren mit Wasser zügig auf vorbereitete Laichunterlagen aus Holz gespült, wo sie sofort anhafteten. Bei diesem Vorgang wurde darauf geachtet, dass die Eier einzeln und nicht in Klumpen auf der Unterlage positioniert waren. So konnte jedes Ei optimal mit Sauerstoff versorgt werden. Anschließend wurden die Laichunterlagen in ein Wasserbecken mit Sauerstoffversorgung gelegt, wo sie bis zu den Versuchen verblieben.

Laichschnüre des Flussbarsches (*Perca fluviatilis*) von über einem Meter Länge konnten Ende April in der Alten Fahrt Hiltrup in flachen Uferbereichen unbeschadet aus Irisbeständen (*Iris pseudacorus*) und Totholzansammlungen gewonnen werden. Die Laichschnüre bestehen aus einer gallertartigen Masse, die nur eine geringe Klebefähigkeit besitzt.

3.3.2.2 Versuche mit Fischlaich in Transportbehältern zur Ermittlung von Folgeschäden auf die Eientwicklung

Für die Überführung der Eier zur Wellenanlage der Bundesforschungsanstalt für Wasserbau in Karlsruhe wurde eine Fahrtzeit von sechs Stunden kalkuliert. Für diesen Zeitraum sollte sichergestellt werden, dass durch das Transportverfahren keine Schäden an dem Eimaterial auftreten. Bisher gibt es keine Erkenntnisse über mögliche Transportzeiten von Barsch- bzw. Cyprinideneiern in einem luftfeuchten Milieu. Für dieses Verfahren wurde exemplarisch der Laich von Flussbarsch (*Perca fluviatilis*) und Rotaugen (*Rutilus rutilus*) gewählt.

Die Eier der beiden Fischarten wurden in speziell für den Transport von Forelleneiern konzipierten Styroporkisten gelegt. Um sie vor dem Austrocknen zu schützen, wurde ein hohes luftfeuchtes Milieu erzeugt. Dazu wurden in Wasser getränkte Schaumstoffplatten auf einen Rahmen

über die Eier gelegt. Aus ihnen tropfte das Wasser langsam und stetig auf die Laichplatten und hielt die Eier feucht.

3.3.3 Die Laichunterlagen

Als Material für die Laichunterlagen wurde unbehandeltes Buchenholz gewählt. Die Größe der Unterlage betrug 30 cm (Länge) mal 45 cm (Breite). Für die Versuche wurden zwei verschiedene Typen von Unterlagen eingesetzt, so dass sie in etwa den Laichverhältnissen der Fische im Kanal entsprachen. (Abb. 11).

Für den Flussbarsch (*Perca fluviatilis*) wurde der Uferbereich mit Wasserpflanzen nachempfunden. Dafür wurden auf der Laichunterlage Rundstäbe senkrecht eingelassen. Um diese Rundstäbe wurde der Laich, wie um Wasserpflanzen, geschlungen.

Auf die Unterlagen für den Cyprinidenlaich wurden abgeflachte hölzerne Dreiecksprofile geschraubt. Der Laich wurde möglichst so auf die Unterlage gebracht, dass er zwischen den Profilen positioniert war. So wurde gewährleistet, dass der Laich von der vollen Kraft einer Welle nur einmal getroffen wurde, entweder bei anlaufender oder bei ablaufender Welle. Dieses entspricht in etwa den Verhältnissen an der Kanalböschung.



Abb. 11: Laichunterlagen für Barschlaich (links) und Cyprinidenlaich (rechts).

3.3.4 Der Feldversuch im Dortmund-Ems-Kanal

Um den Einfluss des Schiffsverkehrs unter realen Bedingungen zu erforschen, wurden in umfangreichen Feldversuchen im Dortmund-Ems-Kanal mit Fischeiern versehene Laichunterlagen unter Wasser auf der Steinböschung positioniert. Die Laichunterlagen wurden in zwei verschiedenen Tiefen dargeboten. Die obere Unterlage wurde in 30 cm Tiefe verankert, da der Absenk der Güterschiffe in der Regel größer als 30 cm ist. So fällt diese Unterlage bei nahezu jeder Passage eines Schiffes trocken. Durch die anlaufenden Wellen, die sich am Ufer brechen, sind die Eier in dem Bereich zwischen 0 und 30 cm den maximal möglichen, negativen Verhältnissen ausgesetzt.

Es wirken nicht nur die Strömung und das an- und ablaufende Wasser, sondern auch die sich auf der Böschung brechenden Wellen auf die Eier. Dieser Effekt kann mit einer Brandung verglichen werden.

Die untere Unterlage wurde in 80 cm Wassertiefe exponiert. Dieser Bereich fiel in vorbereitenden Beobachtungen bei der Passage eines Schiffes nie trocken. Durch diese Expositionstiefe wurde der Einfluss der Strömung zusammen mit dem an- und ablaufenden Wasser bewertet. Der Brandungseffekt fehlt bei dieser Tiefe. Auch während der Feldversuche fiel dieser Bereich bei keiner Schiffspassage trocken.

Die Versuche wurden mit den Eiern von Flussbarsch (*Perca fluviatilis*), Brasse (*Abramis brama*), Rotauge (*Rutilus rutilus*) und Karpfen (*Cyprinus carpio*) durchgeführt. Zum Versuchsprogramm gehörte die Erhebung des Absunks, der Strömungsgeschwindigkeit und die Aufzeichnung der Dauer einer Schiffspassage. Die Strömung wurde mit dem hochsensiblen OTT-Strömungsmesser Nautilus C 2000 gemessen.

3.3.5 Freiluft-Laborversuche in der Wellensimulationsanlage und in der Fließrinne in der Bundesforschungsanstalt für Wasserbau in Karlsruhe

3.3.5.1 Versuche in der Wellensimulationsanlage

In der Wellensimulationsanlage in der Bundesforschungsanstalt für Wasserbau in Karlsruhe kann der Absunk computergesteuert simuliert werden (Abb. 12). Durch das Anheben eines großen Stempels aus dem Wasserkörper wird der Absunk erzeugt, der dem Absunk der Schiffe bei ihrer Fahrt im Kanal entspricht. Durch das Zurückdrücken des Stempels baut sich eine Welle auf, die sich auf der Uferböschung, bestückt mit Wasserbausteinen der Klasse II-III gemäß der Uferbefestigung für Kanäle, bricht.

Für den Versuchsablauf wurden Absunkwerte in 10-cm-Schritten von 30 bis 100 cm erzeugt. Ein Absunk von einem Meter ist im Dortmund-Ems-Kanal aber nur in Ausnahmefällen zu erwarten. Vorbereitende Beobachtungen haben durchschnittliche Absunkmaxima zwischen 40 und 60 cm ergeben. Aber auch Werte von 70 cm waren zu beobachten.

Pro Versuchsablauf wurden jeweils zwei mit Fischlaich bestückte Laichunterlagen in 30 und 80 cm Wassertiefe auf der Böschung fixiert. Zur besseren Bewertung wurde der Versuch mit jeweils neuen Laichunterlagen vier Mal wiederholt. Nach jedem erzeugten Absunkschritt wurde bis zur Beruhigung der Wasserfläche abgewartet. Dann wurden die Laichunterlagen abwechselnd gehoben und der aktuelle Stand der Eianzahl mit einem Fotoapparat mit hochwertigem Makroobjektiv vom Stativ aus dokumentiert. Um einen Vergleich mit der Anfangssituation ziehen zu können, wurden beide Laichunterlagen vor dem ersten Absunkereignis ebenfalls fotografisch erfasst.

Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte durch den schrittweisen Vergleich der Fotos mit Hilfe von zwei Diaprojektionen. Die an die Wand geworfenen Bilder mit den Einzeleiern wurden durch Punkte auf eine Klarsichtfolie übertragen. Durch Übereinanderlegen der Folien von zwei aufeinander folgenden Absunkereignissen konnte die fehlende Eianzahl bis auf jedes einzelne Ei genau ermittelt werden. Im Fall der Barsch-Laichstränge wurde die fehlende Masse nicht in Einzeleiern, sondern prozentual ermittelt.



Abb. 12: Die Wellensimulationsanlage in der Bundesforschungsanstalt für Wasserbau in Karlsruhe.

3.3.5.2 Versuche in der Fließrinne

Da nicht nur der Wellenschlag, sondern auch die Strömungsgeschwindigkeit einen Einfluss auf die abgelegten Eier ausübt, wurde die Strömungsrinne in der BfG für einen Versuch genutzt (Abb. 13). Die Laichunterlagen wurden in der Rinne positioniert, die anschließend aktiviert wurde. Beginnend mit einer Strömungsgeschwindigkeit von 0,4 m/s wurde die Geschwindigkeit in Schritten von 0,1 m/s bis auf 1,5 m/s gesteigert. Die bei den Feldversuchen festgestellte, maximale Strömungsgeschwindigkeit betrug 1,04 m/s. Da die Strömungsrinne eine Geschwindigkeit von 1,5 m/s erlaubte, wurde der Versuch bis zu diesem Wert erweitert. Die Strömungsgeschwindigkeit wurde jeweils für etwa 30 Sekunden aufrecht erhalten und anschließend



Abb. 13: Eiversuche in der Fließrinne.

wieder heruntergefahren. Dieses Verfahren entspricht den in Voruntersuchungen festgestellten durchschnittlichen Verhältnissen.

Der Versuch wurde mit jeweils vier Laichunterlagen für die Arten Flussbarsch (*Perca fluviatilis*), Brasse (*Abramis brama*) und Rotaugen (*Rutilus rutilus*) durchgeführt. Die Dokumentation der Versuche erfolgte ebenfalls fotografisch und die Auswertung, wie bei dem Versuch in der Wellenanlage, mit Hilfe von zwei Diaprojektoren.

3.3.5.3 Laborversuch zum Einfluss von Wellenschlag auf Eier und Dottersacklarven

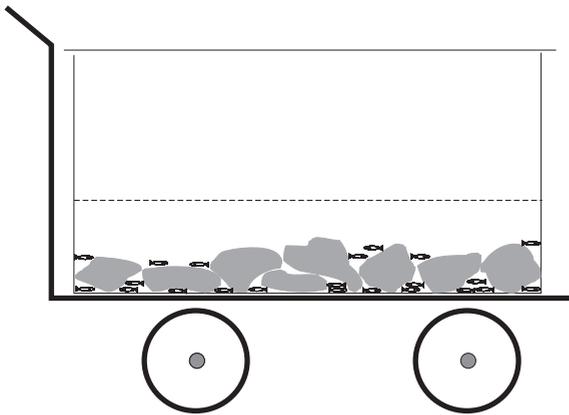


Abb. 14: Der Wellenwagen zur Simulation von brechenden Wellen und deren Einfluss auf die Eier und Fischlarven ausgesuchter Fischarten (die gestrichelte Linie kennzeichnet die Wasseroberfläche).

Im Labor wurde ein Versuch angesetzt, mit dem die Mortalitätsrate von Eiern und frisch geschlüpften Dottersacklarven bestimmt werden sollte (Abb. 14). Für diese Untersuchung wurden exemplarisch die Arten Flussbarsch (*Perca fluviatilis*), Rotaugen (*Rutilus rutilus*) und Brasse (*Abramis brama*) ausgewählt.

In einem großen Aquarium wurde der Boden so mit Steinen ausgelegt, dass diese sich während der Wellensimulation nicht gegeneinander verschieben konnten. So wurde ausgeschlossen, dass Eier und Dottersacklarven durch Bewegungen der Steine zerdrückt wurden, sondern rein der Einfluss der sich brechenden Welle und der damit auftretenden Kräfte auf die Entwicklungsstadien wirkte.

Das zu einem Drittel mit Wasser gefüllte Aquarium wurde auf einem Rollwagen positioniert, mit einem Deckel dicht abgeschlossen und durch zwei Spanngurte festgeschnallt. Anschließend wurden 400 Fischeier mit einem Wasserstrahl von ihrer Laichunterlage gelöst. 200 Eier kamen für den Wellenversuch in das Versuchsbecken. Mit den restlichen 200 Eiern wurde die normale Mortalitätsrate als Referenzprobe in einem Aquarium bis zum Schlupf bestimmt. Bei dem Versuch mit Dottersacklarven erfolgte bei identischem Versuchsablauf die gleiche numerische Aufteilung.

Für die beiden Entwicklungsstadien Ei bzw. Larve wurden 60 brechende Wellen durch abruptes Hin- und Herschieben des Wagens erzeugt. Das entspricht laut Vorbeobachtungen in etwa einer Tagesbelastung durch die Schifffahrt. Nach jeder Welle wurde eine Pause von 5 Minuten eingelegt.

Zur Ermittlung der Mortalitätsrate wurden die Eier und Larven von den Steinen abgespült und in lebend und tot unterteilt. Beide Stadien wurden unter dem Binokular auch auf kleine Beschädigungen der Ei- bzw. Körperhülle hin untersucht. Zur weiteren Beobachtung von letalen Spätfolgen wurden die unbeschädigten Eier und Larven in einem separaten Becken überwacht.

3.4 Ausbringen von künstlichen Laichnestern für den Flussbarsch

Mit dem Ausbringen von künstlichen Laichnestern für den Flussbarsch (*Perca fluviatilis*) in der Fahrt und in der Alten Fahrt sollte der Nachweis erbracht werden, ob die Fische beide Habitats in gleichem Maße für ihre Laichablage nutzen. Besonders in strukturlosen Uferbereichen ist diese Methode erfolgreich. Diese Technik gilt bei Fischzüchtern als gängige Praxis, um an den Laich von Zandern zu gelangen. Dabei findet sich auch häufig Barschlaich und Laich anderer Fischarten auf den Laichnestern.

Für den Bau wurden ca. 1,3 Meter lange Äste von diversen Baumarten lose gebündelt, zusammengebunden und im Kanal in einer Wassertiefe von 1 Meter auf der Uferböschung verankert. In beiden Habitats wurden jeweils 10 Laichnester exponiert, die mehrfach während der Laichzeit der Barsche im Kanal von Mitte April bis Anfang Mai kontrolliert wurden.

4 Ergebnisse

4.1 Physikalische Parameter

4.1.1 Wassertemperatur

Die Mittelwerte der Wassertemperatur in 10 cm Tiefe zeigten von April bis November in den Jahren 1997 und 1998 in der Alten Fahrt und in der Fahrt einen sehr ähnlichen Verlauf (Abb. 15) mit kaum voneinander abweichenden Werten. Die Maximalwerte lagen im Sommer bei über 20 °C (Höchstwert 22,5°C im August 1997 in der Fahrt) und von Ende Mai bis Ende September bewegten sich alle Mittelwerte über 20 °C. Im November lagen die Wassertemperaturen noch deutlich über 5 °C. Auch die vertikale Schichtung der Wassertemperatur, gemessen in Abschnitten von 0,5 m, zeigte im August einen homogenen Verlauf (Abb. 16). Die Temperatur in der Fahrt (Tiefe 2,5 m) betrug an der Oberfläche 23,3°C und in der Alten Fahrt (Tiefe 3,5 m) 22,9°C. Eine Sprungschicht war nicht ausgebildet, da das Wasser durch die Schifffahrt ständig durchmischt wird. So erklären sich auch die hohen Wassertemperaturen bis in Sohlhöhe. Ab einer Wassertiefe von 1 m verliefen die Temperaturen nahezu identisch.

4.1.2 Elektrische Leitfähigkeit

Die elektrische Leitfähigkeit wurde parallel zu den Temperaturdaten in den Jahren 1997 und 1998 erhoben. Die Werte zeigten untereinander ebenfalls einen sehr homogenen Verlauf (Abb. 17). Unterschiede waren weder zwischen den Untersuchungsjahren noch zwischen der Alten Fahrt und der Fahrt zu erkennen. Im April

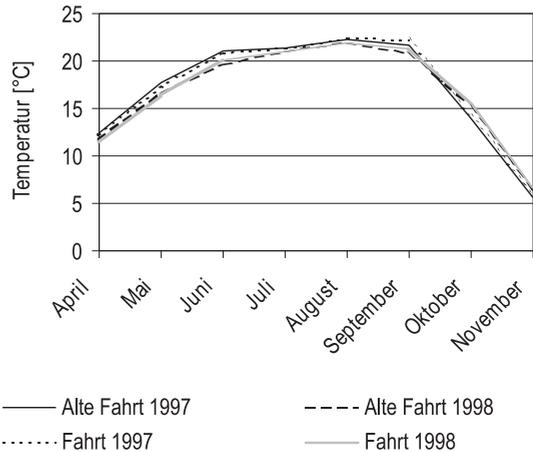


Abb. 15: Mittlere Wassertemperaturen in den Jahren 1997 und 1998 in der Alten Fahrt und in der Fahrt, gemessen in 10 cm Wassertiefe.

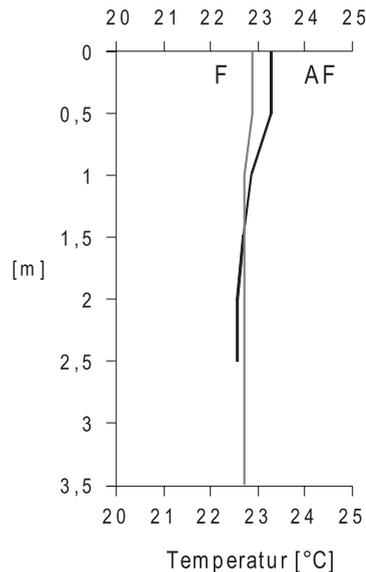


Abb. 16: Vertikale Schichtung der Wassertemperatur im August 1998 in der Alten Fahrt und in der Fahrt.

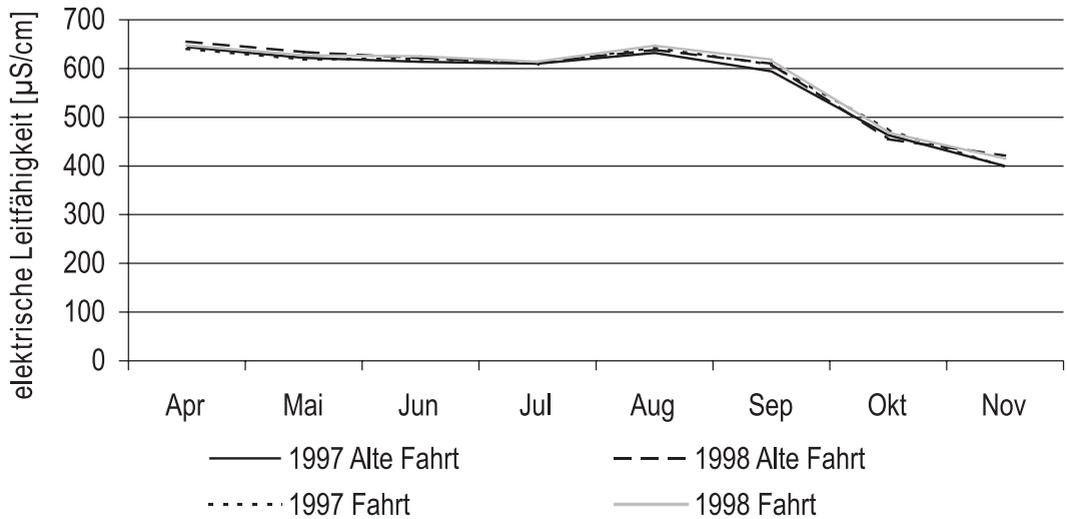


Abb. 17: Mittlere elektrische Leitfähigkeit in den Jahren 1997 und 1998 in der Alten Fahrt und in der Fahrt, gemessen in 10 cm Wassertiefe.

lagen die Mittelwerte bei etwa 650 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und fielen bis zum Juli kaum merklich auf knapp über 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ab. Nach einem leichten Anstieg im August auf das Ausgangsniveau vom April sanken die Werte dann bis zum November auf etwa 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ab. Insgesamt lagen die Werte von April bis etwa Ende September im Bereich von 500 bis 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ („gut mineralisiertes Wasser“ nach HÜTTER 1992), von etwa Ende September bis November traten Werte unter 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf („schwach mineralisiertes Wasser“ HÜTTER 1992).

4.1.3 Vertikale Verteilung des Sauerstoffs

Das Tiefenprofil des Sauerstoffs (Abb. 18) zeigte im August eine sehr gute, äußerst gleichmäßige Sauerstoffverteilung von der Oberfläche bis zur Sohle. Der Sauerstoffgehalt betrug in der Fahrt bis in 1,5 m Tiefe 112 % und war somit leicht übersättigt. Dieser Wert entspricht 9,7 mg/l. In der Alten Fahrt lag die Sauerstoffversorgung

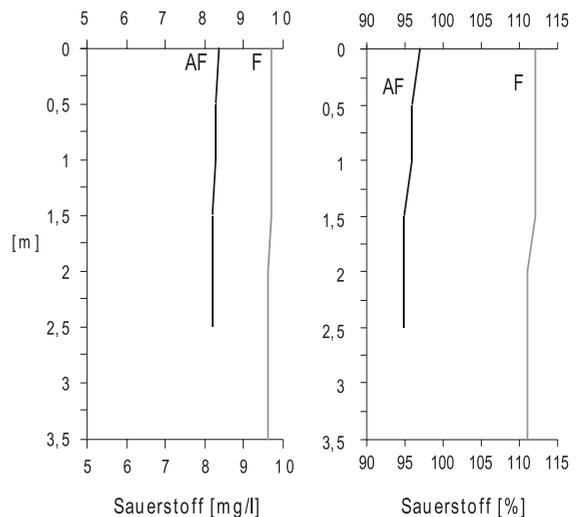


Abb. 18: Vergleich der vertikalen Schichtung des Sauerstoffs (% und mg/l) im August 1998 in der Alten Fahrt und in der Fahrt.

mit 97 % an der Oberfläche (8,4 mg/l) nur leicht unter dem gesättigten Bereich. Bis zur Sohle veränderten sich die Werte kaum. Da das Wasser durch die Schifffahrt ständig durchmischt wird, erreichten die Sauerstoffwerte auch noch im Sommermonat August in der Alten Fahrt sehr hohe Werte.

4.2 Fangergebnisse und Zusammensetzung der Adultfische

Insgesamt wurden in den beiden Untersuchungsjahren 1997 und 1998 51907 Fische mit verschiedenen Methoden nachgewiesen. Da für den Nachweis der adulten Fische wegen der Gefährdung der Schifffahrt nur die Methode der Elektrofischung eingesetzt werden konnte (Ausnahme bildete eine genehmigungspflichtige, einmalige Zug-/Stellnetzbefischung in der Alten Fahrt 1998), geben die Daten nur einen Überblick über das Artenspektrum. Für Studien des Populationsaufbaus waren die Fangmengen der Adulten nicht geeignet, da Fische des Pelagials, z.B. ältere Cypriniden (Karpfen, Brasse etc.), durch die Scheuchwirkung des Motorbootes nur schwer fangbar sind. Diese Arten waren daher in den Fängen stark unterrepräsentiert. Aus der Tab. 7 wird ersichtlich, dass der überwiegende Anteil (97 %) aus 0+-Stadien bestand. Betrachtet man die Verteilung der Fänge in der Alten Fahrt und der Fahrt, so lag der Nachweis der Individuen in der Alten Fahrt sowohl bei den Adulten als auch bei den Jungfischen mindestens doppelt so hoch wie in der Fahrt.

Tab. 7: Anteile der adulten Fische und der 0+-Stadien am Gesamtfang in der Alten Fahrt und in der Fahrt Hiltrup 1997 und 1998.

Altersstadien	Gesamtfang		Alte Fahrt		Fahrt	
	Individuen	%	Individuen	%	Individuen	%
Adulte	1570	3	1142	3,3	428	2,5
0+-Stadien	50337	97	33745	96,7	16592	97,5
Gesamtfang	51907	100	34887	100	17020	100

Tab. 8: Fangergebnisse der Netzbefischung im Dezember 1998 (n = 192).

Rotauge	Ukelei	Brasse	Zander	Kaulbarsch	Flussbarsch	Rapfen	Karpfen	Schleie
104	51	13	8	7	4	3	1	1

Die insgesamt 1570 nachgewiesenen adulten Fische verteilten sich auf 12 Arten (Abb. 19). Fast alle Fischarten konnten in der Alten Fahrt z. T. in deutlich höheren Stückzahlen gefangen werden. Der Nachweis von Brasse und Bachforelle in der Fahrt sowie des Karpfens in der Alten Fahrt gelang jeweils nur als Einzelexemplar. Dominante Fischart in beiden Untersuchungsabschnitten war der Flussbarsch, gefolgt von Rotauge, Aal, Kaulbarsch und Ukelei.

Bei getrennter Betrachtung der Untersuchungsabschnitte wurden in der Alten Fahrt 1142 (Anteil 73 %, 11 Fischarten) und in der Fahrt 428 Individuen (Anteil 27 %, 8 Arten) nachgewiesen.

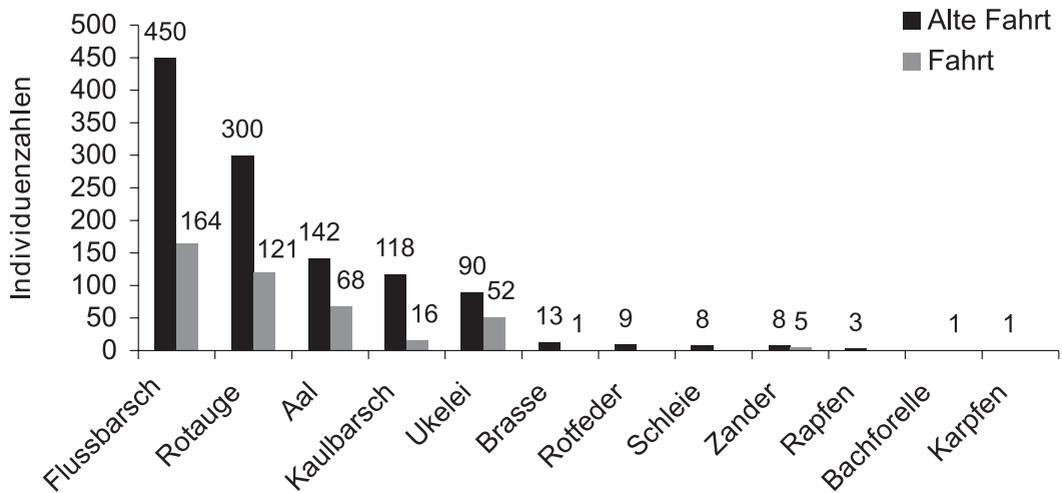


Abb. 19: Gesamtfang (absolute Abundanz) der Adultfische der Jahre 1997 und 1998 im Dortmund-Ems-Kanal in der Alten Fahrt und der Fahrt Hiltrup (n = 1570).

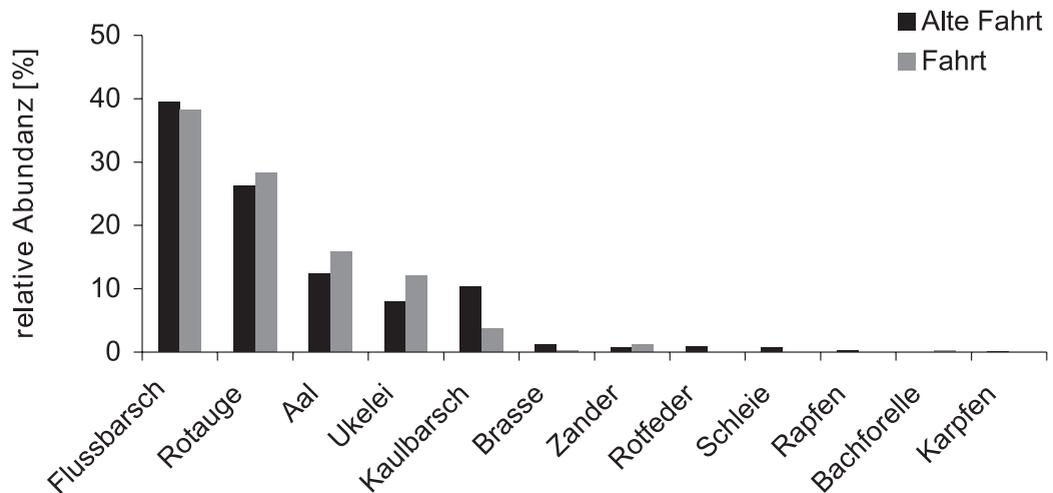


Abb. 20: Vergleich der relativen Abundanz der nachgewiesenen adulten Fische im Dortmund-Ems-Kanal in der Alten Fahrt n = 1142 und der Fahrt n = 428.

In dem Gesamtfang sind auch die Ergebnisse der Netzbefischung aus der Alten Fahrt enthalten (Tab. 8). Mit dieser Methode wurden alle Brassen, Zander, Rapfen und das einzelne Exemplar des Karpfens in diesem Lebensraum gefangen, die mit dem Elektrofischgerät nicht nachgewiesen werden konnten.

Tab. 9: Häufigkeitsklassen der Fischarten in der Alten Fahrt und in der Fahrt (nach MÜHLENBERG 1995).

Fischart	Alte Fahrt	Fahrt
Flussbarsch	eudominant	eudominant
Rotaugen	dominant	dominant
Aal	dominant	dominant
Ukelei	subdominant	dominant
Kaulbarsch	dominant	subdominant
Brasse	rezendent	sporadisch
Zander	subrezendent	rezendent
Rotfeder	subrezendent	sporadisch
Schleie	subrezendent	sporadisch
Rapfen	sporadisch	sporadisch
Bachforelle	sporadisch	sporadisch
Karpfen	sporadisch	sporadisch

Vergleicht man die relativen Abundanzen (Abb. 20), so wiesen Flussbarsch, Rotaugen, Aal und Ukelei in der Alten Fahrt und der Fahrt ähnlich prozentual verteilte Häufigkeiten auf (vgl. auch die Häufigkeiten nach MÜHLENBERG, 1995 in Tab 9.). Als einzige Fischart zeigte der Kaulbarsch eine deutliche Präferenz für die Alte Fahrt. Für die übrigen Arten konnte aufgrund der geringen Fangzahlen keine allgemein gültige Aussage getroffen werden.

Bei Betrachtung der Frequenz (Abb. 21, Tab. 10) wird die Verteilung der einzelnen Fischarten deutlich. Flussbarsch und Rotaugen konnten an jeder Probestelle in der Alten Fahrt und der Fahrt nachgewiesen werden (Frequenz 100 %); dies entspricht der Häufigkeitsklasse „sehr häufig“ nach SCHWERDTFEGER (1975) und gilt auch für das Rotaugen und den Aal.

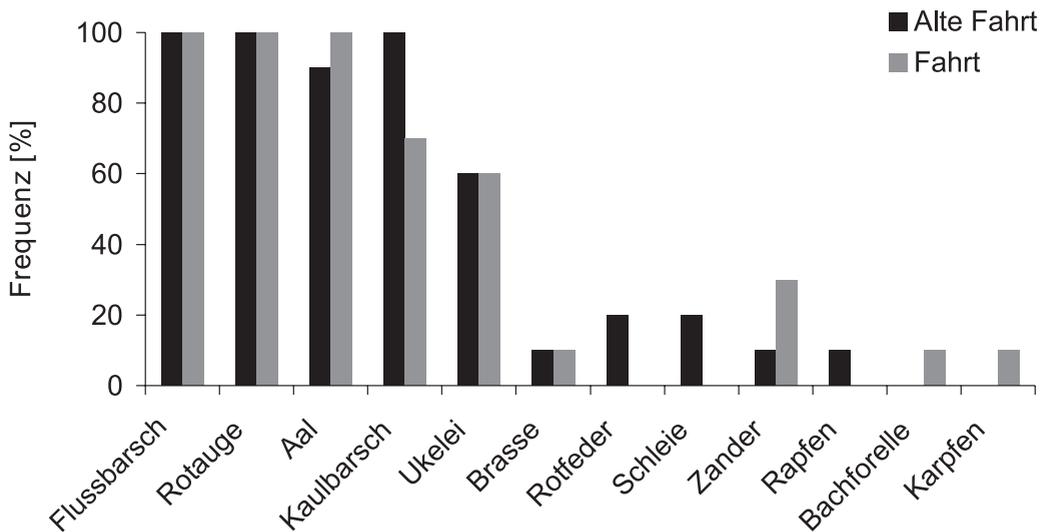


Abb. 21: Frequenz der adulten Fische in der Alten Fahrt und der Fahrt.

Tab. 10: Frequenzklassen der Fischarten in der Alten Fahrt und in der Fahrt (nach SCHWERDTFEGGER 1975).

Fischart	Alte Fahrt	Fahrt
Flussbarsch	sehr häufig	sehr häufig
Rotauge	sehr häufig	sehr häufig
Aal	sehr häufig	sehr häufig
Kaulbarsch	sehr häufig	häufig
Ukelei	häufig	häufig
Rotfeder	selten	sehr selten
Schleie	selten	sehr selten
Zander	sehr selten	verbreitet
Brasse	sehr selten	sehr selten
Rapfen	sehr selten	sehr selten
Bachforelle	sehr selten	sehr selten
Karpfen	sehr selten	sehr selten

Der Aal zeigte mit 100 % in der Fahrt und 90 % in der Alten Fahrt eine hohe, aber nicht ganz ausgeglichene Frequenz. Gleiches gilt für den Kaulbarsch, der in der Alten Fahrt eine Frequenz von 100 % (sehr häufig) aufwies. Sein Anteil von 70 % (häufig) in der Fahrt ist zwar relativ hoch, resultiert sich aber aus einer geringen Individuenzahl pro Probestelle.

Auch der Ukelei zeigte mit 60 % (häufig) eine recht hohe und sehr ausgeglichene Frequenz in den beiden Untersuchungsabschnitten. Gleiches galt für die Brasse, die aber mit einer Frequenz von nur 10 % (sehr selten) nachgewiesen werden konnte. Rotfeder und Schleie wurden in der Alten Fahrt selten (20 %) und in der Fahrt sehr selten nachgewiesen. Bachforelle, Karpfen und Rapfen wurden ebenfalls in geringen Frequenzen (10 %) gefangen. Der

Zander zeigte mit einer Frequenz von 30 % in der Fahrt gegenüber 10 % in der Alten Fahrt eine erhöhte Präferenz für die Bereiche mit aktiver Schifffahrt.

4.2.1 Ökoethologische Typisierung der nachgewiesenen adulten Fische hinsichtlich ihrer Präferenz von Strömung und Laichsubstrat

Der Anteil der eurytopen Fischarten war mit 66 % (8 Arten) dominierend (Abb. 22). Zu ihnen zählten Aal, Brasse, Flussbarsch, Karpfen, Kaulbarsch, Rotauge, Ukelei und Zander (Tab. 11). Die limnophilen waren mit 18 % und zwei Arten und die rheophilen (rheophil B) mit einer Art und 9 % nur untergeordnet vertreten. Die Bachforelle gilt als rhitrale Art, die nur in oberen Bereichen von Fließgewässern ihr natürliches Vorkommen hat und hier eine nachhaltige Reproduktionsrate erreicht. Daher wurde diese Art nicht ökoethologisch bewertet.

Bei der Beurteilung hinsichtlich der Präferenz des Laichsubstrates bildeten die am geringsten spezialisierten phyto-lithophilen Laicher mit 46 % (5 Arten) den höchsten Anteil, gefolgt von den rein phytophilien mit 36 % (4 Arten). Der lithophile Rapfen (9 %) und der pelagophile, katadrome Aal (9 %) spielten jeweils nur eine untergeordnete Rolle.

Tab. 11: Ökoethologische Typisierung nach Präferenz von Strömung (SCHIEMER & WAIDBACHER 1992) und Laichsubstrat (BALON 1981, 1975) der adulten Fische im Dortmund-Ems-Kanal. Die Bachforelle wurde als rhithrale Art nicht in die ökologische Typisierung einbezogen.

Fischart	Strömung SCHIEMER & WAIDBACHER (1992)	Laichsubstrat BALON (1981, 1975)
Aal (<i>Anguilla anguilla</i>)	eurytop	pelagophil
Brasse (<i>Abramis brama</i>)	eurytop	phyto-lithophil
Flussbarsch (<i>Perca fluviatilis</i>)	eurytop	phyto-lithophil
Karpfen (<i>Cyprinus carpio</i>)	eurytop	phytophil
Kaulbarsch (<i>Gymnocephalus cernuus</i>)	eurytop	phyto-lithophil
Rapfen (<i>Aspius aspius</i>)	rheophil b	lithophil
Rotauge (<i>Rutilus rutilus</i>)	eurytop	phyto-lithophil
Rotfeder (<i>Scardinius erythrophthalmus</i>)	limnophil	phytophil
Schleie (<i>Tinca tinca</i>)	limnophil	phytophil
Ukelei (<i>Alburnus alburnus</i>)	eurytop	phyto-lithophil
Zander (<i>Stizostedion lucioperca</i>)	eurytop	phytophil

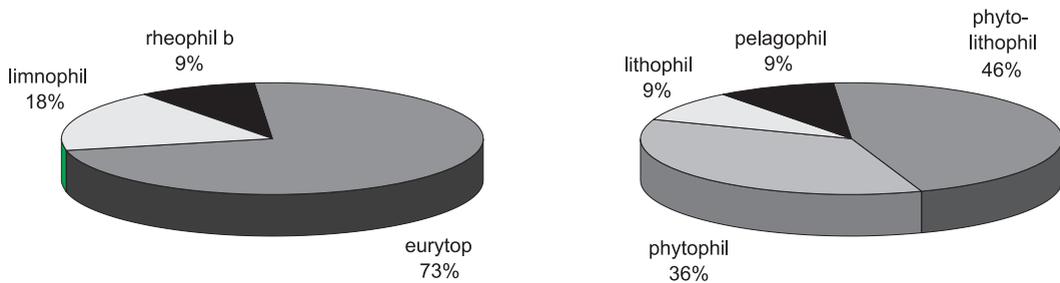


Abb. 22: Anteile der adulten Fische im Dortmund-Ems-Kanal nach der ökologischen Typisierung im Hinblick auf die Strömung (links) (SCHIEMER & WAIDBACHER 1992) und auf das Laichsubstrat (rechts) in Prozent (BALON 1981, 1975). Die Bachforelle wurde als rhithrale Art nicht in die ökologische Typisierung einbezogen.

4.2.2 Längen-Häufigkeits-Verteilung von ausgewählten Fischarten

Die Analyse der Längen-Häufigkeitsverteilung erfolgte bei Flussbarsch, Rotauge, Aal, Kaulbarsch und Ukelei, da diese Arten in ausreichender Menge nachgewiesen werden konnten. Die Ergebnisse sind grafisch in der Abb. 23 dargestellt.

Insgesamt gingen 614 Flussbarsche in die Auswertung ein, 450 (73 %) aus der Alten Fahrt und 164 (27 %) aus der Fahrt. Der Flussbarsch wurde bis zu einer Länge von 30,7 cm (Alte Fahrt) nach-

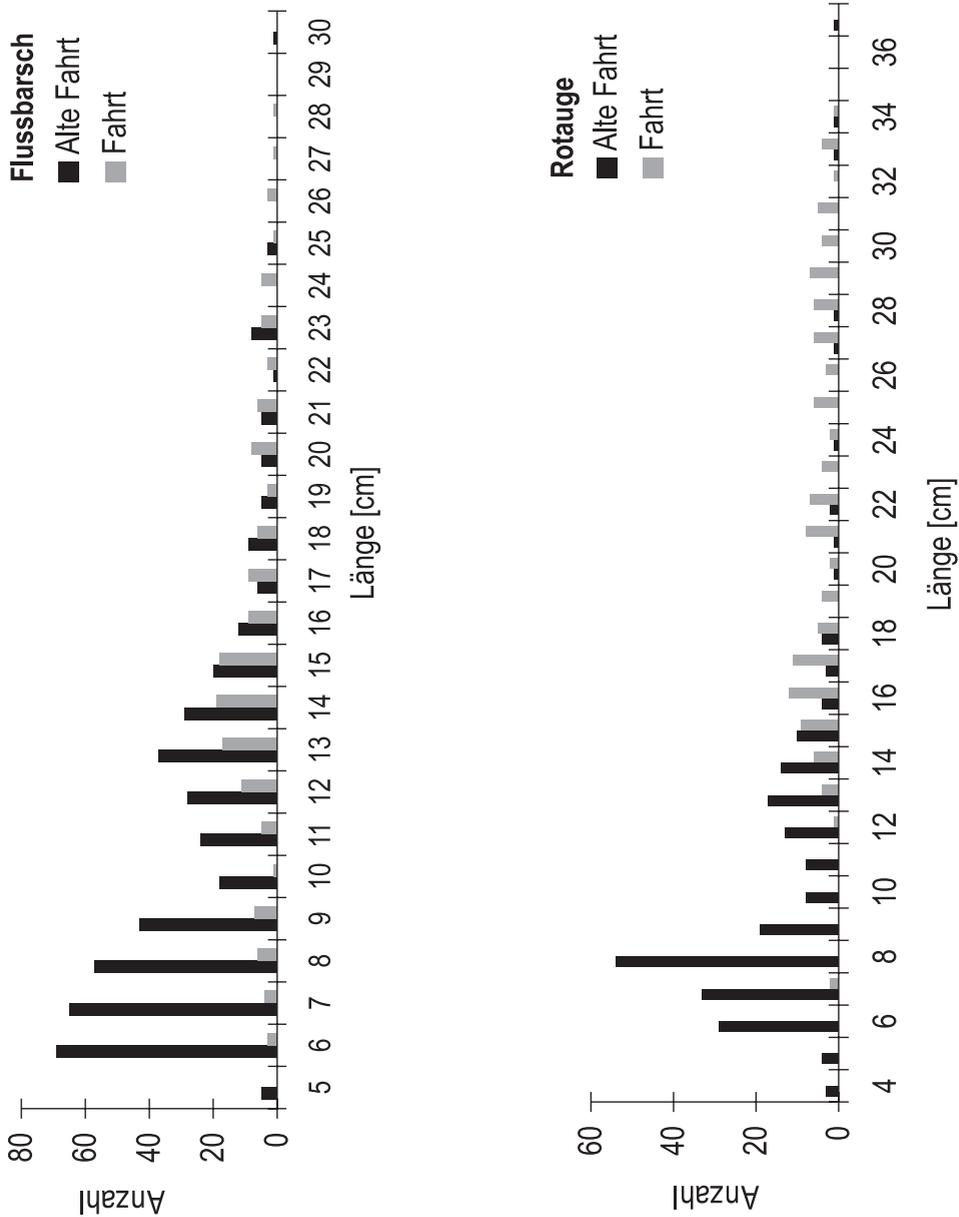
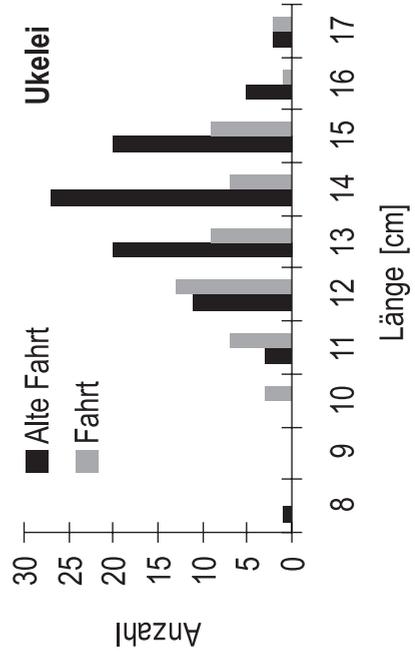
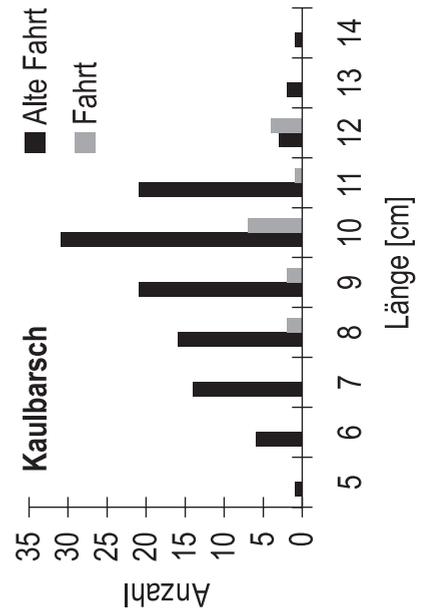
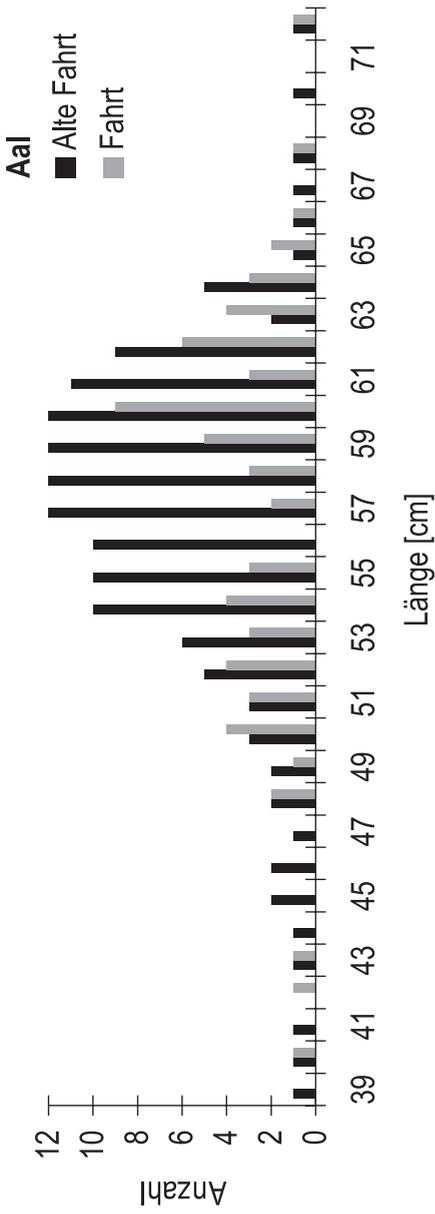


Abb. 23: Vergleich der Längen-Häufigkeitsverteilungen von Flussbarsch (*Perca fluviatilis*), Rotaugel (*Rutilus rutilus*), Aal (*Anguilla anguilla*), Kaulbarsch (*Gymnocephalus cernuus*) und Ukelei (*Alburnus alburnus*) in der Alten Fahrt und in der Fahrt im DEK. In die Auswertung der Flussbarsche wurden juvenile Tiere, die beim Adultfischfang nachgewiesen wurden, einbezogen. Flussbarsch n = 614, Rotaugel n = 421, Aal n = 210, Kaulbarsch n = 134, Ukelei n = 142.



Fortsetzung Abb. 23:

gewiesen. Der größte Fisch aus der Fahrt hatte eine Länge von 28,5 cm. In der Abbildung des Flussbarsches wird deutlich, dass die Exemplare bis etwa 12 cm eine extrem höhere und bis 18 cm eine insgesamt deutlich höhere Präsenz in der Alten Fahrt zeigten. Das bedeutet, juvenile Exemplare nutzten die Fahrt als Lebensraum nur in sehr geringem Maße. Erst ab etwa 19 cm wurde das Verhältnis ausgeglichener. Aufgrund der geringen Nachweise ist hier keine Aussage über Lebensraumpräferenzen möglich.

Bei den Befischungen wurden insgesamt 421 Rotaugen gefangen, 300 (71 %) in der Alten Fahrt und 121 (29 %) in der Fahrt. Die Fischart zeigte ein ähnliches Verteilungsmuster wie die Flussbarsche. Die Exemplare bis 14 cm zeigten eine deutliche Präferenz für die Alte Fahrt. Rotaugen bis 12 cm konnten in der Fahrt kaum nachgewiesen werden. Ab einer Größe von 16 cm kehrte sich das Verhältnis um. Fische ab dieser Länge bevorzugten den Bereich der Fahrt. Die größten Rotaugen konnten mit einer Länge von 37,5 cm in der Fahrt und 34,5 cm während der Laichzeit in der Alten Fahrt gefangen werden.

Der katadrome Aal wurde mit insgesamt 210 Individuen zwischen 39 cm und 71 cm nachgewiesen. Dieser Fisch zeigte insgesamt eine deutliche Präferenz für die Alte Fahrt und konnte hier in höheren Stückzahlen ($n = 142$) als in der Fahrt ($n = 68$) nachgewiesen werden. Die meisten Fische wurden in der Größe zwischen 50 und 64 cm gefangen.

Der Kaulbarsch wurde insgesamt in beiden Untersuchungsabschnitten mit 134 Individuen nachgewiesen. Mit 118 Exemplaren (88 %) in der Alten Fahrt war seine Präferenz gegenüber der Fahrt mit nur 16 Tieren (12 %) besonders deutlich. Juvenile Stadien und Fische unter 8 cm konnten in der Fahrt nicht nachgewiesen werden.

Insgesamt konnten 142 Ukeleis gefangen werden, 90 Exemplare (63 %) in der Alten Fahrt und 52 Individuen (37 %) in der Fahrt. Junge Stadien unter 10 cm wurden kaum nachgewiesen. Insgesamt bevorzugte der Ukelei den Lebensraum in der Alten Fahrt.

4.2.3 Längen-Gewichts-Beziehungen

4.2.3.1 Längen-Gewichts-Beziehungen beim Flussbarsch (*Perca fluviatilis*)

In die Bewertung der Längen-Gewichts-Beziehungen beim Flussbarsch gingen aus der Alten Fahrt 450 und aus der Fahrt 164 Fische ein (Abb. 24). In beiden Lebensräumen wiesen die Flussbarsche mit einem Wert der b-Konstante von deutlich über 3 ein überproportionales Wachstum auf. Dabei zeigten die Fische in der Alten Fahrt noch ein leicht besseres Wachstum als die Barsche in der Fahrt. Das jeweils hohe Bestimmtheitsmaß in der Alten Fahrt ($R^2 = 0,9791$) und in der Fahrt ($R^2 = 0,9766$) deutete auf geringe Schwankungen in der Längen-Gewichts-Beziehung beim Flussbarsch im gesamten Untersuchungsraum des Dortmund-Ems-Kanals hin.

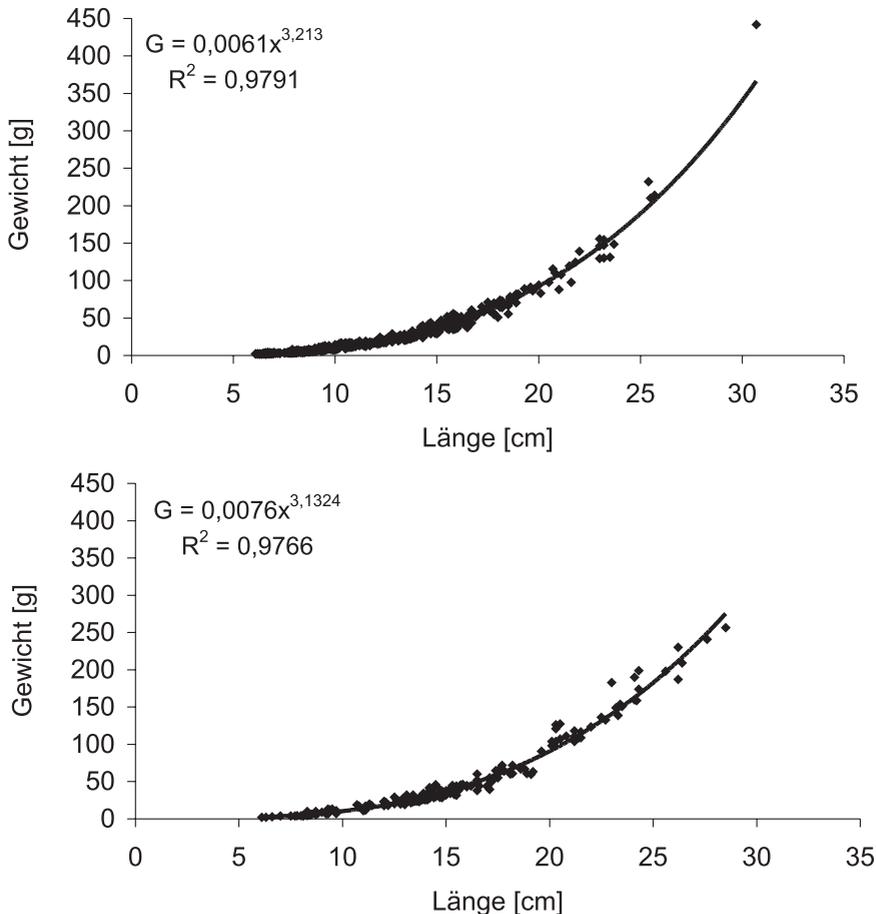


Abb. 24: Längen-Gewichts-Beziehungen beim Flussbarsch (*Perca fluviatilis*) in der Alten Fahrt Hilstrup (oben) und in der Fahrt (unten). Alte Fahrt $n = 450$, Fahrt $n = 164$.

4.2.3.2 Längen-Gewichts-Beziehungen beim Rotauge (*Rutilus rutilus*)

In die Bewertung der Längen-Gewichts-Beziehungen beim Rotauge gingen aus der Alten Fahrt 300 und aus der Fahrt 121 Fische ein (Abb. 25). Wie schon bei den Flussbarschen, wiesen auch die Rotaugen in beiden Lebensräumen mit einem Wert der b-Konstante von über 3 ein überproportionales Wachstum auf. Die Rotaugen zeigten jedoch in der Fahrt ein deutlich besseres Wachstum als in der Alten Fahrt. Das jeweils hohe Bestimmtheitsmaß in der Alten Fahrt ($R^2 = 0,9512$) und in der Fahrt ($R^2 = 0,9873$) deutete auf geringe Schwankungen in der Längen-Gewichts-Beziehung beim Rotauge im Untersuchungsraum hin.

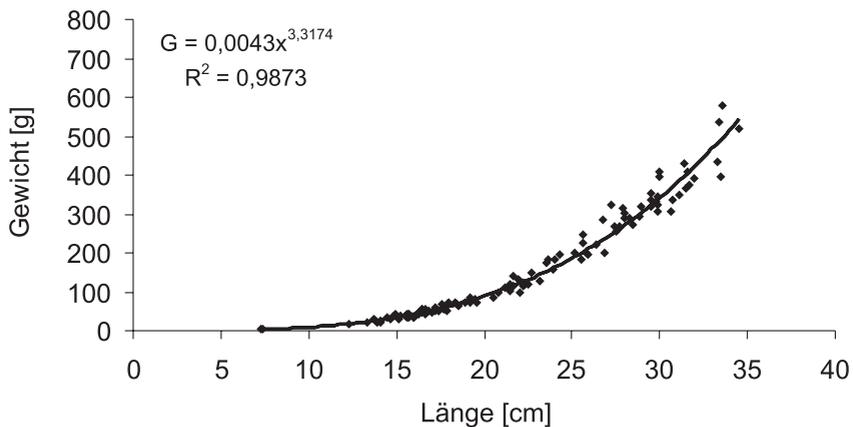
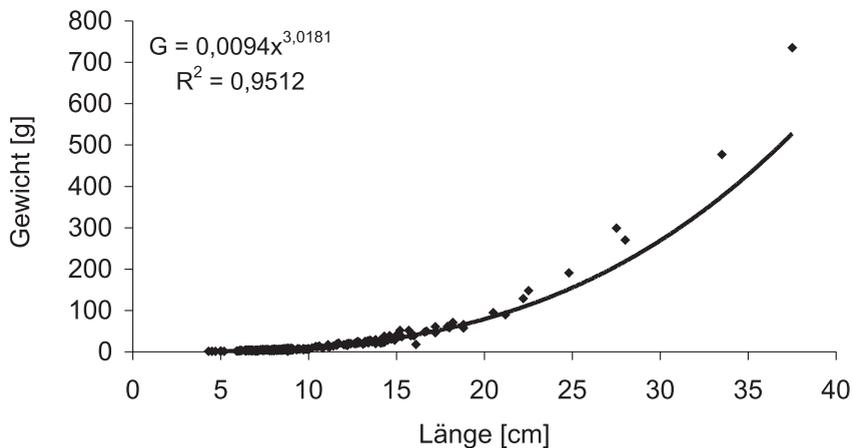


Abb. 25: Längen-Gewichts-Beziehungen beim Rotauge (*Rutilus rutilus*) in der Alten Fahrt Hiltrup (oben) und in der Fahrt (unten). Alte Fahrt $n = 300$, Fahrt $n = 121$.

4.2.3.3 Längen-Gewichts-Beziehungen beim Aal (*Anguilla anguilla*)

Beim Aal gingen in die Bewertung der Längen-Gewichts-Beziehungen aus der Alten Fahrt I42 und aus der Fahrt 68 Fische ein (Abb. 26). Mit einem Wert der b-Konstante von 2,7402 in der Alten Fahrt zeigten die Fische in diesem Lebensraum ein unterproportionales Wachstum. Die Aale in der Fahrt verzeichneten jedoch ein deutlich besseres Wachstum. Hier lag der Wert der b-Konstante mit 3,0699 knapp über 3. Das relativ hohe Bestimmtheitsmaß in der Fahrt ($R^2 = 0,9217$) deutete auf relativ geringe Schwankungen in der Längen-Gewichts-Beziehung hin. Die Schwankungen bei den Fischen in der Fahrt dagegen lag deutlich höher ($R^2 = 0,775$).

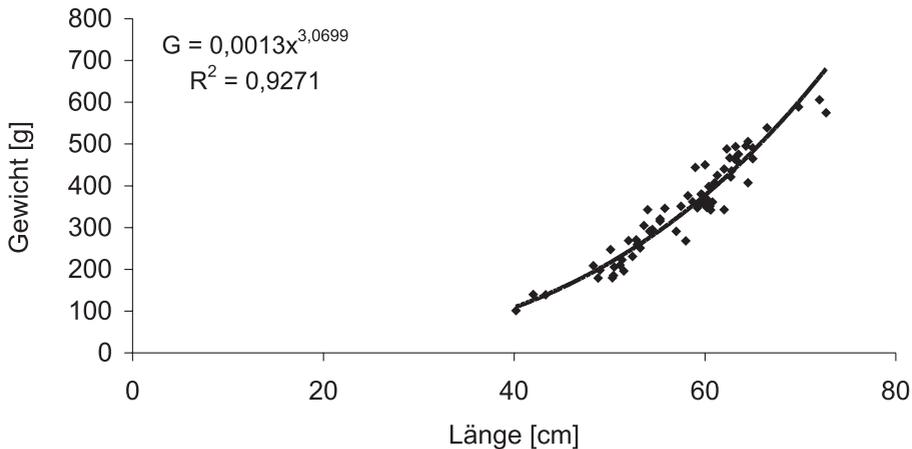
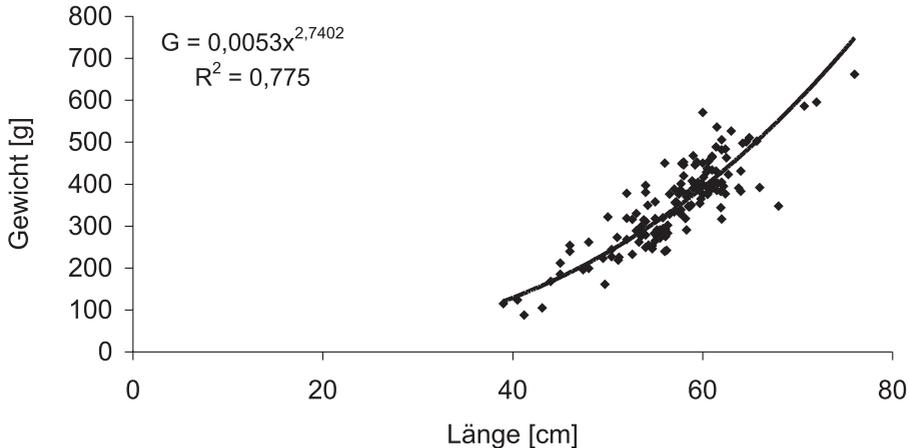


Abb. 26: Längen-Gewichts-Beziehungen beim Aal (*Anguilla anguilla*) in der Alten Fahrt Hiltrup (oben) und in der Fahrt (unten). Alte Fahrt $n = 142$, Fahrt $n = 68$.

4.2.3.4 Längen-Gewichts-Beziehungen beim Kaulbarsch (*Gymnocephalus cernuus*)

In die Bewertung der Längen-Gewichts-Beziehungen beim Kaulbarsch gingen aus der Alten Fahrt 118 und aus der Fahrt nur 16 Fische ein (Abb. 27). In beiden Lebensräumen wiesen die Kaulbarsche mit einem Wert der b-Konstante von deutlich unter 3 ein unterproportionales Wachstum auf. Dabei zeigten die Fische in der Alten Fahrt noch ein wesentlich besseres Wachstum (b-Konstante = 2,8287) als die Kaulbarsche in der Fahrt (b-Konstante = 2,1673). Mit einem Bestimmtheitsmaß in der Alten Fahrt von $R^2 = 0,8955$ und in der Fahrt von $R^2 = 0,7459$ zeigten die Werte vor allem in der Fahrt eine höhere Schwankungsbreite.

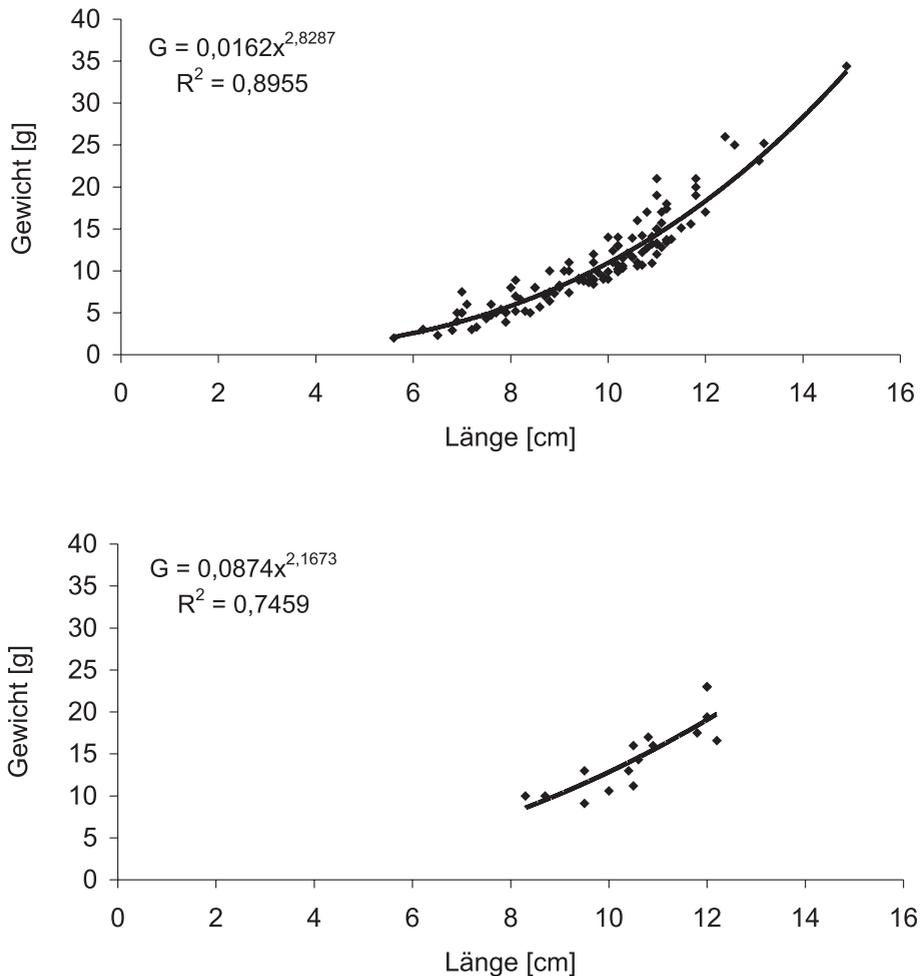


Abb. 27: Längen-Gewichts-Beziehungen beim Kaulbarsch (*Gymnocephalus cernuus*) in der Alten Fahrt Hilstrup (oben) und in der Fahrt (unten). Alte Fahrt $n = 118$, Fahrt $n = 16$.

4.2.3.5 Längen-Gewichts-Beziehungen beim Ukelei (*Alburnus alburnus*)

Für die Bewertung der Längen-Gewichts-Beziehungen beim Ukelei gingen aus der Alten Fahrt 90 und aus der Fahrt 52 Fische ein (Abb. 28). In der Alten Fahrt wiesen die Ukelei ein leicht überproportionales Wachstum auf (b-Konstante = 3,0379). Mit einem Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,8525$ zeigten die Werte eine leichte Streuung.

Die Ukeleis in der Fahrt verzeichneten ein deutlich unterproportionales Wachstum (b-Konstante = 2,0204). Mit einem Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,6731$ zeigten die Werte eine deutliche Streuung in der Längen-Gewichts-Beziehung.

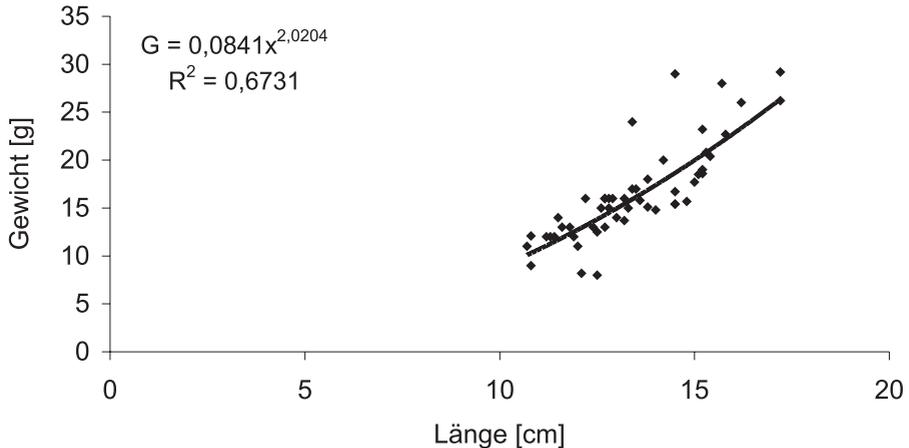
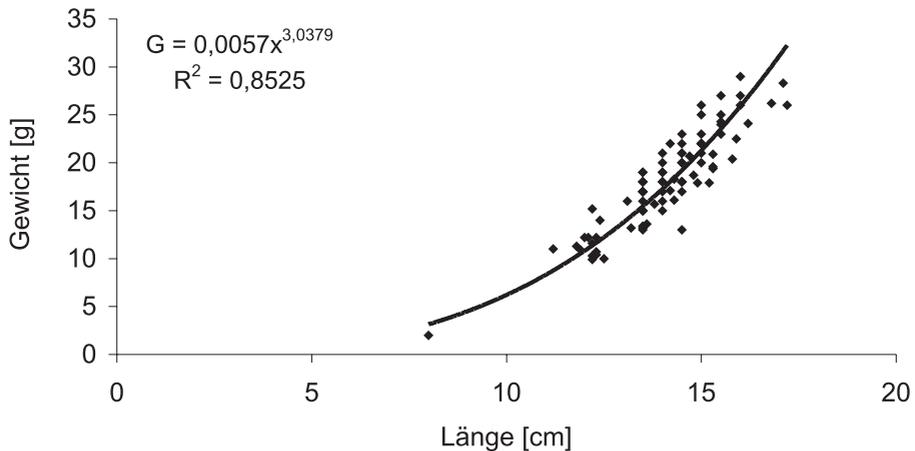
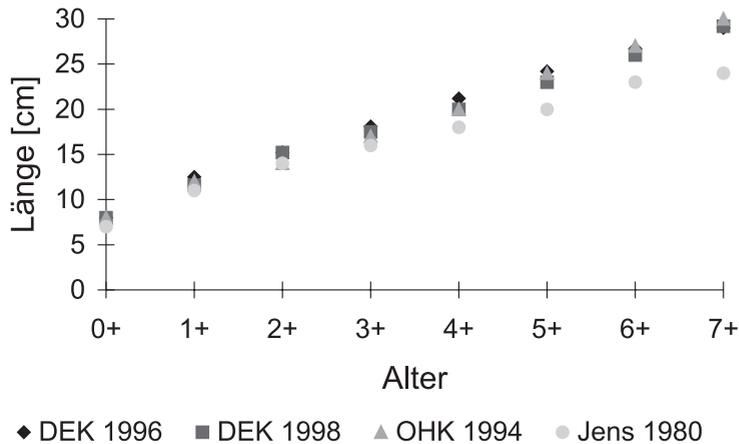


Abb. 28: Längen-Gewichts-Beziehungen beim Ukelei (*Alburnus alburnus*) in der Alten Fahrt Hiltrup (oben) und in der Fahrt (unten). Alte Fahrt n = 90, Fahrt n = 52.

4.3 Vergleich der Alter-Wachstums-Beziehungen von ausgesuchten Fischarten

4.3.1 Flussbarsch (*Perca fluviatilis* L.)

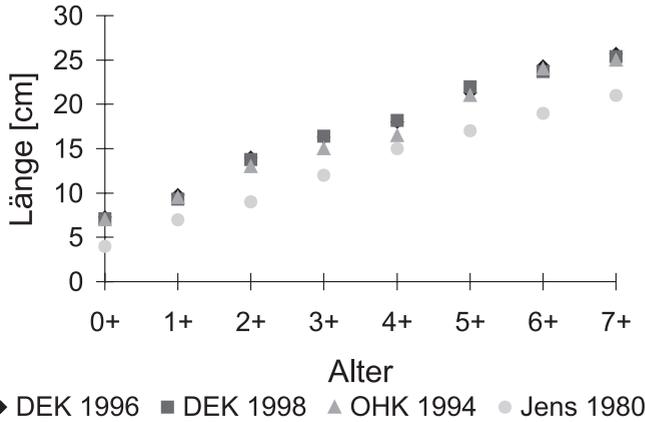


t - Wert	DEK 1998	DEK 1996	OHK 1994	Jens 1980
DEK 1998	x	-2,800*	-0,516	4,117**
DEK 1996		x	1,290	5,167**
OHK 1994			x	3,251*
Jens 1980				x

Abb. 29: Vergleich der Mittelwerte der Alter-Wachstums-Beziehungen beim Flussbarsch (*Perca fluviatilis*) in verschiedenen Gewässern (DEK = Dortmund-Ems Kanal, OHK = Oder-Havel Kanal, JENS = Gewässer in NRW). Zusätzlich sind die t-Werte mit den entsprechenden Signifikanzniveaus angegeben. * = signifikant ($p < 0,05$), ** = hoch signifikant ($p < 0,01$).

Der Vergleich der Mittelwerte der Alter-Wachstums-Beziehungen des Flussbarsches wurde von 0+ bis zu einem Alter von 7+ analysiert (Abb. 29). Bis zu einem Alter von 3+ zeigte das Wachstum in allen Gewässern einen einheitlichen Verlauf, obwohl bei den Daten von JENS (1980) aus den Gewässern in NRW schon ein geringeres Wachstum als in den Kanälen zu erkennen war. Dieser Trend setzte sich mit zunehmenden Alter verstärkt fort. Die Flussbarsche im DEK zeigten gegenüber den Daten von JENS (1980) ein hoch signifikant ($p < 0,01$) besseres Wachstum. Das Wachstum der Flussbarsche im Oder-Havel-Kanal war signifikant ($p < 0,05$) besser als das der Barsche in den Untersuchungsgewässern von JENS (1980). Das insgesamt beste Wachstum verzeichneten die Flussbarsche im Dortmund-Ems-Kanal im Jahr 1996.

4.3.2 Rotauge (*Rutilus rutilus* L.)

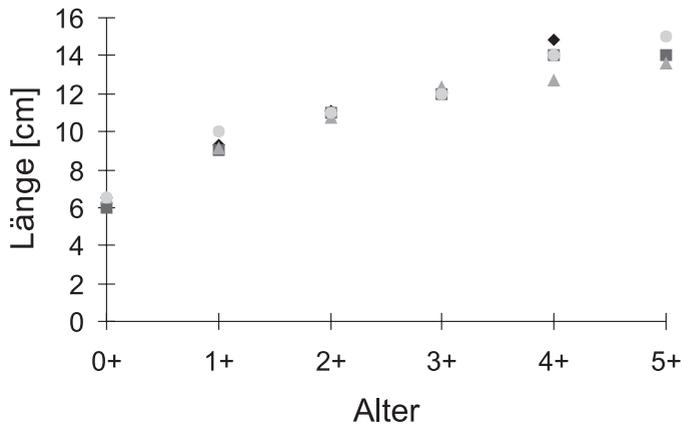


◆ DEK 1996 ■ DEK 1998 ▲ OHK 1994 ● Jens 1980

t - Wert	DEK 1998	DEK 1996	OHK 1994	Jens 1980
DEK 1998	x	0,479	2,610*	9,599**
DEK 1996		x	4,055**	12,256**
OHK 1994			x	8,727**
Jens 1980				x

Abb. 30: Vergleich der Mittelwerte der Alter-Wachstums-Beziehungen beim Rotauge (*Rutilus rutilus*) in verschiedenen Gewässern (DEK = Dortmund-Ems Kanal, OHK = Oder-Havel Kanal, JENS = Gewässer in NRW). Zusätzlich sind die t-Werte mit den entsprechenden Signifikanzniveaus angegeben. * = signifikant ($p < 0,05$), ** = hoch signifikant ($p < 0,01$).

Die Mittelwerte der Alter-Wachstums-Beziehungen vom Rotauge wurden wie beim Flussbarsch von 0+ bis zu einem Alter von 7+ verglichen (Abb. 30). Während des gesamten untersuchten Wachstums zeigten die Rotaugen in den Kanälen ein hoch signifikant ($p < 0,01$) besseres Wachstum als die Fische in den Untersuchungsgewässern in NRW von JENS (1980). Dort lagen die Mittelwerte der 0+-Generation unter 5 cm. Von den Kanälen zeigten die Rotaugen im OHK das geringste Wachstum. Die Rotaugen gediehen im DEK gegenüber den Fischen im OHK hoch signifikant (DEK 1996, $p < 0,01$) bzw. signifikant (DEK 1998, $p < 0,05$) besser.

4.3.3 Kaulbarsch (*Gymnocephalus cernuus* L.)

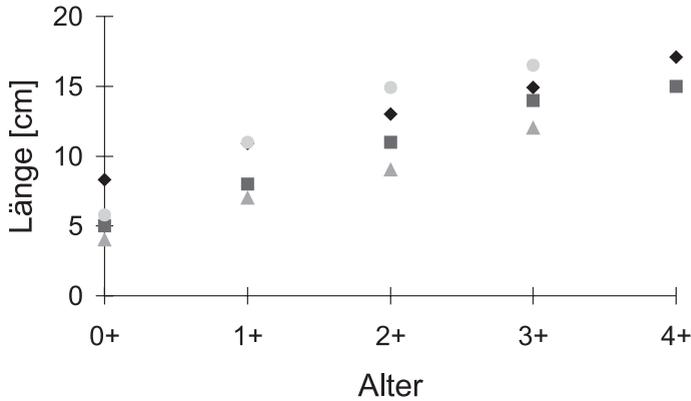
◆ DEK 1998 ■ Jens 1980 ▲ Johal 1978 ● Bacmeister 1975

t - Wert	DEK 1998	Jens 1980	Johal 1978	Bacmeister 1975
DEK 1998	x	3,069*	1,763*	0,257
Jens 1980		x	0,694	-2,076*
Johal 1978			x	-2,086*
Bacmeister 1975				x

Abb. 31: Vergleich der Mittelwerte der Alter-Wachstums-Beziehungen beim Kaulbarsch (*Gymnocephalus cernuus*) in verschiedenen Gewässern (DEK = Dortmund-Ems Kanal, JENS = Gewässer in NRW, JOHAL = Slowakische Seen, BACMEISTER = norddeutsche Seen). Zusätzlich sind die t-Werte mit den entsprechenden Signifikanzniveaus angegeben. * = signifikant ($p < 0,05$), ** = hoch signifikant ($p < 0,01$).

Die Auswertung der Daten für die Alter-Wachstums-Beziehungen beim Kaulbarsch erfolgte bis zum Alter von 5+ (Abb. 31). Im DEK zeigten die Kaulbarsche ein signifikant ($p < 0,05$) besseres Wachstum als in den Untersuchungsgewässern in NRW (JENS 1980), den norddeutschen (BACMEISTER 1975) und den slowakischen Seen (JOHAL 1978). Bis zum Alter von 3+ verhielt sich das Wachstum in allen Gewässern recht einheitlich. Die Kaulbarsche in den norddeutschen Seen von BACMEISTER (1975) zeigten im Alter von 1+ ein leicht überdurchschnittliches Wachstum. Im Alter von 4+ zeigten die Maximalwerte vom DEK (15 cm) und die Minimalwerte (13,6 cm) von JOHAL (1978) die größte Abweichung, lagen aber mit einem Abstand von nur 1,4 cm recht nah beieinander. Das schlechteste Wachstum verzeichneten die Kaulbarsche in den slowakischen Seen bei den Untersuchungen von JOHAL (1978).

4.3.4 Ukelei (*Alburnus alburnus* L.)



◆ DEK 1998 ■ Bacmeister 1975 ▲ Bauch 1955 ● Kugel 1942

t - Wert	DEK 1998	Bacmeister 1975	Bauch 1955	Kugel 1942
DEK 1998	x	5,407**	12,426**	-0,273
Bacmeister 1975		x	5,196*	-3,915*
Bauch 1955			x	-4,756*
Kugel 1942				x

Abb. 32: Vergleich der Mittelwerte der Alter-Wachstums-Beziehungen beim Ukelei (*Alburnus alburnus*) in verschiedenen Gewässern (DEK = Dortmund-Ems Kanal, BACMEISTER = norddeutsche Seen I, BAUCH = norddeutsche Seen 2, KUGEL = ostpreußische Fließgewässer). Zusätzlich sind die t-Werte mit den entsprechenden Signifikanzniveaus angegeben. * = signifikant ($p < 0,05$), ** = hoch signifikant ($p < 0,01$).

Die Mittelwerte der Alter-Wachstums-Beziehungen vom Ukelei wurden von 0+ bis zu einem Alter von 3+ bzw. 4+ verglichen (Abb. 32). Von BAUCH (1955) und KUGEL (1942) standen nur Daten bis zum Alter von 3+ zur Verfügung. Die Wachstumsdaten zeigten von allen Fischarten die größte Streuung innerhalb der einzelnen Altersklassen. Das beste Wachstum bis zu einem Alter von 3+ zeigten die Ukeleis in den ostpreußischen Fließgewässern von KUGEL (1942). Die Ukeleis im DEK verzeichneten ein hochsignifikant ($p < 0,01$) besseres Wachstum als die Tiere in den norddeutschen Seen. Die Ukeleis in den norddeutschen Seen wiesen bei BACMEISTER (1975) und bei BAUCH (1955) das schlechteste Wachstumspotential auf.

4.4 Nahrungsanalyse

Eine Nahrungsanalyse wurde bei den Fischarten Flussbarsch, Rotaugen, Kaulbarsch, Ukelei und Aal durchgeführt. Zu diesem Zweck wurden die Inhalte des Verdauungstraktes der Fische aus der Alten Fahrt und der Fahrt miteinander verglichen. Unterschiede in der Anzahl der Taxa bei der Nahrung deuten auf unterschiedliche Qualitäten des jeweiligen Lebensraumes hin.

4.4.1 Flussbarsch (*Perca fluviatilis* L.)

Bei den Flussbarschen wurde der Inhalt des Magens von insgesamt 380 Fischen im Alter von 0+ bis 5+ untersucht (Abb. 33). Aus der Alten Fahrt gingen 268 und aus der Fahrt 112 Fische in die Analyse ein. Die Nahrungskomponenten wurden in acht Gruppen eingeteilt. Diese Gruppen können unterschiedliche Nahrungskomponenten beinhalten. So konnte die Gruppe *Alburnus alburnus/Rutilus rutilus* nur in der Alten Fahrt in den Mägen der Flussbarsche nachgewiesen werden. In den Flussbarschen der Fahrt fand sich z.B. die Süßwassergarnele *Atyaephyra desmarestii*, die in den Mägen der Tiere aus der Alten Fahrt nicht nachgewiesen werden konnte.

Auf den ersten Blick wird deutlich, dass die Flussbarsche in der Alten Fahrt ein heterogeneres Nahrungsangebot nutzten als in der Fahrt. Insgesamt konnten 18 verschiedene Taxa analysiert werden. Dem gegenüber standen 11 Taxa in der Fahrt.

In der Alten Fahrt ernährten sich die Flussbarsche im Alter von 0+ hauptsächlich von kleinen Wirbellosen wie der Crustaceen-Gruppe *Cladocera/Copepoda/Ostracoda* (39,3 %), jungen Stadien der Crustaceen-Gruppe *Asellus/Corophium/Gammarus* (29,7 %) und der Gruppe *Culicidae/Trichoptera* (24,7 %). Die Gruppe *Cladocera/Copepoda/Ostracoda* tauchte nur bis zum Alter von 2+ im Nahrungsspektrum auf. Mit den Gruppen *Alburnus alburnus/Rutilus rutilus* (13,1 %) und *Gymnocephalus cernuus/Perca fluviatilis* (4 %) fanden sich schon im Alter von 1+ piscivore Anteile im Magen. Die beiden Arten *Alburnus alburnus* und *Gymnocephalus cernuus* spielten in den beiden piscivoren Nahrungsgruppen jeweils nur eine untergeordnete Rolle. Auch der Amerikanische Flusskrebs (*Orconectes limosus*) konnte im gleichen Alter mit einem Anteil von 5 % nachgewiesen werden. Mit zunehmendem Alter fanden sich größere Nahrungsbestandteile. Bei den Altersklassen 3+ und 4+ dominierte neben den Fischen auch die Gruppe *Ephemera vulgata/Odonata* im Nahrungsspektrum. Im Alter von 5+ ernährten sich die Flussbarsche hauptsächlich von Fischen und dem Amerikanischen Flusskrebs (*Orconectes limosus*). Beim piscivoren Nahrungsanteil dominierte die Gruppe *Gymnocephalus cernuus/Perca fluviatilis* mit 37,1 %. Die Gruppe *Alburnus alburnus/Rutilus rutilus* war nur mit einem Anteil von 7,1 % vertreten. Der Amerikanische Flusskrebs dominierte in diesem Alter mit einem Anteil von 41,4 %.

In der Fahrt dominierte in den Altersklassen von 0+ bis 4+ die Gruppe der Crustaceen *Asellus/Corophium/Gammarus*. Im Alter von 1+ lag ihr Anteil mit 84,6 % am höchsten. Die Nahrung der 0+-Barsche bestand neben den genannten Crustaceen nur noch aus der Gruppe *Culicidae/Trichoptera*. Die Gruppe der Kleinkrebse fehlte insgesamt fast völlig. Sie war nur im Alter von 1+ mit 0,7 % durch die *Ostracoda* vertreten. Wie in der Alten Fahrt tauchten auch in der Fahrt piscivore Nahrungsanteile schon im Alter von 1+ auf. In der Fahrt ernährte sich die Art, wenn sich Fische im

Magen fanden, rein kannibalisch. Andere Fischarten konnten bis zu einem Alter von 5+ nicht nachgewiesen werden. Bei den 5+-Barschen dominierte die kannibalisch Ernährungsweise mit einem Anteil von 38,9 %.

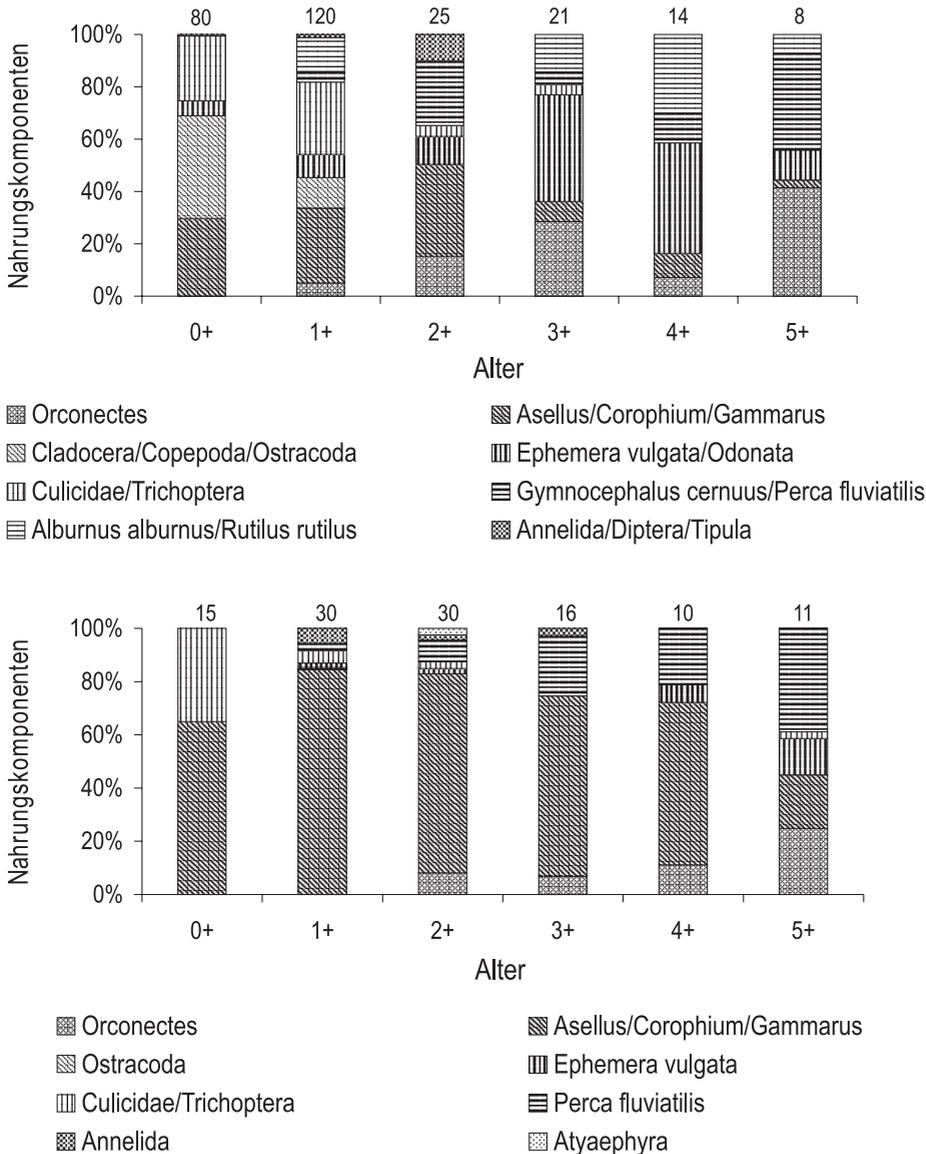


Abb. 33: Nahrungskomponenten (in Gruppen) und Nahrungsanteile der verschiedenen Altersstufen (Alter 0+ bis 5+) vom Flussbarsch (*Perca fluviatilis*) in der Alten Fahrt (oben) und in der Fahrt (unten) des Dortmund-Ems-Kanals in Hiltrup. Die Anzahl der untersuchten Tiere ist über den Säulen angegeben.

4.4.2 Rotaugen (*Rutilus rutilus* L.)

Bei den Rotaugen wurde der Darminhalt von insgesamt 248 Fischen im Alter von 0+ bis > 8+ untersucht (Abb. 34). Aus der Alten Fahrt gingen 121 Fische in einem von Alter 0+ bis > 3+ in die Untersuchung ein. Die Altersklasse > 3+ bestand aus 6 Tieren in verschiedenen Altersstadien (4+, 5+, 11+, 2 x 12+, 14+). Aus der Fahrt wurden 116 Rotaugen untersucht, die sich auf die Altersklassen von 0+ bis > 8+ verteilen. Die Altersklasse > 8+ bestand aus 12 Individuen der Altersstadien 10 x 9+, 10+ und 11+). Beim Vergleich der beiden Grafiken fällt die unterschiedliche Verteilung der Altersklassen auf. Während in der Alten Fahrt die Altersklassen von 0+ bis 1+ dominierten, gelang für diese Untersuchung in der Fahrt nur der Nachweis von Fischen ab 2+. In der Alten Fahrt konnten insgesamt 13 Taxa und die Nahrungskomponente Birkensamen im Verdauungstrakt nachgewiesen werden. In der Fahrt lag die Zahl der gefundenen Taxa bei 8.

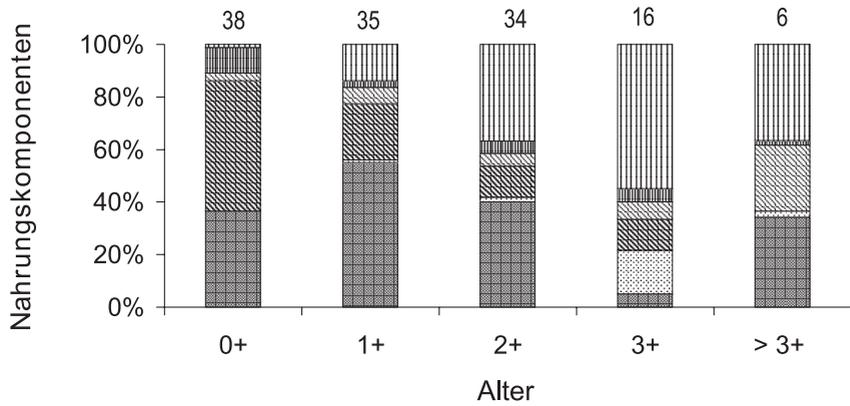
Die Rotaugen in der Alten Fahrt ernährten sich im Alter von 0+ überwiegend von den Nahrungsgruppen der Kleinkrebse *Cladocera/Copepoda/Ostracoda* (49,6 %) und Algen/Birkensamen (36,5 %), wobei in der zuletzt genannten Gruppe die Algen immer deutlich überwogen. Bei den 1+-Rotaugen stieg der Anteil der Gruppe Algen/Birkensamen auf 55,1 %, und verzeichnete auch in der Altersklasse 2+ mit 40 % eine hohe Dominanz. In diesem Alter gewann auch die Gruppe *Trichoptera/Hydrophilidae* an Bedeutung (36,8 %), die in der Altersklasse 3+ mit 55 % den überwiegenden Anteil der Nahrung der Rotaugen in der Alten Fahrt bildete. Die Kleinkrebse (11,7 %) spielten in diesem Alter als Nahrung nur noch eine untergeordnete Rolle. Die Nahrung der Rotaugen der Altersklassen > 3+ bestand im Wesentlichen aus den Gruppen *Trichoptera/Hydrophilidae* (36,7 %) Algen/Birkensamen (34,2 %) und *Asellus/Corophium/Gammarus* (25 %).

Im Verdauungstrakt der Rotaugen wurden mit der Gruppe *Dreissena/Bithynia* auch Vertreter der Mollusken nachgewiesen. Bei den Altersklassen bis 3+ fanden sich ausschließlich *Bithynia tentaculata*. Die dickschalige, stark anhaftende *Dreissena polymorpha* wurde nur in geringen Anteilen (2,5 %) in zwei Fischen der Altersklasse 4+ nachgewiesen.

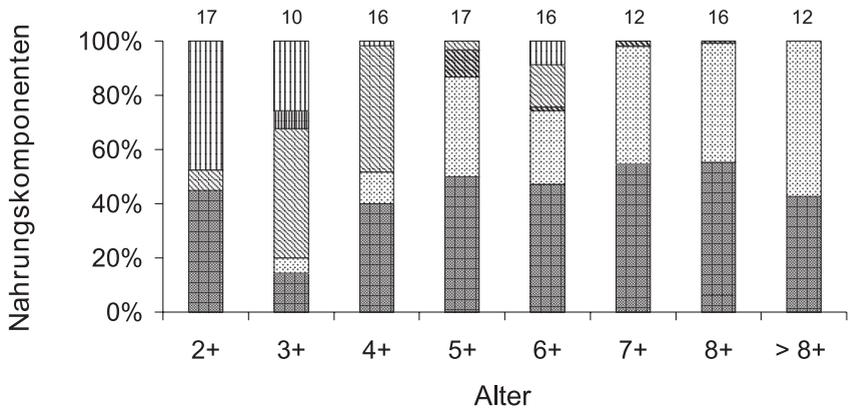
In der Fahrt stieg die Bedeutung der Algen im Nahrungsspektrum der Rotaugen stark an. Ausgenommen in den 3+-Fischen fand sich diese Komponente in allen anderen Altersklassen mit Anteilen um die 50 %. Im Alter von 3+ bis 4+ dominierte die Nahrungsgruppe *Asellus/Corophium/Gammarus* mit ebenfalls jeweils fast 50 %. Ab der Alterstufe 5+ ernährten sich die Rotaugen in der Fahrt überwiegend von Algen und *Dreissena polymorpha*. Fische oberhalb der Altersklasse 8+ ernährten sich ausschließlich von diesen beiden Nahrungskomponenten.

4.4.3 Kaulbarsch (*Gymnocephalus cernuus* L.)

In die Auswertung gingen aus der Alten Fahrt insgesamt 81 Individuen mit einem Alter von 1+ bis 3+ und aus der Fahrt 15 Tiere mit einem Alter von 1+ und 2+ ein (Abb. 35). 0+-Kaulbarsche konnten an keiner Probestelle gefangen werden. Die Fangzahl in der Alten Fahrt betrug nur insgesamt 16 Individuen. Der älteste Kaulbarsch kam aus der Fahrt und hatte ein Alter von 8+. Er wurde nicht in die grafische Auswertung einbezogen. In seinem Verdauungstrakt fanden sich mit 50 % *Trichoptera*, 40 % *Gammarus pulex* und 10 % *Cladocera* Nahrungsbestandteile, die auch bei den jüngeren Individuen nachgewiesen werden konnten. In der Alten Fahrt wurden mit *Trichoptera*, *Ephe-*



- Algen/Birkensamen
- Bithynia
- Cladocera/Copepoda/Ostracoda
- Asellus/Corophium/Gammarus
- Ephemeroptera/Culicidae
- Trichoptera/Hydrophilidae



- Algen
- Dreissena
- Ostracoda
- Asellus/Corophium/Gammarus
- Ephemeroptera
- Trichoptera

Abb. 34: Nahrungskomponenten (in Gruppen) und Nahrungsanteile der verschiedenen Altersstufen vom Rotaug (Rutilus rutilus) in der Alten Fahrt (oben, Altersklassen 0+ bis > 3+) und in der Fahrt (unten, Altersklassen 2+ bis > 8+) des Dortmund-Ems-Kanals in Hilstrup. Die Anzahl der untersuchten Tiere ist über den Säulen angegeben.

mera vulgata, *Asellus aquaticus*, *Corophium curvispinum*, *Gammarus pulex*, *Cladocera*, *Ostracoda*, *Culicidae*, und Schneckenlaich insgesamt neun verschiedene Nahrungsanteile gefunden. In der Fahrt setzte sich die Nahrung mit *Trichoptera*, *Asellus aquaticus*, *Corophium curvispinum*, *Gammarus pulex*, *Cladocera* und *Culicidae* aus sechs verschiedenen Taxa zusammen. Alle *Culicidae* waren im Puppenstadium. Insgesamt bestand das Nahrungsspektrum in allen Altersklassen zum überwiegenden Teil aus Makrozoobenthos. Zooplanktische Nahrung wurde mit *Cladocera* und *Ostracoda* in der Alten Fahrt und *Cladocera* in der Fahrt nur in geringer Menge gefressen. Bedeutende Anteile erreichten in beiden Untersuchungsgebieten *Trichoptera* (Min. 20,7 %, Max. 52,5 %). Neben *Trichoptera* spielten *Asellus aquaticus* und *Gammarus pulex* in beiden Altersklassen und *Corophium curvispinum* bei den 1+-Individuen eine bedeutende Rolle. *Ephemera vulgata* konnte in den Kaulbarschen der Fahrt in keinem Fall nachgewiesen werden. In der Alten Fahrt waren in allen Altersklassen *Trichoptera*, *Ephemera vulgata* und *Asellus aquaticus* häufig in der Nahrung vertreten. *Gammarus pulex* fand sich in allen Altersklassen nur in geringen Mengen (Max. 8,6 %). In einem Fall konnte in einem geringen Anteil von 0,2 % der Laich einer Schneckenart nachgewiesen, der nicht näher bestimmt wurde.

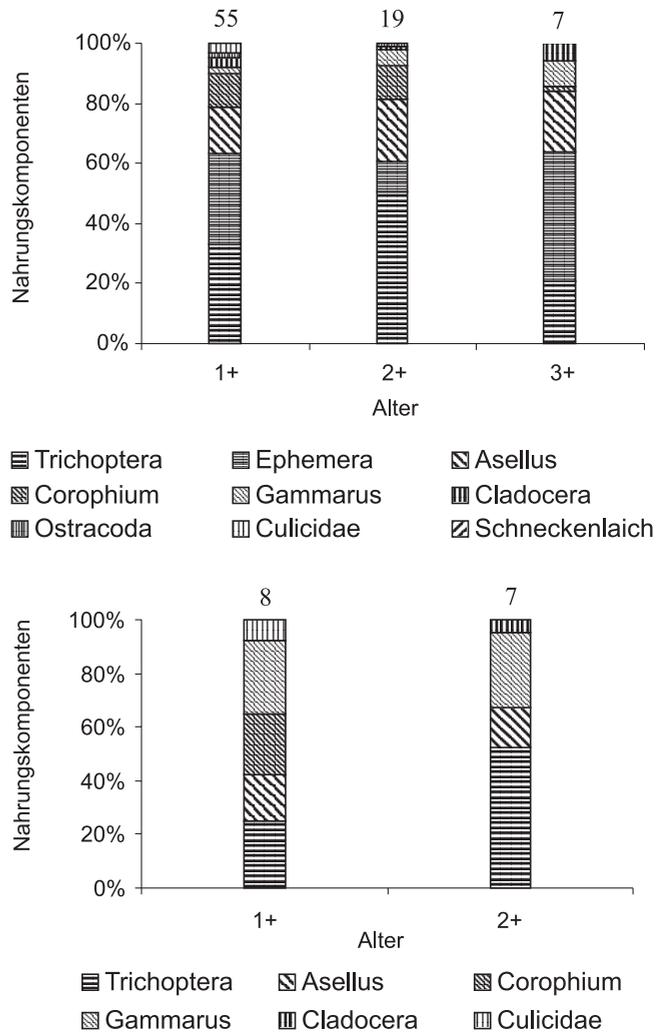


Abb. 35: Nahrungskomponenten und Nahrungsanteile der verschiedenen Altersstufen vom Kaulbarsch (*Gymnocephalus cernuus*) in der Alten Fahrt (oben) und in der Fahrt (unten) des Dortmund-Ems-Kanals in Hilstrup. Die Anzahl der untersuchten Tiere ist über den Säulen angegeben.

4.4.4 Ukelei (*Alburnus alburnus* L.)

Bei den Ukeleis wurde der Darminhalt von insgesamt 78 Fischen im Alter von 1+ bis 3+ untersucht (Abb. 36). Aus der Alten Fahrt gingen 38 und aus der Fahrt 40 Fische in die Analyse ein. Die Nahrung bestand in der Fahrt aus den Komponenten Anfluginsekten, Birkensamen, *Culicidae* (adult), *Culicidae* (Eier) und in der Fahrt aus Anfluginsekten, Birkensamen, *Culicidae* (adult) und *Ephemera vulgata*. Die Nahrungskomponenten wiesen nur leichte Unterschiede zwischen den beiden Untersuchungsabschnitten auf. So konnten die geringen Anteile von *Ephemera vulgata* (1+ = 5 %, 3+ = 1,4 %) nur in der Fahrt nachgewiesen werden. Eier der *Culicidae* dagegen fanden sich nur in dem Verdauungstrakt der Ukeleis aus der Alten Fahrt.

In beiden Untersuchungsabschnitten bestand die Nahrung ausschließlich aus Komponenten, die von der Wasseroberfläche erbeutet wurden. Die Ukeleis nutzten in beiden Untersuchungsgebieten ein sehr ähnliches Nahrungsspektrum. Bis zur Altersklasse von 2+ dominierten in beiden Abschnitten die Anfluginsekten, die sich aus diversen, nicht näher identifizierten Taxa zusammensetzten. Die 3+-Ukeleis ernährten sich in der Alten Fahrt ausschließlich von *Culicidae* bzw. deren Eigelege. Die *Culicidae* wurden meistens bei der Umwandlung von der Puppe zum Imago an der Oberfläche erbeutet. In der Fahrt spielten neben den adulten *Culicidae* (63,2 %) auch andere Anfluginsekten (35,4 %) eine wichtige Rolle im Nahrungsspektrum der Ukeleis.

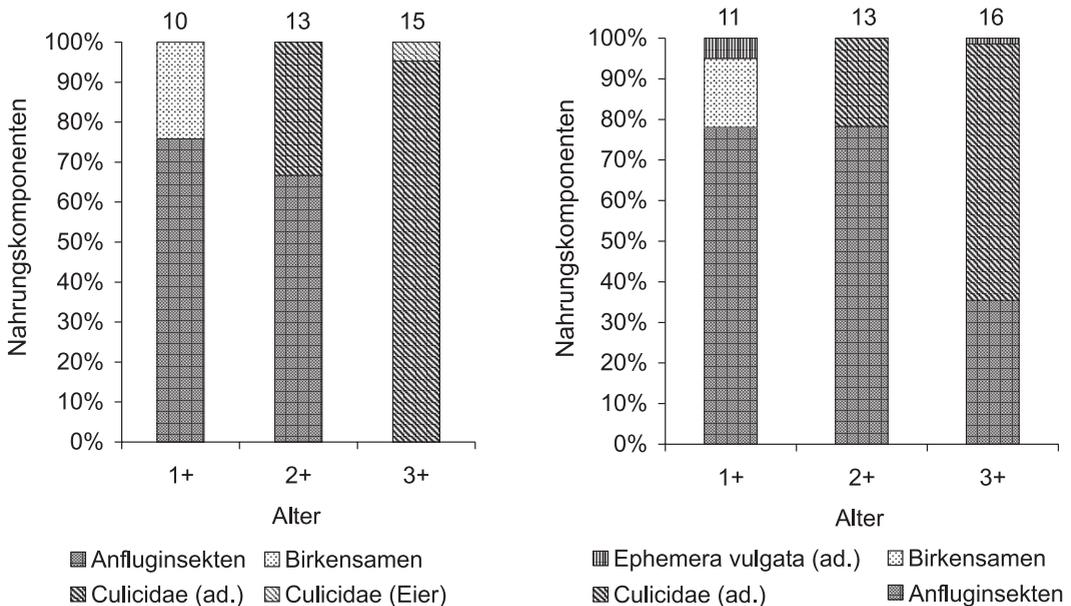


Abb. 36: Nahrungskomponenten und Nahrungsanteile der verschiedenen Altersstufen vom Ukelei (*Alburnus alburnus*) in der Alten Fahrt (links) und in der Fahrt (rechts) des Dortmund-Ems-Kanals in Hiltrup. Die Anzahl der untersuchten Tiere ist über den Säulen angegeben.

4.4.5 Aal (*Anguilla anguilla* L.)

Auf eine Altersanalyse bei den Aalen wurde verzichtet, da diese bei Aalen schwierig ist. Daher wurden die Nahrungskomponenten auf die Gesamtzahl aller Tiere ausgewertet (Abb. 37). Insgesamt gingen 100 Tiere aus der Alten Fahrt und 60 Tiere aus der Fahrt in die Auswertung ein. Die Hauptnahrung der Aale im Dortmund-Ems-Kanal bestand in beiden Untersuchungsabschnitten aus dem Amerikanischen Flusskreb (*Orconectes limosus*). Sein Anteil am Nahrungsspektrum lag in der Alten Fahrt bei knapp 40 % und in der Fahrt bei etwa 25 %. Eine weitere bedeutende Rolle im Nahrungsspektrum der Aale nahm *Ephemera vulgata* in der Alten Fahrt ein. In der Fahrt konnte die Ephemeroptere im Verdauungstrakt der Aale nur in geringen Anteilen nachgewiesen werden (8,9 %). Die Crustaceen *Asellus aquaticus* und *Gammarus pulex* fanden sich bedeutend häufiger in den Aalen aus der Fahrt. Der piscivore Anteil setzte sich ausschließlich aus den Arten *Rutilus rutilus* und *Perca fluviatilis* zusammen. Das Verhältnis von *Rutilus rutilus* zeigte sich dabei zwischen den beiden Untersuchungsabschnitten sehr ausgeglichen. *Perca fluviatilis* spielte dagegen als Nahrungskomponente bei den Aalen in der Fahrt eine größere Rolle. Die übrigen Nahrungsbestandteile, wie *Dreissena polymorpha*, *Bithynia tentaculata* und die Trichopteren, waren von untergeordneter Bedeutung.

Der piscivore Anteil der Nahrung lag in der Alten Fahrt mit 21,4 % höher als in der Fahrt (14,8 %). Bei getrennter Betrachtung der erbeuteten Fischarten gab es keinen bevorzugten Beutefisch. Der Flussbarsch war mit 19,4 % und das Rotauge mit 18,8 % in der Nahrung vertreten. Alle im Verdauungstrakt nachgewiesenen Beutefische hatten eine Länge von über 5 cm.

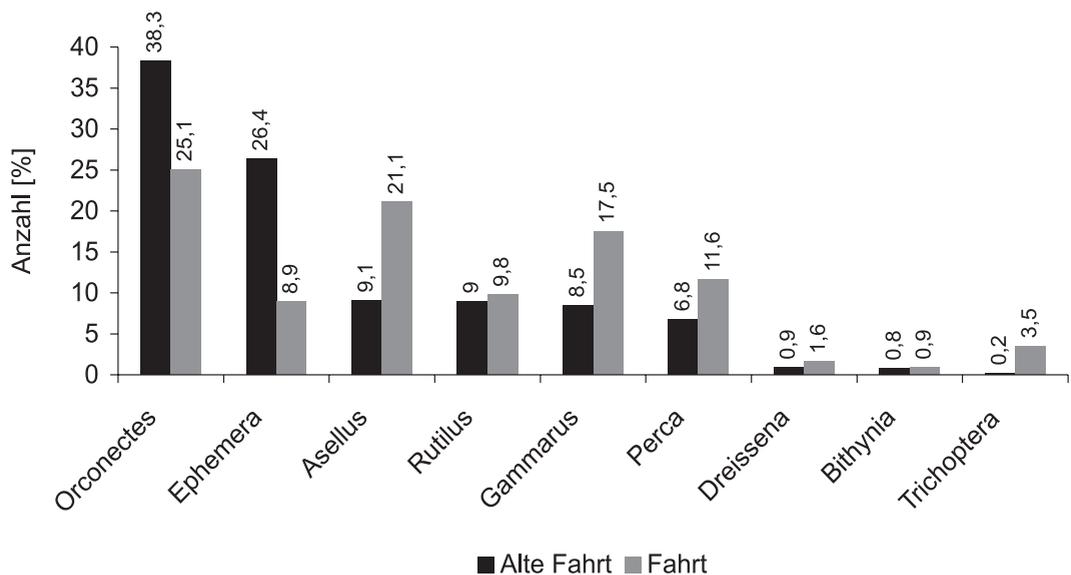


Abb. 37: Nahrungsanteile der nachgewiesenen Aale in der Alten Fahrt (n = 100) und in der Fahrt (n = 60) des Dortmund-Ems-Kanals bei Hiltrup. Über den Säulen sind die Werte in % angegeben.

4.5 Untersuchungen zum Befall der Aale mit dem Schwimmblasenparasiten *Anguillicola crassus* (KUWAHARA, NIIMI & HAGAKI, 1974)

Für die Untersuchungen zum Befall der Aale mit dem Schwimmblasenparasiten *Anguillicola crassus* (KUWAHARA, NIIMI & HAGAKI, 1974) wurden Ergebnisse von Untersuchungen der LÖBF/LAfAO aus den Jahren 1994 - 1996 aus verschiedenen nordrhein-westfälischen Gewässern mit Erhebungen aus dem DEK aus den Jahren 1996 und 1997 verglichen (Tab. 12). Die Ergebnisse zeigen einen sehr homogenen, recht hohen Befall. Im DEK war die Befallsrate in beiden Jahren identisch. In der Abb. 38 sind die Befallszahlen der Aale mit dem Schwimmblasenwurm *Anguillicola crassus* im DEK aus den Jahren 1996 und 1997 grafisch dargestellt. Die maximale Anzahl von Parasiten pro Schwimmblase lag im Jahr 1996 bei 14, im Jahr 1997 bei 13. Die Anzahl der Schwimmblasenwürmer pro Aal zeigte insgesamt in beiden Jahren eine abnehmende Tendenz.

Tab. 12: Befallsraten der Aale mit dem Schwimmblasenwurm *Anguillicola crassus* (KUWAHARA, NIIMI & HAGAKI, 1974) aus verschiedenen Untersuchungen in NRW.

Untersuchungen	gefangene Aale	infizierte Aale	Befallsrate
DEK 1997	159	93	58,5
DEK 1996	135	79	58,5
LÖBF/LAfAO 1994-1996	887	528	59,2

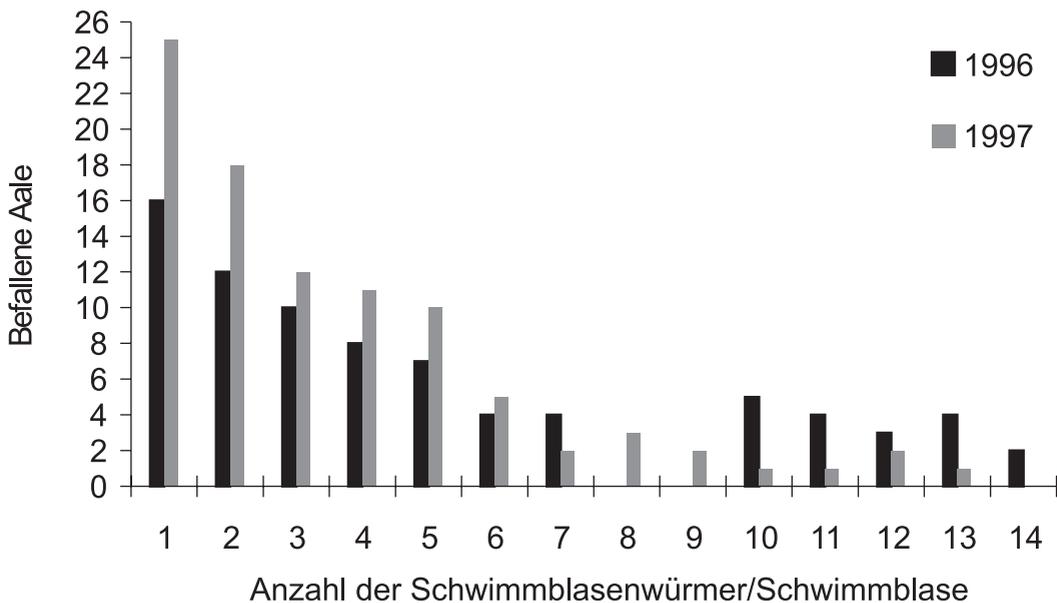


Abb. 38: Befallszahlen der Aale mit dem Schwimmblasenwurm *Anguillicola crassus* (KUWAHARA, NIIMI & HAGAKI, 1974) im DEK aus den Jahren 1996 und 1997.

5 Untersuchungen zu den Jungfischen im ersten Wachstumsjahr

Insgesamt wurden in den beiden Untersuchungsjahren 1997 und 1998 50337 0+-Fische nachgewiesen, die sich auf 6 Fischarten verteilen (Tab 13). In der Alten Fahrt wurden 33745 Individuen (6 Arten), in der Fahrt 16592 Individuen (5 Arten) gefangen. Rotauge und Flussbarsch waren in beiden Untersuchungsabschnitten die dominierenden Arten (Abb. 39). Zander, Brasse, Kaulbarsch und Rotfeder erreichten nur geringe Individuenzahlen. Bis auf den Zander erreichten alle Arten in der Alten Fahrt höhere Dichten als in der Fahrt, und das beim Rotauge und Flussbarsch sehr deutlich. Die limnophile Rotfeder fand sich in geringen Abundanzen nur in der Alten Fahrt.

Tab. 13: Jungfische (n = 50337) von April bis November in den Jahren 1997 und 1998 im Dortmund-Ems-Kanal.

Untersuchungsjahr	Alte Fahrt	Fahrt
1997	27317	12647
1998	6428	3945
gesamt	33745	16592
Alte Fahrt/Fahrt gesamt	50337	

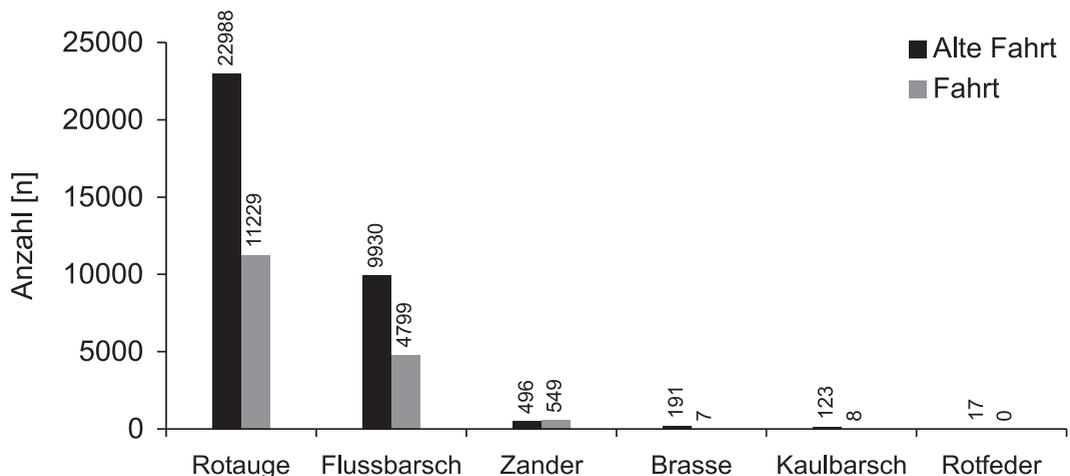


Abb. 39: Absolute Abundanzen der nachgewiesenen Jungfische aus den Untersuchungsjahren 1997 und 1998 im Dortmund-Ems-Kanal in der Alten Fahrt und der Fahrt Hiltrup (n = 50337).

Tab. 14: Häufigkeitsklassen nach MÜHLENBERG (1995) der Fischarten (0+-Fische) in der Alten Fahrt und in der Fahrt

Fischart	Alte Fahrt	Fahrt
Rotaugen	eudominant	eudominant
Flussbarsch	dominant	dominant
Zander	rezendent	rezendent
Brasse	subrezendent	subrezendent
Kaulbarsch	subrezendent	sporadisch
Rotfeder	sporadisch	sporadisch

Betrachtet man die relativen Abundanzen (Abb. 40), ist bei den dominierenden Arten Rotaugen und Flussbarsch besonders deutlich zu erkennen, dass kaum ein Unterschied zwischen der Alten Fahrt und der Fahrt bestand. Als eudominant (> 32 %) bzw. dominante (10,9 - 31,9 %) Arten stellen Rotaugen und Flussbarsch bei den Jungfischen die Hauptarten (> 3,1 %) in beiden Untersuchungsabschnitten dar. Zander, Brasse, Kaulbarsch und Rotfeder bilden die Begleitarten (< 3,1 %). Bei der Rotfeder muss allerdings für die Fahrt einschränkend angemerkt werden, dass keine Larval- bzw.

Jungfischnachweise in diesem Untersuchungsabschnitt erfolgten. Somit ist auch ein sporadisches Vorkommen in der Fahrt nicht sicher. Mit Ausnahme des Kaulbarsches zeigten alle Arten in beiden Untersuchungsabschnitten die gleiche Häufigkeitsklasse (Tab. 14). Im Gegensatz zum subrezendenten Vorkommen in der Alten Fahrt, war diese Art in der Fahrt nur sporadisch anzutreffen.

5.1 Abundanzen der Jungfische

Die relativen Abundanzen aller sechs nachgewiesenen 0+-Fischarten wurden in Abb. 40 grafisch dargestellt. Der Zeitraum, in dem 0+-Fische nachgewiesen werden konnten, erstreckte sich vom 25.4. bis zum 4. 11. der Jahre 1997 und 1998 (Abb. 41). Die Ergebnisse aus beiden Jahren wurden

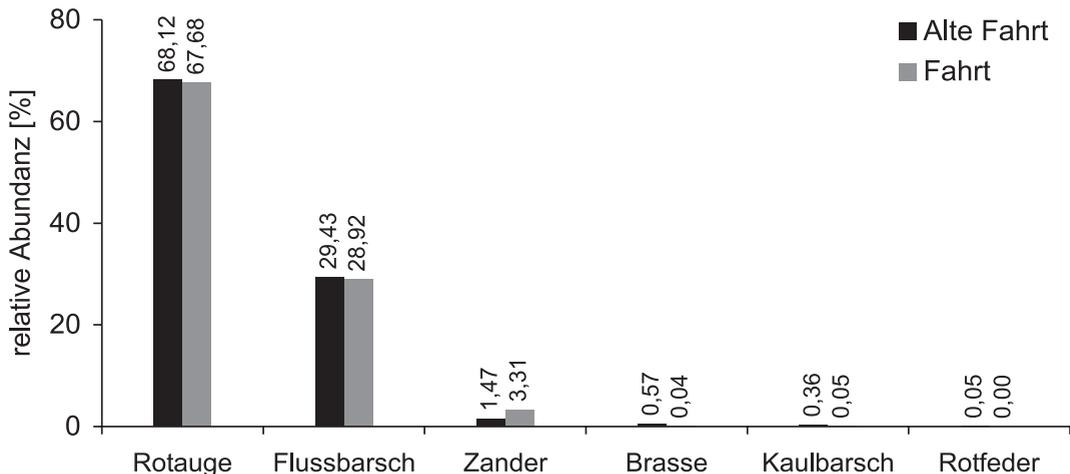


Abb. 40: Relative Abundanzen der nachgewiesenen Jungfische aus den Untersuchungsjahren 1997 und 1998 im Dortmund-Ems-Kanal in der Alten Fahrt und der Fahrt Hilstrup (n = 50337).

zusammen betrachtet, da sich die biotischen und abiotischen Bedingungen nicht wesentlich unterschieden. Nach anfänglich geringen Zahlen lagen die meisten Nachweise in den Monaten Mai und Juni, wobei der Schwerpunkt im Mai lag. Im Juni konnten an einem Tag mit 10481 Individuen die höchste Abundanz festgestellt werden.

Durch das zweitägige Befischungsintervall von Mitte April bis Anfang Juni und die geringe Länge bzw. geringes Gewicht von Rotaugen, Flussbarsch, Zander und Brasse bei ihren Erstnachweisen kann angenommen werden, dass der Ort des Erstnachweises auch eng mit dem Schlupfort in Zusammenhang gebracht werden kann. Kaulbarsche und Rotfedern konnten erst als größere Individuen gefangen werden. Somit ist die Zuordnung des Laichstandortes auf einen der beiden Untersuchungsabschnitte anhand der Länge und des Gewichtes für diese beiden Arten nicht möglich.

Die neue Generation der Rotaugen konnte zum ersten Mal am 13.5. in beiden Untersuchungsabschnitten gleichzeitig festgestellt werden (Abb. 42). An diesem ersten Nachweistag waren die Abundanzen in der Fahrt (1211) deutlich höher als in der Alten Fahrt (5). Ab Anfang Mai änderten sich die Verhältnisse, und die Individuenzahlen in der Alten Fahrt lagen überwiegend deutlich über denen in der Fahrt. Der größte Fang gelang am 10.6. mit 10481 Rotaugen in der Alten Fahrt. Ab Juni ging die Zahl der Nachweise drastisch zurück. Der letzte Nachweis erfolgte am 4.11. mit wenigen Exemplaren (Alte Fahrt 1 Individuum, Fahrt 3 Individuen). Dieser Nachweis ist in der Grafik (Abb. 41 u. 42) durch die hohen Individuenzahlen auf der Y-Achse nicht mehr darstellbar. Insgesamt betrachtet wurden in der Alten Fahrt (22988) fast doppelt so viele Rotaugen gefangen wie in der Fahrt (11229).

Als erste Art der neuen 0+-Generation wurde der Flussbarsch am 25.4. in geringen Abundanzen in der Alten Fahrt und der Fahrt gleichzeitig nachgewiesen (Abb. 43). Die höchsten Fangzahlen erfolgten über den gesamten Mai bis Anfang Juni, bzw. am 24.6. in der Alten Fahrt. An diesem Tag gelang mit 2546 der höchste Individuennachweis. Ab Juli gingen die Fänge zurück und der letzte Nachweis erfolgte am 20.10 in der Fahrt (37 Individuen) und am 4.11. in der Alten Fahrt (12 Individuen). Mit 9930 0+-Flussbarschen wurden in der Alten Fahrt mehr als doppelt so viel Individuen nachgewiesen wie in der Fahrt (4799 Individuen).

Der Hauptnachweis der 0+-Zander erstreckte sich von Anfang Mai bis Anfang Juni (Abb. 44). Anschließend konnten nur noch einzelne Exemplare gefangen werden. In beiden Untersuchungsabschnitten wurden die ersten 0+-Zander am 13.5. und die letzten am 13.8. nachgewiesen. Die Erstnachweise gelangen überwiegend in der Alten Fahrt, während ab Mitte Mai die meisten Fische in der Fahrt gefangen werden konnten. Von den insgesamt 1045 Zandern lag der Nachweis von 549 in der Fahrt etwas über dem Fang in der Alten Fahrt (496).

0+-Brassen wurden nur von Ende Mai bis Mitte Juni festgestellt (Abb. 45). Der Nachweis gelang zuerst am 26.5. in der Alten Fahrt. An diesem Termin wurde mit 118 Individuen die höchste Zahl ermittelt. Von den insgesamt 198 gefangenen 0+-Brassen entfielen auf die Fahrt nur 7 Individuen an einem Tag im Juni (9.6.) in der Fahrt.

Der Erstnachweis von insgesamt 131 Kaulbarschen erfolgte erst am 9.7. in der Alten Fahrt (Abb. 46). Zu diesem Zeitpunkt zeigten die Fische schon eine mittlere Länge von 4,6 cm bei einem durchschnittlichen Gewicht von 1,3 g. Erst zwei Wochen später wurden die ersten fünf von insgesamt nur sieben Individuen in der Fahrt gefangen. Der letzte Nachweis erfolgte in beiden Untersuchungsabschnitten am 20. Oktober.

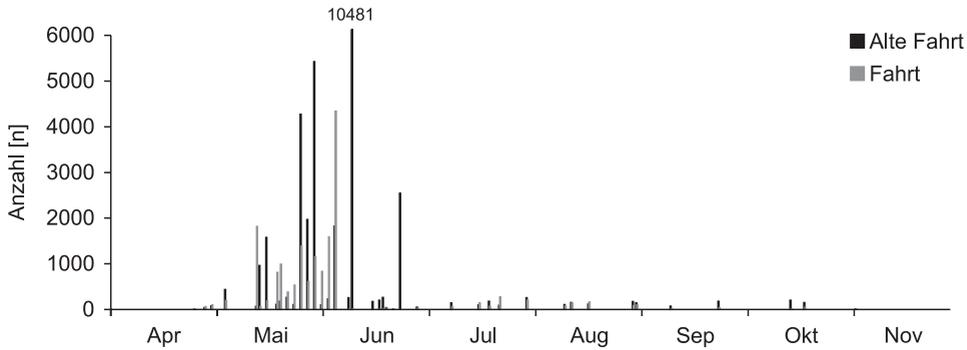


Abb. 41: Jungfische aller nachgewiesenen Fischarten im ersten Wachstumsjahr (0+) von April bis November aus den Jahren 1997 und 1998 (n = 50337).

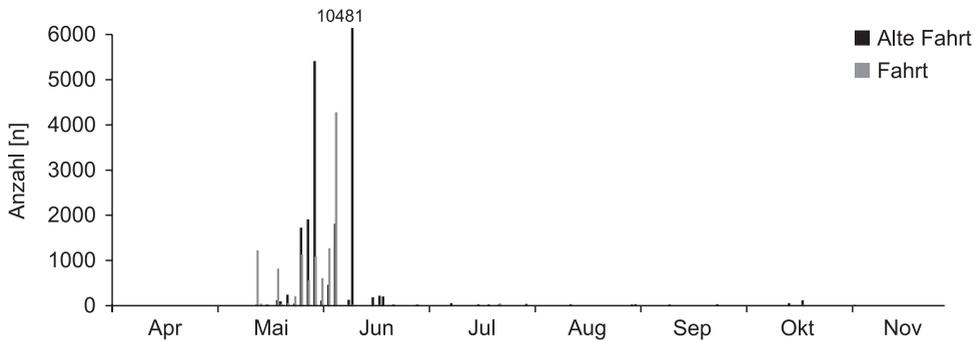


Abb. 42: Abundanzen der Rotaugen im ersten Wachstumsjahr (0+) von April bis November aus den Jahren 1997 und 1998 (n = 34217).

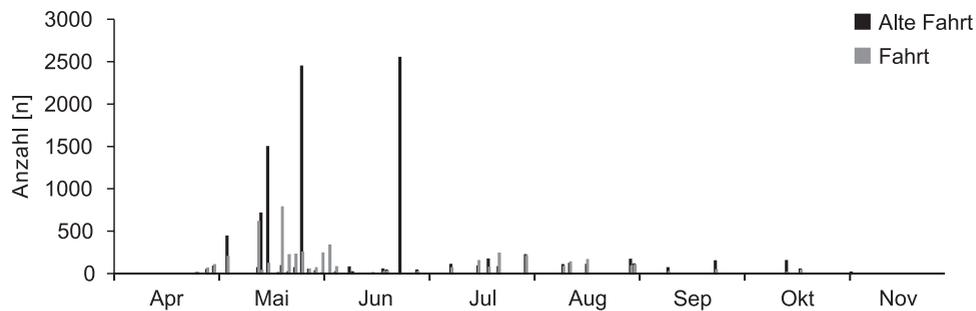


Abb. 43: Abundanzen der Flussbarsche im ersten Wachstumsjahr (0+) von April bis November aus den Jahren 1997 und 1998 (n = 14729).

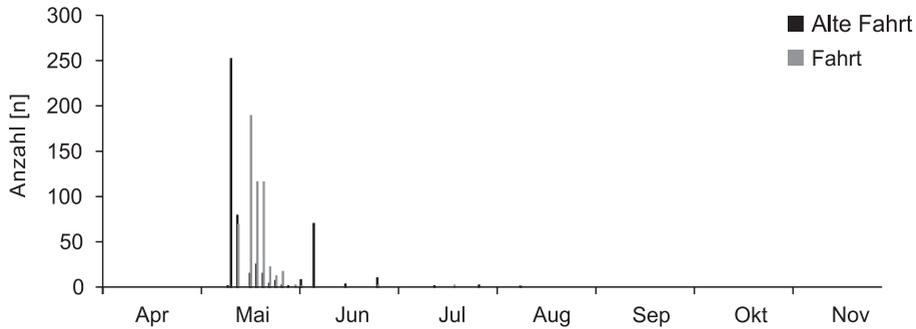


Abb. 44: Abundanz der Zander im ersten Wachstumsjahr (0+) von April bis November aus den Jahren 1997 und 1998 (n = 1045).

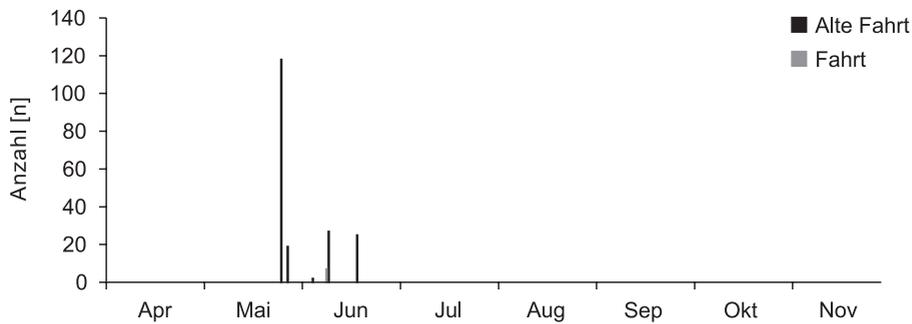


Abb. 45: Abundanz der Brassen im ersten Wachstumsjahr (0+) von April bis November aus den Jahren 1997 und 1998 (n = 198).

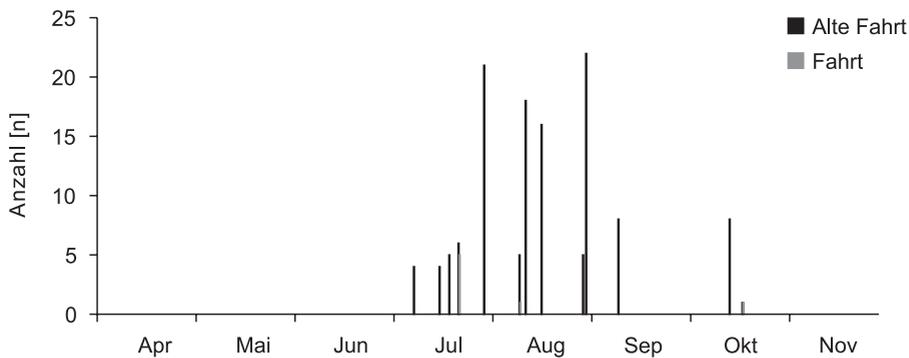


Abb. 46: Abundanz der Kaulbarsche im ersten Wachstumsjahr (0+) von April bis November aus den Jahren 1997 und 1998 (n = 129).

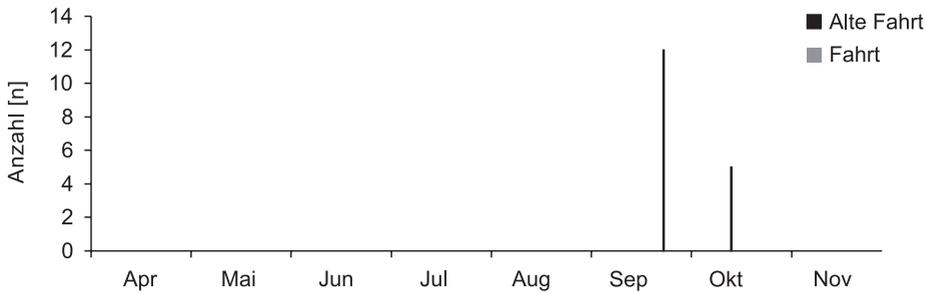


Abb. 47: Abundanzen der Rotfedern im ersten Wachstumsjahr (0+) von April bis November aus den Jahren 1997 und 1998 (n = 17).

Rotfedern konnten im 0+-Stadium nur an zwei Terminen Ende September und Mitte Oktober in der Alten Fahrt nachgewiesen werden (Abb. 47). Am Tag des ersten Nachweises verzeichneten die Fische ein mittleres Gewicht von 1,1 g bei einer durchschnittlichen Länge von 4,6 cm.

5.2 Vergleich des Längenwachstums von Jungfischen ausgewählter Fischarten

Das Wachstum von Rotauge, Flussbarsch und Zander zeigte in den untersuchten 120 Wachstumstagen einen signifikant linearen Verlauf (Abb. 48-50). Im Vergleich zwischen der Alten Fahrt und der Fahrt gab es jedoch bei keiner der genannten Arten einen signifikanten Unterschied.

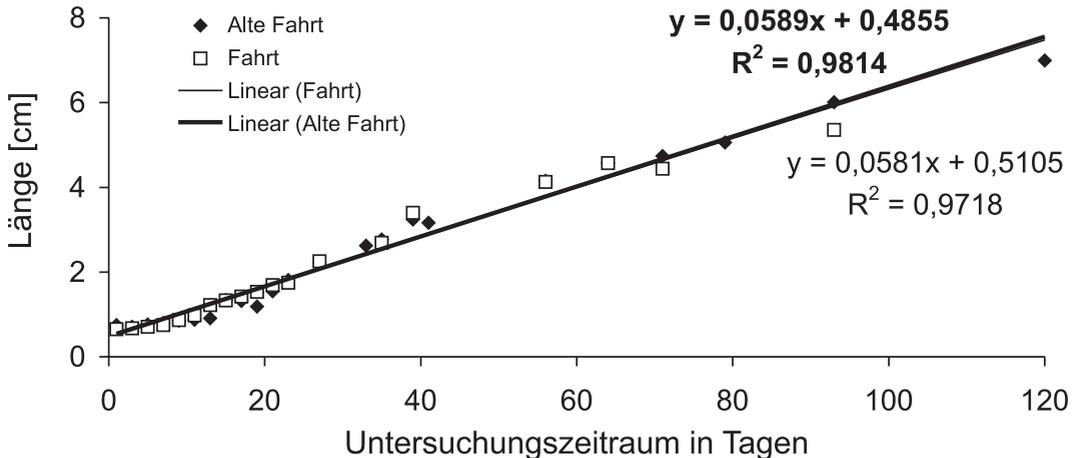


Abb. 48: Vergleich des Längenwachstums von Rotaugen in der Alten Fahrt (n = 6197) und der Fahrt (n = 1710) bei Hiltrup über 120 Tage. In der Grafik sind die linearen Regressionsgeraden, die Wachstumsgleichungen und das Bestimmtheitsmaß dargestellt.

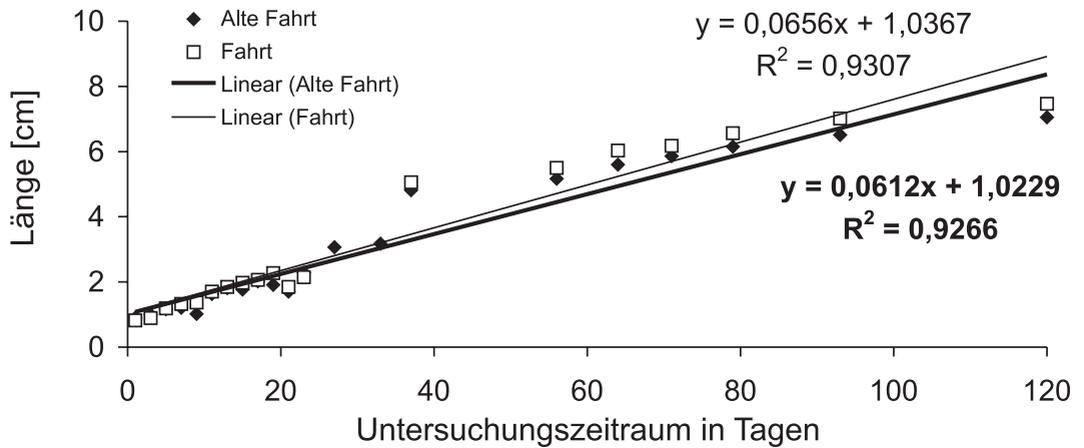


Abb. 49: Vergleich des Längenwachstums von Flussbarschen in der Alten Fahrt ($n = 2191$) und der Fahrt ($n = 2289$) bei Hiltrup über 120 Tage. In der Grafik sind die linearen Regressionsgeraden, die Wachstumsgleichungen und das Bestimmtheitsmaß dargestellt.

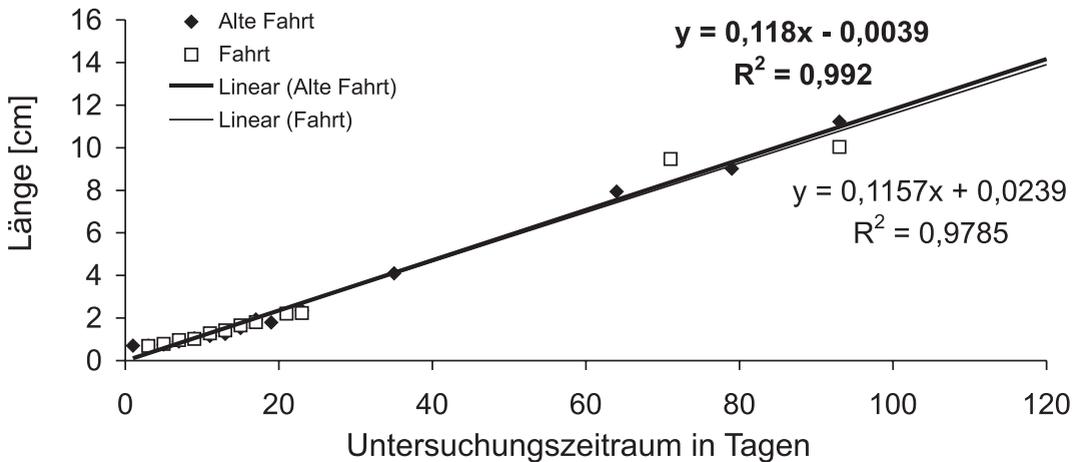


Abb. 50: Vergleich des Längenwachstums von Zandern in der Alten Fahrt ($n = 280$) und der Fahrt ($n = 461$) bei Hiltrup über 120 Tage. In der Grafik sind die linearen Regressionsgeraden, die Wachstumsgleichungen und das Bestimmtheitsmaß dargestellt.

5.3 Vergleich der Gewichtszunahme bei Jungfischen ausgewählter Fischarten

Die Gewichtszunahme der ausgewählten Jungfische zeigte in den untersuchten 120 Wachstumsstagen einen signifikant linearen Verlauf (Abb. 51-53). Insgesamt fielen die Unterschiede in der Gewichtszunahme anhand der linearen Regressionsgerade mit zunehmender Untersuchungsdauer bei Rotaugen (Abb. 51), Flussbarsch (Abb. 52) und Zander (Abb. 53) deutlicher aus als beim Längenwachstum. Dennoch war auch die Zunahme des Gewichts in der Alten Fahrt und der Fahrt bei allen drei Arten nicht signifikant verschieden ($p > 0,05$).

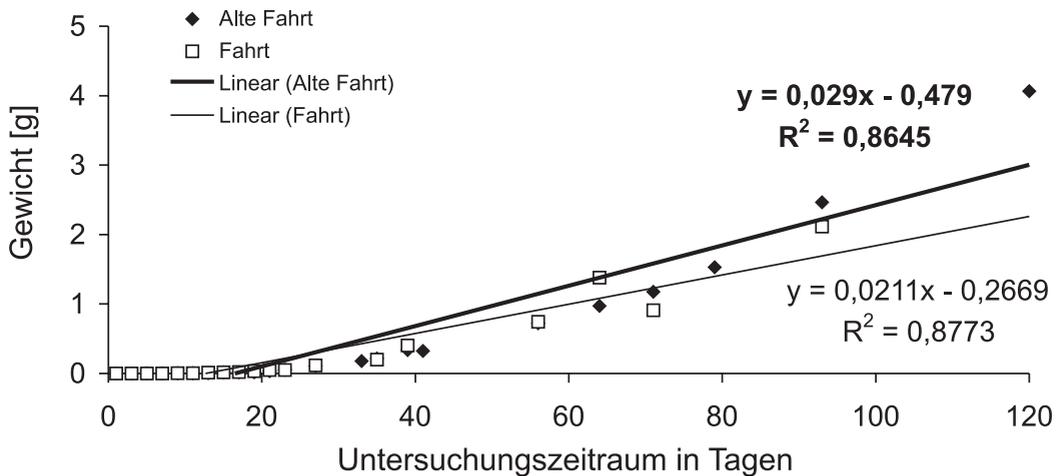


Abb. 51: Vergleich der Gewichtszunahme vom Rotaugen in der Alten Fahrt ($n = 6179$) und der Fahrt ($n = 1710$) bei Hiltrup über 120 Tage. In der Grafik sind die linearen Regressionsgeraden, die Gleichungen für die Gewichtszunahme und das Bestimmtheitsmaß dargestellt.

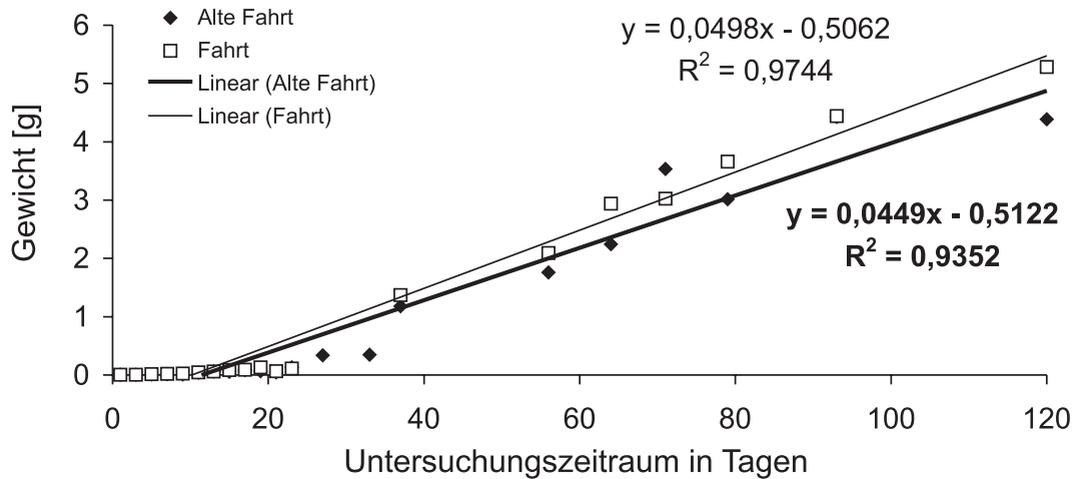


Abb. 52: Vergleich der Gewichtszunahme vom Flussbarsch in der Alten Fahrt ($n = 2191$) und der Fahrt ($n = 2289$) bei Hiltrup über 120 Tage. In der Grafik sind die linearen Regressionsgeraden, die Gleichungen für die Gewichtszunahme und das Bestimmtheitsmaß dargestellt.

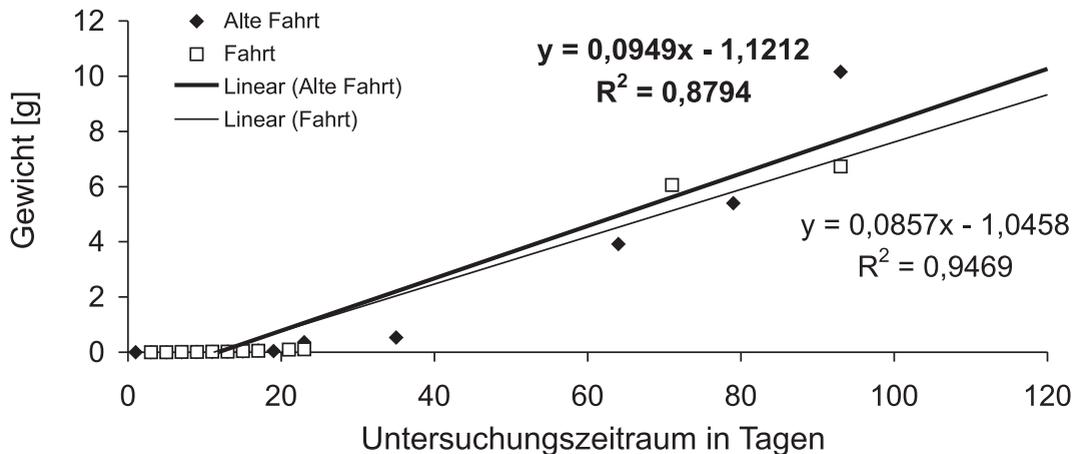


Abb. 53: Vergleich der Gewichtszunahme vom Zander in der Alten Fahrt ($n = 280$) und der Fahrt ($n = 461$) bei Hiltrup über 120 Tage. In der Grafik sind die linearen Regressionsgeraden, die Gleichungen für die Gewichtszunahme und das Bestimmtheitsmaß dargestellt.

6 Freiland- und Laborversuche zur Haftung von Fischeiern auf künstlichen Laichunterlagen

6.1 Der Transportversuch mit Barschlaich

Alle Eier der Laichschnüre auf den Laichplatten waren auch nach sechs Stunden Verbleib in dem feuchten Milieu der Transportkisten noch sehr gut durchfeuchtet. Anschließend wurden die Laichplatten in ein Wasserbecken gesetzt und der weitere Verlauf der Eientwicklung beobachtet.

Am 11.5.1998 waren alle drei Platten mit nahezu 100 % schlupfreier Fischlarven besetzt. Die Barschlarven vollführten heftig zuckende Bewegungen in ihren Eihüllen. Nur einzelne Eier waren verpilzt (unter 1 %). Der Schlupf der Larven begann nach 7 Tagen am 12.05.1998. Die durchschnittliche Wassertemperatur während der Eientwicklung betrug ca. 14 °C.

6.2 Der Transportversuch mit Rotaugeneiern

Nach dem sechsstündigen Verbleib in den Styroporkisten entwickelten sich die Rotaugeneier auf allen drei Laichplatten zu 100 % bis zum Schlupf der Larven am 19.05.98. Es entstand der Eindruck, dass die Eier einen wesentlich längeren Zeitraum in den Styroporkisten unbeschadet überstanden hätten. Die Dauer der Entwicklung bis zum Schlupfbeginn lag bei 8 Tagen. Die durchschnittliche Wassertemperatur während der Eientwicklung betrug ca. 18 °C.

6.3 Freilandversuche zur Haftung der Eier von Flussbarsch, Rotauge, Karpfen und Brasse auf künstlichen Laichsubstraten unter Einfluss von Strömung und Wellenschlag der Schifffahrt

Die Laichschnüre des Flussbarsches wurden an einem Tag dem Einfluss der Strömung und des Absunks von 10 Schiffen ausgesetzt (Abb. 55). Der niedrigste Absunk betrug 10 cm, der höchste 30 cm (Ø 22 cm). Die maximale Strömungsgeschwindigkeit lag bei 0,7 m/s, die längste Strömungsdauer bei 33 Sekunden. Obwohl gleich das erste Schiff einen maximalen Absunk und die höchste Strömungsgeschwindigkeit dieser Messreihe ausübte, wurde in den beiden Messtiefen von 30 und 80 cm kein Laich von der Unterlage gelöst. Auch zwei weitere Schiffspassagen führten zu keiner Verringerung der Laichmenge. Nach dem vierten Schiff kam es bei einem Absunk von nur 10 cm und einer maximalen Strömungsgeschwindigkeit von 0,59 m/s auf der Unterlage in 30 cm zu einem Laichverlust von 80 %. In 80 cm ging 70 % des Geleges verloren. An diesem Zustand änderte sich auch nach dem zehnten Schiff und einer abschließenden Kontrolle, nachdem die Laichunterlagen 24 Stunden im Kanal verblieben, nichts.

Durch die anhaltende Belastung durch Strömung und Wellen löste sich das netzartige Gefüge der gallertartigen Laichschnüre und führte zu einer Lösung von der Unterlage. Im weiteren Verlauf war die Laichmenge in 30 cm nach dem siebten Schiff auf 10 % gesunken. Nach dem zehnten Schiff war in dieser Tiefe die gesamte Laichschnur von der Unterlage abgelöst.

Die Eier der Rotaugen wurden an einem Tag dem Einfluss der Strömung und des Absunks von 12 Schiffen ausgesetzt (Abb. 56). In 30 cm wurden 510 und in 80 cm 560 Rotaugeneier exponiert. Mit 45 cm und 1,04 m/s wurden die höchsten Werte des Absunks (\varnothing 26 cm) und der Strömungsgeschwindigkeit von allen Freilandversuchen gemessen. Trotz der starken Beanspruchung, insbesondere durch die vier letzten Schiffspassagen, wurden im Laufe des Versuchs in 30 cm insgesamt nur 16 (3,1 %) bzw. in 80 cm nur 10 Eier (1,8 %) von der Laichunterlage abgelöst. Bei einer weiteren Kontrolle der Laichunterlagen nach 24 Stunden hatte der Schlupf der Larven bereits begonnen.

Die Karpfeneier wurden dem Einfluss des Absunks und der Strömung von 14 Schiffen ausgesetzt (Abb. 57). In 30 cm wurden 413 und in 80 cm 557 Eier positioniert. Die höchste Strömungsgeschwindigkeit betrug 0,91 m/s, der maximale Absunk lag bei 40 cm (\varnothing 27 cm). Wie schon bei den Rotaugen blieb der Verlust der Eier sehr gering. In 30 cm gingen 28 (6,8 %) und in 80 cm nur 9 Eier (1,6 %) verloren. Auch nach 24 Stunden wurde kein weiterer Eiverlust festgestellt.

Brasseneier wurden ebenfalls dem Einfluss von 14 Schiffen ausgesetzt (Abb. 58). Schiff 3 war ein Boot der Wasserschutzpolizei, welches keinen Absunk verursachte. Auf Anfrage fuhr es aber mit 30 km/h, einer unerlaubten Geschwindigkeit, die von Sportbootfahrern häufiger gefahren wird, an dem Versuchsort vorbei. Dadurch wurde im Gegensatz zu einer normalen Schiffspassage (Abb. 54 unten) eine extrem hohe Welle verursacht (Abb. 54 oben). Die Passagen der Schiffe 5 und 6 wurden zusammengefasst, da sich ihre Wege an dem Versuchsstandort kreuzten. In 30 cm wurden 660 und in 80 cm 401 Eier exponiert. Im Laufe der Versuchsreihe betrug die maximale Strömungsgeschwindigkeit 0,78 m/s und der höchste Absunk 35 cm (\varnothing 23 cm). In 30 cm kam es durch den Verlust von 564 Eiern (84 %) zu sehr hohen Einbußen, auch in 80 cm war die Eianzahl um 130 (32 %) deutlich zurückgegangen. Gleich nach dem ersten Schiff war der Verlust in beiden Versuchstiefen am größten. In 30 cm gingen 313 Eier (47 %) und in 80 cm 57 Eier (14 %) verloren. Die hohe Welle, ausgelöst durch das Boot der Wasserschutzpolizei, hatte keine weiteren negativen Folgen auf die

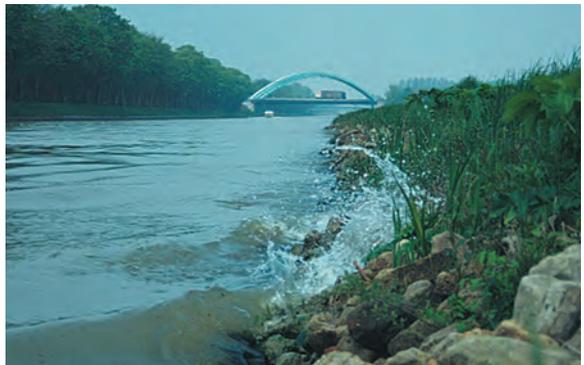


Abb. 54: Durch die Schifffahrt ausgelöster Wellenschlag. Extremes Wellenschlag nach der Durchfahrt eines Bootes der Wasserschutzpolizei mit einer Geschwindigkeit von 30 km/h (oberes Foto) und durchschnittliche Wellen nach einer Passage eines Lastschiffes mit einem Absunk von 30 cm (unteres Foto).

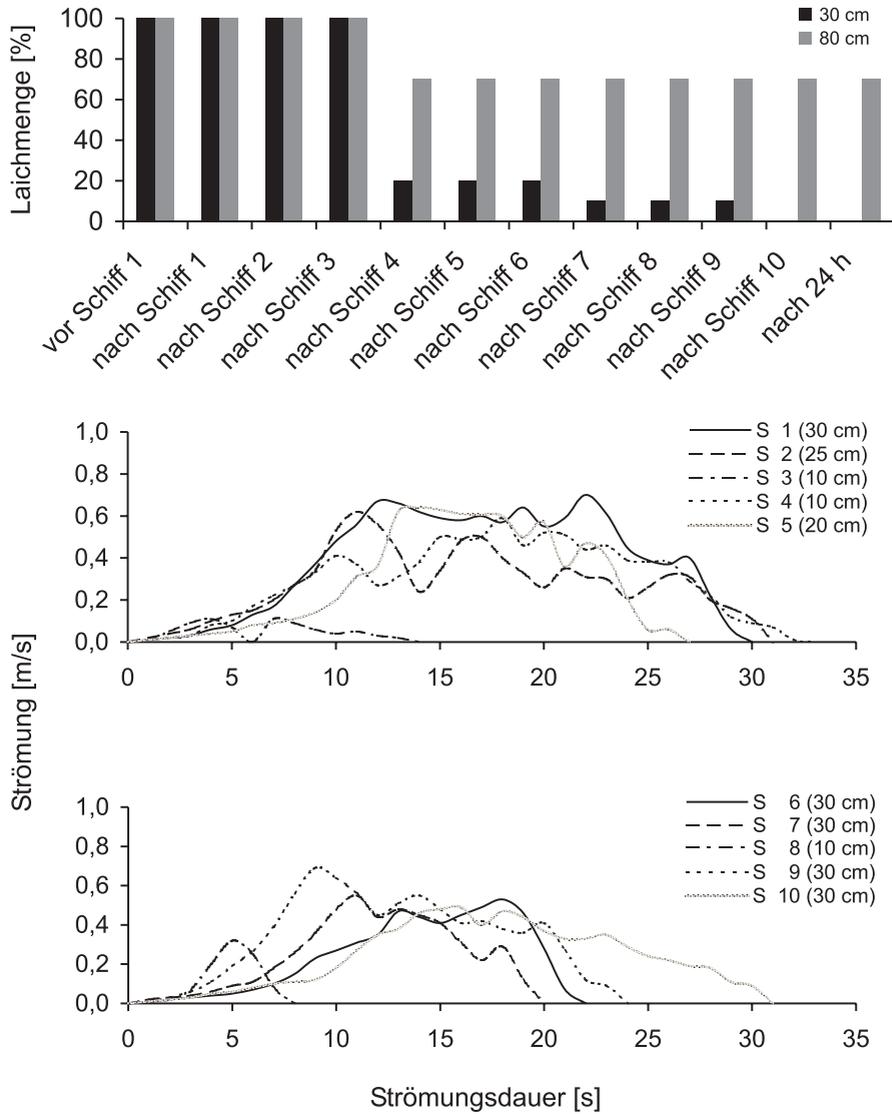


Abb. 55: Verlust der Laichmenge (%) beim Flussbarsch (obere Grafik) unter dem Einfluss der Strömung und des Wellenschlages nach 10 Schiffspassagen und nach 24 Stunden (untere Grafiken). Der maximale Absink in den Strömungsgrafiken ist in der Legende in Klammern angegeben.

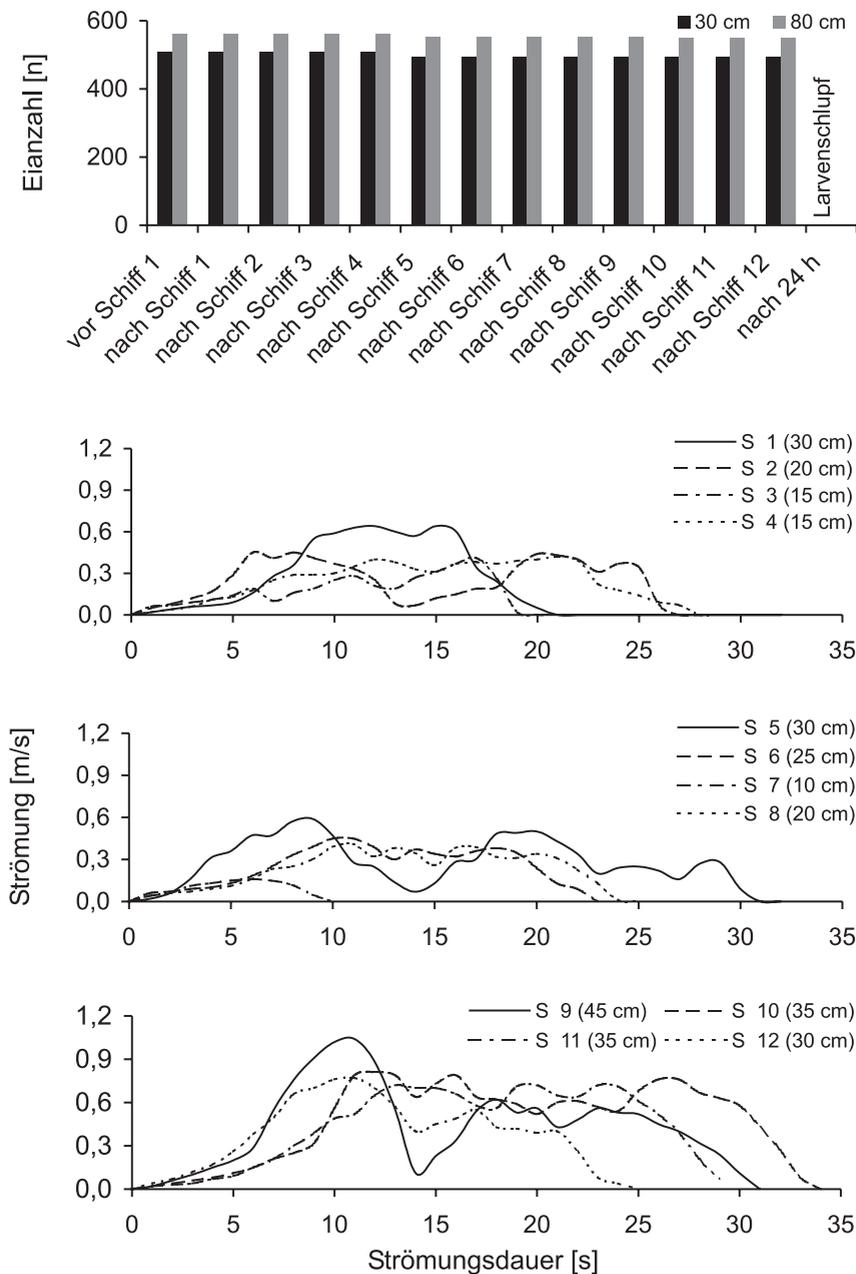


Abb. 56: Verlust der Eier beim Rotauge (obere Grafik) unter dem Einfluss der Strömung und des Wellenschlages nach 12 Schiffspassagen (untere Grafiken). Der maximale Absenk in den Strömungsgrafiken ist in der Legende in Klammern angegeben.

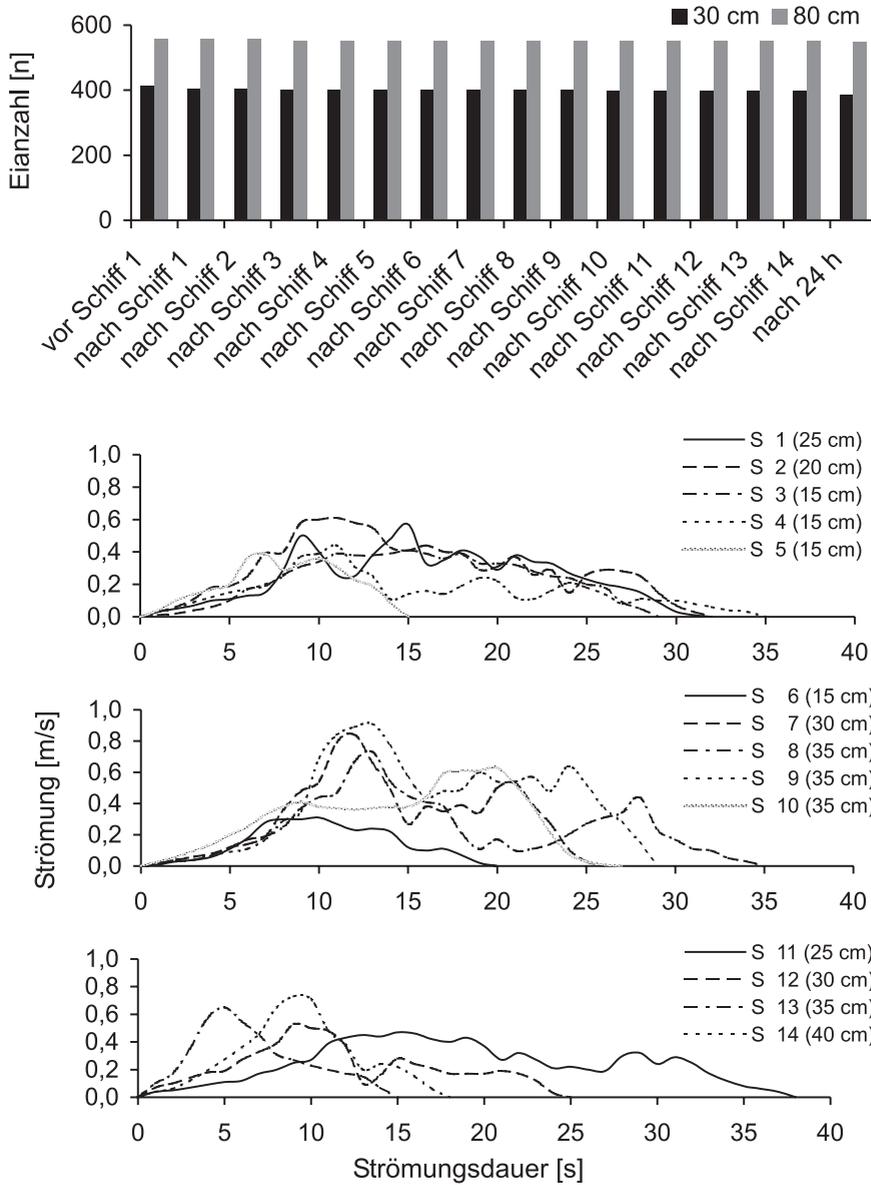


Abb. 57: Verlust der Eier des Karpfens (obere Grafik) unter dem Einfluss der Strömung und des Wellenschlages nach 14 Schiffspassagen (untere Grafiken). Der maximale Absenk in den Strömungsgrafiken ist in der Legende in Klammern angegeben.

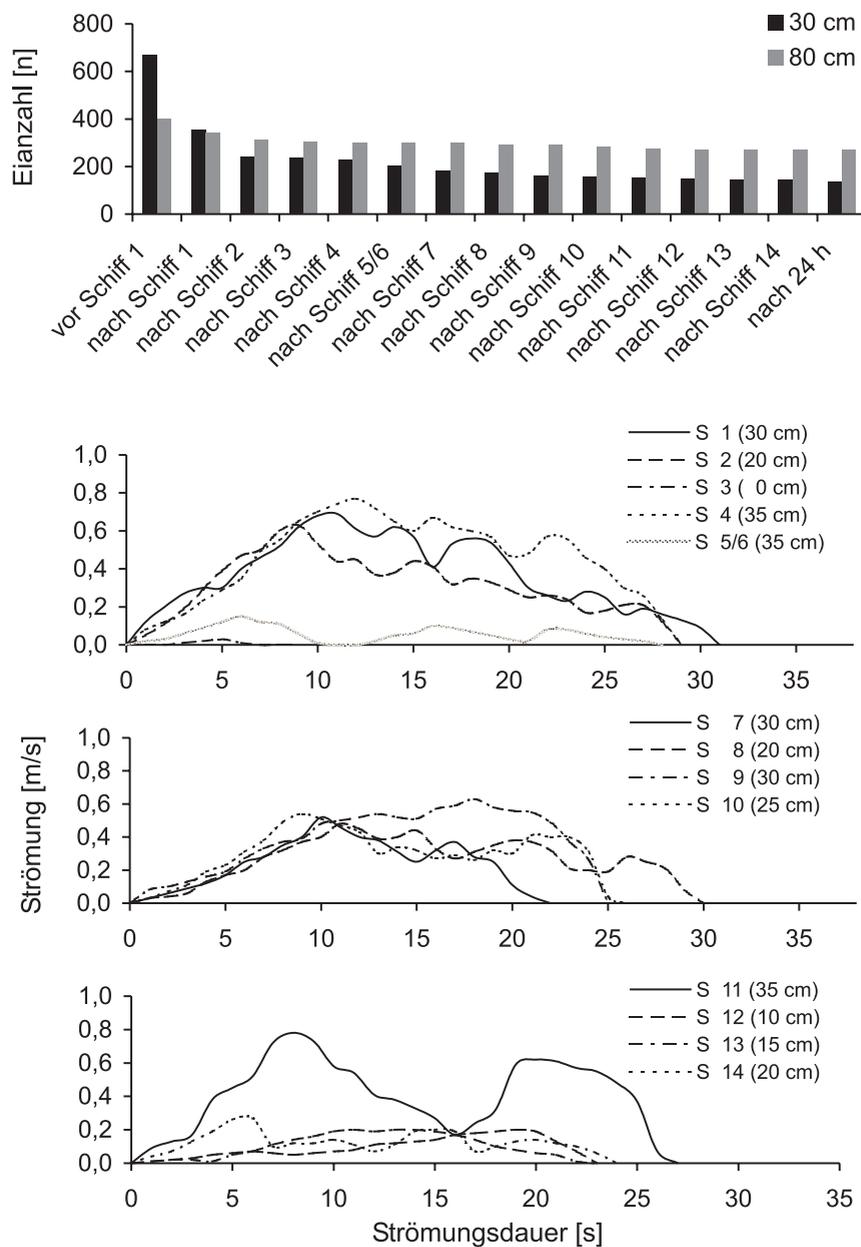


Abb. 58: Verlust der Eier bei der Brasse (obere Grafik) unter dem Einfluss der Strömung und des Wellenschlages nach 14 Schiffspassagen (untere Grafiken). Der maximale Absink in den Strömungsgrafiken ist in der Legende in Klammern angegeben.

Eianzahl. Damit war insgesamt der Einfluss von Strömung und Wellenschlag der Schifffahrt auf die Eier der Brasse am größten.

6.4 Laborversuche zur Haftung von Fischeiern auf künstlichen Laichsubstraten in der Wellenanlage und der Fließrinne

6.4.1 Die Haftung von Brasseneiern auf einer künstlichen Laichunterlage in der Wellenanlage

Durch die unterschiedliche Art der Wellenerzeugung waren die Ergebnisse der Versuche in der Wellenanlage und im Freiland nicht direkt miteinander vergleichbar. Auch die fehlende Möglichkeit der Strömungserzeugung in der Anlage in Karlsruhe minderte den negativen Einfluss auf die exponierten Eier. Eine in der Wellenanlage mit einem Absunk von 50 cm erzeugte Welle entspricht in etwa einer im Kanal mit einem Absunk von 10 cm erzeugten Welle. Daher wurde der Versuch nur mit Brasseneiern durchgeführt, da diese in den Feldversuchen die höchsten Verluststraten infolge des Schiffsverkehrs zeigten.

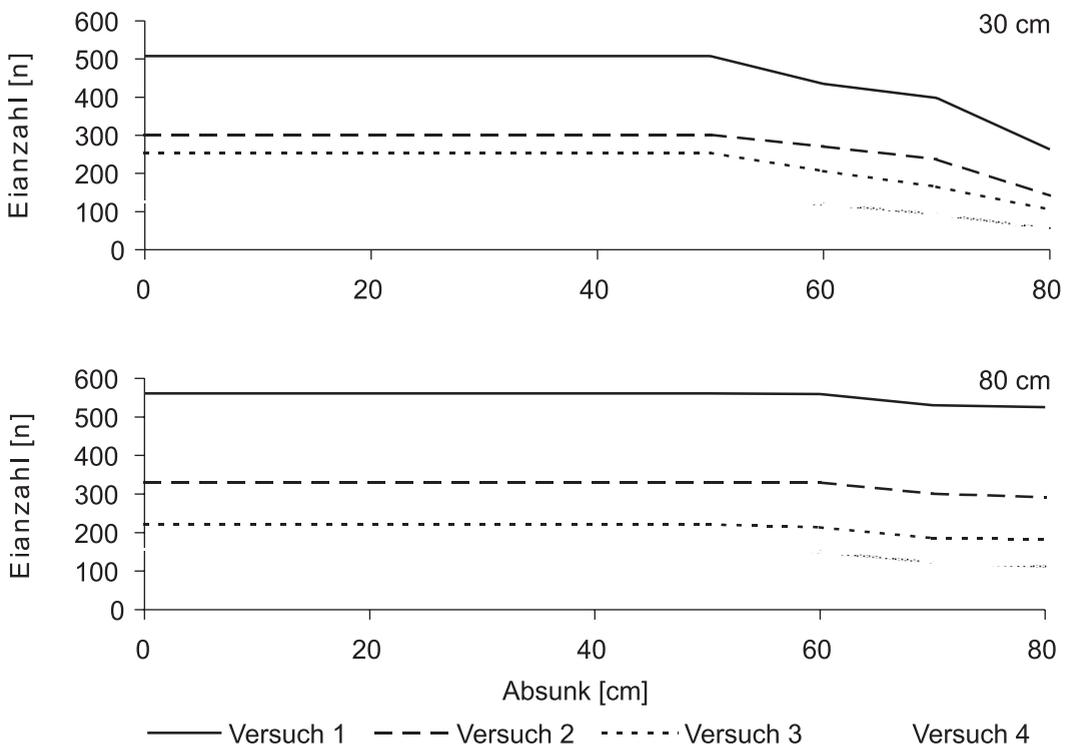


Abb. 59: Verlust von Brasseneiern in der Wellenanlage von ihrem Laichsubstrat in 30 cm (oben) und 80 cm (unten) Wassertiefe unter dem Einfluss von gesteuerten Absunkereignissen zwischen 10 und 80 cm.

Erste Verluste an Brasseneiern waren in beiden Expositionstiefen bei einem Absink von 50 cm zu erkennen (Abb. 59). Die so erzeugte Welle entspricht etwa einer Welle im Dortmund-Ems-Kanal, die durch einen Absink von 10 cm erzeugt wurde. In 80 cm Tiefe kam es in zwei Versuchen erst bei einem Absink von 60 cm zu Eiverlusten. Mit zunehmender Wellenhöhe stiegen auch die Eiverluste kontinuierlich an, in 80 cm in geringerer Intensität. Insgesamt gingen in 30 cm (\varnothing 54 %) deutlich mehr Eier verloren als in 80 cm (\varnothing 16 %).

6.4.2 Die Haftung von Brasseneiern auf einer künstlichen Laichunterlage in der Fließrinne

Die ersten geringen Verluste traten in zwei von vier Versuchsreihen bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 0,7 m/s auf (Abb. 60). Mit zunehmender Strömungsgeschwindigkeit kam es auch zu weiteren, geringfügigen Eiverlusten. Der höchste Verlust von 34 Eiern (23 %) wurde in Versuch 2 bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 0,8 m/s gemessen. Nach einer maximalen Strömungsgeschwindigkeit von 1,5 m/s kam es zu einem durchschnittlichen Verlust von 19 Eiern (\varnothing 14 %).

Stellt man bei der Bewertung der Ergebnisse einen Vergleich mit den maximal gemessenen Strömungswerten von 1,04 m/s bei den Freilandversuchen an, so beträgt der Verlust in der Fließrinne bei 1 m/s maximal 20,5 % und im Durchschnitt 7 %.

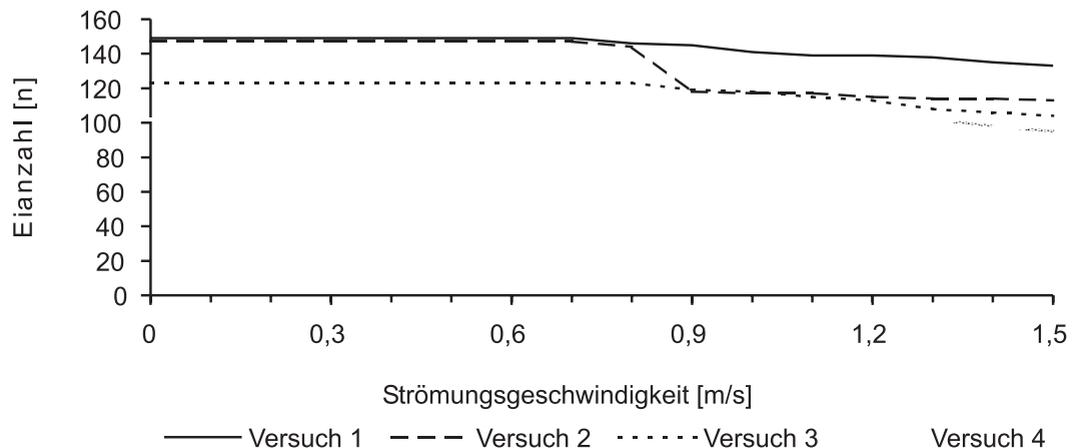


Abb. 60: Verlust von Brasseneiern von ihrem Laichsubstrat in der Fließrinne unter dem Einfluss von Strömungsgeschwindigkeiten bis 1,5 m/s.

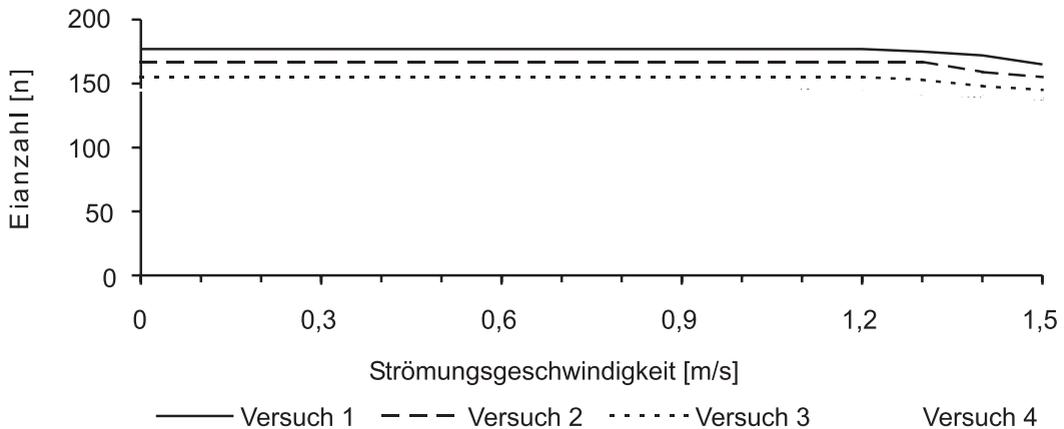


Abb. 61: Verlust von Rotaugeneiern von ihrem Laichsubstrat in der Fließrinne unter dem Einfluss von Strömungsgeschwindigkeiten bis 1,5 m/s.

6.4.3 Die Haftung von Rotaugeneiern auf einer künstlichen Laichunterlage in der Fließrinne

Bis zu einer Strömungsgeschwindigkeit von 1,1 m/s trat bei keinem der Versuche ein Verlust an Eiern auf (Abb. 61). Auch insgesamt betrachtet hatte die Strömung bis 1,5 m/s keinen nennenswerten Einfluss. Der höchste Verlust trat in den Versuchen 1 und 2 mit jeweils 12 Eiern auf. Der durchschnittliche Eiverlust betrug 6,3 % (10 Eier). Da Strömungsgeschwindigkeiten von über einem Meter in den Feldversuchen im Dortmund-Ems-Kanal nur in Ausnahmefällen gemessen werden konnten, kann die Strömung als Einflussfaktor auf die Eier vom Rotauge vernachlässigt werden.

6.4.4 Die Haftung von Laichschnüren des Flussbarsches auf einer künstlichen Laichunterlage in der Fließrinne

Strömungsgeschwindigkeiten von 0,6 m/s führten in allen Versuchsreihen (Abb. 62) zu ersten, geringen Verlusten von Teilen der Laichschnüre des Flussbarsches (Ø 10 %). Zu deutlichen Verlusten kam es in drei Versuchen bei Strömungsgeschwindigkeiten von 0,7 m/s. (Ø 78 %), im 4. Versuch bei 0,8 m/s (70 %). Im weiteren Verlauf wurde bis zu einer Strömungsgeschwindigkeit von 1,5 m/s weiteres Eimaterial von der Unterlage abgelöst, so dass bei allen vier Versuchen noch 5 % übrig blieben.

Legt man bei der Bewertung der Ergebnisse einen Vergleich mit den maximal gemessenen Strömungswerten von 1,04 m/s bei den Freilandversuchen zugrunde, so beträgt der Verlust in der Fließrinne bei 1 m/s im Durchschnitt 83 %.

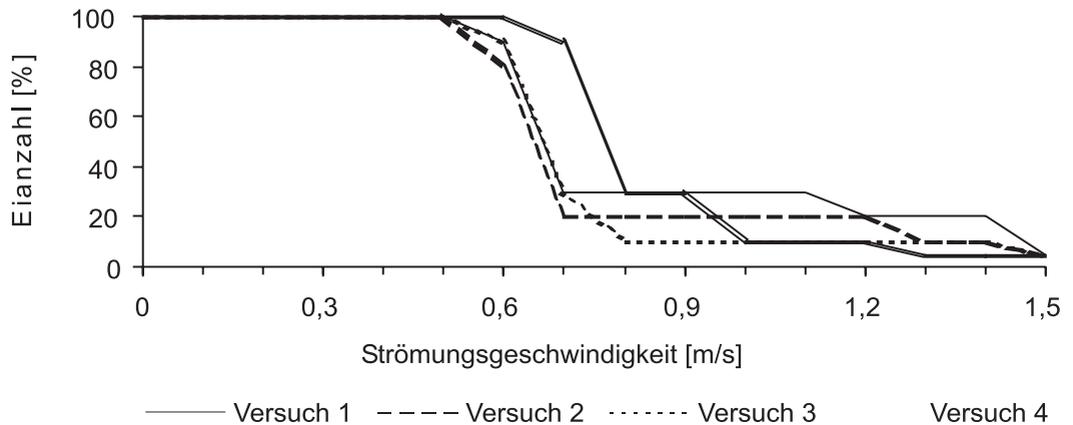


Abb. 62: Verlust von Laichschnüren (%) des Flussbarsches von ihrem Laichsubstrat in der Fließrinne unter dem Einfluss von Strömungsgeschwindigkeiten bis 1,5 m/s.

6.5 Laborversuch zu Mortalitätsraten von abgelösten Fischeiern und frisch geschlüpften Dottersacklarven von Flussbarsch und Brasse unter dem Einfluss des Wellenschlags

Die letalen Verluste von Eiern und Dottersacklarven durch den Einfluss der Wellen waren bei beiden Entwicklungsstadien von Rotaugen, Brasse und Flussbarsch gering (Tab. 15-17). Von den jeweils 200 Eiern entwickelten sich nach dem Versuch 187 Rotaugenlarven (93,5 %), 185 Brassenlarven (92,5 %) und 189 Flussbarschlarven (94,5). Auch die Überlebensrate bei den Dottersacklarven lagen mit 183 (91,5 %) bei den Rotaugen, 181 (90,5 %) bei den Brassen und 198 (99 %) bei den Flussbarschen auf einem sehr hohen Niveau. Während des Versuchs war zu beobachten, dass Eier und Dottersacklarven am Grund des Versuchsbeckens geschützt zwischen den Steinen lagen und so von der Wirkung der sich brechenden Wellen kaum beeinflusst wurden. Die Referenzproben entwickelten sich bei den zwei Entwicklungsstadien der untersuchten Fischarten zu 100 %. Die Eier wurden dabei bis zum Schlupf beobachtet, die Larven zeigten nach einer Woche keine Steigerung der Todesrate.

Tab. 15: Laborversuch zum Einfluss von Wellen auf Eier und frisch geschlüpfte Dottersacklarven vom Rotaugen.

	Eier	Dottersacklarven	Referenz Eier	Referenz Dottersacklarven
Gesamtzahl (n)	200	200	200	200
lebend (n)	187	183	200	200
lebend (%)	93,5	91,5	100	100
tot (n)	13	17	0	0
tot (%)	6,5	8,5	0	0

Ergebnisse

Tab. 16: Laborversuch zum Einfluss von Wellen auf Eier und frisch geschlüpfte Dottersacklarven der Brasse.

	Eier	Dottersacklarven	Referenz Eier	Referenz Dottersacklarven
Gesamtzahl (n)	200	200	200	200
lebend (n)	185	181	200	200
lebend (%)	92,5	90,5	100	100
tot (n)	15	19	0	0
tot (%)	7,5	9,5	0	0

Tab. 17: Laborversuch zum Einfluss von Wellen auf Eier und frisch geschlüpfte Dottersacklarven vom Flussbarsch.

	Eier	Dottersacklarven	Referenz Eier	Referenz Dottersacklarven
Gesamtzahl (n)	200	200	200	200
lebend (n)	189	198	200	200
lebend (%)	94,5	99	100	100
tot (n)	11	2	0	0
tot (%)	5,5	1	0	0

7 Diskussion

7.1 Die Bedeutung physikalischer Parameter für die Fische des DEK

Bei der Bewertung der physikalischen Parameter wiesen die Wassertemperaturen in der Alten Fahrt und der Fahrt in Münster-Hiltrup in den Zeiträumen April bis November der Jahre 1997/98 keine nennenswerten Unterschiede auf. Durch die ständige Durchmischung des gesamten Wasserkörpers infolge der Schifffahrt kam es im jeweiligen Frühjahr mit steigenden Lufttemperaturen zu einer schnellen Erwärmung in beiden Untersuchungsbereichen. Eine thermische Schichtung, die sich in Stillgewässern zur Sommer- bzw. Winterstagnation ab einer Gewässertiefe von etwa 2 m bildet (KLEE 1991), trat infolge des Schiffsverkehrs nicht auf. Die gering differierenden Wassertemperaturen des Tiefenprofils ergaben im August ebenfalls nahezu identische Verhältnisse in beiden Untersuchungsabschnitten.

Da die verschiedenen Fischarten bestimmte Mindesttemperaturen zur Eiablage benötigen (z.B. Rotauge: $> 10\text{ °C}$) (BACMEISTER 1975), konnten die Vertreter der verschiedenen Arten ihre Eier im DEK früh im Jahr ablegen. Der daraus folgende frühzeitige Schlupf verlängerte die jährliche Wachstumsphase für die Vertreter aller Fischarten in diesem Gewässer, da höhere Temperaturen die Entwicklungsgeschwindigkeiten der Fische beschleunigen (HERZIG & WINKLER 1985, 1986). Durch die in beiden Untersuchungsjahren lang anhaltend hohen Wassertemperaturen von über 20 °C (Juni bis September) im gesamten Kanal, bot dieses Gewässer den Fischen lang andauernde, gute Wachstumsbedingungen.

Die Leitfähigkeit zeigte mit Werten zwischen $398\text{ }\mu\text{S/cm}$ und $622\text{ }\mu\text{S/cm}$ schwach bis gut mineralisiertes Wasser an (HÜTTER 1992) und deutete somit auch auf eine gute Fangfähigkeit der Elektrofischgeräte, da erst bei höheren Leitfähigkeiten ab etwa $2000\text{ }\mu\text{S/cm}$ der Fangerfolg stark eingeschränkt wird (RÜMMLER & PFEIFER 1997).

Die vertikale Verteilung des Sauerstoffs zeigte in beiden Untersuchungsabschnitten erwartungsgemäß konstante Werte bis auf den Bodengrund. Mit Tageswerten im Hochsommer (August) von $8,4\text{ mg/l}$ in der Alten Fahrt und $9,7\text{ mg/l}$ in der Fahrt galten beide Bereich als sehr gut mit Sauerstoff versorgt (KLEE 1991) und boten somit den Fischen ausgezeichnete Bedingungen. Da Wasser mit steigenden Temperaturen weniger Sauerstoff aufnehmen kann (SCHWOERBEL 1994) und die Sauerstoffmessungen im August zu Zeiten der höchsten Wassertemperaturen erfolgten, war nicht davon auszugehen, dass der kritische Sauerstoffwert für Fische von 5 mg/l (HÜTTER 1992) im Verlauf der beiden Untersuchungsjahre unterschritten wurde.

7.2 Das Fischartenspektrum des Dortmund-Ems-Kanals im Bereich von Münster-Hiltrup

Ein lang bekanntes und vielfach diskutiertes Problem an großen Wasserstraßen sind die schiffahrtsbedingten Einflüsse von Wellenschlag, Strömung und Absink auf die Zusammensetzung der Fischartengemeinschaft. Die tatsächlichen Auswirkungen auf die Jung- und Adultfische sind bisher nur unzureichend mit Daten belegt. Durch zahlreiche Untersuchungen wird deutlich, dass Fischarten mit spezifischen Ansprüchen hinsichtlich ihrer Laichsubstrate, Strömungspräferenzen und den biotischen und abiotischen Voraussetzungen als erstes infolge anthropogener Beeinträchtigung

aus dem Arteninventar eines Gewässers verschwinden, bzw. in gänzlich künstlichen Systemen keine Lebensgrundlagen finden (SCHIEMER et al. 1991, 1992, 1994, 1995, PENCZAK & MANN 1990, 1993, WOLTER et al. 2000, ARLINGHAUS 2001). Daher ist auch in Wasserschiffahrtskanälen wie dem DEK durch die rein künstliche Entstehungsweise nur wenigen Fischarten eine nachhaltige Entwicklungsmöglichkeit gegeben.

Die homogenen Habitatstrukturen, insbesondere in den Fahrten, mit nivellierten Tiefen- und Breitenverhältnissen, Uferbefestigungen aus Wasserbausteinen und Wanderbarrieren (Schleusen) bieten nur ubiquitären Fischarten einen Lebensraum. Die ausnahmslos künstliche, gradlinige Uferbefestigung führt zu einem signifikanten Rückgang des Fischartenspektrums (WOLTER & VILCINSKAS 1998). Auch bei den tolerantesten Arten Rotauge und Flussbarsch verursacht starker Uferverbau und Urbanisierung eine Verringerung der Abundanzen (BOET et al. 1999, WOLTER & VILCINSKAS 2000).

Da Artenreichtum und Struktur der 0+-Fischartengemeinschaft von Laich- und Brutaufwuchshabitaten abhängig sind (COPP 1995, SCHIEMER & SPINDLER 1989, JURAJDA 1995), bieten die ökologischen Gilden hinsichtlich Laichsubstrat- (BALON 1975, 1981) und Strömungspräferenzen (SCHIEMER & WAIDBACHER 1992) gute Bewertungskriterien zur Einschätzung der aktuellen Situation in einem Gewässer. So können Reproduktionsnachweise von rheophilen Cypriniden als Indikator für eine höhere ökologische Wertigkeit größerer Fließgewässer dienen (SCHIEMER 1988). Da rheophile Fischarten in vielen Fällen auch lithophil sind, sind auch die entsprechenden Vertreter der Gilden am stärksten durch die Einflüsse des Menschen gefährdet (SCHIEMER 1988, SCHIEMER & SPINDLER 1989, BISCHOFF & WOLTER 2001 a). Fehlen komplexe und strukturreiche Habitate mit Kiesbänken als Laichsubstrate, fehlt den rheophilen Arten die Reproduktionsgrundlage (WINTERSBERGER 1996 a, STAAS 1997, GARNER 1996, NIEPAGENKEMPER & MEYER 2002).

Für eine erfolgreiche Reproduktion beschrieb schon MANN (1995) wichtige Voraussetzungen für eine bestandserhaltende Reproduktion, die in einer künstlichen Wasserschiffahrtsstraße wie dem DEK am ehesten in der Alten Fahrt zu finden sind:

1. Räumliche Nähe von Laichhabitaten zu Brutaufwuchshabitaten.
2. Ausreichend verfügbare Habitate, so dass den Ansprüchen der Arten bei ontogenetischen Nischenwechseln Rechnung getragen wird und eine Vielzahl ökologischer Nischen zur Verfügung steht.
3. Für die Fische erreichbare Alt- bzw. Stillgewässer abseits des Hauptflusses als Refugialräume und Habitate phytophiler Arten.

Infolge der geringen Breitenausdehnung des DEK im Untersuchungsgebiet von maximal 46 m verursachen die Schiffe in der Fahrt für die Fische z.T. extrem hohe physische Belastungen. Dies gilt besonders für die langen Geraden, auf denen die Schiffe den entgegenkommenden Verkehr früh erkennen und in diesen Bereichen hohe Geschwindigkeiten fahren. Zunehmende Geschwindigkeiten erhöhen auch die Auswirkungen der Schifffahrt auf die Uferbereiche (LANKENAU & BARTNIK 1992). Die Strömung bei herannahenden Schiffen setzte, wie die Studie gezeigt hat, sehr plötzlich ein. Da Wasserpflanzen, die insbesondere für 0+-Stadien einen hohen Schutz bieten (KEAST 1984, RINCON et al. 1992, ROSSIER et al. 1996, STAAS 1997, STANSFIELD 1997, WATKINS et al. 1997), im DEK in der Fahrt fehlten, war ein Nachweis von 0+-Fischen hier deutlich geringer. Die kritischen Strömungsgeschwindigkeiten (16 cm/s) aus der Literatur (MANN & BASS 1997, LAMOUREUX et al. 1999),

die für junge Rotaugen von 15 mm gelten, wurden bei jeder Schiffspassage deutlich überschritten. Die Maxima der Strömungsgeschwindigkeiten die im DEK im Rahmen der verschiedenen Eiversuche gemessen wurden, lagen mit Werten zwischen 0,11 m/s und 1,04 m/s (Mittelwert 0,56 m/s) in den überwiegenden Fällen wesentlich höher.

Da die Größe des Adultfischbestandes das jährliche Aufkommen der 0+-Fische nicht oder nur sehr geringfügig beeinflusst (MANN 1995, FREYHOF 1998, KORTE 1999), werden starke Schwankungen im Reproduktionserfolg in hohem Maße durch abiotische Faktoren verursacht (MILLS & MANN 1985, SCHLOSSER 1985). Da der wesentliche abiotische Faktor, die Wassertemperatur, im Bereich des Untersuchungsgebietes in beiden Jahren gute Voraussetzungen für ein hohes Wachstumspotential anzeigte, und auch andere abiotische Faktoren keinen großen Schwankungen unterliegen (LANDESUMWELTAMT NRW 2002), kann eine repräsentative Erfassung der Jungfischbestände vermutet werden.

Tab. 18: Anzahl der Arten im DEK im Bereich der Alten Fahrt und der Fahrt in Hiltrup und aus einer Untersuchung aus dem Bereich zwischen Olfen und Bevergern auf einer Strecke von 80 km. Daten aus der vorliegenden Untersuchung und aus NIEPAGENKEMPER (1998)

Fischart	Alte Fahrt/Fahrt (1997/98)	DEK gesamt (1996)
Aal	X	X
Bachforelle	X	
Brasse	X	X
Döbel		X
Dreist. Stichling		X
Flussbarsch	X	X
Güster		X
Karpfen	X	X
Kaulbarsch	X	X
Rapfen	X	
Rotauge	X	X
Rotfeder	X	X
Schleie	X	
Ukelei	X	X
Zander	X	X
Anzahl	12	12
Gesamtartenanzahl der Untersuchungen	15	

Im Vergleich zu anderen, besonders aber zu naturnahen Gewässern, ist die Vielfalt der Fischfauna im Dortmund-Ems-Kanal im Bereich der Stadt Münster mit nur 12 nachgewiesenen Arten als gering anzusehen. Im Rahmen einer Untersuchung des DEK aus dem Jahr 1996, die zwischen den Orten Bevergern und Olfen auf einer Strecke von etwa 80 km durchgeführt wurde, konnten ebenfalls nur 12 Fischarten gefangen werden (NIEPAGENKEMPER 1998). Insgesamt sind aus beiden Untersuchungen aus dem DEK derzeit 15 Fischarten bekannt (Tab. 18), von denen aber nur von 6 Arten (Brasse, Flussbarsch, Kaulbarsch, Rotauge, Rotfeder und Zander) der Reproduktionsnachweis erbracht werden konnte. Auch vom Ukelei kann die erfolgreiche Reproduktion angenommen werden, obwohl der direkte Nachweis in Form von Larven und frühen Jungfischstadien nicht gelang. Von dieser Art wurden aber insgesamt in beiden Untersuchungsjahren in der Alten Fahrt (91 Ind.) und der Fahrt (52 Ind.) Exemplare im Alter von 1+ bis 3+ gefangen.

Da die Art nicht besetzt wird, kann nach derzeitigem Kenntnisstand von 7 reproduzierenden Arten im DEK ausgegangen werden. Im Oder-Havel-Kanal

gelang ARLINGHAUS (2000) der Nachweis von 11 reproduzierenden Arten. In regulierten Fließgewässern wie dem Rhein (STAAS 1996, MOLLS 1997, KORTE 1999), der Oder (BISCHOFF & WOLTER 2001 a, 2001 b) oder der Donau (WINTERSBERGER 1996 a, 1996 b) konnten zwischen 23 und 28 reproduzierende Arten nachgewiesen werden. Im DEK wurden die meisten Jungfische in den Monaten Mai und Juni festgestellt. Die Reproduktionszeiten lagen im Kanal allgemein sehr früh (vgl. NIKOLSKI 1957, LADIGES & VOGT 1979, LÖFFLER 1984, GERSTMEIER & ROMIG 1998). Die Durchmischung des Wasserkörpers durch den Schiffsverkehr und die hohe Sonneneinstrahlung auf das unbeschattete Gewässer führten schon Anfang Mai zu einer Wassertemperatur von 17 °C. Dieses entspricht den Temperaturen in Flachzonen von Rheinaltarmen im Frühjahr (MOLLS 1997).

Im Rahmen einer Untersuchung der Fischfauna der Bundeswasserstraßen in Berlin, Brandenburg und Sachsen-Anhalt konnte VILCINSKAS (1994) im Elbe-Havel-Kanal 20 Arten, im Oder-Havel-Kanal 18 Arten und im Mittellandkanal 17 Arten nachweisen. In der Ems bei Münster konnten in einer Reusenuntersuchung bei einem Monitoring in einem Fischauftstieg 26 Fischarten gefangen werden (NIEPAGENKEMPER 2002). Aus den Bächen und Flüssen in Nordrhein-Westfalen sind z. Z. 42 Fischarten (inkl. Neunaugen) bekannt (MUNLV NRW 2001).

Die Arten- und Individuenverteilung im DEK in den beiden Untersuchungsbereichen in Münster-Hiltrup deuten auf einen höheren Wert des Lebensraums Alte Fahrt für die adulten Fische hin. Mit 1142 Individuen – verteilt auf 11 Arten – wurden in dem beruhigten Bereich mehr als doppelt so viel Individuen und eine höhere Artenvielfalt wie in der Fahrt nachgewiesen (428 Individuen, 8 Arten).

Zu den im Rahmen dieser Untersuchung nachgewiesenen Arten gehörten Aal (*Anguilla anguilla*), Bachforelle (*Salmo trutta*), Brasse (*Abramis brama*), Flussbarsch (*Perca fluviatilis*), Karpfen (*Cyprinus carpio*), Rapfen (*Aspius aspius*), Rotaugen (*Rutilus rutilus*), Rotfeder (*Scardinius erythrophthalmus*), Schleie (*Tinca tinca*), Ukelei (*Alburnus alburnus*) und Zander (*Stizostedion lucioperca*). Unter den registrierten Arten waren Bachforelle, Karpfen und Rapfen nur als Einzelfunde (1-3 Ind.) vertreten. Mit dem Zander und dem Rapfen wurden im DEK zwei Neozoen nachgewiesen, von denen sich nur die erstgenannte Spezies im Untersuchungsgebiet sicher erfolgreich reproduziert.

7.3 Die Bestandssituation der einzelnen Fischarten in der Alten Fahrt und der Fahrt

7.3.1 Rotaugen (*Rutilus rutilus* L.)

Bewertet man beim Rotaugen alle Fänge – Adulte und Jungfische – zusammen, war diese Art im Untersuchungsgebiet am häufigsten anzutreffen (34538 Ind.). Bei differenzierter Betrachtung lagen die Individuenzahlen der adulten Fische in der Alten Fahrt und in der Fahrt jedoch hinter denen des Flussbarsches (Rotaugen 421 Ind., Flussbarsch 614 Ind.). Mit einer Frequenz von 100 % an allen Probestellen war diese als eurytop und phyto-lithophil definierte Art überall sehr häufig anzutreffen und kann damit nach VILCINSKAS (1994) als Charakterart des DEK angesprochen werden.

In der wärmeren Jahreszeit zeigten die adulten Rotaugen mit einer relativen Abundanz von 28,3 % eine leichte Präferenz für die offene Fahrt (Alte Fahrt 26,3 %), gelten jedoch nach MÜHLENBERG (1995) in beiden Abschnitten als dominant. Insbesondere Exemplare ab einer Länge von 16 cm

wurden überwiegend in diesem Lebensraum gefangen. Rotaugen dieser Größe sind im DEK nach Ergebnissen der Altersuntersuchung überwiegend im dritten Lebensjahr und somit nach GERSTMEIER & ROMIG (1998) erstmalig geschlechtsreif. Andere Autoren geben für die erste Geschlechtsreife das 2. bis 3. Lebensjahr an (TEROFAL 1978, MOLLS 1997). Die hohe Fekundität (pro Jahr) liegt nach den genannten Autoren bei 100.000 Eiern (max. 200.000) pro kg Körpergewicht, worin die hohen nachgewiesenen Jungfischfänge begründet liegen.

Geschlechtsreife Rotaugen führen jährliche Wechsel zwischen Laichhabitaten und Nahrungsbiotopen durch, dabei existieren Hinweise auf eine hohe Laichplatztreue dieser Art (GOLDSPINK 1977, DIAMOND 1985). Dieses Verhalten ist auch aus dem Rhein bekannt, wo die Laichtiere nach der Eiablage die wärmeren Altarme verlassen und im Hauptstrom eine dominante Fischart darstellen (MOLLS 1997). Einen Hinweis auf diese Annahme geben auch die Fänge der großen Rotaugen aus der Alten Fahrt, die dort bis zu einer Länge von 36 cm überwiegend zur Laichzeit gefangen werden konnten.

Infolge des sehr hohen Jungfischauftommens (22988 Ind.) kann die Alte Fahrt in Hilstrup neben ihrer Funktion als Reproduktionshabitat dieser Art auch als wichtiges Jungfischhabitat angesprochen werden, da sich die Rotaugen bis zur Geschlechtsreife bevorzugt in diesem Lebensraum aufhielten.

Die Rotaugen zeigten sowohl in der Alten Fahrt wie in der Fahrt ein überproportional gutes und sehr gleichmäßiges Wachstum, wobei die Tiere in der Fahrt bei gleicher Länge etwas mehr Gewicht verzeichneten als die Vertreter aus der Alten Fahrt. Obwohl die Anzahl der Taxa und auch die Individuenzahlen der Wirbellosen, die den opportunistischen Rotaugen neben Algen und Wasserpflanzen als Nahrungsgrundlage dienten, in der Alten Fahrt deutlich höher liegen (NIEPAGENKEMPER 1998), zeigten vor allem die größeren Rotaugen eine deutliche Präferenz zur Fahrt. Ein Grund dafür ist aller Voraussicht nach die Verfügbarkeit von Nahrungsressourcen. In der Fahrt werden die in der Steinschüttung lebenden Wirbellosen durch den Sog, die Strömung und den Wellenschlag von vorbeifahrenden Schiffen aus der Steinschüttung gespült und sind so für die Fische besser verfügbar. In der Alten Fahrt sind die Makrozoobenthos-Organismen für die Rotaugen nur schwer erreichbar, da die Auswirkungen der Schifffahrt kaum wahrnehmbar sind. Dies bestätigen eigene Erfahrungen und Berichte von Anglern, wonach die Rotaugen nach einer Schiffs-passage, wenn das Wasser aufgewühlt und trüb ist, besonders häufig gefangen werden.

Pelagische Kleinkrebse wie Copepoden, Cladoceren oder Ostracoden, die in der Alten Fahrt deutlich höhere Dichten aufweisen (NIEPAGENKEMPER 1998), bilden für größere Fische hingegen eine nur mit hohem Energieaufwand erreichbare Nahrungsquelle, da für den Nahrungsbedarf eine vergleichsweise hohe Anzahl dieser winzigen Organismen erbeutet werden muss.

Dass insbesondere die Dreikantmuschel als proteinreiche Nahrung für die Rotaugen eine hochwertige Nahrungskomponente darstellt (PREJS et al. 1990), konnte auch für den DEK bestätigt werden. Bei größeren Individuen ab einem Alter von 5+ bildeten die Dreikantmuscheln neben Algen die Hauptnahrungsgrundlage. Da Algen aber im Gegensatz zu tierischer Nahrung einen geringen Nährwert besitzen, ist es möglich, dass diese pflanzlichen Bestandteile beim Fraß der sessilen Dreikantmuschel zufällig mit in den Verdauungstrakt gelangt sind. Rotaugen der Altersklassen 2+ bis 4+ ernährten sich hauptsächlich von Trichoptera, *Asellus aquaticus*, *Corophium curvispinum*, *Gammarus pulex* und Algen.

Vergleicht man das Wachstum der Rotaugen mit Vertretern dieser Art aus anderen Gewässern, wird die Einschätzung des guten Wachstumspotentials im DEK noch deutlicher. So wuchsen die Rotaugen signifikant ($p < 0,05$) besser als im Oder-Havel-Kanal und hoch signifikant ($p < 0,01$) besser als in anderen Gewässern in NRW (JENS 1980) ab.

Auch bei den 0+-Stadien lagen die Nachweise in der Alten Fahrt insgesamt wesentlich höher als in der Fahrt. Die Erstnachweise der Larven hatten zu diesem Zeitpunkt (Mitte Mai) eine so geringe Größe, dass der Fundort in etwa mit dem Schlupfort gleichgesetzt werden konnte. Da auch in der Fahrt frisch geschlüpfte Dottersacklarven nachgewiesen werden konnten, ist davon auszugehen, dass die Art auch in diesem Bereich erfolgreich ablaichen konnte.

Nachfolgend kam es dann von Mitte Mai bis Mitte Juni zu einem starken Aufkommen junger Rotaugen in der Alten Fahrt, da hier die hohe Dichte planktischer Kleinkrebse den Jungfischen eine ausgezeichnete Nahrungsgrundlage bietet (NIEPAGENKEMPER 1998). Allerdings konnten bei dem Vergleich des Wachstums und der Gewichtszunahme der Fische aus der Alten Fahrt und der Fahrt über die ersten 120 Tage keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Die mehr als doppelt so hohen absoluten Zahlen belegten aber eine deutliche Präferenz für die Alte Fahrt. Daher ist neben dem günstigen Nahrungsangebot der ruhige Wasserkörper außerhalb des Einflusses der Schifffahrt als Grund für die hohen Individuenzahlen zu nennen. Die hohe Bedeutung von beruhigten Bereichen dieser Art in stark ausgebauten oder künstlichen Gewässern, die den Fischen auch als Aufwuchshabitat dienen, dokumentierten schon STAAS (1991), COPP (1995), ARLINGHAUS (2000) und HODGSON & EATON (2000).

Ende Mai, Anfang Juni kam es in der Alten Fahrt zu einem Massenaufkommen von 0+-Rotaugen, die kurz darauf so schwimmstark geworden waren, dass sie nicht mehr mit dem Schubnetz gefangen werden konnten. Mehrfach konnte beobachtet werden, wie die Rotaugen vor dem herannahenden Boot in die Tiefe oder die Steinschüttungen abtauchten. WOLTER & VILCINSKAS (1997 b), MURPHY & EATON (1983), ZAUNER & SCHIEMER (1992) und HODGSON & EATON (2000) vermuten einen hohen Mortalitätsfaktor durch verdriftete oder auf die Steinpackung gespülte Larven, der durch fehlende Wasserpflanzen noch verstärkt wird. In dieser Lebensphase stellen Sog, Strömung und Wellenschlag keine Gefährdung mehr für die Jungfische dar. So wurden auch während der ganzen Larven- und Jungfischuntersuchungen keine durch Wellenschlag ans Ufer gespülten Larven der Rotaugen gefunden, die durch ihre ufernahe Lebensweise in den ersten Lebenswochen besonders durch den Einfluss der Schifffahrt gefährdet sein sollen (LELEK & KÖHLER 1989). Im Labor wurde festgestellt, dass die frischgeschlüpfen Dottersacklarven kaum tödliche Schäden durch den Wellenschlag erleiden. Nach der ersten Welle landeten alle Dottersacklarven im Lückensystem der Steine und waren so vor dem Einfluss der Schifffahrt geschützt. Da auch nach Langzeitbeobachtungen (1 Woche) keine höhere Todesrate bei den Larven beobachtet wurde, kann ein bestandsgefährdender Einfluss der Schifffahrt auch auf die Dottersacklarven ausgeschlossen werden.

Die Eier der phyto-lithophilen Rotaugen werden im DEK bevorzugt in der Alten Fahrt an Schilf, Wasserpflanzen und Steinen im Uferbereich abgelegt. Dabei werden vor allem Bereiche mit verfallender Steinschüttung genutzt, da sich an diesen Flächen eine flachere Uferböschung ausgebildet hat. Das die Rotaugen diese Bereiche als Laichstandort bevorzugten, konnte mehrfach auch augenscheinlich beobachtet werden. Die dort angesiedelten Wasserpflanzen sorgten zusammen mit der Flachwasserzone dafür, dass die Energie einer anlaufenden Welle, die in der Alten Fahrt durch die

geschützt Lage gering ist, an den Randstrukturen abgebaut wird, so dass keine turbulenten Erscheinungen wie in der Fahrt auftreten (ZAUNER & SCHIEMER 1992).

Freiland- und die Laborversuche in der Bundesforschungsanstalt für Wasserbau in Karlsruhe haben bewiesen, dass diese turbulenten Verhältnisse die Rotaugeneier bei ihrer Entwicklung in der Fahrt nicht gefährden. Die Eier der Rotaugen besitzen eine derartige Klebefähigkeit, dass auch Strömungsgeschwindigkeiten von 1,5 m sie nicht von ihrer Unterlage ablösen konnten. Bei den Versuchen entstand der Eindruck, dass die Eier noch wesentlich höheren Strömungsgeschwindigkeiten widerstanden hätten. Auch stärkste Wellen und ausgeprägte Turbulenzen führten zu keinen nennenswerten Verlusten der Eizahl. Bei den Freilandversuchen zeigte sich, dass schwer beladene Motorschiffe die höchsten Strömungsgeschwindigkeiten verursachten, wohingegen die höchsten Wellen aber durch ein zu schnell fahrendes Sportboot zustande kamen, wie ein beabsichtigter Versuch mit einem Boot der Wasserschutzpolizei eindrucksvoll zeigte.

Die wenigen Eier, die sich infolge des Wellenschlags von der Unterlage ablösten, gerieten zwischen die Steine und konnten sich dort geschützt bis zum Schlupf entwickeln. Dies konnte im Labor nachgewiesen werden. Beim Versuch mit abgelösten Eiern unter Einfluss des Wellenschlags im Labor stellte sich heraus, dass wie schon bei den Dottersacklarven kaum Verluste auftraten. Allerdings kann der Einfluss von Prädatoren auf die Eier – und auch auf die Dottersacklarven – in der Steinschüttung nicht eingeschätzt werden. Als Fazit lässt sich für die Rotaugen sagen, dass für Eier und Larven anhand von Feld- und Laborversuchen keine nachhaltig negativen Folgen durch den Schiffsverkehr auftraten.

7.3.2 Flussbarsch (*Perca fluviatilis* L.)

Neben dem Rotauge bildete der Flussbarsch die mit Abstand häufigste Fischart im DEK. Betrachtet man die absolute Abundanz, konnten in der Alten Fahrt (450 Individuen) deutlich mehr adulte Individuen nachgewiesen werden als in der Fahrt (164 Individuen). Eine Ursache könnte in den Wasserpflanzenvorkommen liegen, denn diese werden in Flachwasserbereichen in den Frühjahrs- und Sommermonaten bevorzugt aufgesucht (PERSSON & EKLÖV 1995, PERSSON 1983 a, 1997). In der Fahrt hingegen fehlten diese Pflanzenvorkommen. Mit fortschreitender Jahreszeit gingen die Wasserpflanzen stark zurück, insbesondere in den Übergangsbereichen zur Fahrt. Durch den hohen Anteil an aufgewirbelten Ton-, Schluff- und Sandpartikeln aus der Kanalsole lagerte sich auf den Blattoberflächen eine Sedimentschicht ab. Aufgrund der starken Trübung und dem daraus resultierenden Lichtmangel ist das Pflanzenwachstum unter diesen Bedingungen stark eingeschränkt bzw. nicht möglich (MURPHY & EATON 1981, 1983). Dabei sind großblättrige Arten wie einige *Potamogeton*-Arten und Nymphaeiden besonders gefährdet (MURPHY & EATON 1983). In der Alten Fahrt des DEK war *Potamogeton pectinatus* die Hauptart, die in der Mittelstrecke der Alten Fahrt im Uferbereich die dichtesten und langlebigsten Bestände bildete. Hier gab es auch einen sehr geringen Bestand an *Nuphar lutea*. Dieses kann als weiterer Hinweis auf die geringere Trübung in dem mittleren Bereich der Alten Fahrt betrachtet werden.

Da für einen visuellen Beutegreifer wie den Flussbarsch Licht ein limitierender Faktor sein kann (PERSSON 1983 b), bot die häufig infolge des Schiffsverkehrs stark getrübe Fahrt den Fischen

schlechtere Voraussetzungen zum Beuteerwerb. In der Alten Fahrt hingegen war der mittlere Streckenabschnitt weniger stark eingetrübt und bot so einen günstigeren Lebensraum.

Mit 39,4 % in der Alten Fahrt und 38,3 % in der Fahrt war diese Art im Juvenil- und Adultstadium in beiden Lebensräumen nach MÜHLENBERG (1995) eudominant. Trotz geringerer Fangmengen in der Fahrt zeigte die Art eine Frequenz von 100 % in beiden Lebensräumen und kann damit nach VILCINSKAS (1994) ebenfalls als Charakterart des DEK bezeichnet werden. Die 0+-Barsche waren nach MÜHLENBERG (1995) dominant, aber im Verhältnis zu den 0+-Rotaugen nicht ganz so vorherrschend.

Das Wachstum der Flussbarsche kann nach TESCH (1955) in fünf Kategorien eingeteilt werden, die in Tab. 19 dargestellt sind. Die Flussbarsche zeigten demnach im DEK eine mittlere Wachstumsgeschwindigkeit (3+ = Ø 17,5 cm). Auch in den Vergleichsgewässern, wie im Oder-Havel-Kanal (VILCINSKAS 1994) und in einigen ausgewählten Gewässern in NRW (JENS 1980) lag die Wachstumsgeschwindigkeit im mittleren Bereich. Beim direkten Vergleich lag das Wachstum der Fische im DEK gegenüber den Daten von JENS (1980) hoch signifikant besser ($p < 0,01$). Im Oder-Havel-Kanal schienen vor allem die älteren Flussbarsche besser abzuwachsen, der Vergleich war jedoch nicht signifikant.

Beim direkten Vergleich des Wachstums der Flussbarsche aus der Alten Fahrt und der Fahrt ergaben sich keine signifikanten Unterschiede. Das Wachstum war in beiden Lebensräumen sehr gleichmäßig und überproportional gut (Alte Fahrt und Fahrt: $R^2 = 0,98$). Das bedeutet, dass diese äußerst anpassungsfähige Fischart in beiden Abschnitten des DEK eine insgesamt gute Lebensgrundlage findet, da das Wachstum der Barsche insgesamt das Zusammenwirken von Wassertemperatur (LE CREN 1958, COBLE 1966, NEUMANN 1976), Populationsdichte (ALM 1946, TESCH 1955, RASK 1983) und Menge und Qualität der verfügbaren Nahrung (CRAIG 1977, 1978, 1980, RASK 1983, PERSSON & GREENBERG 1990 b) reflektiert. Der Temperaturwert, bei dem das ausgeprägteste Wachstum stattfindet, wird von HOKANSON (1977) mit 25,4 °C angegeben. Die sommerlichen Maximaltemperaturen waren im gesamten Wasserkörper homogen verteilt und lagen im August bei einem Maximum von 22,3 °C (Alte Fahrt) und 22,5 °C (Fahrt).

Zur Fekundität liegen unterschiedliche Angaben vor. Sie liegt nach ZEH et al. (1989) mit 9.000 bis 75.000 Eiern pro kg Körpergewicht deutlich niedriger als bei den Rotaugen und anderen Cypriniden. GERSTMEIER & ROMIG (1998) legen die Geschlechtsreife nach zwei bis drei Jahren und eine maximale Eimenge von 200.000 Stück zugrunde. Die Weibchen legen jeweils nur einen Laichstrang (THORPE 1977), der bei großen Individuen bis zu 1,5 m lang werden kann. Die maximale Länge nachgewiesener Laichstränge, die durch eine Gallerte die Eier netzartig verbinden, lag im DEK bei einem Meter. Der als phyto-lithophil eingestufte Barsch zeigte im DEK ein indifferentes Laichverhalten wie im Rhein (STAAS 1997), wo die natürliche Ablage der Laichschnüre in Schilfbeständen, an Erlenwurzeln und an im Wasser hängenden Zweigen von Brombeersträuchern und Gehölzen erfolgte.

Tab. 19: Wachstumskategorien nach TESCH (1955).

Alter	Totallänge	Wachstum
2+	> 20 cm	sehr schnell
3+	> 20 cm	schnell
3+	> 16 cm	mittel
3+	< 16 cm	langsam
alle Alter	< 16 cm	sehr langsam

Die Entwicklung der Eier und die Überlebensrate der Jungfische hängt im Wesentlichen von dem Ort der Eiablage ab (ZEH et al. 1989). Schon LELEK & KÖHLER (1989) wiesen für den Rhein darauf hin, dass Laichschnüre durch die Brandung vorbeifahrender Schiffe vom Laichsubstrat gelöst oder zerrissen werden könnten. Durch die in der Alten Fahrt und der Fahrt ausgebrachten künstlichen Laichnester konnte eindeutig nachgewiesen werden, dass die Flussbarsche bevorzugt in der ruhigen Alten Fahrt und dort in den Schilfbeständen im flachen Uferbereich in max. 80 cm Wassertiefe abgelaicht haben. In der Fahrt konnte kein Laichstrang an den künstlichen Laichnestern nachgewiesen werden. ZEH et al. (1989) fanden im Züricher See die meisten Laichbänder in 3 m Wassertiefe. Bei Untersuchungen der genannten Autoren haben die Flussbarsche künstliche Laichsubstrate (*Picea abies*) in deutlich höherem Maße angenommen als gewässereigene Strukturen. Von daher kann die Aussage, dass die Flussbarsche die Alte Fahrt als Laichstandort deutlich bevorzugen, als repräsentativ betrachtet werden. Zusätzlich fehlen in der Fahrt die flacheren Uferpartien, wie sie in der Alten Fahrt im mittleren Streckenabschnitt durch verfallenden Uferverbau vorliegen. Laichschnüre, die in der Fahrt im Sohlbereich in 3,5 m Tiefe abgelegt werden, unterliegen der Gefahr durch die Schiffschrauben zerstört zu werden, so dass sie anschließend von feinem Sediment bedeckt auf dem Grund liegend durch Sauerstoffmangel absterben. Durch diese erwähnten Aspekte ist eine nachhaltig erfolgreiche Laichablage und Eientwicklung in Sohlhöhe im DEK in der Fahrt nur eingeschränkt zu erwarten bzw. in Frage zu stellen.

Im DEK haben die Flussbarsche schon früh, etwa Mitte April, abgelaicht. ZEH et al. (1989) geben eine Laichzeit von Ende April bis Anfang Juni, GUMA`A (1978b) von Mitte Juni, LASKAR (1943) von Ende April bis Anfang Mai und GERSTMEIER & ROMIG (1998) von März bis Juni an. Die Wassertemperatur sollte nach Angaben der genannten Autoren 8 – 10°C betragen.

Erste Larven wurden in geringen Abundanzen Ende April in der Alten Fahrt und der Fahrt gefangen, obwohl keine Laichbänder in der Fahrt visuell wie auch durch den Versuch mit den künstlichen Laichnestern nachgewiesen werden konnten. Möglicherweise erfolgte eine passive Verdriftung durch die durch den Schiffsverkehr ausgelöste Strömung, obwohl die Flussbarsche im Gegensatz zu andern einheimischen Süßwasserfischen (z.B. Rotauge, Brasse) gleich nach dem Schlupf in dauernder Bewegung sind und lebhaft, photopositive Schwimmbewegungen in Richtung Wasseroberfläche vollführen (SCHINDLER 1935, STAAS 1997). Während dieser „planktischen Phase“ halten sich die Larven bevorzugt im oberflächennahen Bereich von 0-1 m Tiefe auf (STAAS 1997) und sind daher effektiv mit einem Schubnetz fangbar. In Fließgewässern sind Barschlarven daher besonders anfällig für eine Verdriftung (COLES 1981). Im Gegensatz zu den Fließgewässern erfolgt im DEK keine gerichtete, sondern eine zufällige Verdriftung, da die Driftrichtung durch den Wind und die Fahrtrichtung der Schiffe bestimmt wird.

In den folgenden Wochen, von Anfang Mai bis Ende Juli wurden in der Alten Fahrt mehr als doppelt so viele 0+-Flussbarsche wie in der Fahrt gefangen. Durch die gesteigerte Schwimmaktivität mit fortschreitendem Alter erfolgte keine passive Verdriftung mehr, so dass die visuell jagenden Fische sich bevorzugt in der Alten Fahrt aufhielten, wo sie ein reichhaltigeres, ihrem Alter entsprechendes Nahrungsspektrum vorfinden (NIEPAGENKEMPER 1998). In den folgenden Monaten sanken die Fangmengen der 0+-Flussbarsche drastisch ab. GUTI (1993) und DIEHL & EKLÖV (1995) begründen dieses Phänomen mit der natürlich hohen Mortalitätsrate im ersten Lebensjahr. ALM (1959) deutet ebenfalls auf eine besonders hohe, natürliche Mortalität in den ersten Lebensjahren hin, die auch bei älteren Exemplaren noch 20 – 30 Prozent eines Jahrgangs betragen kann.

Zusätzlich existiert aber auch ein hoher Prädationsdruck durch Zander und Aal sowie durch den ausgeprägten Kannibalismus der älteren Artgenossen. So fand DÖRNER (2002) an einer Talsperre in Bautzen heraus, dass schon I+-Barsche 0+-Barsche und 0+-Zander selektiv erbeuteten, 0+-Rotaugen aber kaum berücksichtigten. Auch in diesem Gewässer kam es zu einem starken Rückgang der 0+-Fischabundanz, der schon in der zweiten Maihälfte erfolgte.

Das Nahrungsspektrum der Flussbarsche ändert sich mit zunehmendem Alter (PERSSON 1983 c, 1986, WANG & ECKMANN 1994). Die Piscivorie erfolgt frühestens bei I+-Fischen (DIEHL & EKLÖV 1995, DÖRNER 2002), in Gewässern mit hohem Barschbestand häufig als ausgeprägter Kannibalismus. Andere Autoren berichten über einen eher geringen Kannibalismus (AMANN 1975, KRÄMER & BAROFFIO 1988, BECKER 1988). Nach WANG & ECKMANN (1994) und DÖRNER (2002) ernähren sich 0+-Flussbarsche hauptsächlich zooplanktivor. DIEHL & EKLÖV (1995) fanden neben Cladoceren und Copepoden auch Makroinvertebraten in der Nahrung.

Die Ergebnisse aus dem DEK zeugen von einem großen Opportunismus der Flussbarsche als Anpassung an das vorhandene Nahrungsspektrum. Dieses wurde durch die unterschiedlichen Bestandteile in dem Verdauungstrakt der 0+-Barsche aus der Alten Fahrt und der Fahrt deutlich. Während sich die 0+-Barsche in der Alten Fahrt hauptsächlich von den Zooplankton-Gruppen Cladocera, Copepoda und Ostracoda ernährten, bestand die Nahrung der gleichaltrigen Artgenossen aus der Fahrt nur aus den Arten *Asellus aquaticus*, *Corophium curvispinum*, *Gammarus pulex* sowie Culicidae und Trichoptera. Diese unterschiedliche Ernährungsweise hatte jedoch keine signifikanten Unterschiede im Wachstum zwischen den beiden Lebensräumen zur Folge. Bis zu einem Alter von 4+ bildeten die Makroinvertebraten *Asellus aquaticus*, *Corophium curvispinum* und *Gammarus pulex* die Hauptbestandteile im Nahrungsspektrum. Mit zunehmendem Alter stieg auch der piscivore Anteil in der Nahrung, der in beiden Lebensräumen in geringen Anteilen schon im Alter von I+ nachgewiesen werden konnte. In der Fahrt wurden ausschließlich Artgenossen gefressen, wohingegen Weißfische, hauptsächlich Rotaugen und einige wenige Ukeleis, nur von den Barschen in der Alten Fahrt gefressen wurden. Flussbarsche in einem Alter von 5+ bevorzugten neben piscivorer Nahrung – hauptsächlich Flussbarsch und in geringem Maß Kaulbarsch, Rotauge und Ukelei – auch den Kamberkrebs (*Orconectes limosus*). Diese Krebsart konnte ebenfalls erstmalig in I+-Flussbarschen nachgewiesen werden. Die Erbeutung des Kamberkrebsses kann als besondere Leistung für einen visuellen Beutegreifer angesehen werden, da diese nachtaktiven Krebse am Tag versteckt in der Steinschüttung des DEK leben.

Bei den Freiland- und Laborversuchen zu den Einflüssen der Schifffahrt auf die Eier konnte der von LELEK & KÖHLER (1989) erbrachte Hinweis bestätigt werden, dass die gallertartigen Laichschnüre infolge des Einflusses der Schifffahrt zerreißen und somit von ihrer Unterlage abgelöst und verdriftet werden. In 30 cm Wassertiefe war dieser Einfluss größer als in 80 cm, da in der größeren Tiefe der hohe Einfluss der sich brechenden Welle fehlt. In 30 cm konnte im Freiland schon nach nur 9 Schiffspassagen kein Laich mehr auf den Laichunterlagen festgestellt werden, während in 80 cm Tiefe nach 24 Stunden immer noch 70 % der Laichmenge vorhanden war. Betrachtet man nur allein den Einfluss der Strömungsgeschwindigkeit, so traten bei 60 cm/s massive Verluste von bis zu 90 % der Eimasse auf. Während der Versuche im Freiland wurden diese Geschwindigkeiten häufiger überschritten. Kommen Strömung, Wellenschlag und Sogwirkung zusammen, dürfte ein hoher Verlust der Eimasse bei noch deutlich geringeren Strömungsgeschwindigkeiten entstehen.

Der Hinweis von LELEK & KÖHLER (1989), dass Eier am Ufer zerschlagen oder angespült werden, konnte für den DEK nicht bestätigt werden. Durch die großporige Uferböschung aus großen Kanalbausteinen verdriften die Eier in das Lückensystem und entwickeln sich dort vermutlich bis zum Schlupf weiter. Im Labor entwickelten sich unter dem starken Einfluss von Wellenschlag Eier zu 94,5 % und frisch geschlüpfte Dottersacklarven zu 99 % in den Zwischenräumen der Steine weiter. Als ein wichtiges Ergebnis gilt daher, dass die Auswirkungen der Schifffahrt auf die unmittelbare Entwicklung der Eier und Larven vom Flussbarsch keinen nachhaltigen negativen Einfluss hatten.

7.3.3 Aal (*Anguilla anguilla* L.)

Der Aal ist ein fester und ursprünglicher Bestandteil der Fischfauna in unseren Gewässersystemen. Die Wanderungen zwischen den entfernten Laichgebieten in der Sargasso-See und den Binnengewässern sind durch TESCH (1977, 1983) ausführlich beschrieben.

Im DEK konzentrieren sich die Aale besonders in den groben Steinschüttungen im Uferbereich (Alte Fahrt 142 Ind., Fahrt 68 Ind.). Der Aal besitzt das ausgeprägte Verhalten, sich negativ phototaktisch und in mechanischem Kontakt mit seiner Umwelt zu bewegen (TESCH 1983). Uferstrecken, die eine Mächtigkeit der Steinschüttungen von 30 – 40 cm unterschreiten, beherbergen oft nur vereinzelt Aale (LELEK & PELZ 1986).

Der eurytope Aal stellte in allen Bereichen eine dominante Fischart dar und kann damit nach VILCINSKAS (1994) als weitere Charakterart des Gewässers angesprochen werden. Die absoluten Fangzahlen dokumentierten eine deutlich höhere Präsenz in der Alten Fahrt, bei Betrachtung der relativen Abundanz nahmen die Vorkommen in der Fahrt einen höheren Anteil ein. Auch die hohen Frequenzklassen untermauern noch einmal den Aspekt, dass der Aal überall vorkommt und somit eine sehr häufige Fischart im DEK ist. Dieses wurde auch schon in vorangegangenen Untersuchungen festgestellt (NIEPAGENKEMPER 1998).

Die Besiedlung des Kanals ist wohl ausschließlich auf Besatzmaßnahmen zurückzuführen, da eine aktive Einwanderung dieser katadromen Wanderfischart durch die Schleusen und den Stillwassercharakter erschwert bzw. unmöglich gemacht wird. Im Kanal gibt es keine gleichmäßig gerichtete Strömung. Durch Wasserausgleichsbewegungen, die von der Schifffahrt und den Schleusenaktivitäten abhängen, bleibt der Wasserstand konstant und die Strömungsrichtung wechselt ständig. So können keine Lockströmungen entstehen, die den Weg stromabwärts oder stromaufwärts weisen.

Kleinere Aale von unter 30 cm, die ihr Wanderstadium noch nicht abgeschlossen haben (TESCH 1983), wurden nicht gefangen. Einzelne Fänge von 39 bis 49 cm großen Individuen gelangen überwiegend nur in der Alten Fahrt. Hochwasserperioden und gerichtete Strömungsrichtungen sind jedoch ein Initial für die Wanderungen auf- und absteigender Aale. Konstante Standortverhältnisse und ausreichende Nahrungsgrundlagen, wie sie im DEK herrschen, führen zu keinen ausgeprägten Wanderbewegungen, so dass sich die Fische lange Zeit – bis zu einem Jahr – in sehr begrenzten Arealen aufhalten können (TESCH 1983).

Beim Vergleich der Längen-Gewichts-Beziehungen zeigten die Aale in der Alten Fahrt ein überproportionales Wachstum ($R^2 = 0,93$), während die Individuen in der Fahrt etwas schlechter abwuchsen ($R^2 = 0,78$).

Der Aal ist ein Nahrungsopportunist und hinsichtlich seiner Nahrungsansprüche sehr anpassungsfähig. RADKE & ECKMANN (1996) stellten für den Aal im Bodensee einen ausgesprochen hohen Anteil an Fischen, vor allem Flussbarsch, in der Nahrung fest. Für den Balatonsee in Ungarn wies BIRO (1974), ähnlich wie im DEK, hohe Prozentsätze der Wasserassel (*Asellus aquaticus*) in der Nahrung des Aals nach. DIAMOND & BROWN (1984) fanden im Verdauungstrakt von Aalen große Mengen an Rotaugenlaich. DE NIE (1982) fand bei hohem Angebot von 0+-Fischen diese am häufigsten im Magen der Aale. In einem Staubereich im Hochrhein ernährten sich die Aale überwiegend von Flohkrebse (*Gammarus* spp.) (DÖNNI 1993), daneben wurden vor allem die Larven von Eintags- und Köcherfliegen gefressen. Einige Aale fraßen auch Schnecken und Muscheln, meistens aber nur in geringen Mengen. Fisch als Nahrung wurde kaum nachgewiesen. In Gewässern mit hohem Aalbesatz kann eine übermäßige Population zu einer Beeinträchtigung von anderen Fischvorkommen führen (KLEIN 1979). Oberflächenorientierte Fische wie der Ukelei werden selten vom bodenorientierten Aal gefressen. Sie sind weniger gefährdet und können in großen Schwärmen auftreten (LELEK & PELZ 1986).

Im DEK bestand der überwiegende Anteil der Nahrung im Untersuchungszeitraum aus dem Kamberkreb (*Orconectes limosus*), gefolgt von *Ephemera vulgata* und den Fischarten Rotauge (*Rutilus rutilus*) und Flussbarsch (*Perca fluviatilis*) sowie verschiedenen Kleinkrebse (*Asellus aquaticus*, *Gammarus pulex*). Die beiden vorgefundenen Fischarten hatten mit 18,8 % (Rotauge) und 19,4 % (Flussbarsch) einen ausgeglichenen Anteil am Nahrungsspektrum. Alle im Verdauungstrakt vorgefundenen Fische waren über 5 cm lang. Fischlaich bzw. -larven wurden nicht gefunden. Ein nachhaltig negativer Einfluss durch die Prädation des Aals auf den Rotaugen- bzw. Barschbestand war nicht erkennbar. Muscheln und Schnecken nahmen im DEK einen geringen Anteil im Nahrungsspektrum ein.

Seit den 80iger Jahren sind die Bestände des Aals mit dem Schwimmblasenwurm *Anguillicola crassus* infiziert. Einmal in ein Gewässer gelangt, kann sich *Anguillicola crassus* rasch in der Aalpopulation ausbreiten. Schon nach einem Jahr ist ein Befall von 10 bis 50 % des gesamten Aalvorkommens möglich (BELPAIRE et al. 1989, KOOPS & HARTMANN 1989). Durch die ausgezeichneten Fähigkeiten zur Kolonienbildung (KENNEDY 1993) und das Fehlen von natürlichen Schwimmblasenparasiten in den europäischen Aalbeständen lag der Ausbreitungserfolg an dem Mangel der Resistenz der Wirtsfische (KENNEDY & FITCH 1990). Die Ausbreitung in aquatischen Systemen erfolgt dabei über Zwischenwirte und die Wanderbewegungen der Wirtsfische. Ursache für die Infektion neuer Gewässer ist der Besatz mit befallenen Aalen (MELLERGAARD 1988, KOOPS & HARTMANN 1989).

Über die Auswirkungen des Befalls mit dem Endoparasiten auf den Aal gibt es verschiedene Angaben. Eine hohe Infektionsrate mit dem Schwimmblasenwurm führt zur Schwächung des Aals. Somit erhöht sich die Gefahr einer bakteriellen Infektion, die zum Tod führen kann (KRIVET 1996). Die Schwimmblasenwand kann sich verdicken und infolgedessen entzünden, so dass die Funktionalität eingeschränkt ist (KENNEDY & FITCH 1990). Die Rückkehr in die Laichgebiete in der Sargasso-See ist mit einer beeinträchtigten Schwimmblase fraglich (KØIE 1988).

Die hohe Befallsrate von 58,5 % im DEK entsprach genau dem Befund aus einer vorangegangenen Untersuchung (NIEPAGENKEMPER 1998) und deckte sich auch mit den Ergebnissen der LÖBF/LAfAO, die anhand von Stichproben in den Gewässern Nordrhein-Westfalens einen durchschnittlichen Befall von 59,5 % feststellte.

Tab. 20: Befallsraten der Aale mit *Anguillicola crassus* aus Gewässern in NRW. Ergebnisse der Erhebungen von LEHMANN & SCHÄFER (1996) und NIEPAGENKEMPER (1998).

Gewässer	Befallsrate (%)
Große Aue	75,0
Weser	74,8
Issel	72,7
Rhein	62,0
Ruhr	58,6
DEK	58,5
Sieg	58,1
Lippe	52,2
Ems	51,0
Vechte	46,7

Der Schwimmblasenwurm hat sich in Westeuropa innerhalb von nur 15 Jahren ausgebreitet. Untersuchungen von KRIVET (1996) und LEHMANN & SCHÄFER (1996), haben gezeigt, dass der Aalbestand in Nordrhein-Westfalen mittlerweile flächendeckend infiziert ist. Die Tabelle 20 zeigt den Vergleich der Befallsraten zwischen den Daten von LEHMANN & SCHÄFER (1996) in verschiedenen Fließgewässern in NRW und dem DEK. Im Untersuchungsgebiet lag der Befall etwa im mittleren Bereich (58,5 %) der verglichenen Gewässer. Die höchsten Befallsraten mit über 70 % fanden sich in den Flüssen Große Aue, Weser und Issel. Die hohe Empfänglichkeit deutet auf fehlende Abwehrmechanismen des Europä-

schen Aals (*Anguilla anguilla*) hin, der im Gegensatz zum Japanischen Aal (*Anguilla japonica*) bis vor wenigen Jahren nicht mit dem Parasiten konfrontiert war. Somit hatten die heimischen Aale keine Möglichkeit, wie es in einer wechselseitigen Anpassung von Parasit und Wirt üblich ist, spezifische Abwehrmechanismen zu entwickeln (HARTMANN 1994).

Der Entwicklungszyklus des Schwimmblasenwurms beinhaltet mehrere Wirtswechsel. Als erster Zwischenwirt könnten im Dortmund-Ems-Kanal die Ruderfußkrebse wirken, die sich im Kanal in vielen Bereichen massenhaft nachweisen lassen (NIEPAGENKEMPER 1998). Als weiterer möglicher erster Zwischenwirt wäre der häufig im DEK nachgewiesene Flohkrebs (*Gammarus pulex*) geeignet. KENNEDY & FITCH (1990) gelang es, juvenile Gammariden mit L2-Larven zu infizieren, wohingegen der Versuch mit adulten Gammariden misslang.

Als zweiter möglicher Zwischenwirt kommen Kaulbarsche in Frage, bei denen SZÉKELY (1994) und LEHMANN & SCHÄFER (1996) einen 100 %igen Befall mit *Anguillicola*-Larven nachwiesen. Da Kaulbarsche als Nahrung für den Aal keine Rolle spielten, muss es noch andere Möglichkeiten der Übertragung geben, denn der Parasit hat sich auch dort ausgebreitet, wo der Kaulbarsch nicht vorkommt, so z.B. auf der Iberischen Halbinsel, in Italien und in Marokko (LEHMANN & SCHÄFER 1996).

Alle Aale im Dortmund-Ems-Kanal, auch die mit dem Schwimmblasenwurm infizierten, besaßen eine gute Kondition, wie auch WONDRAK (1988) für die Aale im Main nachwies. Nur sieben von insgesamt 210 nachgewiesenen Aalen, die einen sichtbaren Befall mit *Anguillicola crassus* zeigten, hatten keine Nahrung im Magen. Negative Auswirkungen auf den Bestand konnten nicht dokumentiert werden, auch verendete Aale wurden nicht entdeckt.

Ein gegenteiliges Beispiel wird durch das Sterben von 400 t Aal 1991 im Plattensee angegeben, bei dem die Ursache teilweise auf einen hohen Befall mit *Anguillicola crassus* zurückgeführt wurde (BIRO 1992).

7.3.4 Kaulbarsch (*Gymnocephalus cernuus* L.)

Der Nachweis des Kaulbarsches gelang nur in der Alten Fahrt an allen Probestellen (Alte Fahrt 118 Ind., Fahrt 16 Ind.). Hier fand die in diesem Lebensraum sehr häufige und dominante Art die besten Biotopvoraussetzungen und zeigte von allen nachgewiesenen Fischarten die deutlichste Präferenz für diesen beruhigten Bereich. In der Fahrt hingegen konnte die Art nur in geringen Stückzahlen und nicht an allen Probestellen gefangen werden, ein Indiz für die mangelnde Toleranz für diesen Lebensraum. Die Kaulbarsche bevorzugten im DEK die Uferbereiche, insbesondere die Steinschüttungen in der Alten Fahrt. Obwohl die eurytopen Kaulbarsche sehr anpassungsfähig sind und verschiedene Lebensraumbedingungen tolerieren, zeigen die Tiere bestimmte Verhaltensweisen. Sie bevorzugen Bereiche mit langsam strömendem Wasser und weichem Boden ohne Vegetation (JOHNSEN 1965, LELEK 1987); daher bietet im DEK die Alte Fahrt noch die günstigsten Lebensbedingungen. Die sehr bodenorientierte Lebensweise (HOLCIK & MIHALIK 1968, SANDLUND et al. 1985, BERGMANN 1988) erschwert den Nachweis mit dem Elektrofischgerät. Da allerdings auch eine Netzbefischung in der Alten Fahrt keinen nennenswerten Erfolg erbrachte, können die Fangergebnisse als repräsentativ angesehen werden. Der Bestand an Kaulbarschen nimmt mit steigender Eutrophierung so lange zu, bis die Hypertrophie erreicht ist. (ENTZ 1977, LEACH et al. 1977, HANSSON 1985, JOHANSSON & PERSSON 1986, BERGMANN 1991). Demnach könnten die Bestände des Kaulbarsches eigentlich höher sein, da der DEK in dem Untersuchungsgebiet eutroph ist (LANDESUMWELTAMT NRW 2002).

Im allgemeinen ist das Wachstum des Kaulbarsches sehr langsam (JOHAL 1978). Im Vergleich mit anderen Gewässern war das Wachstum im DEK z.T. signifikant besser ($p < 0,05$). Allerdings verdeutlichten die Ergebnisse der Längen-Gewichts-Untersuchungen, dass die Kaulbarsche in beiden Lebensräumen ein unterproportionales Wachstum zeigten, welches in der Fahrt besonders gering ausgeprägt war ($R^2 = 0,75$).

Kaulbarsche sind Nahrungsgeneralisten, die zwar bevorzugt benthische Nahrung zu sich nehmen, aber auch planktische Nahrung fressen (HÖLKER & THIEL 1998). Das Beutespektrum richtet sich nach den im Gewässer vorkommenden Organismen. Die Nahrungsanalyse zeigte, dass sich die Tiere hauptsächlich von benthischen Organismen ernährten, die im DEK große Vorkommen bilden können (NIEPAGENKEMPER 1998). Die visuelle Ernährungsweise könnte ein Indiz für das geringe Wachstum dieser Kleinfischart sein, denn aufgrund der Trübung ist die Sicht häufig stark eingeschränkt, besonders in der Fahrt. Zusätzlich ist der Konkurrenzdruck durch den Flussbarsch sehr stark ausgeprägt.

Dem Kaulbarsch wird oft nachgesagt, dass er sich von Fischlaich ernährt und so den Bestand anderer Fischarten beeinflussen kann. Zahlreiche nahrungsökologische Studien dokumentieren jedoch, dass Eier in der Nahrung kaum eine Rolle spielen. Nur in den Wintermonaten, wenn die Hauptnahrung, z.B. Chironomiden etc., weniger abundant ist, zählen auch Fischeier zum Nahrungsspektrum. (JOHNSEN 1965, HANSSON 1985, NAGY 1986, BORON & KUKLINSKA 1987, OGLE et al. 1995). SELGEBY (1998) und ADAMS & TIPPETT (1991) fanden im Winter Eier von *Coregonus lavaretus* im Verdauungstrakt des Kaulbarsches. Im DEK konnten keine Fischeier in der Nahrung festgestellt werden; in einem Exemplar der Altersklasse I+ wurde lediglich Schneckenlaich gefunden. Somit hat der Kaulbarsch im DEK keinen Einfluss auf die Bestandsentwicklung anderer Fischarten.

Die Geschlechtsreife der Kaulbarsche erfolgt nach 2 bis 3 Jahren (OGLE 1998). Im DEK hatten die Tiere in diesem Alter eine Länge von ca. 11-12 cm. Die meisten Individuen (76 %) wurden aber in Längen von 7-11 cm gefangen. Der Anteil der adulten Tiere betrug nur 25 %, so dass die Anzahl der reproduzierenden Individuen als recht gering anzusehen war. Die Fekundität liegt, je nach Alter, bei jüngeren Exemplaren bei 4.000 und bei älteren bei bis zu 200.000 Eiern pro Weibchen (COLETTE et al. 1977). Das älteste nachgewiesene Tier hatte ein Alter von 8+. Dieses entspricht in etwa der Lebenserwartung dieser Kleinfischart (JOHAL 1978).

Die kleinsten nachgewiesenen Größen von 5 cm in der Alten Fahrt und 8 cm in der Fahrt zeigten, dass die Juvenilen, insbesondere die 0+-Individuen (mittlere Länge 6,5 cm), die Alte Fahrt als Lebensraum nutzten. Larven des Kaulbarsches konnten in keinem der beiden Lebensräume nachgewiesen werden, obwohl die optimale Temperatur für die Entwicklung der Larven, die im Frühjahr bei 15 °C (SAAT & VEERSALU 1996) liegt, im DEK schon Mitte April erreicht wurde. Zu einer geringen Überlebensrate der Larven kommt es erst bei Temperaturen unter 10 °C (HOKANSON 1977), ein Wert der im DEK allerdings schon im März überschritten wurde. Die phyto-lithophile Art ist hinsichtlich der Wahl der Laichunterlage nicht sehr wählerisch. Die klebefähigen Eier werden in klarem Wasser auf submersen Wasserpflanzen, Totholz, Ästen, Kies oder Steinen abgelegt. Die Laichzeit erstreckt sich von Mitte April bis Juli, bei Temperaturen von 6 bis 18 °C erfolgt die Eiablage (KOVALEV 1973, FEDROVA & VETKASOV 1974, KOLOMIN 1977, WILLEMSEN 1977, NEJA 1988).

Die Larven des Kaulbarschs sind positiv phototaktisch (DISLER & SMIRNOV 1977), halten sich aber nur sehr kurz im Pelagial auf (JOHNSON 1965, FEDOROVA & VETKASOV 1974, DISLER & SMIRNOV 1977). Zu diesem Zeitpunkt sind die Tiere gut fangbar und hätten bei den dichten Befischungstervallen eigentlich im Fang enthalten sein müssen.

7.3.5 Ukelei (*Alburnus alburnus* L.)

Der Ukelei konnte nicht in allen Bereichen der Alten Fahrt und der Fahrt nachgewiesen werden. Obwohl die Abundanzen mit 90 Individuen (Alte Fahrt) und 52 Individuen (Fahrt) relativ gering ausfielen, ist mit hoher Wahrscheinlichkeit mit einem größeren Vorkommen zu rechnen, da er durch seine häufig pelagische Lebensweise nur schwer mit dem Elektrofischgerät zu erfassen ist. So wurde der Ukelei bei der Netzbefischung in der Alten Fahrt nach dem Rotaug als zweithäufigste Fischart erfasst. Auch in den Bundeswasserstrassen von Berlin, Brandenburg und Sachsen-Anhalt war die Anzahl der mit dem Netz gefangenen Fische größer als der Fang mit dem Elektrofischgerät (VILCINSKAS 1994).

Nach den Häufigkeitsklassen von MÜHLENBERG (1995) ist der Ukelei sowohl in der Fahrt als auch in der Alten Fahrt als häufig anzusehen. In anderen beeinträchtigten Fließgewässern, so z.B. dem Rhein (STAAS 1997), bildet der eurytope Ukelei neben dem Rotaug die häufigste Fischart. Auch in Stillgewässern ist er meistens sehr zahlreich anzutreffen (GERSTMEIER & ROMIG 1998). Im DEK konnten Exemplare dieser Art erst ab einer Länge von 8 cm in der Alten Fahrt und 10 cm in der Fahrt nachgewiesen werden. Die größten Individuen zeigten in beiden Untersuchungsabschnitten eine Länge von 17 cm. Dabei lagen die Abundanzen in der Alten Fahrt fast doppelt so hoch wie in der Fahrt. Eine Ursache für diese Verteilung könnte in der häufig geringeren Trübung

infolge der fehlenden Schifffahrt in der Alten Fahrt liegen, denn diese Art meidet allzu trübe Gewässer (GERSTMEIER & ROMIG 1998).

Der Ukelei ist ein Schwarmfisch, der sich in den oberflächennahen Schichten des Freiwassers aufhält. Im Rhein bevorzugt die Art mäßig strömende Randbereiche hinter Bühnenköpfen und im Uferbereich von Steinschüttungen (MICHLING 1988). Im DEK gelangen die Nachweise ausnahmslos im Bereich der Steinschüttungen unter überhängenden Weidenbüschen. Da die Böschungen der Fahrt regelmäßig einmal im Jahr gemäht werden, sind solche Unterstände in der Fahrt nur in geringem Umfang zu finden.

Obwohl der Vergleich des Wachstums im DEK hochsignifikant ($p < 0,01$) besser als in norddeutschen Seen war, bot die Fahrt dem Ukelei mit ihren zeitweilig hohen Strömungsgeschwindigkeiten von über einem Meter pro Sekunde, der starken Trübung und brandungsähnlichen Erscheinungen im Uferbereich keine guten Entwicklungsbedingungen. Bei den Tieren aus der Fahrt war das Wachstum unterproportional ($R^2 = 0,67$), während die Individuen in der Alten Fahrt ein leicht überproportionales Wachstum zeigten ($R^2 = 0,85$). Die besseren Entwicklungsbedingungen könnten durch die besseren Möglichkeiten zur visuellen Jagd in der häufig weniger getrübten, ruhigen Alten Fahrt begründet sein. Ein Hinweis auf die eingeschränkte Ernährungsmöglichkeit liegt in dem analysierten Nahrungsspektrum der Fische, das zu 100 % aus Anflugnahrung bestand. Eigentlich ist der Ukelei in seiner Ernährung nicht sonderlich spezialisiert (GERSTMEIER & ROMIG 1998); er frisst neben der Anflugnahrung tierisches und pflanzliches Plankton. Diese Nahrungsbestandteile sind im DEK im Bereich der Untersuchungsgebiete in ausreichender Menge vorhanden (NIEPAGENKEMPER 1998). In Untersuchungen von KUGEL (1942) betrug der Anteil von Anflugnahrung 50 %, neben Chironomidenpuppen und Crustaceen.

Durch die stete Durchmischung des Kanals infolge der Schifffahrt erwärmt sich der Wasserkörper im Frühjahr recht schnell. Da der Ukelei zur Eiablage eine höhere Temperatur von etwa 18°C benötigt, konnte das Laichgeschäft schon ab Anfang Mai erfolgen. Bei der gezielten Jungfischuntersuchung konnten keine Larven und frühen Stadien der Ukeleis nachgewiesen werden. Obwohl diese phyto-lithophile Art hinsichtlich ihrer Laichsubstratansprüche ausgesprochen indifferent ist (STAAS 1997, GERSTMEIER & ROMIG 1998), wurden keine Laichplätze nachgewiesen. Der Laich wird in flachen Uferbereichen oder in Gewässerzonen mit sandigem bzw. kiesigem Substrat, auf Algenaufwuchs und Wasserpflanzen oder sogar auf künstlichen Uferbefestigungen abgegeben.

KUGEL (1942) fand laichende Ukeleis im Molenbereich eines Hafens der Beeke, einem kanalisierten Fluss im ehemaligen Ostpreußen. Als Laichsubstrat dienten Bereiche mit Wasserpflanzen (*Potamogeton perfoliatus*). Im DEK befindet sich ein Laichplatz weit außerhalb des Untersuchungsgebietes (km 59,5 – km 61,8) bei Kanalkilometer 109 direkt oberhalb der Schleuse in Bevergern an der Mündung des Mittellandkanals (NIEPAGENKEMPER 1998). In diesem Bereich existiert ein großer Bestand von *Potamogeton pectinatus*. Ein weiterer möglicher Laichplatz könnte einer von zwei direkt in den Kanal einmündenden Bächen, der Kannenbach bei Kanalkilometer 53,6, sein. Er besitzt ebenfalls neben anderen Makrophyten einen reichen Bestand an *Potamogeton pectinatus* und liegt nur gut 6 km von dem Untersuchungsgebiet in Hiltrup entfernt. Da Ukeleis zur Laichzeit in großen Schwärmen ausgedehnte Wanderungen unternehmen (KUGEL 1942), ist dieser Bereich für die Fische gut erreichbar.

7.3.6 Brasse (*Abramis brama* L.)

Die Nachweis der Brassen lag mit insgesamt 212 Individuen sehr niedrig. Durch die bodenorientierte Lebensweise der adulten Individuen konnten nur 14 Exemplare (Alte Fahrt 13 Exemplare, Fahrt I Exemplar) an einzelnen Probestellen gefangen werden. Alle 13 adulten Brassen aus der Alten Fahrt wurden durch die einmalige Netzbefischung nachgewiesen, was darauf hindeutet, dass die Abundanz insgesamt in beiden Untersuchungsgebieten weit höher liegen dürfte. Dieses belegen auch Befragungen und Auswertungen von Fangstatistiken der Angler, wonach die Brasse im DEK häufiger anzutreffen ist und Gewichte von 2 kg nicht selten sind. Das Gewicht der adulten Brassen aus dieser Untersuchung lag zwischen 395 g (32,5 cm) und 2728 g (56 cm). Der geringe Fang älterer Tiere mit dem Elektrofischgerät liegt in der bodenorientierten Lebensweise begründet, da die Wirkung des Stromfeldes nur bis zu einer Wassertiefe von etwa zwei Metern reicht.

Schiffahrtsbeeinflusste Wasserstraßen scheinen sich nicht unbedingt negativ auf die Bestände der Brassen auszuwirken, da diese Art im Rhein einen bedeutenden Anteil an der Fischfauna einnimmt (LELEK & KÖHLER 1993, 1989, MICHLING 1988). Hier besiedeln die adulten Brassen vorwiegend die lenitischen Bereiche sowie tiefere Gewässerabschnitte (LELEK & KÖHLER 1989).

Hinsichtlich ihrer Laichsubstratansprüche ist die als phyto-lithophil charakterisierte Art relativ indifferent. Obwohl Brassen pflanzliche Laichsubstrate bevorzugen, werden auch Strukturen wie ins Wasser ragende Baumwurzeln (Erle, Weide), Totholz, Steine und überflutete Vegetation angenommen. Die Laichablage erfolgt in flacherem Wasser bei Temperaturen von 12-20 °C, meistens aber bei 14-18 °C, die im DEK schon Anfang April erreicht wurden. Laichende Brassen konnten während der Untersuchungen nicht beobachtet werden.

Trotz des indifferenten Laichverhaltens ist der Nachweis von nur 198 Jungfischen als äußerst gering zu bezeichnen. Ähnliche Ergebnisse dokumentierte STAAS (1997) bei seinen Untersuchungen im Rhein, wo Brassen-Brut nur selten und nicht in höheren Abundanzen nachgewiesen werden konnte. Die Reproduktion erfolgte hier hauptsächlich in rheinangebundenen Nebengewässern. Übereinstimmend mit seiner Vermutung für den Rhein scheint auch das geringe Brutaufkommen der Brasse im DEK für eine Erhaltung des Bestandes auszureichen.

Die ersten Nachweise im DEK erfolgten Anfang Mai in der Alten Fahrt. Da auch junge Brassen lenitische Bereiche in Nebengewässern bevorzugen (STAAS 1997), und diese im DEK im Untersuchungsgebiet nur in der Alten Fahrt vorhanden sind, kann von einem repräsentativen Nachweis ausgegangen werden.

Ein möglicher Grund für die geringeren Nachweiszahlen der Brassen-Brut könnte in dem Einfluss der Schiffahrt auf die Brasseneier begründet liegen. Schon HOFBAUER (1965) vermutete einen Einfluss von Strömung und Wellenschlag auf die Eier dieser Art. Er exponierte mit Brassenlaich besetzte Wasserpflanzen so im Main, dass sie dem Einfluss der Schiffahrt ausgesetzt waren. Von Tag zu Tag nahm die Anzahl der Eier ab. Nach fünf Tagen waren fast alle Eier verschwunden, so dass als Ursache Strömung und Wellenschlag angenommen wurden. Es konnte aber nicht ausgeschlossen werden, dass die Eier auch Laichräubern zum Opfer gefallen sein konnten. Die Ergebnisse der Laichversuche im DEK zeigten, dass der Brassenlaich von allen untersuchten Arten mit stark klebefähigen Eiern am empfindlichsten auf den Einfluss von Strömung und Wellenschlag reagierte. Dabei waren die Verluste mit 84 % in der Expositionstiefe von 30 cm sehr hoch, da hier der brandungähnliche Einfluss von anlaufenden Wellen besonders wirken konnte. Es zeigte sich,

dass es bei den ersten Schiffspassagen, unabhängig von der Strömungsgeschwindigkeit, zu den massivsten Eiverlusten kam. Versuche in der Fließrinne zeigten, dass die Strömung allein nur einen geringen Einfluss auf die Eier hatte. Bei 1 m/s Fließgeschwindigkeit betrug die Verlustrate maximal 20,5 %, im Durchschnitt aber nur 7 %.

7.3.7 Rotfeder (*Scardinius erythrophthalmus* L.)

Alle 9 Adulttiere und 17 Jungfische der Rotfeder wurden an nur einer Probestelle in der Alten Fahrt (AF 2) in Hiltrup nachgewiesen. Die adulten Exemplare wiesen Längen von 12,5 bis 13,8 cm auf, größere Rotfedern konnten nicht gefangen werden. Die phytophile Rotfeder besiedelt vornehmlich pflanzenreiche Zonen im Litoral stehender und langsam fließender Gewässer (HOLCIK 1967, KENNEDY & FITZMAURICE 1974, EKLÖV 1987, JOHANSSON 1987), die im Untersuchungsgebiet nur in der Alten Fahrt kleinräumig anzutreffen sind.

Die Eiablage erfolgt bevorzugt in flachen Uferbereichen mit dichter Vegetation. Fehlen submerse Wasserpflanzen, haben die Rotfedern keine Laichmöglichkeit. Die Laichzeit erstreckt sich bei Wassertemperaturen von 14-20 °C über den Zeitraum von Mai bis Juli, wobei der Laichakt in mehreren Schüben erfolgen kann (STAAS 1997).

Der DEK bietet dieser Art keinen Lebensraum zur nachhaltigen Entwicklung, da Möglichkeiten zur Reproduktion kaum vorhanden sind. Die Laichtemperaturen wurden im DEK zwar schon Anfang April erreicht, jedoch fehlten die pflanzenreichen Flachwasserzonen im Uferbereich, der überwiegend durch eine steile, steinige Böschung geprägt ist. Nur im Bereich der Probestelle „Alte Fahrt 2“ hatte sich durch lokalen Uferverfall ein kleiner Flachwasserbereich gebildet, wo eine Reproduktion vermutet werden konnte. Hier gelang auch der als sehr gering einzuschätzende Nachweis von 17 Jungfischen.

Zusätzlich ist die Nahrungsgrundlage im DEK für diese Art ungünstig. Die Tiere ernähren sich zwar omnivor, aber mit einer offensichtlichen Präferenz zu Wasserpflanzen (NOVAK & FRANK 1981, HOFER & NIEDERHOLZER 1988), die mit zunehmendem Alter ansteigt (PREJS & JACKOWSKA 1978). Dabei bilden Wasserpflanzen wie Laichkräuter (*Potamogeton* sp.), Tausendblatt (*Myriophyllum* sp.) und Wasserpest (*Elodea* sp.) einen wesentlichen Bestandteil der pflanzlichen Nahrung (MUUS & DAHLSTRÖM 1993). Durch die starke Trübung des Wassers brechen im Frühjahr aufkommende submerse Wasserpflanzenbestände schnell zusammen. Dies betrifft besonders das Vorkommen der zierlichen *Potamogeton pectinatus*-Bestände, die zusätzlich durch Ablagerungen von Schwebstoffen beansprucht werden. Insgesamt betrachtet ist aufgrund des unzureichenden Angebotes geeigneter Reproduktionshabitate im gesamten DEK in Zukunft keine positive Entwicklung der Rotfeder-Bestände zu erwarten.

7.3.8 Schleie (*Tinca tinca* L.)

Alle 8 adulten Individuen der Schleie wurden in der Alten Fahrt gefangen und wiesen Längen zwischen 15,6 und 32 cm auf. Die Schleie lebt bevorzugt in stehenden bis sehr langsam fließenden Gewässern mit weichem Bodengrund und dichten Wasserpflanzenbeständen. Diese Bedingungen

findet sie im DEK in nur sehr eingeschränktem Maße vor, da der weiche Bodengrund fehlt und aquatische Vegetation nur in der Alten Fahrt in dichteren Beständen angesiedelt ist. Da keine Jungtiere nachgewiesen werden konnten, stammen die Tiere wahrscheinlich aus einer Besatzmaßnahmen. Da die Schleie ausgesprochen phytophil ist und als Laichhabitat flache Uferbereiche mit reichen Wasserpflanzenbeständen benötigt, ist eine Reproduktion nur sehr eingeschränkt in der Alten Fahrt möglich. Durch die sehr geringen Bestände und die unzureichenden Reproduktionsbedingungen ist der Fortbestand der phytophilen Art im DEK voraussichtlich nur durch Besatzmaßnahmen aufrecht zu erhalten.

7.3.9 Zander (*Stizostedion lucioperca* L.)

Insgesamt konnten im DEK nur 13 adulte Zander nachgewiesen werden. Daher können einige Fragen nur spekulativ diskutiert werden. Alle 8 adulten Zander aus der Alten Fahrt wurden bei dem Netzfang nachgewiesen, wohingegen die Exemplare in der Fahrt mit dem Elektrofischgerät gefangen wurden. Durch die pelagische Lebensweise ist ein Nachweis, vor allem älterer Exemplare, häufig nur vereinzelt möglich. Die Vorkommen werden somit oft deutlich unterschätzt (VILCINSKAS 1994). Somit dürften die Bestände, die nach dieser Untersuchung nach den relativen Häufigkeitsklassen nach MÜHLENBERG (1995) in der Alten Fahrt als subrezent und in der Fahrt als rezent eingestuft werden, höher sein. Auch die geringen Frequenzen müssen aller Wahrscheinlichkeit nach höher eingestuft werden, denn adulte Zander wurden nur an wenigen Probestellen nachgewiesen.

Der Zander kann in deckungsarmen, eutrophierten Gewässern durch seinen Fraßdruck der Massenentwicklung von eurytopen Weißfischarten wie Rotaugen und Ukelei entgegenwirken, da er sich im trüben Wasser besser seinen Beutefischen nähern kann (STAAS 1997). Durch seine speziell an die Dunkelheit angepassten Augen kann er auch in völliger Dunkelheit Fische erbeuten und ist daher in sehr trüben Gewässern häufig eine dominierende Raubfischart.

Die Bedingungen für eine erfolgreiche Entwicklung des Zanders im DEK sind unter den gegebenen Voraussetzungen (starke Trübung, hohe Wassertemperaturen) günstig. Der wichtigste Umweltfaktor, der die Populationsdynamik der Zander beeinflusst, ist die Wassertemperatur. Im Gegensatz zu anderen Umweltfaktoren, die nur geringe oder gar keine Auswirkungen auf die Entwicklung haben, hat die Wassertemperatur einen positiven Einfluss auf die Abundanzzahlen, das Längenwachstum und den Ertrag (LAPPALAINEN 2001).

Die günstigsten Temperaturen zur Laichablage betragen 12-15 °C (STAAS 1997), diese wurden im DEK etwa Anfang April erreicht. Der Beginn des Laichgeschäfts kann schon bei 8°C erfolgen. Die schon früh im Jahr hohen Wassertemperaturen, die von Juni bis September über 20°C lagen, boten im DEK gute Bedingungen für ein günstiges Wachstum. 0+ Zander profitieren besonders von diesen Verhältnissen (HANSSON et al. 1997).

Der Zander laicht bevorzugt an den Wurzeln submerser und emerser Wasserpflanzen, die von den Männchen zur Laichablage freigelegt werden. Der Laich wird in Form von Einzeliern abgegeben. Die Gelege werden vom Männchen bis zum Schlupf bewacht und durch Flossenbewegungen mit sauerstoffreichem Wasser versorgt, abgesunkene Partikel werden weggefächelt. Fehlen entsprechende Laichsubstrate, werden auch Totholz, Kies und Sand als Substrate angenommen (STAAS

1997). Die günstigsten Verhältnisse zur Laichablage finden die Zander in der Alten Fahrt, die reich an submerser und emerser Wasserpflanzenvegetation ist. In der Fahrt existieren dagegen wahrscheinlich kaum Reproduktionsmöglichkeiten. Sämtliche Hindernisse wie Totholz o.ä. werden umgehend aus dem Wasser entfernt, da sonst die Schifffahrt gefährdet werden könnte. Submerse und emerse Wasserpflanzen sowie andere Laichsubstrate fehlen somit.

Die insgesamt häufig trüben Wasserverhältnisse im DEK fördern die Entwicklung der frühen Zanderlarven, denn direktes Sonnenlicht führt innerhalb einiger Stunden in klarem Wasser zum Tod der Larven. Noch im Ei befindliche Embryonen werden hingegen durch den Schutz der Eihülle nicht geschädigt (WOYNAROWITCH 1960).

Zanderlarven wurden schon Ende April zuerst in der Alten Fahrt in geringen Mengen nachgewiesen und deuten somit auf eine Eiablage in diesem Lebensraum hin. Das Vorkommen der 0+-Zander im DEK war in beiden Lebensräumen nahezu ausgeglichen (Alte Fahrt 496 Ind., Fahrt 549 Ind.). Die jungen Zanderlarven halten sich bevorzugt im Freiwasser nahe am Rand der Litoralvegetation auf (HUDD et al. 1984). Da sie häufig in Grundnähe verbleiben, sind sie oft schwer fangbar. Ältere Larven bevorzugen Standorte am Rand der Vegetation in Tiefen von 0,5 bis 2 m (HUDD et al. 1984, URHO et al. 1990). Diese Bedingungen finden sie nur in der Alten Fahrt vor. Ältere Larven konnten in der zweiten und dritten Maiwoche in beiden Untersuchungsgebieten in höheren Stückzahlen gefangen werden. Beim Vergleich des Wachstums der jungen Zander aus der Alten Fahrt und der Fahrt konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Demnach tolerieren die Fische in diesem Alter auch die Einflüsse der Schifffahrt und finden hier geeignete Wachstumsbedingungen.

7.3.10 Karpfen (*Cyprinus carpio* L.)

Obwohl der Karpfen im DEK recht zahlreich und auch in hohen Stückgewichten von bis zu 20 kg mit der Angel gefangen wird, konnte nur ein kleines Exemplar von 26,5 cm (0,4 kg) bei der Netzbefischung in der Alten Fahrt nachgewiesen werden. Bei den im DEK lebenden Karpfen handelt es sich nicht um die ursprüngliche Wildform mit langgestrecktem Körper und vollständiger Beschuppung, sondern um eine der domestizierten, relativ hochrückigen Formen mit unvollständigem Schuppenmuster, den sog. Spiegelkarpfen.

Die Bestände aus dem DEK resultieren aus Besatzmaßnahmen, da eine Reproduktion dieser Art im DEK bisher nicht nachgewiesen werden konnte und aufgrund der fehlenden Laichhabitate sehr unwahrscheinlich ist. Der Karpfen gilt als phytophile Art, die ihre Eier ausschließlich an Wasserpflanzen oder auf überschwemmten Vegetationsflächen ablegt. Die domestizierten Formen benötigen zur Eiablage Wassertemperaturen von über 20 °C und schlammige, stark verkrautete Uferbereiche. Diese Bedingungen sind im DEK nicht vorhanden.

7.3.11 Rapfen (*Aspius aspius* L.)

Alle drei adulten Exemplare des Rapfens (Abb. 63) wurden bei der Netzbefischung in der Alten Fahrt gefangen. Die Tiere wiesen Längen zwischen 55 und 58,5 cm auf. Der Rapfen ist durch frü-



Abb. 63: Ein Rapfen (*Aspius aspius*) aus der Alten Fahrt Hilstrup.

here Besatzmaßnahmen in den DEK gelangt. Eigentlich ist er ein strömungliebender Flussbewohner, der die Barbenregion bevorzugt, aber auch in Flussunterläufen und durchströmten Seen anzutreffen ist. Der Rapfen ist die einzige europäische Cyprinidenart, die sich als erwachsenes Tier ausschließlich räuberisch ernährt (GERSTMEIER & ROMIG 1998).

Rapfen halten sich hauptsächlich in der Flussmitte in der oberen Wasserschicht auf. Aufgrund dieses Verhaltens und seiner in zunehmendem Alter solitären Lebensweise ist er nur sehr schwer nachweisbar. Rapfen kann man im DEK im Sommer zahlreich an der Oberfläche der Alten Fahrt bei der Jagd auf Jungfische beobachten, die eigentliche Bestandssituation ist aber unbekannt. Eine Reproduktion ist im DEK dem heutigen Kenntnisstand nach nicht möglich, da die lithophile Art ihre Eier in stark strömendem Wasser über kiesigem Grund ablegt. Daher konnten auch keine Jungfische nachgewiesen werden.

7.3.12 Bachforelle (*Salmo trutta* L.)

Der Fang eines Exemplars der Bachforelle, die in der Fahrt gefangen wurde und eine Länge von 23,5 cm aufwies, war überraschend. Diese rheophile Art, die der Forellenregion in den Fließgewässern ihren Namen gibt, findet im DEK keine Reproduktionsgrundlage, da kiesige Laichsubstrate fehlen. Da aus einigen Bereichen der Lippe Bachforellenbestände bekannt sind und dieser Fluss die Verluste des DEK's aus Verdunstung und Versickerung durch Zuschusswasser ausgleicht (WASSERVERBAND WESTDEUTSCHE KANÄLE 1980), könnte hier die Herkunft begründet sein.

Die beiden einzigen in den DEK direkt einmündenden sandigen Bäche (Offerbach, Kannenbach) im Bereich der Stadt Senden (südlich von Münster), enthalten keine Bachforellenpopulationen.

7.4 Auswirkungen der Schifffahrt und der Kanalverbreiterung auf die Fischzönose im DEK und die möglichen Ursachen für die geringe Artenvielfalt

Die Binnenschiffe haben den größten Einfluss auf die Lebensgemeinschaften aller Organismen im Dortmund-Ems-Kanal. Sie üben in dem eng begrenzten Gewässerquerschnitt durch die wechselnden Fahrtrichtungen und Geschwindigkeiten eine immense physische Belastung auf Fische und alle anderen Wasserbewohner aus. Abrupt entstehende Strömungsgeschwindigkeiten von über 1 m/s aus häufig wechselnden Richtungen und Wellen von bis zu einem Meter Höhe haben großen Einfluss auf die Zusammensetzung der Fischartengemeinschaft (NIEPAGENKEMPER 1998). Da in erster Linie die bauliche Sicherheit und der störungsfreie Ablauf der Binnenschifffahrt gewährleistet sein muss, bestehen bei der Planung nur sehr begrenzte Spielräume, ein Kanalbett samt seiner Böschung zu gestalten. Ökologische Belange der Gewässerfauna treten in den Hintergrund.

Grundsätzlich sind die Voraussetzungen für eine Entwicklung der Wasserorganismen in einem künstlichen Schifffahrtskanal noch wesentlich schlechter als in zu Schifffahrtsstrecken ausgebauten Flüssen, wie z.B. dem Rhein oder der Elbe. Dies zeigte sich auch in dem geringen nachgewiesenen Artenspektrum (12 Arten) in dieser Untersuchung. Insgesamt sind aus dem DEK bisher 15 Fischarten bekannt. Noch deutlicher ist dies an der geringen Anzahl der Arten zu sehen, die sich bestandserhaltend reproduzieren (7 Arten). Die Gründe hierfür sind vielfältig.

Im DEK existieren keine natürlichen Uferstrecken und keine für die Fische erreichbaren ruhigen, strukturreichen Nebengewässer. Die „Gewässermorphologie“ ist auf ein möglichst gutes Kosten-Nutzenverhältnis ausgelegt, d.h. die Gewässertiefe und -breite ist so angelegt, dass die Schiffe bei maximaler Ladung nur noch „eine Handbreit Wasser unter dem Kiel“ haben. Die besten Verhältnisse finden die Fische noch in der Alten Fahrt, da hier durch lokalen Uferverfall und Wasserpflanzenbestände Laichbereiche existieren. In der Fahrt können sich durch die Trübung und die Schädigung durch Schiffsschrauben (MURPHY et al. 1995) und Wellenschlag (OBRDLIK 1995), ausgelöst durch den regen Schiffsverkehr, keine Wasserpflanzen dauerhaft ansiedeln. Eine direkte Schädigung der Fische durch Schiffsschrauben ist zwar sehr unwahrscheinlich, da die Tiere in der Regel große Fluchtdistanzen zeigen, jedoch wurde bei Voruntersuchungen zu dieser Arbeit ein toter großer Zander von ca. 4 kg mit schwersten Verletzungen gefunden, die auf einen Kontakt mit einer Schiffsschraube hindeuteten.

Die ununterbrochene Aufwirbelung von Sedimenten führt zu einer starken Trübung und beeinträchtigt die Ansiedlung und die Entwicklung von Wasserpflanzen, so dass die obligaten Pflanzenlaicher (z.B. Schleie) keine ausreichenden Reproduktionsbedingungen vorfinden. Feinsedimente, die sich auf Fischeiern ablagern, können zur Beeinträchtigung der Entwicklung führen, da die Eier bei beeinträchtigter Anströmung von frischem, sauerstoffreichem Wasser verpilzen und absterben können. Dies gilt besonders für auf dem Gewässergrund abgelegte Eier, wie etwa beim Flussbarsch.

Durch die Verbreiterungsmaßnahmen des DEK im Umkreis der Stadt Münster seit dem Winter 1998 hat die ohnehin schon starke Trübung im DEK in hohem Maße zugenommen. Da die Felduntersuchungen zu dieser Studie im Herbst 1998 endeten, wurden die Einflüsse dieser Baumaß-

nahmen auf den Fischbestand nicht mehr dokumentiert und können daher nur spekulativ beantwortet werden. Durch die intensiven Ausbauarbeiten zur Verbreiterung des DEK wurden große Mengen an Erdbewegungen im Kanalbett vollzogen, die zu einer dauerhaften sehr ausgeprägten Trübung führten. Auch wenn an Sonn- und Feiertagen kein Schiffsverkehr auftrat, klärte sich das Wasser nicht. Durch die Baggerungen werden alle Makrophyten-Arten, die benthischen Algen und das Zoobenthos geschädigt. So erholt sich das Zoobenthos bei Fahrrinnenvertiefungen erst nach zwei bis drei Jahren, speziell Muscheln und Insekten benötigen zwei bis zehn Jahre dafür (TITITZER & SCHLEUTER 1991).

Insgesamt betrachtet haben die starke Trübung und die geringe Sichttiefe von wenigen Zentimetern folgende Einflüsse auf die Fische, die womöglich zu einer negativen Entwicklung der Bestände beitragen können:

- Geringeres Wachstum wegen eingeschränkter Sicht für alle visuellen Beutegreifer, so z.B. den Flussbarsch.
- Vermindertes Pflanzenwachstum aufgrund des stark eingeschränkten Lichteinfalls, daher fehlende Nahrungsgrundlage und fehlendes Laichsubstrat für alle obligaten Pflanzenlaicher (z.B. Schleie). Auch die phyto-lithophile Brasse bevorzugt bei Anwesenheit von Wasserpflanzen (z.B. Gelbe Teichrose) diese als Laichunterlage. In schottischen Kanälen wurde festgestellt, dass die durch Schifffahrt bedingte Trübung zur Abnahme des Makrophytenbestandes führen kann (MURPHY & EATON 1983).
- Durch die Verschlechterung des Lichteinfalls kommt es zu einer eingeschränkten Primärproduktion und somit zu einem verminderten Angebot an Nahrungsorganismen. Insbesondere die Jungfische benötigen für ihre Entwicklung eine ausreichende Menge an Phyto- und Zooplankton. Die Fischbrut kann verhungern, weil es im trüben Wasser zu wenig Nahrung gibt und ihre Populationsdichte zu hoch ist (NIELSEN et al. 1986).
- Feine Sedimente bedecken die Eier, was zur Verhinderung des Gasaustausches führen kann. In der weiteren Entwicklungen können die Eier verschimmeln oder verpilzen (ZAUNER & SCHIEMER 1992).
- Feine Schluffanteile können die Mikropyle der Eier verstopfen und so zu Fehlentwicklungen bei den Larven führen (SCHMIDT 1996).
- Die Erhöhung der Trübung führte in schiffbaren britischen Kanälen zur einer aus Opportunisten zusammengesetzten Fischgesellschaft (MURPHY et al. 1995).
- Grundsätzlich kann man die Aufwirbelung von Sedimenten limnologisch als unerwünscht bis schädlich betrachten (OBRDLIK 1995).

Bei den vielen negativen Einflüssen der Schifffahrt gibt es aber auch eine positive Eigenschaft. Durch die Rotation der Schiffsschrauben kommt es zu einer Belüftung und zu einer Durchmischung des gesamten Wasserkörpers. Dadurch ist auch im Hochsommer eine ausreichende Sauerstoffversorgung des gesamten Wasserkörpers gewährleistet, so dass die Fische und alle anderen Gewässerorganismen keinen Mangel leiden. Denn die aufgewirbelten organischen Sedimente können in langsam fließenden oder stehenden Abschnitten von Gewässern zur Sauerstoffzehrung führen. Die günstigen Sauerstoffbedingungen im DEK ermöglichen auch den aeroben Abbau der aufgewirbelten organischen Sedimente und verhindern die Bildung von Faulschlamm. Weiterhin kommt es durch die Durchmischung im Frühjahr schon zeitig zu einer Erwärmung des Wassers,

und im Sommer liegen die Temperaturen der gesamten Wassersäule mehrere Monate über 20 °C, so dass die Temperatur betreffend günstige Wachstumsvoraussetzungen existieren.

7.5 Die morphologischen Verhältnisse im DEK und die Auswirkungen auf die Entwicklung der Fischfauna

Der rein technische Bau des Dortmund-Ems-Kanals mit seinen Ufern aus Steinschüttungen oder Spundwänden und seiner Gewässersohle, der jegliche Struktur fehlt, bietet nur den Opportunisten unter den Fischen die Möglichkeit einer nachhaltigen Reproduktion.

Der Querschnitt des Kanals im Bereich des Hiltruper Bogens wurde als Trapezprofil ausgebaut. Die ehemalige Böschungsneigung von 1:3 ist durch Abrutschen der Steine im unteren Bereich 1:4 und im oberen Bereich 1:2,5 geneigt. Durch die Art des Böschungsbaus fehlt dem DEK die wichtigste, biologisch aktivste Zone, das flache Litoral. Die Böschungen bestehen aus Kanalbausteinen der Klassen II und III (10-30 und 15-45 cm). Das Material der Kanalsohle besteht aus den Fraktionen Ton, Schluff und Feinsand (BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE 1994). In der Alten Fahrt beträgt die Wasserspiegelbreite 30 m, bei einer Tiefe von 2,5 m. Die Wasserspiegelbreite der Fahrt beträgt 40 m, in Krümmungen 46 m, bei einer Wassertiefe von 3,5 m. Veränderungen der Wassertiefe in der Fahrt werden durch Echolotungen mit einem Spezialschiff erfasst und beseitigt. Daher gibt es keine Tiefenvariationen im Gewässerbett. Um funktionsfähig zu bleiben, muss der DEK im Bereich der Fahrt unterhalten werden, d.h. neben Ausbesserungen an der Kanalsohle und dem Ufer werden auch die Böschungen einmal pro Jahr gemäht. Diese Unterhaltungsmaßnahmen stellen jedoch einen weiteren ökologischen Störfaktor dar.

7.6 Maßnahmen für eine positive Bestandsentwicklung der Fischfauna im DEK

Die Möglichkeiten für strukturverbessernde Maßnahmen, die eine positive Bestandsentwicklung der Fischfauna bedingen, sind durch die Nutzungsinteressen und die Sicherheitsbelange der Schifffahrt sehr beschränkt. Dennoch werden hier einige Maßnahmen angeregt:

Kein Ausbau der Alten Fahrten, insbesondere der Alten Fahrt Hiltrup als Sportboothafen, da dieses durch den Bau von Hafenanlagen im Uferbereich zu einem Rückgang der ohnehin spärlichen Laichbereiche führen würde. Insbesondere der Bereich der Probestelle II mit seinem verfallenen Ufer und dem Röhrichtbestand ist für den Kanal betrachtet als besonders schützenswert anzusehen. Weiterhin ist ein von Sportbooten stark frequentiertes Gewässer durch den Betrieb von Außenbordmotoren stark belastet, da die Abgase konstruktionsbedingt in das Wasser abgeführt werden. In den Abgasen sind Partikel aus Ruß und Altöl enthalten. Zusätzlich kann die flächendeckende Ausbreitung von Ölprodukten den Gasaustausch beeinflussen und damit den Sauerstoffhaushalt negativ beeinflussen. Ölprodukte können die Respirationsorgane der Fische, Makroinvertebraten und Makrophyten verkleben, was zum Erstickungstod führen kann.

Wünschenswert wäre die Anlage von strukturreichen Stillgewässern im Nebenschluss an den DEK, die für die Fische dauerhaft erreichbar sind. Eine gute Möglichkeit Nebengewässer anzulegen bestünde im Rahmen der Verbreiterungsmaßnahmen am DEK, da hier ohnehin große Erdbewe-

gungen vollzogen werden. Solche Gewässer sind eminent wichtig für die Reproduktion auch anspruchsvoller, phytophiler Arten (z.B. Schleie). Dies zeigten zahlreiche Erhebungen aus verschiedenen Schifffahrtsstrecken, wie z.B. die Untersuchungen in Nebengewässern des Rheins (MOLLS 1997, STAAS 1997). Von diesen Nebengewässern könnte eine Besiedlung der Kanalstrecken erfolgen. Die Bedeutung solcher Nebengewässer ist auch im DEK an den beiden direkt einmündenden Bächen (Offerbach, Kannenbach) zwischen Münster und Senden zu erkennen. Hier finden sich in den Sommermonaten Jungfische zu großen Schwärmen zusammen, um vor den Einflüssen der Schifffahrt in den Bächen Schutz zu suchen.

8. Zusammenfassung

In den Jahren 1997 und 1998 wurde die Fischfauna im Dortmund-Ems-Kanal in der Alten Fahrt und der Fahrt Hiltrup vergleichend untersucht. Die Schwerpunkte der Arbeit lagen auf der Untersuchung der Arten- und Individuenverteilung und des Wachstums von Adult- und Jungfischen sowie der Qualität der beiden Untersuchungsgebiete als Reproduktionshabitat. Zusätzlich wurden Feld- und Laborversuche mit Eiern und Larven von ausgewählten Fischarten durchgeführt, die zeigen sollten, inwieweit diese durch den Einfluss der Schifffahrt (Wellenschlag und Strömung) geschädigt werden.

Die physikalischen Parameter (Wassertemperatur, Sauerstoffgehalt, Leitfähigkeit) wiesen in den beiden Untersuchungsgebieten im Untersuchungszeitraum keine nennenswerten Unterschiede auf. Daher konnte von identischen Wachstumsvoraussetzungen für die Fische ausgegangen werden.

Insgesamt wurden in den beiden Untersuchungsjahren 1997 und 1998 51907 Fische nachgewiesen. 50337 (97 %) entfielen auf die 0+-Stadien. Betrachtet man die Verteilung der Fänge, so lag der Nachweis bei den Adulten wie auch bei den Jungfischen in der Alten Fahrt mindestens doppelt so hoch wie in der Fahrt.

Die insgesamt 1570 nachgewiesenen adulten Fische verteilten sich auf 12 Arten, davon wurden in der Alten Fahrt 11 Fischarten (Anteil 73 %, 1142 Individuen) und in der Fahrt 8 Arten (Anteil 27 %, 428 Individuen) nachgewiesen. Fast alle Fischarten konnten in der Alten Fahrt z. T. in deutlich höheren Stückzahlen gefangen werden. Unter Berücksichtigung einer vorangegangenen Studie des Landesfischereiverbandes aus dem Jahr 1996 sind aus dem Dortmund-Ems-Kanal derzeit 15 Fischarten bekannt. Dominante Art in beiden Untersuchungsabschnitten war der Flussbarsch, gefolgt von Rotaugen, Aal, Kaulbarsch und Ukelei. Flussbarsch, Rotaugen und Kaulbarsch nutzten in den ersten Lebensjahren bevorzugt die Alte Fahrt als Lebensraum. Da der Aal erst ab einer Größe von 39 cm nachgewiesen werden konnte, ist eine Zuwanderung aus anderen Gewässern – z.B. über die Ems – unwahrscheinlich.

Die ökoethologische Typisierung zeigte, dass der überwiegende Anteil der adulten Fische aus wenig spezialisierten eurytopen und phyto-lithophilen Arten bestand.

Die Analyse der Längen-Gewichts-Beziehungen bei den dominierenden Arten Aal, Flussbarsch, Kaulbarsch, Rotaugen und Ukelei ergab ein überproportional gutes Wachstum bei Flussbarsch und Rotaugen in beiden Untersuchungsbereichen, wobei der Flussbarsch in der Alten Fahrt und das Rotaugen in der Fahrt das beste Wachstum aufwies.

Der Aal zeigte nur in der Fahrt ein überproportional gutes Wachstum, im Gegensatz dazu war das Wachstum des Ukeleis in der Alten Fahrt wesentlich besser als in der Fahrt.

Einzig der Kaulbarsch zeigte in beiden Untersuchungsgebieten ein sehr schlechtes Wachstum. Flussbarsch, Kaulbarsch, Rotaugen und Ukelei wiesen im Vergleich zu ihren Artgenossen aus anderen Gewässern ein überwiegend signifikant besseres ($p < 0,05$) bzw. hoch signifikant besseres ($p < 0,01$) Wachstum auf.

Bei den Fischarten Aal, Flussbarsch, Kaulbarsch, Rotauge und Ukelei wurden Nahrungsanalysen durchgeführt. Zu diesem Zweck wurden die Inhalte des Verdauungstraktes der Fische aus der Alten Fahrt und der Fahrt miteinander verglichen.

Die Aale ernährten sich in der Alten Fahrt und der Fahrt überwiegend vom Amerikanischen Flusskrebs. Daneben bildeten Flussbarsch und Rotauge einen bedeutenden Nahrungsanteil.

Die Flussbarsche in der Alten Fahrt nutzten ein heterogeneres Nahrungsangebot (18 Taxa) als die Artgenossen in der Fahrt (11 Taxa). Piscivore Anteile fanden sich sowohl in der Alten Fahrt wie auch in der Fahrt schon in einem Alter von 1+. In der Alten Fahrt bestand der überwiegende Anteil aus 0+-Rotaugen, in der Fahrt ernährte sich die Art rein kannibalisch. Mit zunehmendem Alter ernährte sich die Art fast ausschließlich von anderen Fischen und vom Amerikanischen Flusskrebs. Die Nahrung des Kaulbarsches bestand in der Alten Fahrt hauptsächlich aus Trichoptera, *Ephemera vulgata* und *Asellus aquaticus* und in der Fahrt aus Trichoptera, *Asellus aquaticus* und *Gammarus pulex*. Die Rotaugen nutzten ein Nahrungsangebot von insgesamt 14 Nahrungskomponenten in der Alten Fahrt gegenüber 8 in der Fahrt. In beiden Untersuchungsgebieten bildeten Algen einen bedeutenden Nahrungsanteil. Daneben stieg mit zunehmendem Alter in der Alten Fahrt der Anteil von Trichoptera, Hydrophilidae und Kleinkrebsen und in der Fahrt von *Dreissena polymorpha*.

Die Nahrung des Ukeleis bestand in beiden Untersuchungsgebieten zu 100 % aus Anflugsnahrung. Den größten Anteil bildeten adulte Culicidae und andere Anfluginsekten.

Die hohe Befallsrate der Aale im DEK mit dem Schwimmblasenparasiten *Anguillicola crassus* (KUWAHARA, NIIMI & HAGAKI, 1974) war mit 58,5 % nahezu identisch mit den Ergebnissen von Untersuchungen der LÖBF/LAfAO aus verschiedenen nordrhein-westfälischen Gewässern (59,2 %) und deckte sich genau mit den Erhebungen aus dem DEK von 1996 (NIEPAGENKEMPER 1998).

Vergleicht man die Anzahl der Schwimmblasenwürmer pro Aal aus den beiden Untersuchungsjahren im Kanal, kann man von einer abnehmenden Tendenz sprechen.

Die in den beiden Untersuchungsjahren 1997 und 1998 nachgewiesenen 50337 0+-Fische verteilten sich auf 6 Fischarten. In der Alten Fahrt wurden 33745 Individuen (6 Arten), in der Fahrt 16592 Individuen (5 Arten) gefangen. Die meisten Nachweise lagen in den Monaten Mai und Juni, wobei der Schwerpunkt im Mai verzeichnet wurde. In beiden Untersuchungsabschnitten waren Rotauge und Flussbarsch die dominierenden Arten. Brasse, Kaulbarsch, Rotfeder und Zander erreichten nur geringe Individuenzahlen. Bis auf den Zander erreichten alle Arten in der Alten Fahrt höhere Dichten als in der Fahrt, und das beim Rotauge und Flussbarsch sehr deutlich. Die limnophile Rotfeder fand sich in geringen Abundanzen nur in der Alten Fahrt. Obwohl kein Nachweis von 0+-Ukeleis erbracht werden konnte, gilt seine Reproduktion als sicher, da juvenile Tiere gefangen wurden, und diese Art als Besatzfisch keine Rolle spielt. Insgesamt reproduzieren sich z. Z. im Dortmund-Ems-Kanal 7 Fischarten bestandserhaltend.

Das Wachstum und die Gewichtszunahme von Flussbarsch, Rotauge und Zander wurde im ersten Sommer über 120 Tage untersucht und zeigte zwischen der Alten Fahrt und der Fahrt keinen signifikant unterschiedlichen Verlauf ($p < 0,05$).

Der Einfluss von Strömung und Wellenschlag infolge der Schifffahrt auf die Eier und Dottersacklarven von Flussbarsch, Rotauge, Karpfen und Brasse wurde durch Versuche auf künstlichen Laichsubstraten im Freiland und Labor dokumentiert. Dazu wurden mit Eiern bestückte Laichsubstrate in 30 cm und 80 cm Wassertiefe am Ufer positioniert. Die gallertartigen Laichschnüre des Flussbarsches wurden schon bei geringeren Wellen und Strömungen von ihrer Unterlage abgelöst. Von den Cypriniden, die ihre stark klebenden Eier auf eine Unterlage heften, lösten sich die Brasseneier am ehesten. Die Verlustraten waren bei dieser Art mit 84 % in 30 cm und 47 % in 80 cm Wassertiefe am höchsten. Bei den übrigen Arten trat durch die starke Klebefähigkeit der Eier in beiden Tiefen nur ein zu vernachlässigender Verlust an Eiern auf.

Bei Versuchen mit von der Laichunterlage abgelösten Eiern und frisch geschlüpften Dottersacklarven von Brasse, Flussbarsch und Rotauge, bei denen die jeweiligen Entwicklungsstadien einer Brandungssituation entsprechend wie im Kanal ausgesetzt wurden, konnte kein nachhaltiger Schaden festgestellt werden.

Zur Verbesserung der Bestandsentwicklung der Fische könnten Stillgewässer im Nebenschluss beitragen, die im Zuge der Kanalverbreiterung angelegt werden könnten. Die Alte Fahrt Hilstrup, die als sensibelster Bereich im DEK angesehen werden kann, sollte in ihrem jetzigen Zustand unbedingt erhalten bleiben.

9. Literatur

- ADAMS, C.E., & TIPETT, R. (1991): Powan (*Coregonus lavaretus*), ova predation by newly introduced ruffe, *Gymnocephalus cernuus* L. in Loch Lomond, Scotland. *Aquaculture and Fisheries Management* 22: 239-246.
- ALM, G. (1946): Reason for the occurrence of stunted fish population with special regard to the perch. *Meddelanden från Statens Undersöknings- och Försöksanstalt för Sötvattensfisket* 25: 1-146.
- ALM, G. (1959): Connection between maturity, size and age in fishes. Report. Institute of Freshwater Research, Drottningholm 4: 5-145.
- AMANN, E. (1975): Nahrungsumstellung und Zunahme der Barsche (*Perca fluviatilis*) im Bodensee-Obersee infolge Eutrophierung. *Österreichs Fischerei* 28: 72-76.
- ARLINGHAUS, R. (2000): Untersuchung des Jungfischaufkommens im Oder-Havel-Kanal unter besonderer Berücksichtigung der Blocksteinschüttungen. Diplomarbeit, Humboldt-Universität, Berlin: 151 S.
- BACMEISTER, A. (1975): Fischbilder-Lexikon Süßwasserfische (Band I). Jahr Verlag Hamburg. 160 S.
- BAGENAL, T.B., & TESCH, F.W. (1978): Age and growth. In: TESCH, F.W. (ed.): *Methods for Fish Production in Freshwater*. Blackwell Sciences, Oxford: 492 S.
- BALON, E. (1956): Laichen und postembryonale Entwicklung der Plötze. *Biologické Práce* 2: 325-364. [Tschechisch mit deutscher Zusammenfassung].
- BALON, E.K. (1975): Reproductive guilds of fishes. A proposal and definition. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 32: 822-864.
- BALON, E.K. (1981): Additions and amendments to the classifications of reproductive styles in fishes. *Environmental Biology of Fishes* 6: 377-389.
- BAUCH, G. (1955): Die einheimischen Süßwasserfische. 3. Aufl., Verlag J. Neumann, Radebeul und Berlin.
- BECKER, M. (1988): Freilandökologische Untersuchungen an planktivoren Fischen des Überlinger Sees mit Schwerpunkt einer differenzierten Nahrungsanalyse. Diplomarbeit, Universität Konstanz: 111 S.
- BELPAIRE, C., DE CHARLEROY, D., THOMAS, K., VAN DAMME, P., & OLLEVIER, F. (1989): Effects of eel restocking on the distribution of the nematode *Anguillicola crassus* in Flanders, Belgium. *Journal of Applied Ecology* 5: 151-153.
- BERGMANN, E. (1988): Foraging abilities and niche breadths of two percids, *Perca fluviatilis* and *Gymnocephalus cernuus*, under different environmental conditions. *Journal of Animal Ecology* 57: 443-453.
- BERGMANN, E. (1991): Changes in abundance of two percids, *Perca fluviatilis* and *Gymnocephalus cernuus*, along a productivity gradient: relations to feeding strategies and competitive abilities. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 48: 536-545.

- BIRO, P. (1974): Observations on the food of eel (*Anguilla anguilla* L.) in Lake Balaton. *Annales Instituti Biologici (Tihany) Hungaricae Academiae Scientiarum* 41: 133-152.
- BIRO, P. (1992): Die Geschichte des Aals (*Anguilla anguilla* L.) im Plattensee (Balaton). *Österreichs Fischerei* 45: 197-207.
- BISCHOFF, A., & WOLTER, C. (2001a): The 0+ fish community structure in a large lowland river: first results of a study from the River Oder. *Archiv für Hydrobiologie Supplement* 135 (Large Rivers 12): 137-151.
- BISCHOFF, A., & WOLTER, C. (2001b): The flood of the century on the river Oder: effects on the 0+ community and implications for floodplain restoration. *Regulated Rivers* 17: 171-190.
- BOET, R., BELLARD, J., BERREBI-DIT-THOMAS, R., & TALES, E. (1999): Multiple human impacts by the city of Paris on fish community structure in the Seine River basin, France. *Hydrobiologia* 410: 59-68.
- BORCHARD, B. (1991): Fischereibiologische Grundsatzuntersuchung im Dortmund-Ems-Kanal, km 1,4 - 13,2 und 72,5 - 89,0. Unveröffentlichtes Gutachten für die Bundesforschungsanstalt für Gewässerkunde, Koblenz: 24 S.
- BORCHARD, B. (1991): Fischereibiologisches Gutachten über Fischbestand und -ertrag im Datteln-Hamm-Kanal, km 23,6 - 27,3. Unveröffentlichtes Gutachten für die Bundesforschungsanstalt für Gewässerkunde, Koblenz: 18 S.
- BORON, S., & KUKLINSKA, B. (1987): Food of ruffe (*Gymnocephalus cernuus*) and gudgeon (*Gobio gobio*) in Wloclawek dam Reservoir. *Acta ichthyologica et piscatoria* 17: 59-76.
- BRACKEN, J.J., & KENNEDY, M.P. (1967): A key to the identification of the eggs and young stages of coarse fish in Irish waters. *Scientific Proceedings, Royal Dublin Society, Series B*, 2: 99-108.
- BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE (BfG) (1994): Umweltverträglichkeitsuntersuchung zum Ausbau des Dortmund-Ems-Kanals, DEK-km 59,200 - 62,000. (BfG – 0824). Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz: 192 S.
- COBLE, D.W. (1966): Dependence of total annual growth in yellow perch on temperature. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 23: 15-20.
- COLES, T.F. (1981): The distribution of perch, *Perca fluviatilis* L., throughout their first year of life in Llyn Tegid, North Wales. *Journal of Fish Biology* 18: 15-30.
- COLETTE, B.B., ALI, M.A., HOKANSON, K.E.F., NAGIEC, M., SMIRNOV, S.A., THORPE, J.E., WEATHERLEY, A.H., & WILLEMSEN, J. (1977): Biology of the percids. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 34: 1890-1899.
- COPP, G.H. (1995): Evaluating the microhabitat use of freshwater fish larvae and juveniles with point abundance sampling by electrofishing. *Folia Zoologica* 44: 145-158.
- CRAIG, J.F. (1977): Seasonal changes in the day and night activity of adult perch, *Perca fluviatilis* L. *Journal of Fish Biology* 11: 161-166.
- CRAIG, J.F. (1978): A study of food and feeding of perch (*Perca fluviatilis*) in Windermere. *Freshwater Biology* 8: 59-68.

- CRAIG, J.F. (1980): Growth and production of the 1955 to 1972 cohorts of perch, *Perca fluviatilis* L., in Windermere. *Journal of Animal Ecology* 49: 291-315.
- DE NIE, H.W. (1982): A note on the significance of larger bivalve molluscs (*Anodonta* spp. and *Dreissena* sp.) in the food of the eel (*Anguilla anguilla*) in Tjeukemeer. *Hydrobiologia* 95: 307-310.
- DIAMOND, M. (1985): Some observations of spawning by roach (*Rutilus rutilus* L.) and bream (*Abramis brama* L.) and their implications for management. *Aquaculture and Fisheries Management* 16: 359 - 367.
- DIAMOND, M., & BROWN, A.F. (1984): Predation by the eel, *Anguilla anguilla* (L.) on the eggs and spawning population of the roach, *Rutilus rutilus* (L.). *Fisheries Management* 15: 71-73.
- DIEHL, S., & EKLÖV, P. (1995): Effects of piscivore-mediated habitat use on resources, diet and growth of perch. *Ecology* 76: 1712-1726.
- DISLER, N.N., & SMIRNOV, S.A. (1977): Sensory organs of the lateral-line canal system in two percids and their importance in behaviour. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 34: 1492-1503.
- DÖNNI, W. (1993): Verteilungsdynamik der Fische in einer Staustufe des Hochrheins mit besonderer Berücksichtigung der Ökologie des Aals (*Anguilla anguilla* L.). Dissertation, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich: 193 S.
- DÖRNER, H. (2002): Der Barsch als Schlüsselart für die Biomanipulation. Schlussfolgerungen und Empfehlungen für das fischereiliche Management. *Fischer und Teichwirt* 10: 381-382.
- EGUSA, S. (1976): Notes on Culture of European Eel *Anguilla anguilla* in Japanese Eel farming ponds. ICES/EIFAC-Symposium on Eel, Research and Management No. 61: 21 pp.
- EKLÖV, P. (1987): Predatory efficiency and prey selection. A study of interactions between pike, perch and rudd. Biological Institut, Lunds University, Lund: 22 S.
- ENTZ, B. (1977): Environmental conditions of percid waters in central Europe. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 34: 1586-1591.
- FEDEROVA, G.V., & VETKASOV, S. A. (1974): The biological characteristics and abundance of Lake Ilmen ruffe, *Acerina cernua*. *Journal of Ichthyology* 14: 836-841.
- FREYHOF, J. (1998): Strukturierende Faktoren für die Fischartengemeinschaft der Sieg. Cuvillier Verlag, Göttingen: 67 S.
- GARNER, P. (1996): Microhabitat use and diet of 0+ cyprinid fishes in a lentic, regulated reach of the River Great Ouse, England. *Journal of Fish Biology* 48: 367-382.
- GERSTMEIER, R., & ROMIG, T. (1998): Die Süßwasserfische Europas für Naturfreunde und Angler. Kosmos-Verlag, Stuttgart: 367 S.
- GEYER, F. (1937): Alter und Wachstum der wichtigsten Cypriniden der ostholsteinischen Seen. *Archiv für Hydrobiologie* 34: 545-639.
- GOLDSPIK, C.R. (1977): The return of marked roach (*Rutilus rutilus* L.) to spawning grounds in Tjeukemeer, The Netherlands. *Journal of Fish Biology* 11: 599-603.

- GUMA'A, S.A. (1978): On the early growth of 0+-perch, *Perca fluviatilis*, in Windermere. *Freshwater Biology* 8: 213-220.
- GUTI, G. (1993): Mortality, growth and diet of perch *Perca fluviatilis* L. in the Cikola branch system of the Szigetköz area, River Danube. *Archiv für Hydrobiologie* 128: 317-327.
- HANSSON, S. (1985): Effects of eutrophication on fish communities with special reference to the Baltic Sea – a literature review. Report. Institute of Freshwater Research, Drottningholm 62: 36-56.
- HANSSON, S., ARRHENIUS, F. & NELLBRING, S. (1997): Diet and growth of pikeperch (*Stizostedion lucioperca* L.) in Baltic Sea area. *Fisheries research* 31: 163-167.
- HARTMANN, F. (1994): Untersuchungen zur Biologie, Epidemiologie und Schädigung von *Anguillicola crassus* KUWAHARA, NIIMI UND HAGAKI 1974 (Nematoda), einem blutsaugenden Parasiten in der Schwimmblase des europäischen Aals (*Anguilla anguilla* L.). Shaker-Verlag, Aachen. 139 S.
- HERZIG, A., & WINKLER, H. (1985): Der Einfluss der Temperatur auf die embryonale Entwicklung der Cypriniden. *Österreichs Fischerei* 38: 182-196.
- HERZIG, A., & WINKLER, H. (1986): The influence of temperature on the embryonic development of three cyprinid fishes, *Abramis brama*, *Chalcalburnus chalcoides mento* and *Vimba vimba*. *Journal of Fish Biology* 28: 171-181.
- HIRZINGER, V., BARTL, E., WEISSENBACHER, A., ZORNIG, H., & SCHIEMER, F. (2002): Habitatveränderungen durch schiffahrtsbedingten Wellenschlag und deren potentielle Auswirkung auf die Jungfischfauna in der Donau. *Österreichs Fischerei* 55: 238-243.
- HODGSON, B.P., & EATON, J.W. (2000): Provision for the juvenile stages of coarse fish in river rehabilitation projects. In: COWX, I.G. (ed.): *Management and Ecology of River Fisheries*. Blackwell Science, Oxford: 318-328.
- HÖLKER, F., & THIEL, R. (1998): Biology of ruffe (*Gymnocephalus cernuus* (L.)) – a review of selected aspects from European literature. *Journal of Great Lakes Research* 24: 186-204.
- HOFBAUER, G. (1965): Die Zusammensetzung der Brut- und Jungfischschwärme in dem zu einer Schifffahrtsstraße ausgebauten Main. *Zeitschrift für Fischerei* 8: 217-234.
- HOFER, R., & NIEDERHOLZER, R. (1980): The feeding of roach (*Rutilus rutilus* L.) and rudd (*Scardinius erythrophthalmus* L.). II. Feeding experiments in the laboratory. *Ecologia Polska* 28: 61-70.
- HOKANSON, K.E.F. (1977): Temperature requirements of some percids and adaptation to the seasonal temperature cycle. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 34: 1524-1550.
- HOLCIK, S. (1967): Life history of the rudd (*Scardinius erythrophthalmus*) in the Klicova reservoir. *Vestník Československé Společnosti Zoologické* 31: 335-348.
- HOLCIK, J., & MIHALIK, J. (1968): *Freshwater fishes*. Spring books, London: 126 S.
- HÜTTER, L.A. (1992): *Wasser und Wasseruntersuchung*. 5. Auflage. Otto Salle Verlag, Frankfurt/Main, Verlag Sauerländer, Aarau, Frankfurt/Main, Salzburg: 516 S.

- JENS, G. (1980): Die Bewertung der Fischgewässer. Maßstäbe und Anleitungen zur Wertbestimmung bei Nutzung, Kauf, Pacht und Schadensfällen. 2. Aufl. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin: 160 S.
- JOHAL, M.S. (1978): Growth of ruffe, *Acerina cernua* (Pisces: Perciformes) in Czechoslowakia. *Vestník Československé Společnosti Zoologické* 44: 183-196.
- JOHANSSON, L. (1987): Experimental evidence for interactive habitat segregation between roach (*Rutilus rutilus*) and rudd (*Scardinius erythrophthalmus*) in a shallow eutrophic lake. *Oecologia* 73: 21-27.
- JOHANSSON, L., & PERSSON, L. (1986): The fish community of temperate eutrophic lakes. In: REIMANN, B., & SONDERGAARD, M. (eds.): *Carbon Dynamics in Eutrophic, Temperate Lakes*. Elsevier Science Publication, Amsterdam: 237-266.
- JOHNSEN, P. (1965): Studies on the distribution and food of ruffe (*Acerina cernua* L.) in Denmark, with notes on other aspects. *Meddelelser fra Danmarks Fiskeri- og Havundersøgelser* 4: 137-156 (translated).
- JURAJDA, P. (1995): Effect of channelization and regulation on fish recruitment in a flood plain river. *Regulated Rivers: Research and Management* 10: 207-215.
- KEAST, A. (1984): The introduced aquatic macrophyte, *Myriophyllum spicatum*, as habitat for fish and their invertebrate prey. *Canadian Journal of Zoology* 62: 1289-1303.
- KENNEDY, C.R. (1993): Introductions, spread and colonization of new localities by fish helminth and crustacean parasites in the British Isles: a perspective and appraisal. *Journal of Fish Biology* 43: 287-301.
- KENNEDY, C.R., & FITCH, D.J. (1990): Colonization, larval survival and epidemiology of nematode *Anguillicola crassus*, parasitic in eel, *Anguilla anguilla*, in Britain. *Journal of Fish Biology* 36: 117-131.
- KENNEDY, M., & FITZMAURICE, P. (1974): Biology of the rudd *Scardinius erythrophthalmus* (L.) in Irish waters. *Proceedings of the Royal Irish Academy / B* 74: 245-305.
- KLEE, O. (1991): *Angewandte Hydrobiologie*. Trinkwasser-Abwasser-Gewässerschutz. 2. Aufl. Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York: 272 S.
- KLEIN, M. (1979): Die Situation des Aalbestandes in der Donau zwischen Kehlheim und Straubing vor dem Ausbau des RMD-Kanals. *Arbeiten deutscher Fischereiverbände* 29: 7-16.
- KLEINEBENNE, A. (1999): Straße mit Vorfahrt. 100 Jahre Dortmund-Ems-Kanal. Wasser- und Schifffahrtsdirektion West, Münster. 1. Aufl. Klartext-Verlag, Essen: 165 S.
- KØIE, M. (1988): The swim-bladder nematodes *Anguillicola* ssp. and the gill monogeneans *Pseudodactylogyrus* ssp. in European eels. in: ICES Mini-Symposium: Case Histories of Effects of Introductions and Transfers on Marine Ecosystems. Bergen, Norway, October 10, 1988. No. 3: 11 p.
- KOLOMIN, Y.M. (1977): The Nadym River ruffe (*Acerina cernua*). *Journal of Ichthyology* 17: 345-349.
- KOOPS, H., & HARTMANN, F. (1989): *Anguillicola* infestations in Germany and in German eel imports. *Journal of Applied Ichthyology* 1: 41-45.

- KORTE, E.J. (1999): Bestandsentwicklung der Fischarten der hessischen Rheinaue 1994-1997. Reproduktionsstrategien, Jungfischauftommen, Gefährdung, Entwicklungstendenzen. Hessische Landesanstalt für Umwelt, Wiesbaden: Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz Heft 268: 98 S.
- KOVALEV, P.J. (1973): Natural reproductive conditions of the pike-perch (*Lucioperca lucioperca* L.), Perch (*Perca fluviatilis* L.) and ruffe (*Acerina cernua* L.) of Lake Ilmen. Journal of Ichthyology 13: 943-946.
- KRÄMER, A., & BAROFFIO, C. (1988): Nahrungswahl und Kannibalismus beim Barsch (*Perca fluviatilis*) des Bodensee-Obersees. Schweizer Fischereiwissenschaft 2: 3-4.
- KRIWET, T. (1996): Die Verbreitung des Nematoden *Anguillicola crassus* Kuwahara, Niimi und Itagaki 1974 bei *Anguilla anguilla* L. in den Gewässern NRW's, die Abhängigkeit der Befallsrate von abiotischen und biotischen Faktoren und die Bedeutung dieses Parasiten als Faktor für den Rückgang der Aalbestände in der BRD. Staatsexamensarbeit, Universität Bochum, Fachbereich Biologie/Parasitologie: 111 S.
- KUGEL, G. (1942): Untersuchungen über den Ukelei. Zeitschrift für Fischerei 40: 225-262.
- LADIGES, W., & VOGT, D. (1979): Die Süßwasserfische Europas. Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin: 299 S.
- LAMOUREUX, N., CAPRA, A., POULLY, M., & SOUCHON, Y. (1999): Fish habitat preferences in large streams of southern France. Freshwater Biology 42: 673-687.
- LANDESUMWELTAMT NRW (2002): Gewässergütebericht 2001 – Berichtszeitraum 1995-2000 (inkl. CD-ROM und Gewässergütekarte DIN A4). LUA, Essen: 272 S.
- LANKENAU, D., & BARTNIK, W. (1992): Folgerungen aus Natur- und Modellversuchen für Schifffahrt und Kanalauskleidung. Binnenschifffahrt-ZfB 7: 296-303.
- LAPPALAINEN, J. (2001): Effects of environmental factors, especially temperature, on the population dynamics of pikeperch (*Stizostedion lucioperca* (L.)). Doctoral Dissertation, University of Helsinki, Finland: 28 S. Internet: <http://ethesis.helsinki.fi>.
- LASKAR, K. (1943): Beitrag zur Kenntnis der Entwicklungsgeschichte des Flußbarsches (*Perca fluviatilis* L.). Zoologischer Anzeiger 143: 277-282.
- LEACH, J.H., JOHNSON, M.G., KELSO, J.R.M., HARTMANN, J., NUMANN, W., & ENTZ, B. (1977): Responses of percid fishes and their habitat to eutrophication. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 34: 1964-1971.
- LE CREN, E.D. (1958): Observations on the growth of perch (*Perca fluviatilis* L.) over twenty-two years with special references to the effects of temperature and changes in population density. Journal of Animal Ecology 27: 287-334.
- LEHMANN, J., & SCHÄFER, W. (1996): Untersuchung zur Gefährdung des Europäischen Aals (*Anguilla anguilla*). LÖBF-Jahresbericht 1996: 157-160.
- LELEK, A. (1987): The Freshwater Fishes of Europe. Vol. 9. Threatened Fishes of Europe. AULA-Verlag, Wiesbaden: 343 S.

- LELEK, A., & KÖHLER, C. (1989): Zustandsanalyse der Fischartengemeinschaften im Rhein (1987-1988). *Fischökologie* 1: 47-64.
- LELEK, A., & KÖHLER, C. (1993): Erfassung der Fischfauna des deutschen Niederrheinabschnittes mit besonderer Berücksichtigung der Rheinsohle im Hauptstrom. Studie für die Rheinfischereigenossenschaft, Bonn: 27 S.
- LELEK, A., & PELZ, R. (1986): Untersuchungen zur ökologischen Bedeutung von Aalen (*Anguilla anguilla*) und Aalbesatzmaßnahmen. *Courier Forschungs-Institut Senckenberg* 85: 57-64.
- LÖFFLER, H. (1984): Zur Ökologie des Brachsen (*Abramis brama* L.) im Bodensee. *Schweizer Zeitschrift für Hydrologie* 46: 147-162.
- MANN, R.H.K. (1995): Natural factors influencing recruitment success in coarse fish populations. In: HARPER, D.M., & FERGUSSON, A.J.D. (eds.): *The Ecological Basis for River Management*. John Wiley & Sons, Chichester: 339-348.
- MANN, R.H.K., & BASS, J.A.B. (1997): The critical water velocity of larval roach (*Rutilus rutilus*) and dace (*Leuciscus leuciscus*) and implications for the river management. *Regulated Rivers – Research & Management* 13: 295-301.
- MELLERGAARD, S. (1988): Ålens svømmeblæreorm *Anguillicola*, en ny parasit i den Europæiske ålbestand. *Nordiske Aquakultur* 4: 50-54.
- MICHLING, G. (1988): Fischereibiologische Untersuchungen am Rhein in den Grenzen von Nordrhein-Westfalen 1986/1987. Gutachten im Auftrag der Rheinfischereigenossenschaft, Bonn: 56 S.
- MILLS, C.A., & MANN, R.H.K. (1985): Environmentally-induced fluctuation in year-class-strength and their implications for management. *Journal of Fish Biology* 34: 111-118.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NRW (MUNLV NRW) (Hrsg.) (2001): Fische und Bäche unserer Flüsse. Aktuelle Verbreitung, Entwicklungstendenzen, Schutzkonzepte für Fischlebensräume in Nordrhein-Westfalen. S. 1-200.
- MOLLS, F. (1997): Populationsbiologie der Fischarten einer niederrheinischen Auenlandschaft. Reproduktionserfolge, Lebenszyklen, Kurzstanzwanderungen. Dissertation, Universität Köln: 184 S.
- MOOIJ, W.M. (1989): A key to the identification of larval bream, *Abramis brama*, white bream, *Blicca bjoekna*, and roach, *Rutilus rutilus*. *Journal of Fish Biology* 34: 111-118.
- MÜHLENBERG, M. (1995): *Freilandökologie*. 3. Aufl. Quelle & Meyer, Heidelberg: 512 S.
- MURPHY, K.J., & EATON, J.W. (1981): Waterplants, boat traffic and angling in canals. *Proceedings of the 2nd British Freshwater Fisheries Conference 1981*: 173-187.
- MURPHY, K.J., & EATON, J.W. (1983): Effects of pleasure-boat traffic on macrophyte growths in canals. *Journal of Applied Ecology* 20: 713-729.
- MURPHY, K.J., WILLBY, N.J., & EATON, J.W. (1995): Ecological impacts and management of boat traffic on navigable inland waterways. *The Ecological Basis for River Management* 34: 427-441.
- MUUS, T., & DAHLSTRÖM, P. (1993): Süßwasserfische Europas - Biologie, Fang, wirtschaftliche Bedeutung. 7. Aufl. BLV Verlagsgesellschaft, München, Wien, Zürich: 220 S.

- NAGY, S. (1986): The food preference of ruffe species (*Gymnocephalus cernuus*, *Gymnocephalus schraetser* und *Gymnocephalus baloni* in the Bakiansky Branch System of the Danube River. *Zivocisna Vyroba* 31: 937-943.
- NEJA, Z. (1988): On some problems of reproduction of ruffe, *Gymnocephalus cernuus* (L., 1758) in the Lake Dabie. *Acta ichthyologica et piscatoria* 18: 33-50.
- NEUMANN, H. (1976): The growth and year-class strength of perch (*Perca fluviatilis*) in some Baltic archipelagoes, with special references to the temperature. Report. Institute of Freshwater Research, Drottningholm 55: 51-70.
- NIEDERHOLZER, R., & HOFER, R. (1980). The feeding of roach (*Rutilus rutilus* L.) and rudd (*Scardinius erythrophthalmus* L.). I. Studies on natural populations. *Ekologia Polska* 28: 45-59.
- NIELSEN, L.A., SHEEHAN, R.J., & ORTH, D.J. (1986): Impacts of navigation on riverine fish production in the United States. *Polskie Archiwum Hydrobiologii* 33: 277-294.
- NIEPAGENKEMPER, O. (1998): Ökologische Untersuchungen über die Fischfauna des Dortmund-Ems-Kanals zwischen Olfen und Bevergern (km 29,6 - 109,2). Landesfischereiverband Westfalen und Lippe e.V., Münster: Heft 1: 67 S.
- NIEPAGENKEMPER, O. (2002): Erfolgskontrolle am Fischaufstieg in Telgte. Gutachten im Auftrag des StUA. Münster: 36 S.
- NIEPAGENKEMPER, O., & MEYER, E.I. (o.J. [erschienen 2002]): Messungen der Sauerstoffkonzentration in Flusssedimenten zur Beurteilung von potentiellen Laichplätzen von Lachs und Meerforelle. Landesfischereiverband Westfalen und Lippe e.V., Münster: Heft 2: 87 S.
- NIKOLSKI, G.W. (1957): Spezielle Fischkunde. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin: 632 S.
- NOVAK, J., & FRANK S. (1981): Note on growth of the rudd (*Scardinius erythrophthalmus*) (Pisces, Cyprinidae). *Vestnik Cekoslovenske Spolecnosti Zoologicke* 45: 56-62.
- ORBRLIK, P. (1995): Binnenschifffahrt und Ökologie. *Wasserwirtschaft, Wassertechnik* 7: 43-47.
- OGLE, D.H. (1998): A synopsis of the biology and life history of ruffe. *Journal of Great Lakes Research* 24: 170-185.
- OGLE, D.H., SELGEBY, J.H., NEWMANN, R.M., & HENRY, M.G. (1995): Diet and feeding periodicity of ruffe in the St. Louis River estuary, Lake Superior. *Transactions of the American Fisheries Society* 124: 356-369.
- PENCZAK, T., & MANN, R.H.K. (1990): The impact of stream order on fish population in the Pilica drainage basin, Poland. *Polskie Archiwum Hydrobiologii* 37: 243-261.
- PENCZAK, T., & MANN, R.H.K. (1993): A preliminary evaluation of the effect of human activity on the fish populations of the Pilica River, Poland. *Polskie Archiwum Hydrobiologii* 40: 101-115.
- PERSSON, L. (1983a): Food consumption and competition between age classes in a perch *Perca fluviatilis* population in a shallow eutrophic lake. *Oikos* 40: 197-207.
- PERSSON, L. (1983b): Food consumption and the significance of detritus and algae to intraspecific competition in roach *Rutilus rutilus* in a shallow eutrophic lake. *Oikos* 41: 118-125.

- PERSSON, L. (1983c): Effects of intra- and interspecific competition on dynamics and size structure of a perch *Perca fluviatilis* and a roach *Rutilus rutilus* population. *Oikos* 41: 126-132.
- PERSSON, L. (1986): Effects of reduced interspecific competition on resource utilization in perch (*Perca fluviatilis*). *Ecology* 67: 355-364.
- PERSSON, L. (1997): Competition, predation and environmental factors as structuring forces in freshwater fish communities: Sumari (1971) revisited. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54: 85-88.
- PERSSON, L., & EKLÖV, L. (1995): Prey refuges affecting interactions between piscivorous perch and juvenile perch and roach. *Ecology* 76: 770-781.
- PERSSON, L., & GREENBERG, L.A. (1990a): Juvenile competitive bottlenecks: the perch (*Perca fluviatilis*) - roach (*Rutilus rutilus*) interaction. *Ecology* 71: 44-56.
- PERSSON, L., & GREENBERG, L.A. (1990b): Interspecific and intraspecific size class competition affecting resource use and growth of perch, *Perca fluviatilis*. *Oikos* 59: 97-106.
- PREJS, A., & JACKOWSKA, H. (1978): Lake macrophytes as the food of roach (*Rutilus rutilus* L.) and rudd (*Scardinius erythrophthalmus* L.). I. Species composition and dominance relations in the lake and food. *Ekologia Polska* 26: 429-438.
- PREJS, A., LEWANDOWSKI, K., & STANCYKOWSKA-PIOTROWSKA, A. (1990): Size-selective predation by roach *Rutilus rutilus* on zebra mussel (*Dreissena polymorpha*): field studies. *Oecologia* 83: 378-384.
- RADKE, R.J., & ECKMANN, R. (1996): Piscivorous eels in Lake Constance: can they influence year class strength of perch? *Annales Zoologici Fennici* 33: 489-494.
- RASK, M. (1983): Differences in growth of perch (*Perca fluviatilis*) in two small forest lakes. *Hydrobiologia* 101: 139-140.
- RIEDEL, D. (1994): Der Fischbestand des Rheinstroms im Bereich seines linken Ufers innerhalb der Landesgrenzen Nordrhein-Westfalens. Auszug aus einem sehr umfangreichen Gutachten in: RHEINFISCHEREIGENOSSENSCHAFT (Hrsg.): Untersuchungen über den Fischbestand im Rheinabschnitt von Nordrhein-Westfalen und Beiträge zur Fischerei. Königswinter: 1-24.
- RINCON, P.A., BARRACHINA, P., & BERNAT Y. (1992): Microhabitat use by 0+ juvenile cyprinids during summer in a mediterranean river. *Archiv für Hydrobiologie* 125: 323-337.
- ROSSIER, O., CASTELLA, E., & LACHAVANNE, J-B. (1996): Influence of submerged aquatic vegetation on size class distribution of perch (*Perca fluviatilis*) and roach (*Rutilus rutilus*) in littoral zone of Lake Geneva (Switzerland). *Aquatic Sciences* 58: 1-14.
- RÜMMLER, F., & PFEIFER, M. (1997): Einführung in die Elektrofischerei. Lehrgangsmaterialien für die Ausbildung von Elektrofischern. Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow und Sächsisches Landesamt für Landwirtschaft, Referat Fischerei, Königswartha: 156 S.
- SAAT, T., & VEERSALU, A. (1996): The rate of early development in perch *Perca fluviatilis* L. and ruffe *Gymnocephalus cernuus* L. at different temperatures. *Annales Zoologici Fennici* 33: 693-698.

- SANDLUND, O.T., NAESJE, T.F., KLYVE, L., & LINDEM, T. (1985): The vertical distribution of fish species in Lake Mjøsa, Norway, as shown by gill-net catches and echo sounder. Report. Institute of Freshwater Research, Drottningholm 62: 136-149.
- SCHIEFFEL, H.J. (1989): Untersuchungen zum Jungfischauftreten in der Bremer Unterweser. Diplomarbeit, Universität Bremen: 233 S.
- SCHIEMER, F. (1988): Gefährdete Cypriniden – Indikatoren für die ökologische Intaktheit von Flußsystemen. Natur und Landschaft 63: 370-373.
- SCHIEMER, F., JUNGWIRTH, M., & IMHOF, G. (1994): Die Fische der Donau. Gefährdung und Schutz. Ökologische Bewertung der Umgestaltung der Donau. Grüne Reihe des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie, Band 5. Styria-Verlag, Graz: 160 S.
- SCHIEMER, F., & SPINDLER, T. (1989): Endangered fish species of the Danube River in Austria. Regulated Rivers 4: 397-407.
- SCHIEMER, F., SPINDLER, T., WINTERSBERGER, H., SCHNEIDER, A., & CHOVANEC, A. (1991): First fry associations: important indicators for the ecological status of large rivers. Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Limnologie 24: 2497-2500.
- SCHIEMER, F., & WAIDBACHER, H. (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 Ltd., Chichester: 363-382.
- SCHIEMER, F., ZALEWSKI, M., & THORPE, J.E. (1995): Land/inland water ecotones: intermediate habitats critical for conservation and management. Hydrobiologia 303: 259-264.
- SCHINDLER, O. (1935): Zur Biologie der Larven von Barsch (*Perca fluviatilis* L.) und Hecht (*Esox lucius* L.). Verhandlungen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft 37: 141-149.
- SCHLOSSER, I.J. (1985): Flow regime, juvenile abundance and the assemblage structure of stream fishes. Ecology 66: 1484-1490.
- SCHMIDT, G.W. (1996): Wiedereinbürgerung des Lachses *Salmo salar* L. in Nordrhein-Westfalen – Allgemeine Biologie des Lachses sowie Konzeption und Stand des Wiedereinbürgerungsprogramms unter besonderer Berücksichtigung der Sieg. LÖBF-Schriftenreihe, Band 11. Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten / Landesamt für Agrarordnung NRW, Essen: 194 S.
- SCHWEVERS, U., ADAM, B., & GUMPINGER, C (1999): Zur Bedeutung von Auegewässern für die Fischfauna von Bundeswasserstraßen. Wasser & Boden 51 (6): 35-39.
- SCHWERDTFEGGER, F. (1975): Ökologie der Tiere. Band 3: Synökologie. Paul Parey Verlag, Hamburg, Berlin: 451 S.
- SCHWOERBEL, J. (1994): Methoden der Hydrobiologie, Süßwasserbiologie. 4. Aufl. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena: 368 S.
- SELGEBY, J. (1998): Predation by ruffe (*Gymnocephalus cernuus*) on fish eggs in Lake Superior. Journal of Great Lakes Research 24: 304-308.

- SPÄH, H. (1992): Fischereibiologisches Gutachten Dortmund-Ems-Kanal, km 39,8 - 46,7. Unveröffentlichtes Gutachten für die Bundesforschungsanstalt für Gewässerkunde, Koblenz: 12 S.
- SPÄH, H. (1992): Fischereibiologisches und limnologisches Gutachten Rhein-Herne-Kanal, km 27,0 bis 30,5. Bereich Herne Gelsenkirchen. Unveröffentlichtes Gutachten für Planungsbüro Karsch, Recklinghausen: 9 S.
- SPINDLER, T. (1988): Bestimmung der mitteleuropäischen Cyprinidenlarven. Österreichs Fischerei 41: 75-79.
- STAAS, S. (o.J.): Anleitung zur Bestimmung von 0+-Jungfischen aus dem Rhein. Unveröffentlichtes Manuskript: 14 S.
- STAAS, S. (1991): Das Jungfischauftreten in Baggerseen mit Anbindung an den Rheinstrom. Natur und Landschaft 66: 164-165.
- STAAS, S. (1997): Das Jungfischauftreten im Niederrhein und in angrenzenden Nebengewässern unter der Berücksichtigung der Uferstrukturen am Strom. LÖBF-Schriftenreihe, Band 12. Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten / Landesamt für Agrarordnung NRW, Essen: 114 S.
- STANSFIELD, J. (1997): Submerged macrophytes as refuges for grazing cladocera against fish predation: observation on seasonal changes in relation to macrophyte cover and predation pressure. Hydrobiologia 342/343: 229-240.
- STEINER, V. (1974): Zur Altersbestimmung bei Fischen. Österreichs Fischerei 8/9: 125-136.
- STEINMETZ, B., & MÜLLER, R. (1991): Atlas van schubben en andere beenachtige structuren van niet-zalmachtige zoetwatervissen. Samara Publishing Ltd., Cardigan, UK: 51 S.
- SZÉKELY, C. (1994): Paratenic hosts for the parasitic nematode *Anguillicola crassus* in Lake Balaton, Hungary. Diseases of Aquatic Organisms 18: 11-20.
- TEROFAL, F. (1978): BLV-Naturführer Fische. BLV-Verlagsgesellschaft, München-Bern-Wien: 143 S.
- TESCH, F.W. (1955): Das Wachstum des Barsches (*Perca fluviatilis*) in verschiedenen Gewässern. Zeitschrift für Fischerei und deren Hilfswissenschaften 4: 321-420.
- TESCH, F.W. (1977): The Eel. Chapman & Hall, London: 434 S.
- TESCH, F.W. (1983): Der Aal. Biologie und Fischerei. 2. Auflage. Verlag Paul Parey, Hamburg: 340 S.
- THORPE, J.E. (1977): Daily ration of adult perch, *Perca fluviatilis* L. during summer in Loch Leven. Journal of Fish Biology 11: 55-68.
- TITTITZER, T., & SCHLEUTER, M. (1991): Über die Auswirkung der Schifffahrt auf die biologischen Verhältnisse in den Bühnenfeldern. 29. Tagung IAD in Kiew.
- URHO, L., HILDEN, M., & HUDD, R. (1990): Fish reproduction and the impact of acidification in the Kyrönjoki River estuary in the Baltic Sea. Environmental Biology of Fishes 27: 273-283.
- VILCINSKAS, A. (1993): Fischereibiologische Bestandsaufnahmen und Bewertungen im Rahmen einer Umweltverträglichkeitsuntersuchung zum geplanten Ausbau des Elbe-Havel-Kanals. Umweltverträglichkeitsstudie im Auftrag der von Helmolt Consult Münster: 80 S.

- VILCINSKAS, A. (1994): Altersbestimmung bei Fischen anhand von Schuppenproben. *Mikrokosmos* 83: 135-141.
- VILCINSKAS, A., & WOLTER, C. (1994): Fischfauna der Bundeswasserstraßen in Berlin, Brandenburg, Sachsen-Anhalt. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Berlin: 85 S.
- WANG, J. ZHAO, Y. (1980): Observations on the life history of *Anguillicola globiceps* (Nematoda: Anguillicolidae) (Abstract). *Acta zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 26: 249.
- WANG, N., & ECKMANN, R. (1994): Distribution of perch (*Perca fluviatilis* L.) during their first year of life in Lake Constance. *Hydrobiologia* 277: 135-143.
- WASSER- UND SCHIFFFAHRTSDIREKTION WEST (1987): Die Südstrecke des Dortmund-Ems-Kanals. Datteln bis Bergeshövede, Verkehrsentwicklung und Ausbau. Münster: 22 S.
- WASSER- UND SCHIFFFAHRTSDIREKTION WEST (1995): Der Rhein und die Westdeutschen Kanäle. Information über die Bundeswasserstraßen und Schifffahrt. Münster: 125 S.
- WASSERVERBAND WESTDEUTSCHE KANÄLE (1980): Schifffahrtskanäle als Fernwasserleitungen. 10 Jahre Wasserverband Westdeutsche Kanäle. Wasserverband Westdeutsche Kanäle, Essen: 40 S.
- WATKINS, M.S., DOHERTY, S., & COPP, G.H. (1997): Microhabitat use by 0+ and older fishes in a small English chalk stream. *Journal of Fish Biology* 50: 1010-1024.
- WILLEMSSEN, J. (1977): Population dynamics of percids in Lake IJssel and some smaller lakes in Netherlands. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 34: 1710-1719.
- WINTERSBERGER, H. (1996a): Spatial resource utilisation and species assemblages of larval and juvenile fishes. *Archiv für Hydrobiologie Supplement* 113 (Large Rivers 11): 29-44.
- WINTERSBERGER, H. (1996b): Species assemblages and habitat selection of larval and juvenile fishes in River Danube. *Archiv für Hydrobiologie Supplement* 115 (Large Rivers 13): 497-505.
- WOLTER, C., & VILCINSKAS, A. (1996): Fishfauna of the Berlinean water. Their endangeredness and protection. *Limnologica* 26: 207-213.
- WOLTER, C., & VILCINSKAS, A. (1997a): Characterization of the typical fish community of inland waterways of the north-eastern lowlands in Germany. *Regulated Rivers* 13: 335-343.
- WOLTER, C., & VILCINSKAS, A. (1997b): Perch (*Perca fluviatilis*) as an indicator species for structural degradation in regulated rivers and canals in the lowlands of Germany. *Ecology of Freshwater Fish* 6: 174-181.
- WOLTER, C., & VILCINSKAS, A. (1998): Fish community structure in lowland waterways: fundamental and applied aspects. *Polskie Archiwum Hydrobiologii* 45: 137-149.
- WOLTER, C., VILCINSKAS, A. (2000): Characterisation of fish species diversity in waterways and urban waters. *Wasser und Boden* 52: 14-18.
- WOLTER, C., MINOW, J. VILCINSKAS, A., & GROSCH, U.A. (2000): Long-term effects of human influence on fish community structure and fisheries in Berlin waters, an urban water system. *Fisheries Management and Ecology* 7: 97-104.
- WONDRAK, P. (1988): Schwimmblasenwürmer beim Aal – bereits in Bayern. *Fischer & Teichwirt* 7: 207-208.

- WYOAROVITCH, E. (1960): Aufzucht der Zanderlarven bis zum Raubfischalter. Zeitschrift für Fischerei 9(1/2): 73-83.
- ZAUNER, G., & SCHIEMER, F. (1992): Auswirkungen der Schifffahrt auf die Fischfauna, aufgezeigt am Beispiel der österreichischen Donau. Landschaftswasserbau 14: 133-151.
- ZEH, M., RITTER, E., & RIBI, G. (1989): Spawning and egg development of *Perca fluviatilis* L. in Lake Zürich. Aquatic Sciences 51: 100-107.

Die Vollendung dieser Arbeit wurde von verschiedenen Personen unterstützt. Dafür möchte ich mich bedanken bei:

Frau Professor Dr. Elisabeth I. Meyer, die mir dieses Thema ermöglicht hat, sowie für die wissenschaftliche Betreuung, die stetige Unterstützung und das sehr gute Verhältnis.

Herrn Dr. Ernst Heddergott und dem gesamten Landesfischereiverband Westfalen und Lippe e.V., der mir die Durchführung dieser Arbeit erst ermöglicht hat.

Herrn Dr. Soyeaux von der Bundesanstalt für Wasserbau für die Unterstützung bei den Versuchen in der Wellensimulationsanlage und der Fließrinne.

Gerald Kunkel, ohne dessen Hilfe die zahlreichen Elektrobefischungen nicht möglich gewesen wären.

Holger Dinkun, der mir entscheidend bei dem Fang und der Hälterung der laichreifen Fische für die Eiversuche geholfen hat.

Dr. Norbert Kaschek für die stetige Hilfsbereitschaft und die Durchsicht der Literaturangaben.

Dr. Bernd Spänhoff, der mir bei der statistischen Auswertung geholfen hat und für viele weitere Fragen zur Verfügung stand.

Dr. Stefan Staas für die Einweisung in die Bestimmungsproblematik bei Jungfischen sowie für die Vielzahl an Literatur.

Lebenslauf

Name, Vorname: Niepagenkemper, Olaf
geboren am: 04.09.1964
in: Münster
wohnhafte in: 48163 Münster, In der Weede 79
Telefon: 02536/343993
Religion: katholisch
Familienstand: verheiratet

Vater: Hermann Niepagenkemper
Mutter: Brigitte Niepagenkemper, geb. Skiba

Schulbildung 01.08.1971 - 16.07.1975, Grundschule Thomas Morus in Münster
01.09.1975 - 04.06.1984, Rats-Gymnasium in Münster
Schulabschluß: Allgemeine Hochschulreife

Wehrdienst 01.07.1984 - 30.06.1986, Lützow-Kaserne in Handorf

Praktikum 01.08.1986 - 31.07.1987, Firma Siebeneck, Garten-Landschaftsbau in Münster

Lehre 01.08.1987 - 11.01.1989, Firma Siebeneck, Garten-Landschaftsbau in Münster

Berufsverhältnis 01.02.1989 - 08.09.1989, Landschaftsgärtner bei der Firma Siebeneck, Gartenlandschaftsbau in Münster

Studium 01.10.1989 - 16.05.1995, Studium der Geographie an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster mit dem Abschluß Diplom-Geograph/Landschaftsökologe

Berufliche Tätigkeit Seit 01.06.1995 angestellt beim Landesfischereiverband. Seit April 1997 zusätzlich Promotion zum Thema „Ökologische Untersuchungen zur Fischfauna im Dortmund-Ems-Kanal“, betreut von Frau Prof. Dr. E.I. Meyer, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Abteilung für Limnologie und vom Landesfischereiverband Westfalen und Lippe e.V., Münster