©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Laufener Seminarbeitr. 4/99, S. 71-81 • Bayer.Akad.Natursch.Landschaftspfl. - Laufen/Salzach 1999

Das hyporheische Interstitial in der Mittelgebirgsregion und limitierende Bedingungen für den Reproduktionserfolg von Salmoniden (Lachs und Meerforelle)

Detlev INGENDAHL

Situation von Lachs und Meerforelle im Gebiet des Niederrheins

Die großen Salmoniden Lachs (*Salmo salar*) und Meerforelle (*Salmo trutta*) galten seit den fünfziger Jahren im Rhein als ausgestorben (BÖVING 1980). In der Sieg, einem rechtsseitigen Zufluss des Rheins zwischen Bonn und Köln, wurde der letzte Lachs im gleichen Zeitraum gefangen (WEEG 1959, zit. in STEINBERG et al. 1991). Bereits 1932 war die berufliche Lachsfischerei in den Niederlanden eingestellt worden (LELEK & BUHSE 1992). Nach Angaben dieser Autoren konnte der Niedergang der Rheinlachspopulation trotz eines Jahresbesatzes von 4-6 Mill. Dottersackbrütlingen im Oberrhein zu Beginn des Jahrhunderts nicht dauerhaft aufgehalten werden.

Zu Beginn der achtziger Jahre kam es jedoch wieder zum Fang einzelner "Lachse" am Niederrhein. OLBRICH (1984) konnte 15 dieser Fische in Augenschein nehmen, von denen er acht Individuen eindeutig als Meerforellen (*Salmo trutta*) bestimmte. Auch bei den übrigen Fischen stellte er kaum Merkmale fest, die auf den Lachs (*Salmo salar*) hätten schließen lassen können. In der Sieg wurden 1983 erstmalig wieder laichende Meerforellen am untersten Wehr in Siegburg-Buisdorf beobachtet (STEINBERG & LUBIENIECKI 1991). Die Landesanstalt für Fischerei (NRW) startete daraufhin ein Artenschutzprogramm für die Meerforelle, das den Fang laichreifer Tiere, die künstliche Erbrütung von Eiern und das Aussetzen der Jungfische in Zuflüssen des Rheins beinhaltete.

Nach dem Rheinunfall bei Basel 1986 (Sandoz-Brand) wurde das von den Ministern der Rheinanliegerstaaten beschlossene Programm (Lachs 2000) zur Wiedereinbürgerung ehemals vorhandener Langdistanzwanderfische mit dem in Nordrhein-Westfalen begonnenen Ansiedlungsversuch des Lachses zusammengefasst (SCHMIDT 1991). Seit 1988 werden in Zuflüssen der Sieg (Agger und Bröl), sowie in der Sieg selbst, Junglachse verschiedener Altersstufen ausgesetzt. Fünf Wehre in der Sieg und ein weiteres Wehr in der Agger wurden in den letzten Jahren mit rauhen Rampen ausgerüstet, so dass die adulten Salmoniden wieder in die obere Sieg aufsteigen können. Seit 1990 werden bei Elektrobefischungen und Reusenkontrollen regelmäßig adulte Lachse gefangen. Aufgrund der fehlenden Markierung von Jungfischen kann jedoch noch nicht von "echten" Rückkehrern gesprochen werden. Die Zahl der im Siegsystem ausgesetzten Lachsbrütlinge ist vor allem seit 1993 kontinuierlich angestiegen. Dagegen stagnierte die Zahl nachgewiesener adulter Lachse zwischen 4 und 16 Individuen pro Jahr (Abb. 1).

Bereits 1993 konnten in Agger, Bröl und Sieg natürliche Laichgruben von Salmoniden ermittelt werden, in denen im Frühjahr 1994 lebende Dottersacklarven des Lachses gefunden wurden (LEHMANN et al. 1995). MARMULLA (1992) hatte im Sieggebiet 15 ha kiesige Laichhabitate und 48 ha Jungfischhabitate mit geeigneten Strukturen kartiert. Außerdem exponierte MARMULLA (1993) Salmonideneier im Augenpunktstadium zur Überprüfung von Laichhabitaten. Eine abschließende Beurteilung der Eignung dieser Habitate für die Entwicklung von Salmonideneier und das Aufwachsen der Brütlinge erfolgte jedoch nicht. In gleichzeitig durchgeführten telemetrischen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass der Aufstieg von Meerforellen zu Laichplätzen in kleineren Zuflüssen oftmals durch Wehre ohne Fischpass unterbunden wurde (INGENDAHL & MARMULLA 1996).

Mögliche Ursachen für den Rückgang des Lachses

Der Rückgang des Lachsbestandes setzte bereits zu Beginn des 19. Jahrhunderts ein. Nach BRENNER & STEINBERG (1986) zählten die zunehmende Gewässerverschmutzung und der Gewässerausbau zu den Ursachen. LELEK & BUHSE (1992) machten die Nutzung kleinerer Laichgewässer bei der Holzbeförderung für den Rückgang verantwortlich. Der Lachs ist schließlich auch in anderen mitteleuropäischen Fließgewässern, wie Elbe, Weser und Ems ausgestorben. Nur im Allier, dem Nebenfluss der Loire hat sich eine kleine Restpopulation halten können. Die Ursachen für diesen großräumigen Rückgang konnten wissenschaftlich nicht geklärt werden. Mit dem Erscheinen der Meerforelle und dem Einsetzen von Lachsbrütlingen ergab sich wieder die Gelegenheit, fischökologische Untersuchungen durchzuführen und die Engpässe (bottle-necks,

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

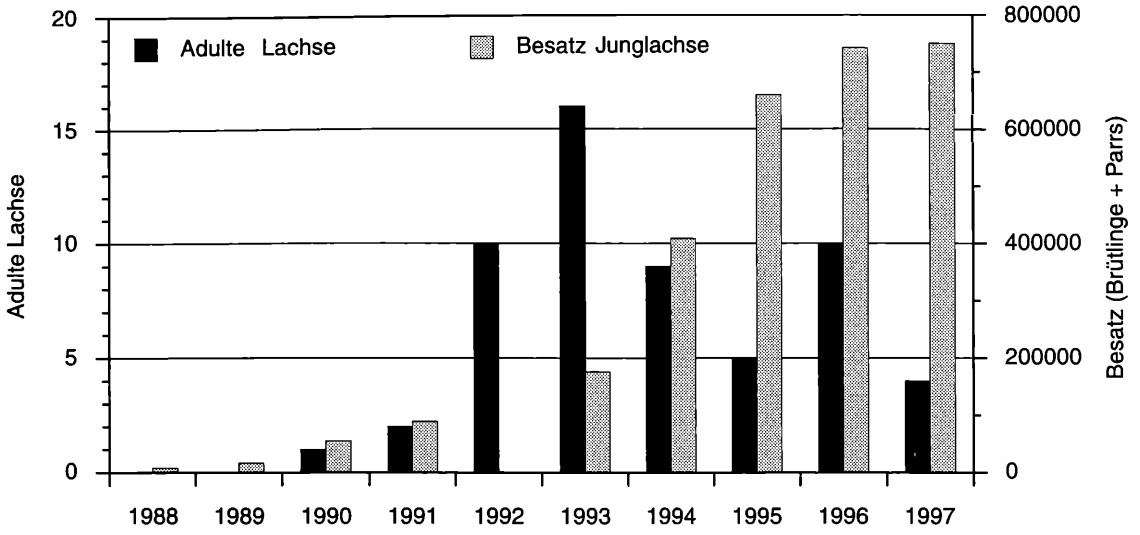

Abbildung 1

Anzahl der in die Sieg und ihre Zuflüsse ausgesetzten Junglachse, sowie Anzahl der gefangenen adulten Lachse (Quelle: SCHMIDT 1996, IKSR 1996).

HALL & FIELD-DODGSON 1981) im Lebenszyklus dieser Arten zu identifizieren.

Der Schutz der natürlichen Laichgründe wurde schon früh als Grundlage für den Erhalt der Rheinlachsbestände gefordert (EHRENBAUM 1895, zit. in LELEK & BUHSE 1992). Die Qualität von Laichhabitaten und ihre Beeinträchtigung durch Feinsedimente aus Holzeinschlag und intensiver Landnutzung wurde bereits ausführlich für die pazifischen Lachsarten diskutiert (CHAPMAN 1988). Methoden zur Revitalisierung solcher Laichplätze wurden im pazifischen Nordwesten der USA erprobt (HALL & FIELD-DODGSON 1981). Der Zustand der Laichplätze in europäischen Salmonidengewässern ist in England (TURNPENNY & WILLIAMS 1980), in Norddeutschland (HARTMANN 1988) und in Südwestfrankreich (INGENDAHL et al. 1995) intensiver untersucht worden. SCHMIDT (1991) wies auf die Bedeutung der Verhältnisse im Interstitial für die Reproduktion der Salmoniden im Rahmen einer erfolgreichen Wiedereinbürgerung hin.

Im folgenden sollen Ergebnisse aktueller Untersuchungen zur Laichplatzsuche von Salmoniden und zu den Bedingungen im Interstitial ausgewählter Laichgruben vorgestellt werden. Die Auswirkungen des Gewässerverbaus in Zuflüssen der Sieg auf die Wanderbewegungen von zwei Meerforellen werden beispielhaft aufgezeigt.
Anschließend sollen die Interstitialbedingungen in zwei natürlichen Laichgruben von Meerforellen, sowie das Überleben von künstlich an Laichplätzen exponierten Salmonideneiern dargestellt werden. Die sich aus diesen Untersuchungen ableitbaren Erkenntnisse sollen im Hinblick auf die kürzlich beschlossene Fortsetzung des Programms zur Wiedereinbürgerung des Lachses in Nordrhein-Westfalen (MURL 1998) diskutiert werden.

Untersuchungsgebiet

Die Untersuchungen wurden in Agger und Bröl, zwei Zuflüssen der Sieg, durchgeführt. Die Sieg fließt in westlicher Richtung nach 153 Flusskilometern kurz unterhalb von Bonn in den Rhein. Das Einzugsgebiet hat eine Größe von 2861 km^2 und liegt im Mittelsieg-Bergland. Im Bereich des Zuflusses der Bröl öffnet sich das Siegtal zu einer überschwemmten Talaue, der Sieg-Aggerniederung. Das Einzugsgebiet weist flachgründige Böden mit wasserundurchlässigem Gesteinsuntergrund auf. Das Mittelsiegtal hat einen Jahresniederschlag von 950 mm, der nach Norden zum Bergischen Land, dem Quellgebiet von Agger und Bröl, weiter zunimmt. Die Sieg und ihre Zuflüsse zeigen eine enge Kopplung zwischen Niederschlägen und den oft starken Abflussspitzen. Es herrscht ein ozeanisches Wasserregime mit niedrigen Abflüssen während Sommer und Herbst und hohen Abflüssen in Winter und Frühjahr.

Die Bröl entspringt im Bergischen Land in etwa 300 m über NN und erreicht nach 40 km Lauflänge als rechtsseitiger Zufluss die Sieg. Der Hauptarm der Bröl ist auf den unteren 14 km naturnah ausgebaut. Alle untersuchten Laichplätze lagen innerhalb dieser Strecke. Die Agger entspringt bei 450 m über NN im Oberbergischen Land und erreicht nach 69 km die Sieg. Die Durchgängigkeit der Agger ist durch zahlreiche Wehre und Abstürze unterbrochen. Durch den Bau einer rauhen Rampe am untersten Aggerwehr bei Troisdorf ist die untere Agger bis zu den Zuflüssen Sülz und Naafbach für die aus der

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Sieg aufsteigenden Salmoniden durchgängig geworden.

Telemetrische Erfassung der Laichwanderungen von Meerforellen in der Agger

Im Rahmen der Untersuchungen zur Wiedereinbürgerung des Lachses in Nordrhein- Westfalen wurden von 1993 bis 1995 Großsalmoniden am untersten Aggerwehr gefangen und mit einem Telemetriesender (Lotek Engineering, Sendefrequenzen von 150 MHz) markiert. Die Fische wurden im Anschluss an die Markierung im Oberwasser des Wehres freigelassen. Die Ortung der Fische erfolgte mit tragbaren Telemetrieempfängern. Zusätzlich zum mobilen Gerät wurden zwei Empfangsstationen im Dauerbetrieb am Pegel Lohmar (Agger Kilometer 5.5), sowie an der Mündung des Naafbaches eingesetzt (Agger Kilometer 9.9).

Am 21.10.1995 wurde ein Meerforellenweibchen am Fischaufstieg des Aggerwehrs gefangen und mit einem Sender markiert. Der Fisch begann eine Aufwanderung über eine Fließstrecke von 4 Kilometern (Abb. 2). Bei niedrigen Abflüssen der Agger verweilte der Fisch 10 Tage in diesem Flussabschnitt, wobei er eine kurze Aufwanderung von 2 Kilometern unternahm, von der er an den alten Standort zurückkehrte. Die folgende Aufwanderung führte das Weibchen wenige Tage später von der Agger in den Naafbach, wo nach zwei Kilometern eine Teichanlage mit zugehörigem Wehr ohne Fischpass den weiteren Aufstieg des Fisches unterbrach.

In den folgenden 50 Tagen hielt sich das Weibchen ununterbrochen im Flussabschnitt unterhalb des Wehres auf, ohne den Naafbach auf der Suche geeigneter Laichplätze zu verlassen (keine Signalerfassung an der Empfangsstation im Bereich der Naafbachmündung). Am 10. November wurden unterhalb des Wehres zwei Laichgruben entdeckt. Das Ablaichen des markierten Weibchens konnte nicht direkt beobachtet werden. Bei einem Hochwasser am 23.12.1995 erfolgte die Abwanderung der Meerforelle aus dem Naafbach zurück in die Agger.

Am 2. November 1995 wurde ein Meerforellenmännchen am Aggerwehr markiert (KL 74 cm, nähere Angaben bei INGENDAHL & MARMULLA 1996). Der Fisch wurde zwei Tage in der Nähe der Aussatzstelle geortet und begann anschließend eine Aufwanderung der Agger bis zur Einmündung der Sülz (Abb. 3). Wenige Tage später konnte das Männchen in der Sülz unterhalb eines Wehres lokalisiert werden. Der Fisch war in den Untergraben einer nicht mehr in Betrieb befindlichen Turbinenanlage eingewandert. In diesem Untergraben blieb der Fisch 14 Tage und konnte direkt, in der nur langsamen Strömung stehend beobachtet werden. Nach einem moderaten Anstieg des Abflusses verließ der Fisch den Untergraben und hielt sich in der Folgezeit hauptsächlich in der Ausleitungsstrecke unterhalb des Wehres auf.

Am 29. November wurde der Fisch mit zwei kleineren Forellen (ca. 45-50 cm) beim Laichgeschäft unterhalb des Wehres beobachtet. Einer der kleineren Fische (das Weibchen) legte sich von Zeit zu Zeit auf die Seite und schlug mit dem Körperende den Kies auf. Das mit Sender markierte große Männchen blieb an der Seite des Weibchen, und verdrängte den zweiten sich immer wieder annä-

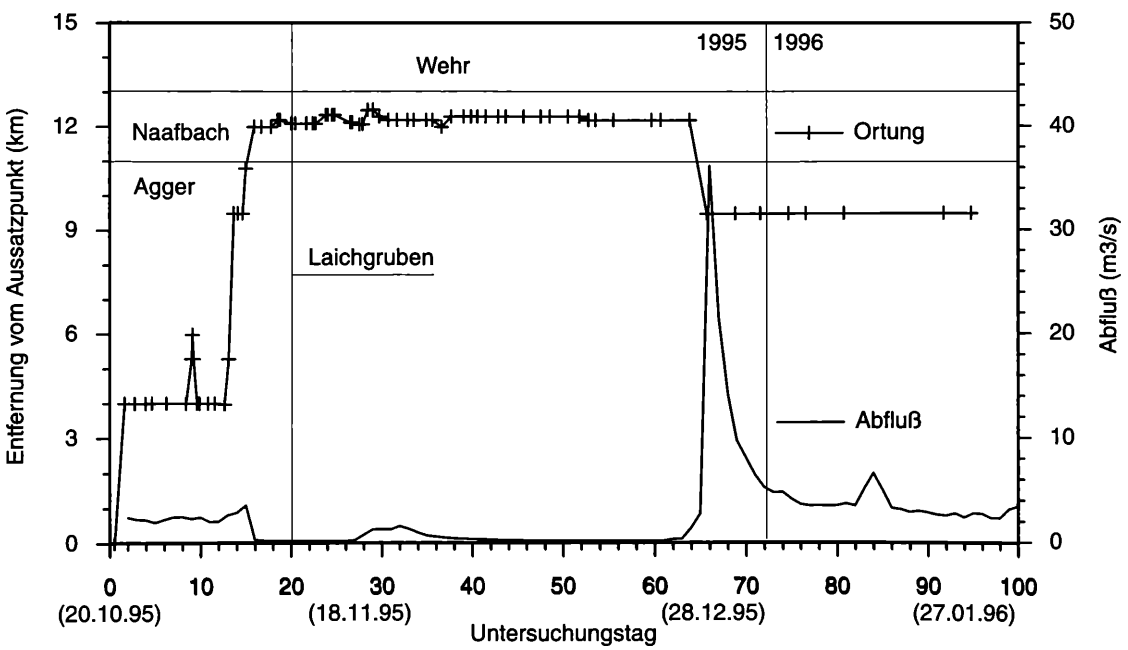

Abbildung 2

Laichwanderung eines Meerforellenweibchens in Agger und Naafbach. Der Abfluss des Naafbaches im Untersuchungszeitraum ist aufgetragen.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

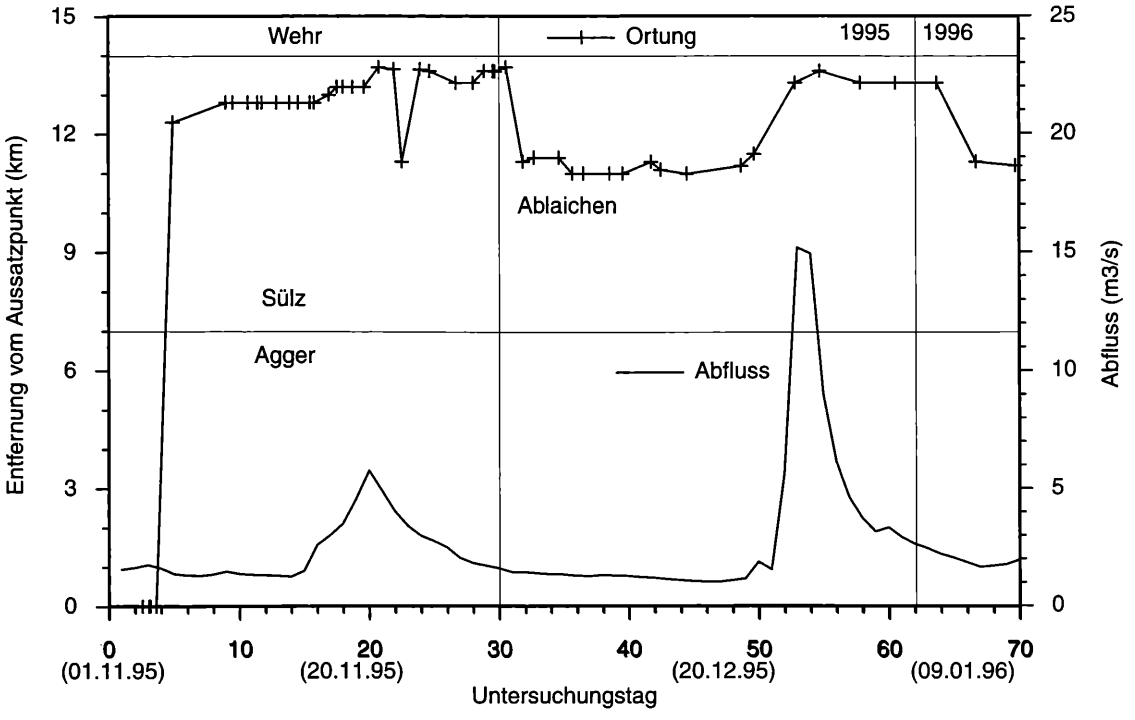

Abbildung 3

Laichwanderung eines Meerforellenmännchens in Agger und Sülz. Der Abfluss der Sülz im Untersuchungszeitraum ist aufgetragen.

hernden Fisch (ein Männchen) von der Laichgrube. Am folgenden Tag wurde das Weibchen allein am Laichplatz gesichtet, wo es mit schlagenden Bewegungen die Grube zudeckte. Das Männchen hielt sich kurz unterhalb des Wehres (ohne Fischaufstieg) in einem Bereich auf, in dem sich zwei weitere Laichgruben befanden.

Am 1. Dezember war der mit Sender markierte Fisch zwei Kilometer abgewandert (Abb. 3), wo er drei Wochen in einem eng umgrenzten Flussabschnitt geortet wurde. Mit erneuten Niederschlägen und einer deutlichen Steigerung des Abflusses stieg das Männchen nochmals zum Wehr auf, ohne dieses trotz hohen Wasserstandes überwinden zu können. Im Januar begann die Forelle schließlich eine Abwanderung aus dem Wehrbereich.

Lokalisierung der Laichplätze in der Pool-Riffle Abfolge von Fließgewässern

Der bevorzugte Platz für die Anlage von Laichgruben liegt nach Literaturangaben (MILLS 1989) am Ende vom Pool im Übergang zum Riffle. Beide in der telemetrischen Untersuchung entdeckten Laichgruben entsprachen diesem Schema (Beispiel Naafbach, Abb. 4). Durch das Gefälle des Riffles kommt es zu einer Erhöhung der Fließgeschwindigkeiten und die erhöhte Wasserspiegellage am Riffle-Anfang begünstigt das Eindringen des Oberflächenwassers in das Interstitial. Die Form der Laichgruben mit einer stromaufwärts gelegenen Vertiefung und dem sich anschließenden Hügel soll dieses "downwelling" zusätzlich begünstigen und somit die abgelegten Eier mit sauerstoffreichem Wasser versorgen. In der Regel werden diese Unterschiede der Sedimentoberfläche mit dem ersten Hochwasser wieder eingeebnet.

Das "downwelling" kann durch die Messung von Temperaturunterschieden zwischen fließender Welle und Interstitial nachgewiesen werden. Die Tagesamplitude der Wassertemperatur (ca. 2 Grad, Sommersituation) setzt sich im Interstitial mit einer zeitlichen Verzögerung und einer reduzierten Amplitude fort (Abb. 5). Flussabschnitte ohne "downwelling", bzw. mit einem "upwelling" (Exfiltration von Interstitialwasser in die fließende Welle) zeigen keinen (von der fließenden Welle geprägten) Tagesgang der Wassertemperatur im Interstitial.

Zusammensetzung des Interstitialwassers

An mehreren Laichplätzen von Lachsen und Meerforellen wurde in der Bröl die Zusammensetzung des Interstitialwassers im Jahresverlauf gemessen. Dazu wurden flexible Gummischläuche mit einem Saugkorb an der Spitze in vier verschiedene Tiefen (10, 20, 30 und 40 cm) in das Sediment eingegraben. Das rückwärtige Ende der Schläuche lag der Sedimentoberfläche auf und war mit einem Stopfen verschlossen. Mit einer aufgesetzten Plastikspritze konnte Interstitialwasser für die Messung von Sauerstoff, Leitfähigkeit und pH-Wert angesaugt werden (die ersten 60 ml wurden als Schlauchtotvolumen verworfen).

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

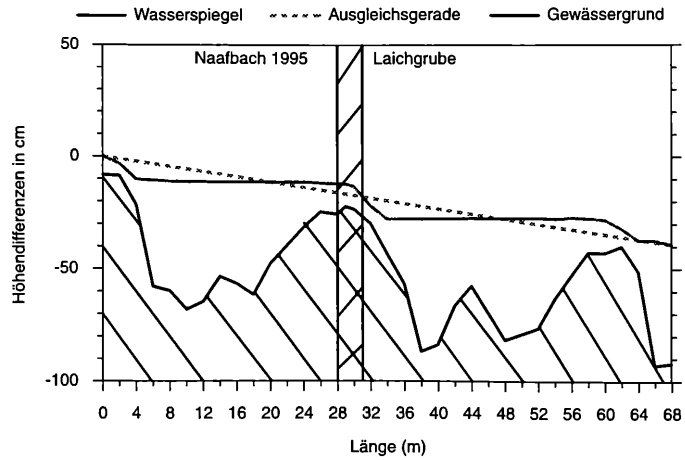

Abbildung 4

Laichplatz Naafbach, Lage der Laichgrube in einer Pool-Riffle-Sequenz (Höhendifferenzen ca. 12-fach überhöht).

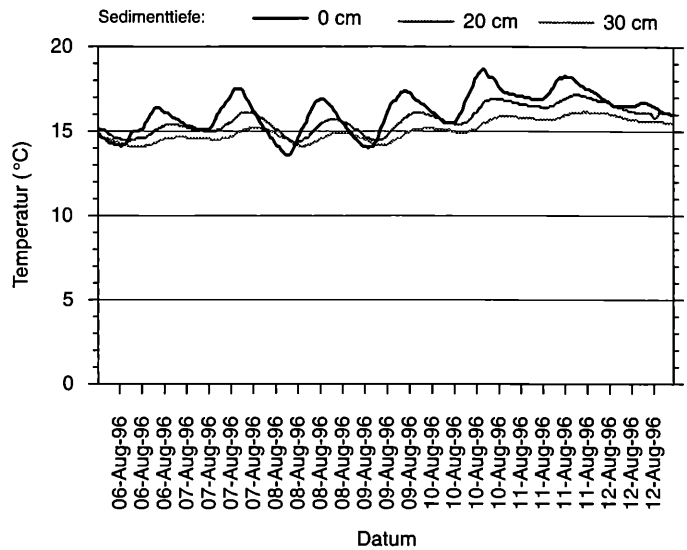

Abbildung 5

Tagesamplituden der Wassertemperatur in der fließenden Welle und im Interstitial eines ehemaligen Lachslaichplatzes der Bröl (Sommersituation).

Die Sauerstoffkonzentration im Interstitial eines ehemaligen Lachslaichplatzes der Bröl für den Zeitraum von Juli 1995 bis April 1997 zeigt Abb. 6. Bereits in 10 cm Sedimenttiefe lag der Sauerstoffgehalt im Sommer 1995 bei 1 mg/l. Im Laufe des Winters 1995/96 kam es zu einem Anstieg in 10 und 20 cm Tiefe auf 4 mg/l. Dieser Anstieg hing mit steigenden Sauerstoffwerten in der fließenden Welle und höheren Abflüssen der Bröl zusammen. Im Frühjahr und Sommer 1996 gingen die Werte wieder auf etwa 1 mg/l zurück. Auch im folgenden Winterhalbjahr stiegen die Werte nicht über 4 mg/l an. Niedrige Sauerstoffkonzentrationen konnten ebenfalls im Interstitial weiterer ehemaliger Laichplätze der Bröl gemessen werden.

Der Jahresgang der Nitratkonzentrationen am gleichen Standort war stärker ausgeprägt. Im Sommer 1995 lagen diese in 10 und 20 cm Tiefe unter 1 mg/l, während in 30 und 40 cm kein Nitrat nachweisbar war (Abb. 7). Im Herbst 1995 stieg die Nitratkonzentration stetig, selbst in 30 cm und 40 cm Tiefe, an. Im Januar 1996 lag die Konzentration in 10 und 20 cm sogar über den in der fließenden Welle gemessenen Werten. Im Sommer 1996 gingen die Nitratwerte wieder auf unter 1 mg/l in 10 und 20 cm zurück. In 30 und 40 cm lagen die Nitratgehalte kurzzeitig bei 0.1 mg/l, bevor zum Winter 1996 ein Wiederanstieg verzeichnet wurde. Der ausgeprägte Jahresgang der Nitratkonzentration im Interstitial lässt sich vermutlich mit der im Winter dominierenden Nitrifikation in oberflächennahen Sedimentschichten erklären, die im Sommer von einer effizienteren Denitrifikation in tieferen Schichten überlagert wird.

Veränderung der Interstitialbedingungen im Laufe der Salmoniden-Eientwicklung

Die Laichaktivität der Salmoniden führt zu einer Reinigung des Kiesbettes. Die von dem Weibchen aufgewirbelten Feinsedimente werden von der Strömung weggespült und die in die Gruben abgelegten Eier mit einem sauberen Kiesgemisch bedeckt. Dies ließ sich bei der Messung von Interstitialwasserproben aus natürlichen Laichgruben bestätigen. Die Schlauchsonden wurden mit einem Schlagrohr in zwei verschiedene Tiefen (10 und 20 cm) in den Bereich der Laichgruben eingeschlagen, in dem die abgelegten Eier vermutet wurden.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

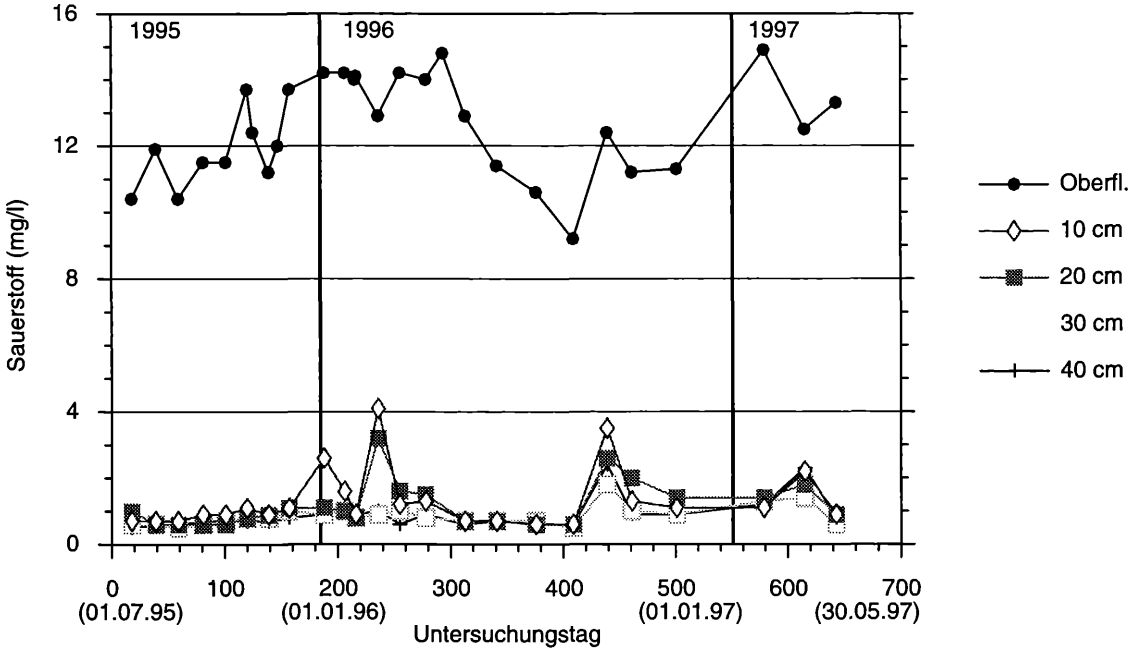

Abbildung 6

Sauerstoffkonzentrationen in der fließenden Welle und im Interstitial eines ehemaligen Lachslaichplatzes der Bröl.

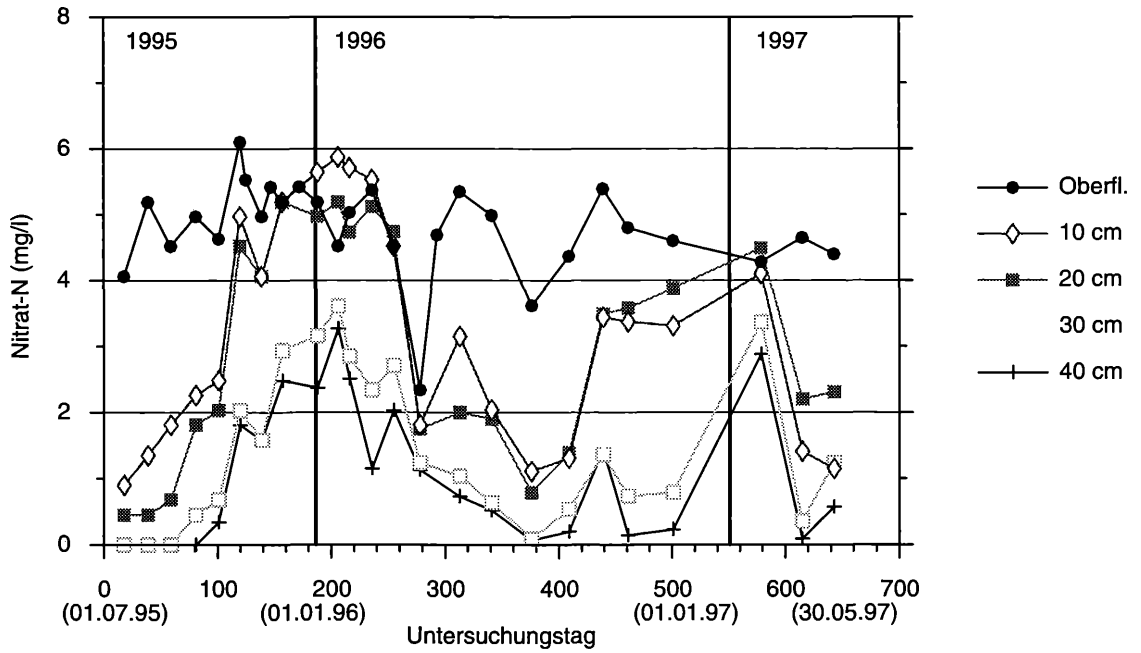

Abbildung 7

Nitratkonzentrationen in der fließenden Welle und im Interstitial eines ehemaligen Lachslaichplatzes der Bröl.

In den untersuchten Laichgruben, aber auch an Probenstellen mit künstlich in Boxen exponierten Salmonideneiern wurden zu Beginn der Eientwicklung Sauerstoffkonzentrationen gemessen, die im Bereich der Werte der fließenden Welle lagen (Abb. 8+9). Erst im weiteren Enwicklungsverlauf nahmen die Sauerstoffkonzentrationen im Interstitial ab. Das erste Hochwasserereignis schien dabei eine Schlüsselrolle zu spielen. Äußerlich wurde die Sedimentoberfläche eingeebnet und Sedimentanteile in den gereinigten Kies eingespült. Eine Zunahme des Trübstoffgehaltes in 10 cm Tiefe wurde an beiden Laichgruben beobachtet. Die Sauerstoffkonzentrationen lagen in der Laichgrube Bröl-Eckes 1 in 10 und meist auch in 20 cm deutlich über 5 mg/l. An der Laichgrube Bröl-Eckes 2 lagen die Werte

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

dagegen schon im Februar unter 5 mg/l und sanken nach einem kurzen Anstieg im weiteren Verlauf der Eientwicklung unter diese kritische Grenze ab.

Gegen Ende der Ei- und Larvalentwicklung wurden die natürlichen Laichgruben mit feinmaschigen Fangnetzen, die an den Rändern ins Sediment eingegraben wurden, überspannt. Die aus den Gruben aufschwimmenden Jungsalmoniden gelangten in einen am hinteren Ende des Netzes befindlichen Fangsack und konnten bei regelmäßigen Kontrollen entnommen werden. An der Laichgrube Bröl-Eckes 1 wurden 571 Jungfische gefangen (Abb. 10), während ein Aufschwimmen an der stromabwärts im Riffle gelegenen Laichgrube Eckes 2 unterblieben ist. Die in den Gefrierkernen aufgefundenen abgestorbenen Salmonideneier wiesen dort ein Ablaichen von Eiern nach.

Exposition von Salmonideneiern an Laichplätzen

Neben der Kontrolle von natürlichen Laichgruben wurden frisch befruchtete Salmonideneier in Whitlock-Vibert-Boxen im Interstitial von Laichplätzen in Agger, Bröl und Nette, einem Zufluss des Rheins (Rheinland-Pfalz) exponiert. Die Überprüfung des

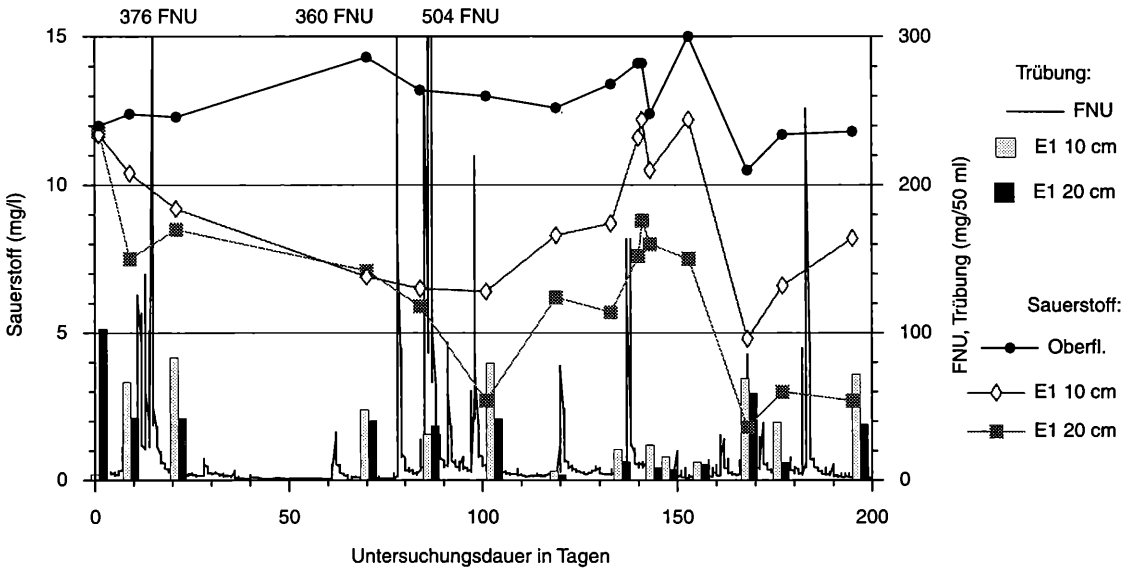

Abbildung 8

Laichplatz Bröl-Eckes 1, Sauerstoffkonzentration im Interstitial, Trübstoffe in Interstitialwasserproben und Trübung (FNU) am Pegel Bröl im Verlauf der Eientwicklung.

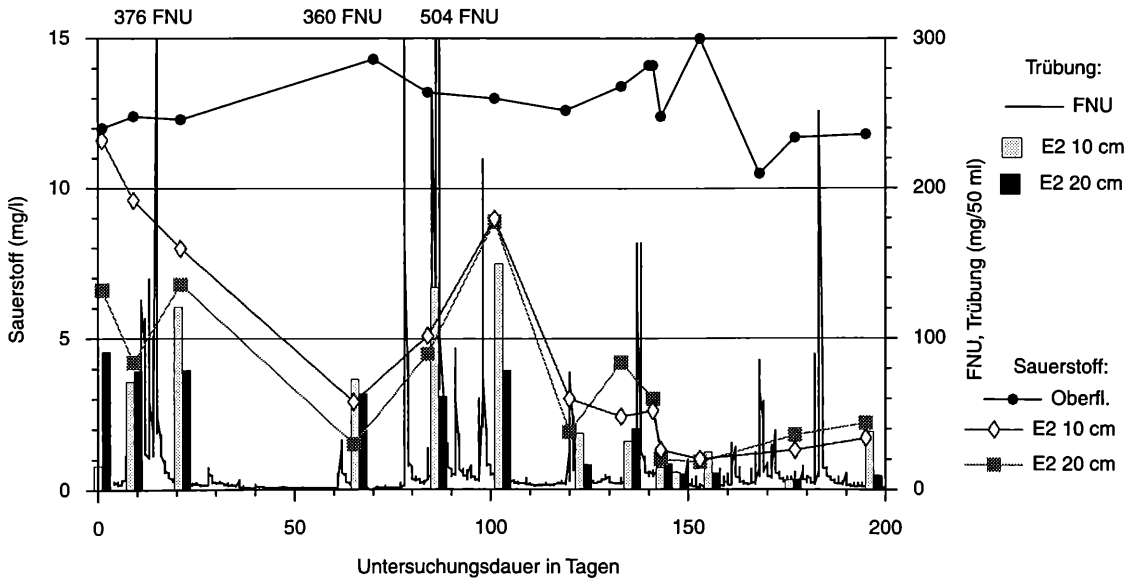

Abbildung 9

Laichplatz Bröl-Eckes 2, Sauerstoffkonzentration im Interstitial, Trübstoffe in Interstitialwasserproben und Trübung (FNU) am Pegel Bröl im Verlauf der Eientwicklung.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

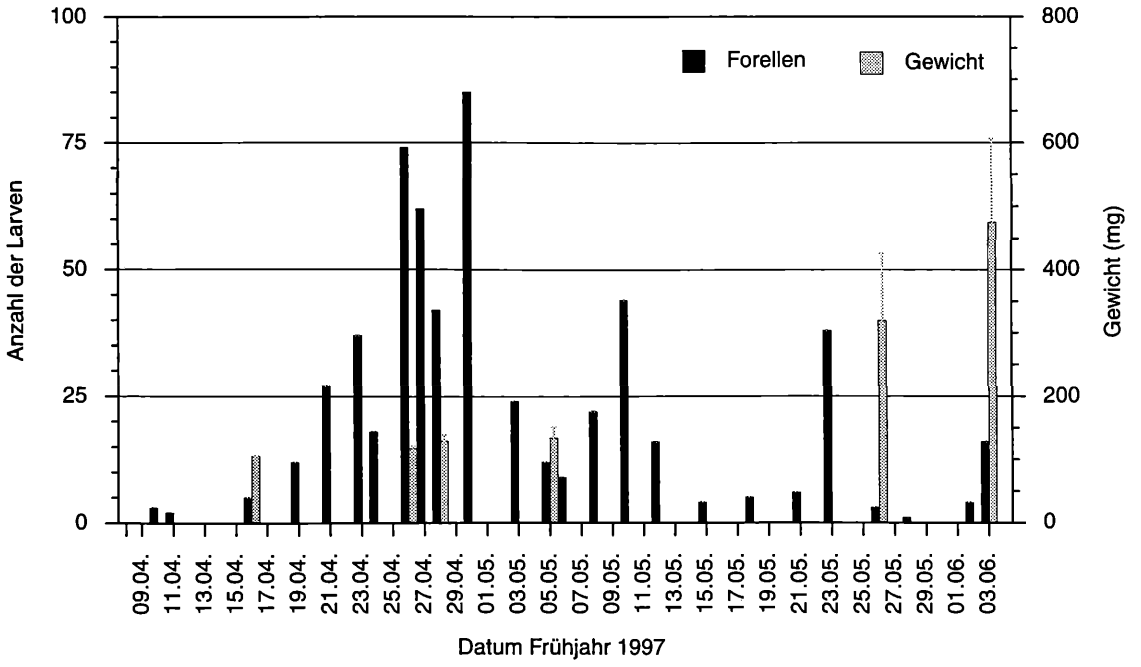

Abbildung 10

Laichplatz Bröl-Eckes 1, Anzahl der aufschwimmenden Forellen bei den Netzkontrollen. Das Gewicht der Jungfische ist für einige Kontrollen eingezeichnet.

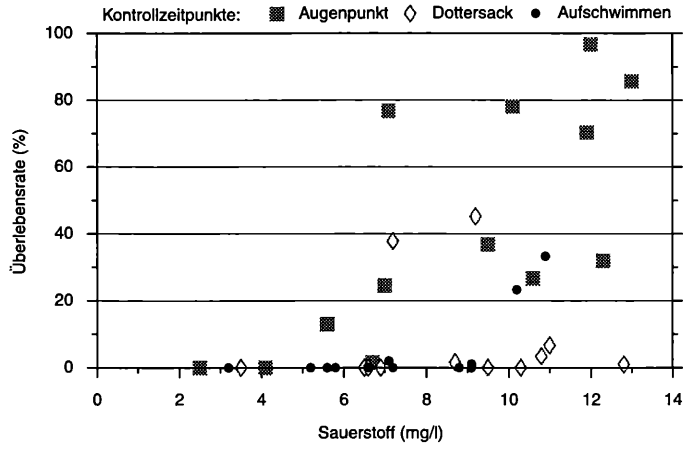

Abbildung 11

Überlebensrate der Forelleneier und Dottersacklarven zu den drei Kontrollzeitpunkten in Korrelation zur mittleren Sauerstoffkonzentration in den Eiboxen.

Entwicklungserfolges der Eier und Dottersacklarven erfolgte zu drei verschiedenen Zeitpunkten (Augenpunktstadium, Schlupf und Aufschwimmen). Durch die in die Eiboxen integrierten Schlauchsonden konnten über den gesamten Zeitraum Interstitialwasserproben genommen werden und der Sauerstoffgehalt in den Boxen analysiert werden. Der Sauerstoffsituation im Interstitial kommt eine besondere Bedeutung für das Überleben der Jungsalmoniden in den Laichgruben zu (WICKETT 1954, RUBIN & GLIMSÄTER 1996). Abbildung 11 zeigt die Überlebensrate der Forelleneier in Korrelation zum durchschnittlichen Sauerstoffgehalt im Entwicklungszeitraum.

Bei einer Sauerstoffkonzentration von weniger als 7 mg/l ließ sich nur in einem Fall ein geringfügiges Überleben von Eiern feststellen. Im höheren Konzentrationsbereich wurden Überlebensraten der Eier im Augenpunktstadium zwischen 25 % und über 90 % ermittelt. Beim Schlupf hatte sich diese Rate bereits auf maximal 40 % reduziert. Eine niedrige Überlebensrate (1 %) wurde dabei auch für solche Stellen beobachtet, an denen die Sauerstoffwerte über 10 mg/l lagen. Zu einem nennenswerten Aufschwimmen von Jungsalmoniden kam es nur an Standorten, die bis zum Ende der Larvalentwicklung Sauerstoffwerte über 10 mg/l aufwiesen.

Schlussbewertung

Die Wanderbewegungen der Meerforellen in der Agger und ihren Zuflüssen Naafbach und Sülz geben einen Hinweis darauf, dass die trotz weitgehender Funktionslosigkeit verbliebenen Querverbau-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

ungen den Aufstieg von Salmoniden (und anderen Fischarten) zu den Laichplätzen verhindern. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass das Weibchen den Naafbach auf der Suche nach einem Laichplatz nicht mehr verlassen hat, obwohl ein weiterer Aufstieg in der Agger möglich gewesen wäre. Zwangsläufig stand diesem Fisch in der kurzen Fließstrecke bis zum Wehr nur eine beschränkte Auswahl an strukturell geeigneten Laichplätzen zur Verfügung. Im Falle des Naafbaches würde der Bau eines Fischaufstieges oder der Abbruch des Wehres eine Fließstrecke von mehr als 10 Kilometern, und damit zusätzliche Laichplätze und Jungfischhabitate für die wandernden Salmoniden öffnen.

Im Hinblick auf die Durchgängigkeit ist die Situation in der Bröl günstiger. Die aus der Sieg einwandernden Salmoniden können bis hinauf in die beiden Zuflüsse der Bröl aufsteigen. Im Laufe der vergangenen Jahre wurden natürliche Laichgruben im gesamten Längsverlauf der Bröl aufgefunden. Es hat sich beim Anlegen dieser Gruben vermutlich nicht, wie im Naafbach oder in der Sülz, um eine Art Notlaichen gehandelt. Dennoch zeigten sich große Unterschiede im Reproduktionserfolg. Der in der Laichgrube Bröl- Eckes 2 gegen Ende der Eientwicklung beobachtete Rückgang der Sauerstoffkonzentration ließ ein Überleben der abgelegten Eier nicht zu. Die Anzahl von 571 Forellen, die an der Laichgrube Bröl-Eckes 1 gefangen wurde, würde dagegen einer Überlebensrate von knapp 20 % entsprechen, wenn man die durchschnittliche Eizahl (3300) für die an der Bröl künstlich abgestreiften Meerforellenrogner zugrunde legt (Fischschutzverein Bröltal mdl. Mitteilung).

Für das Überleben von Meerforelleneiern in den Eiboxen bis zum Aufschwimmen wurde eine kritische Grenze für die durchschnittliche Sauerstoffkonzentration von 10 mg/l ermittelt. Diesen Wert für das Überleben der Eier in Boxen nannten auch RUBIN & GLIMSÄTER (1996) in ihrer Untersuchung von Meerforellen auf Gotland. Die große Streuung der Überlebensrate bei höheren Sauerstoffkonzentrationen könnte mit dem Einfluss weiterer Parameter, z.B. der Sedimentkorngrößenverteilung, dem Einstrom von Oberflächenwasser und der Strömungsgeschwindigkeit im Interstitial zusammenhängen. Diese Parameter konnten aber nicht an allen Probenstellen bestimmt werden.

Die in den drei Fließgewässern, zwei Zuflüssen der Sieg, und einem Zufluss des Rheins ermittelten Daten weisen daraufhin, dass ein zufriedenstellender Reproduktionserfolg der Meerforelle nicht erreicht wurde. Die Meerforelle stellt aber kein eigenständiges Taxon dar, sondern gilt als Teilpopulation, die mit den stationären Bachforellen eine Metapopulation bildet und im genetischen Austausch steht (LEHMANN 1998). Im Gegensatz zum Lachs verfügt die Meerforelle mit den in den Oberläufen des Siegeinzugsgebietes reproduzierenden Bachforellenpopulationen (MOLLS & NEMITZ 1998) vermutlich über eine Rekrutierungsreserve, ein Befund, der auch das schnelle Wiedererscheinen der Meerforelle nach dem Rückgang der Rheinverschmutzung erklären würde.

Ein geringes oder gar ausbleibendes Überleben zeigten auch Versuche mit der Exposition von Lachseiern an einem ehemaligen Lachslaichplatz der Bröl (INGENDAHL & NEUMANN 1996). Die Sensitivität der Lachseier gegenüber Sauerstoffmangel dürfte mit der von Forelleneiern vergleichbar sein (RUBIN & GLIMSÄTER 1996). Damit könnte der Reproduktionserfolg von Lachsen in einigen der für die Wiedereinbürgerung ausgewählten Zuflüsse des Rheins zu einem Engpass werden.

Die Bedeutung von geeigneten Laichhabitaten für das Überleben von Lachspopulationen ist weltweit anerkannt (UPSTREAM, SALMON AND SOCIETY IN THE PACIFIC NORTH-WEST 1996). Von diesen Autoren wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass durch den Verlust und die Degradation von Laichhabitaten viele Wildlachspopulationen nur mit der Auffüllung ihrer Jungfischbestände aus Bruthauserbrütung stabilisiert werden konnten. Selbst die erfolgreich verlaufenden Wiedereinbürgerungsprogramme in England (Themse, MILLS 1989) und in Frankreich (Dordogne, MI.GA.DO unveröff. Bericht) bestätigten, dass für die steigende Anzahl rückkehrender Lachse die natürliche Laichaktivität und die aus ihr rekrutierten Jungfische von untergeordneter Bedeutung gewesen sind. Dies würde bedeuten, dass der Zeitraum, für einen Besatz mit künstlich erbrüteten Jungfischen in den Zuflüssen des Rheines länger als angenommen dauern dürfte.

Die Durchgängigkeit auch kleinerer Fließgewässer muss verbessert werden und die komplette Entfernung von Querverbauungen, wie am Allier in Frankreich geschehen (EPPLE & THIELCKE 1998), sollte dabei in Erwägung gezogen werden. Dem Zustand von Laich- und Jungfischhabitaten muss schließlich eine größere Aufmerksamkeit geschenkt werden (NEUMANN et al. 1998). Einzelmaßnahmen, wie z.B. die maschinelle Reinigung von Fließgewässersedimenten an potentiellen Laichplätzen, werden bereits von der Landesanstalt für Ökologie NRW an der Sieg erprobt (SCHMIDT 1996).

Nach den Erfahrungen aus Nordamerika ist die Verbesserung einzelner Habitatbereiche nicht ausreichend (UPSTREAM 1996). Der Wiederherstellung ökologisch funktioneller Gewässerrandstreifen in genügender Ausdehnung räumen diese Autoren eine größere Wirkung für die Schaffung von Laich- und Jungfischhabitaten ein. Die Funktion dieser "riparian zones" liegt u.a. in einer stärkeren Beschattung und einer Nachlieferung von Totholz für die Fließgewässer. An der Bröl konnte beobachtet werden, dass umgestürzte Bäume, die nicht mehr im Rahmen der Gewässerunterhaltung entfernt worden waren, zu einer stärkeren Dynamik des Gewässers beitrugen. Bei der Laufverlegung des Fließgewässers im Zuge von Hochwässern entstanden neue Pool-Riffle-Sequenzen, die für die Anlage natürlicher Laichgruben genutzt wurden.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Bei der in Nordrhein-Westfalen vorgesehenen Fortsetzung des Lachsprogramms über das Jahr 2000 hinaus (MURL 1998) sollten daher Pilotfließgewässer für solche großräumiger angelegten Rehabilitierungsprojekte ausgewählt werden. Die Engpässe im Lebenszyklus des Lachses müssen zukünftig erfasst und in ihrer Wirkung aufgelistet werden, um zu einer genaueren Beurteilung der Erfolgsaussichten der Wiedereinbürgerung des Lachses in einzelnen Zuflüssen des Rheins zu gelangen.

Zusammenfassung

Die Situation von Lachs (*Salmo salar* L.) und Meerforelle (*Salmo trutta* L.), die seit den fünfziger Jahren dieses Jahrhunderts im Rhein verschwunden waren, wurde im Niederrhein (Nordrh.-Westf.) dargestellt. Während die Meerforelle in den achtziger Jahren wieder im Niederrhein nachgewiesen werden konnte, wurde nach dem Rheinunfall 1986 in der Schweiz von den Rheinanliegerstaaten ein Programm zur Wiederansiedlung des Lachses beschlossen. Ab 1988 konnten Junglachse in steigender Anzahl in der Sieg, einem rechtsseitigen Zufluss des Rheins bei Bonn, ausgesetzt werden. Die Zahl nachgewiesener adulter Lachse in der Sieg lag in den vergangenen Jahren zwischen 4 und 16 Individuen. Die Wanderbewegungen von Meerforellen wurden in der Agger, einem Zufluss der Sieg, verfolgt. Der Aufstieg zweier mit einem Sender markierter Fische zu den Laichplätzen wurde schließlich in zwei Aggerzuflüssen durch Wehre ohne Fischaufstieg unterbunden. Die von den Fischen unterhalb der Wehre angelegten Laichgruben befanden sich am Übergang vom Pool zum Riffle, wo ein Downwelling die abgelegten Salmonideneier mit sauerstoffreichem Oberflächenwasser versorgen soll. Zu Beginn der Eientwicklung im Kieslückensystem des Bachbettes konnten daher im Interstitial solcher Laichgruben hohe Sauerstoffkonzentrationen gemessen werden. Erst im weiteren Verlauf der Eientwicklung wurden nach einer Abfolge von Abflussspitzen zurückgehende Sauerstoffwerte gemessen, die an einigen Laichgruben ein erfolgreiches Aufschwimmen der Jungsalmoniden nicht mehr zuließen. Auch bei der künstlichen Exposition von Meerforellen- und Lachseiern in Boxen im Interstitial von Laichplätzen kam es bei Sauerstoffkonzentrationen unter 10 mg/l nicht mehr zum erfolgreichen Abschluss der Eientwicklung. Die eingeschränkte Durchwanderbarkeit in den Laichgewässern, sowie ein niedriger Sauerstoffgehalt des Interstitials während der Eientwicklung können vermutlich in einigen der ausgewählten Zuflüsse des Rheins zu einem Engpass für die erfolgreiche Wiederansiedlung des Lachses werden.

Summary

The populations of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and seatrout (*Salmo trutta* L.) disappeared from the River Rhine between 1950 and 1960. After 1980 the first specimens of seatrout have been captured in the Rhine and the Program for the reintroduction of Atlantic salmon started after the Rhine accident in Switzerland in 1986. Since 1988 increasing numbers of juvenile salmon have been stocked in the Sieg, a right bank affluent of the River Rhine. However the number of adult salmon captured during the last years in the Sieg River varied between 4 and 16 individuals. The migration routes of adult seatrout were monitored by telemetry in the Agger, an affluent of the Sieg River. The upstream migration of two tagged trout was definitively interrupted at two weirs without fishways. Natural spawning redds constructed by these fish below the dams were located at the end of a pool and the beginning of a riffle, where oxygen-enriched surface water should infiltrate into the hyporheic sediments. At the beginning of egg development in the sediments high oxygen levels could be measured in the interstitial waters. After several flood peaks decreasing interstitial oxygen concentrations were monitored and at some of the natural redds no sucessful emergence of salmonid fry was observed. Salmonid eggs exposed artificially in eggs boxes in sediments of spawning places did not successfully complete their development at oxygen concentrations lower than 10 mg/l. In conclusion blocked migration routes in spawning rivers as well as low oxygen concentrations during salmonid egg development in interstitial waters of spawning sites could be bottle-necks for a successful reintrouction of Atlantic salmon in at least some affluents of the River Rhine.

Danksagung

Ich danke Herrn Dipl.-Biol. Marmulla für die Zusammenarbeit bei der telemetrischen Untersuchung und die Überlassung der Daten. Das Staatliche Umweltamt Köln und der Aggerverband stellten die Abflussdaten von Sülz und Naafbach zur Verfügung. Herrn Dipl.-Biol. P. Stief und Herrn Prof. Dr. D. Neumann danke ich für die Durchsicht des Manuskriptes.

Literatur

BÖVING, H. P. (1980):
Die Fischfauna des Rheinstromes und seiner direkt angrenzenden Altwässer im Niederheingebiet. Staatsexamensarbeit, Universität Köln.

BRENNER, T. & L. STEINBERG (1986):
Rote Liste der in Nordrhein-Westfalen gefährdeten Fische (Pisces) und Rundmäuler (Cyclostomata).- In: Rote Liste der in Nordrhein-Westfalen gefährdeten Pflanzen und Tiere (Hrsg.: Landesanst. f. Ökol., Landschaftsentwickl. u. Forstplan. Nordrh.-West.): 168-169; 2. Fassung, Schriftenr. d. LÖLF 4.

CHAPMAN, D. W. (1988):
Critical Review of Variables Used to Define Effects of Fines in Redds of Large Salmonids.- Transactions of the American Fisheries Society 117: 1- 21.

EPPLE, R. & G. THIELCKE (1998):
Revolution im Wasserbau - Renaturierung an der Loire.- Natur und Landschaft 73 (11), Seite 500.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

HALL, J. D. & M. S. FIELD-DODGSON (1981):
Improvement of spawning and rearing habitat for salmon.- In: Occas.Publ.Fish.Res.Div.Minist.Agric.(N.Z.), Nr. 30, 21-28.

HARTMANN, U. (1988):
Probleme der Eientwicklung der Meerforelle in der Stör - Vorschläge zu einer Lösung.- In: Arbeiten des Deutschen Fischerei-Verbandes Heft 46, 72-94.

IKSR (1996):
LACHS 2000 - Stand der Projekte Anfang 1996. Internationale Kommission zum Schutze des Rheins, 47 S.

INGENDAHL, D.; A. MARTY, M. LARINIER & D. NEUMANN (1995):
Die Charakterisierung von Laichplätzen des Atlantischen Lachses und der Meerforelle in einem Fluss der französischen Pyrenäen.- Limnologica 25: 73-79.

INGENDAHL, D. & G. MARMULLA (1996):
Erfolg durch Radiotelemetrie: Mit Sender markierte Meerforelle (*Salmo trutta trutta* L.) beim Laichgeschäft beobachtet.- Fischökologie 9, 58-59.

INGENDAHL, D. & D. NEUMANN (1996):
Possibilities for succesful reproduction of reintroduced salmon in tributaries of the River Rhine.- Archiv für Hydrobiologie, Supplement 113, Large rivers 10, 333-337.

LEHMANN, J.; M. SCHENK, F. STÜRENBERG, G. MARMULLA & A. SCHREIBER (1995):
Natural reproduction of recolonizing Atlantic salmon, *Salmo salar*, in the Rhenanian drainage system (Nordrhein-Westfalen, Germany).- Naturwissenschaften 82: 92-93.

LEHMANN, J. (1998):
Meer- und Bachforelle des Rheinsystems.- LÖBF-Mitteilungen 1. 81-84.

LELEK, A. & G. BUHSE (1992):
Fische des Rheins. Spinger-Verlag Berlin, 214 S.

MARMULLA, G. (1992a):
Die Überprüfung der Sieg als Lachsgewässer - Landesanstalt für Fischerei Nordrhein-Westfalen, Kirchhundem-Albaum, 121 S.

—— (1993):
Überprüfung der Sieg als Lachsgewässer Phase II.- Hrsg.: Landesanstalt für Fischerei NRW in Zusammenarbeit m.d. Fischereinverband Nordrhein-Westfalen e.V., 48 S.

MILLS, D. (1989):
Ecology and Management of Atlantic Salmon. Chapman and Hall, London, 351 S.

MOLLS, F. & A. NEMITZ (1998):
Ermittlung der natürlichen Reproduktion von Salmoniden im Wassereinzugsgebiet der nordrhein-westfälischen Sieg im Rahmen des Wiederansiedlungsprogramms "Lachs 2000".- Studie im Auftrag der LÖBF/LAfAO Nordrhein-Westfalen, 48 S.

MI.GA.DO (1997):
Bilan des Repeuplement de Saumons sur le Bassin de la Dordogne: Propositions d'actions, 28 S. (unveröff. Ber.).

MURL (1998):
Wanderfischprogramm Nordrhein-Westfalen.- Natur und Landschaft 73 (11), Seite 500.

NEUMANN, D.; D. INGENDAHL, F. MOLLS & A. NEMITZ (1998):
Lachswiedereinbürgerung in NRW Biologische Engpässe und Vorschläge für künftige Maßnahmen.- LÖBF-Mitteilungen 2, 20-25.

OLBRICH, P. (1984):
Untersuchungen zum Wiedererscheinen der Meerforelle (*Salmo trutta* L.) im oberen Niederrheingebiet.- Der Fischwirt 33 (3), 22-24.

RUBIN, J. F. & C. GLIMSÄTER (1996):
Egg-to-fry survival of sea trout in some streams of Gotland.- Journal of Fish Biology 48, 585-606.

SCHMIDT, G. W. (1991):
Versuche zur Wiedereinbürgerung des Lachses *Salmo salar* L. in den Rhein-Nebenfluss Sieg.- Fischökologie 5: 35-42.

SCHMIDT, G. W.; J. LEHMANN & G. MARMULLA (1994):
Natürliche Fortpflanzung des Lachses (Salmo salar) wieder in Deutschland.- Natur und Landschaft 69: 213.

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.- Hrsg.: Landesanst. f. Ökol., Bodenord. u. Forsten/Landesamt f. Agrarord. NRW, LÖBF-Schriftenr. Bd. 11.

STEINBERG, L. & B. LUBIENIECKI (1991):
Die Renaissance der Meerforelle (*Salmo trutta* trutta L.) und erste Versuche zur Wiedereinbürgerung des Lachses (*Salmo salar* L.) in Nordrhein-Westfalen.- Fischökologie 5: 19-33.

STEINBERG, L.; G. MARMULLA, G. W. SCHMIDT & J. LEHMANN (1991):
Erster gesicherter Nachweis des Lachses (Salmo salar L.) im Gewässersystem der Sieg seit über drei Jahrzehnten.- Fischökologie aktuell 5: 2-3.

TURNPENNY, A. W. H. & R. WILLIAMS (1980):
Effects of sedimentation on the gravels of an industrial river system. Journal of Fish Biology 17, 681-693.

UPSTREAM - Salmon and Society in the Pacific Northwest/ Committee on Protection and Management of the Pacific Northwest Anadramous Salmonids, Board on Environmental Studies and Toxicology, Commission on Life Sciences. 452 S. National Academy of Sciences, 1996.

WICKETT, W. P. (1954):
The oxygen supply to salmon eggs in spawning beds. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 11: 933-953.

Anschrift des Verfassers:

Detlev Ingendahl
Zoologisches Institut der
Universität zu Köln
D-50923 Köln

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Laufener Spezialbeiträge und Laufener Seminarbeiträge (LSB)

Jahr/Year: 1999

Band/Volume: 4_1999

Autor(en)/Author(s): Ingendahl Detlev

Artikel/Article: Das hyporheische Interstitial in der Mittelgebirgsregion und limitierende Bedingungen für den Reproduktionserfolg von Salmoniden (Lachs und Meerforelle) 71-81