

## Einfluß von Querverbauungen und einer Fischaufstiegshilfe auf die Raumnutzung und Laichplatznutzung adulter Bachforellen *Salmo trutta* *fario* L. in der Nebel

Influence of weirs and a fish pass on home range and use of spawning  
sites of adult brown trout *Salmo trutta fario* L. in the River Nebel

Arno Waterstraat

Gesellschaft für Naturschutz und Landschaftsökologie e.V., Dorfstraße 31, D-17237  
Kratzeburg, Email: waterstraat.gnl@t-online.de

**Zusammenfassung:** Vorgestellt werden Untersuchungen an einer Bachforellenpopulation in der Nebel, einem Warnowzufluß in Mecklenburg-Vorpommern. Der Nebelabschnitt, der von Bachforellen besiedelt ist, wird auf einer Länge von 27 km durch vier Wehre begrenzt. In der Nebel sind adulte Bachforellen außerhalb der Laichzeit (Oktober/November) relativ ortstreu. Häufig fanden nur kleinräumige Wanderungen in einem Bereich von 100 m statt, seltener bis 500 m. Somit begrenzen die Wehre der Nebel außerhalb der Reproduktionszeit nicht die Wanderaktivitäten innerhalb des Home Ranges. Kommt es jedoch zu ausgedehnten Wanderungen (bis zu 12.000 m beobachtet) über die vorhandenen Wehre fließgewässerabwärts, so sind die davon betroffenen Tiere für die Population verloren. Während der Laichzeit (durchschnittlich 41 Tage im Zeitraum Oktober/November) werden unterhalb des Wehres Kölln alle Kiesbänke genutzt. Teilweise kommt es zu einem starken Ansteigen der Mehrfachnutzung der Laichgruben. Durch die Fischaufstiegshilfe (FAH) kommt es zu einer Reduzierung der Dichte laichender Bachforellenweibchen in der darunter liegenden Laichstrecke. Etwa 20 bis 30% der adulten Tiere aus dem Nebelabschnitt unterhalb des Wehres Kölln durchwandern die FAH und tragen so zu einer erfolgreicherer Reproduktion der Gesamtpopulation bei.

Schlüsselwörter: Habitatfragmentierung, Salmonidae, home range, Radiotelemetrie

**Summary:** In the river Nebel adult brown trouts mostly stayed at the same place out of spawning season (November/ December). Frequently fish moved in a range of 100 m, occasionally, however, in a range of 500 m. Thus, out of reproduction the weirs of the river Nebel did not limit movement activities within the home range. Extensive movements up to 12,000 m across the existing weirs, resulted in a loss of animals of the upstream population. During the spawning season within October/November (on average 41 days) all suitable spawning habitats downstream the weir Kölln were used. Often spawning sites were used repeatedly; this was connected with an increased spawning mortality. Due to a fish ladder the density of spawning females downstream the weir was reduced. About 20 to 30 % of the adults from the river downstream the weir crossed the ladder. Thus, they contributed to the reproduction success of the total population.

Keywords: fragmentation, Salmonidae, home range, radiotelemetry

## 1. Einleitung

Tiere der Fließgewässer sind im besonderen Maße der Fragmentierung ihres linearen Lebensraumes ausgesetzt. Längs- und Querbauwerke wie Wehre, Staudämme oder Deichbauwerke und Schleusen stellen oft in einer oder beide Richtungen unüberwindliche Hindernisse dar. Nach Dynesius und Nilsson (1994) sind in der gesamten Nordhalbkugel kaum noch unregulierte, nicht durch Fragmentierung gekennzeichnete Flüsse außerhalb der Arktis vorhanden. Bei der Analyse aller 139 großen Flüsse mit Abflüssen über 350 m<sup>3</sup>/s im nördlichen Drittel der Erde waren noch 39 % nicht durch Regulierung beeinträchtigt. Alle diese Gewässersysteme liegen in der arktischen Region und in den Tundren Amerikas und Eurasiens. Zu den durchschnittlich beeinflussten Flüssen dieser Größenordnung (19 %) gehören danach der Rhein und die Oder, während Donau und Elbe zu den stark von der Fragmentierung beeinflussten Flüssen (42 %) gehören. Sowohl in der Zusammensetzung der Ichthyozönose als auch der Struktur und Dynamik von Populationen einzelner Arten treten Veränderungen in Folge dieser großräumigen Fragmentierung von Habitaten auf (Waterstraat et al. 1996, Krappe et al. 1996). Da die meisten Wehrbauten bereits in der Vergangenheit erfolgten, sind Phänomene der Dynamik und Isolation von Fischpopulationen im Gefolge der Querverbauung kaum noch zu untersuchen. Der Neubau von Fischaufstiegshilfen (FAH) und anderer Wanderhilfen bietet jedoch die Möglichkeit, Auswirkungen von wiederhergestellten Wandermöglichkeiten für Fische sowohl auf der Populations- als auch der Zönoseebene zu analysieren. Als Untersuchungsgewässer wurde die Nebel in ihrem Verlauf vom Krakower

See bis Güstrow ausgewählt, da Gewässerstruktur, Artenzusammensetzung und anthropogene Überformung Raum für die entsprechenden Forschungsansätze boten. Außerdem lag bereits umfangreiches Material zur Fischfauna und zur Gewässerstruktur aus zahlreichen Beprobungen der letzten zehn Jahre vor, so daß langfristige Effekte ausreichend bewertet werden können (Spieß und Waterstraat 1990, 1993). In diesem Rahmen sollen Auswirkungen der Zerschneidungen sowie der errichteten Fischaufstiegshilfe an einem Wehr auf die Bachforelle als eine Leitart der Fischfauna in der Nebel dargestellt werden. Vorrangig sollte dabei der direkte Einfluß der Fischaufstiegsanlage für die stromaufwärts gerichtete Wanderung untersucht werden; Ergebnisse wurden jedoch auch zur stromabwärts gerichteten Bewegung erwartet. Weitere hier nicht dargestellte Untersuchungen betrafen die Auswirkungen auf Populationen von Fluß- und Bachneunauge (Krappe et al. 1996) und die gesamte Ichthyozönose der Nebel.

Die Bachforelle stellt in der Nebel zwischen dem Krakower See und Güstrow eine der bestandsbestimmenden Arten der Ichthyofauna dar (Spieß und Waterstraat 1993). In den Durchbruchstätern stellt sie mit über 50 % Anteil die dominierende Art. In den mäßig ausgebauten Niederungsbereichen ist sie mit nahezu 10 % noch häufig und lediglich in den wenigen natürlichen Niederungsbachabschnitten ist sie selten. Da sie in der Lage ist, größere Gewässerabschnitte zu überwinden, war zu erwarten, daß die Querverbauung des Fließgewässers sowie die Errichtung von Fischaufstiegshilfen einen Einfluß auf ihre Raumnutzung und Reproduktion in der Nebel haben. Damit stellt die Bachforelle in der Nebel ein geeignetes Objekt zur Bewertung des Einflusses der großräumiger Habitatfragmentierungen dar.



## 2. Methoden und Untersuchungsgebiet

Die Nebel ist der wichtigste Warnowzufluß und hat eine Gesamtlänge von ca. 70 km. Die Untersuchungen wurden im ca. 23 km langen Mittelabschnitt zwischen dem Mühlenwehr Kuchelmiß und dem Hauptwehr Güstrow durchgeführt (Abb. 1). Die durchschnittliche Abflußmenge in diesem Bereich beträgt  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Im Sommer treten regelmäßig Niedrigwasser in der Nebel im Untersuchungsgebiet um  $500 \text{ l/s}$  auf, die sich häufig erst im Oktober wieder normalisieren. Die organische Belastung ist gering. Im Untersuchungsgebiet ist die Nebel überwiegend als Naturschutzgebiet ausgewiesen.

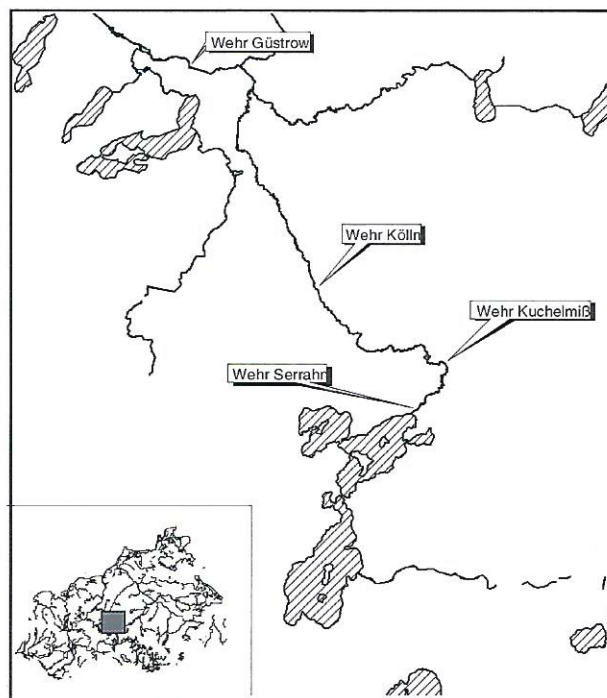
Der obere 8.500 m lange Abschnitt zwischen den Wehren Kuchelmiß und Kölln weist auf einer Länge von 3.825 m Durchbruchstal- und Moränencharakter auf, der 14.500 m lange untere Abschnitt nur 1.740 m. Natürliche Niederungsbereiche (1.600 m) wurden nur im oberen Unter-

suchungsabschnitt nachgewiesen. Alle anderen Niederungsbereiche sind anthropogen in unterschiedlichem Maße überformt. Der Anteil naturferner Gewässeranteile nimmt im Unterlauf deutlich zu. Weitere Aussagen zur Gewässergüte, Struktur und Abflußdynamik sind Spieß und Waterstraat (1993) und Mehl et al. (1995) zu entnehmen.

1990 wurde am Wehr Kölln eine Fischaufstiegshilfe (FAH) in Form eines 30 m langen Umgehungsgerinne errichtet, um die Fallhöhe von 1,8 m zu überwinden. 1994 erfolgte ein Umbau der FAH mit dem Einbau von Störsteinen, der Herstellung einer rauhen Steinsohle und der Optimierung der oberen Einlauföffnung. Um den Einfluß von Wehren und der Fischaufstiegshilfe am Wehr Kölln auf die Habitatnutzung zu erfassen, wurden in den Untersuchungsjahren 1996 und 1997/98 insgesamt 14 adulte Bachforellen telemetriert. 1997 wurden acht Forellen Ende September durch Elektrofischerei vor dem

**Abb. 1:** Lage der Nebel in Mecklenburg-Vorpommern und Verteilung der Wehre im Untersuchungsgebiet.

**Fig. 1:** Location of the River Nebel in Mecklenburg-Vorpommern and distribution of weirs in the investigation area.



Beginn der Laichwanderung und 1996 sechs Forellen durch Reusen während des Laichaufstieges gefangen. Nach einer Immobilisierung der Forellen durch Badebehandlung mit MS-222 (Tricain) (Summerfelt und Smith 1990) wurden die ca. 4 g schweren Sender (Frequenz: 150-151 kHz; Pulsrate 45-50 bpm; Lebensdauer ca. 150 Tage) in die Bauchhöhle implantiert. Bei der Auswahl der Forellen wurde darauf geachtet, daß die Masse des Sender nicht 1 % des Körpergewichtes überschritt. Während der Operation wurden die Tiere durch die Mundöffnung mit Frischwasser versorgt und vor der Freilassung in das Gewässer mehrere Stunden in einer Reuse zwischengehalten. Für die Untersuchungen wurden Ausrüstungen der Firmen Lotec und Laschewski-Siewers verwendet. Die entsprechenden fischerei-, tierschutz- und funkrechtlichen Genehmigungen lagen vor. 1996 erfolgte nach Abschluß der Untersuchungen ein Rückfang der Tiere mittels Elektrofischerei. Während der Wanderung zu und von den Laichplätzen, sowie während der Laichzeit, erfolgten täglich zwei manuelle Peilungen pro Tier, anschließend wurden 1997/98 die Intervalle sukzessiv vergrößert. Allen telemetrierten Forellen wurden Schuppen aus der Region des Schwanzstiels im Bereich in Höhe der Fettflosse oberhalb der Seitenlinie entnommen (Winkler 1989). Die Rückberechnung der Schuppen und Altersbestimmung wurde von Herrn Dr. H. M. Winkler (Universität Rostock) vorgenommen. In den Jahren 1995, 1996 und 1997 erfolgte vom 25. September bis Ende November eine Kontrolle des Laichaufstieges an der Fischaufstiegshilfe des Wehres Kölln. 1996 mit Herrn Trost (Güstrow) durchgeführte Reusenkontrollen ab Anfang August zeigten, daß vorher keine Laichwanderung von Bachforellen im Bereich des Wehres stattfand. In allen Jahren begann der Hauptteil der Wanderung erst

ab Mitte Oktober. Dazu wurde eine Kastenreuse am oberen Ende der FAH eingesetzt, die durch eine vollständige Absperrung den Fang aller Fische erlaubte. Die Leerung und Vermessung fand zweimal täglich (morgens und abends) statt. Da mehrfach Entnahmen von Tieren durch unbefugte Personen registriert wurden, erfolgten während der Laichzeit zusätzliche Kontrollen im Tagesverlauf. Die Forellen wurden auf einen halben Zentimeter (Totallänge  $L_T$ ) genau vermessen und auf 1 g genau gewogen und das Geschlecht bestimmt. Anschließend wurden die Tiere 50 m oberhalb des Wehres wieder freigelassen.

In den Jahren 1996 und 1997 wurde die Intensität des Laichgeschehens der Bachforellen an der Nebel durch mehrfach stattfindende Laichkontrollen erfaßt. Dabei wurden die Laichgruben nach Größe, Frischegrad und Verteilung im Gewässerlauf kartiert. Die Beschreibung der Laichgruben erfolgte in Anlehnung an Grost und Hubert (1991). Kriterien zur Bewertung der Laichgruben sind in Tab. 1 dargestellt. Der Frischegrad wurde an Hand Helligkeit der Sande und Kiese in zwei Klassen bewertet. Nur bei Vorhandensein heller gereinigter Sedimente wurde die Grube als frisch angelegt oder verändert anerkannt. Die Eignung der jeweiligen Gewässerabschnitte als Laichgebiet wurde subjektiv erfaßt. Grundlage war das Vorhandensein von geeigneten Schotterbänken, die Wassertiefe und das Strömungsverhalten. Weitere kleinräumige Mikrohabitatuntersuchungen wurden entsprechend der Fragestellung für die Bachforellenpopulation nicht speziell durchgeführt. Im Rahmen umfangreicher Biotopstrukturanalysen der Nebel und ihrer Auswirkungen auf die Ichthyozönosen (Spieß in Vorbereitung) wurden die wichtigsten Habitattypen der Bachforellen im Fluß jedoch beschrieben.



Zur Abschätzung der Bestandsgröße wurden alle bisher in unseren Untersuchungen vorliegenden Fänge der Bachforellen analysiert. Dazu wurden 82 quantitative Befischungen der Nebel zwischen 1987 und 1997 ausgewertet. Verwendet wurde ein Gleichstromgerät vom Typ DEKA 6000. Bei Gewässertiefen bis ca. 100 cm wurde im Wasser watend gefischt. Tieferen Niederungsbereiche konnten nur vom Boot aus befischt werden. Darüber hinaus konnten die Fangkarten der Angler durch die Unterstützung des Landesanglerverbandes Mecklenburg-Vorpommern e.V. für die Nebel von 1993-1997 ausgewertet werden.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Raumnutzung adulter Bachforellen

Zunächst soll die Frage geklärt werden, ob die Raumnutzung adulter Bachforellen in der Nebel außerhalb der Reproduktion durch Wehre in der Nebel beeinflusst wird. Grundlage der Ergebnisse sind zwei Peilungen pro Tag an insgesamt 14 Bachforellen in den Monaten Oktober und November 1996 und 1997 (nach Rückkehr vom Laichplatz) sowie sporadische Peilungen in

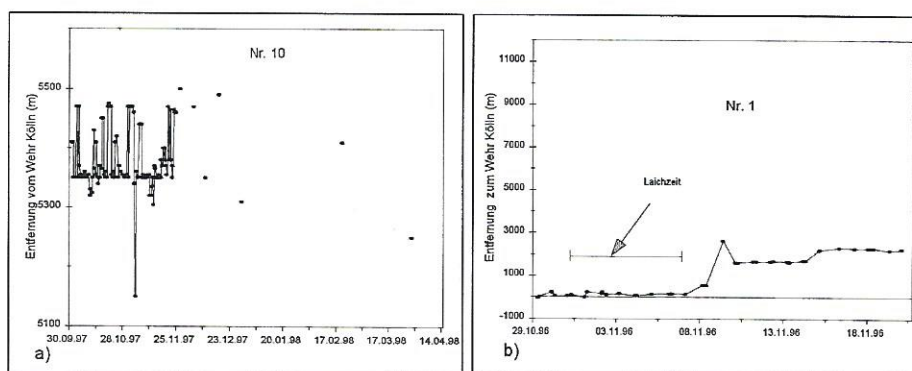
den Monaten Dezember 1997 bis März 1998. Als Aktionsraum wird hier die tägliche Ortsveränderung und als „home Range“ die räumliche Nutzung des Habitates über eine längere Periode (mindestens eine Woche) bezeichnet.

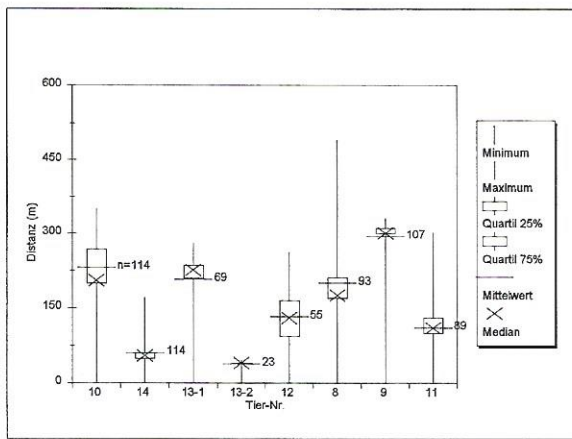
Bei unseren Untersuchungen erwiesen sich die Forellen als sehr standorttreu. Zum Teil hielten sich die Forellen über einen langen Zeitraum nur in einem Bereich von 100 m auf (Abb. 2a). Wie aus Abb. 3 hervorgeht, konnten zwar unterschiedliche Raum- und Habitatnutzungen bei den einzelnen Forellen festgestellt werden, insgesamt umfaßte das Home Range einen 500 m-Bereich mit zumeist deutlich engerer Begrenzung in einem Kernbereich von 100 m. Besonders deutlich wird dies durch die Angabe der Quartile (50% aller Peilungen innerhalb des darin gefaßten Bereichs).

Innerhalb des Untersuchungszeitraumes kam es bei sechs Forellen (1/1996; 5/1996; 13/1997; 11/1997; 8/1997; 12/1997) mindestens einmal zu großräumigeren Ortsveränderungen. Wenn auch in unseren Beispielen der neue Standort (mit Ausnahme der Forelle 13/1997 mit zeitweiligem neuen Standort nach der Laichwanderung) nicht weiter als 2000 m vom alten

**Abb. 2a und b:** Telemetrieergebnisse zur Raumnutzung der Bachforellen Nr. 10/1997 (a) und Nr. 1/1996 (b) in der Nebel.

**Fig 2a and b:** Results of spatial movements of radio-tagged brown trout number 10/1997 (a) and 1/1996 (b) in the river Nebel.





**Abb. 3:** Home Range der Bachforellen der Nebel auf der Basis von Telemetriedaten außerhalb der Laichzeit 1997 (n = Anzahl der Peilungen).

**Fig. 3:** Home range of brown trout in the river Nebel in 1997 out of spawning season (n = number of tracking signals).

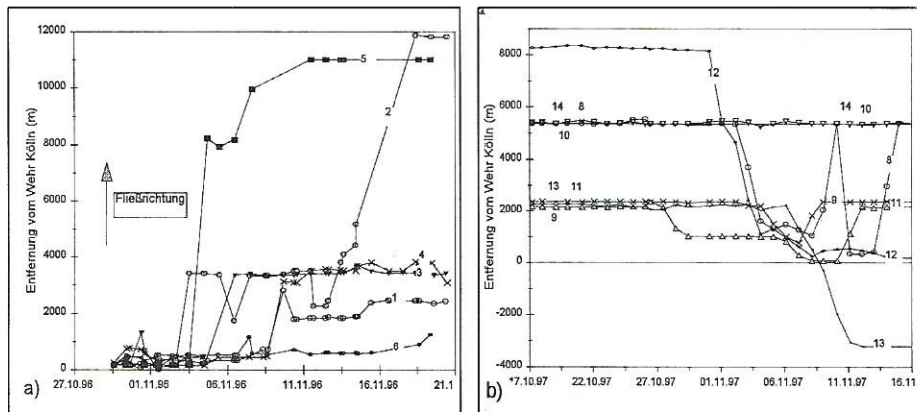
entfernt war, muß davon ausgegangen werden, daß in der mehrjährigen Adultphase mehrere vermutlich zum Teil weit entfernte Standorte besiedelt werden. Abb. 2b zeigt die Raumnutzung einer Bachforelle (Nr. 1/1996) nach der Laichzeit an zwei ca. 750 m voneinander entfernten Standorten. Innerhalb der jeweiligen Standortbereiche wird wieder ein kleiner Home Range-Bereich besiedelt. Für größere Wanderungen unabhängig von der Reproduktionszeit sprechen auch

unsere Reusenfänge juveniler und subadultur Forellen. Danach passierten in den Monaten Oktober und November 1995-1997 ca. 125 nicht geschlechtsreife Bachforellen die FAH, die Hälfte davon vom jeweiligen Jahrgang 0<sup>+</sup>.

Ein vollkommen anderes Raum-Zeit-Verhalten weisen die Bachforellen im Zusammenhang mit ihrer Reproduktion auf. Dazu konnten 1997 an fünf Bachforellen sowohl der Laichaufstieg als auch die Rückwanderung beobachtet werden. 1996

**Abb. 4a und b:** Aufenthalt auf dem Laichplatz und Rückwanderung von sechs Forellen in der Nebel 1996 (a) und die Zu- und Rückwanderung von sieben Forellen 1997 (b) während der Laichzeit auf der Grundlage von Telemetriedaten (ein Meßwert pro Tag).

**Fig 4a and b:** Occurrence and downstream movement of six brown trout of the river Nebel in 1996 (a) and upstream and downstream movements of seven brown trout during spawning season 1997 (on the basis of one tracking signal/day).



gab es nach dem Fang oberhalb der Fisch-  
treppe zwar weitere Versuche der Benut-  
zung der FAH, jedoch keine der Forellen  
passierte erfolgreich die FAH. So konn-  
ten 1996 lediglich Angaben zum Ausmaß  
der Rückwanderung gemacht werden.

1997 nahmen fünf telemetrierte Forellen  
an der Reproduktion teil. Sie legten von  
der Fang- und Aussetzstelle bis zum Laich-  
platz zwischen 2.300 und 8.200 m zurück  
(Abb. 4b).

Zwei nicht an der Reproduktion teilneh-  
menden Forellen blieben bis zum Erlös-  
chen der Sender im Frühjahr-Sommer  
1998 in ihren ursprünglichen Habitaten;  
eine Forelle wurde von einem nicht iden-  
tifizierten Säuger erbeutet.

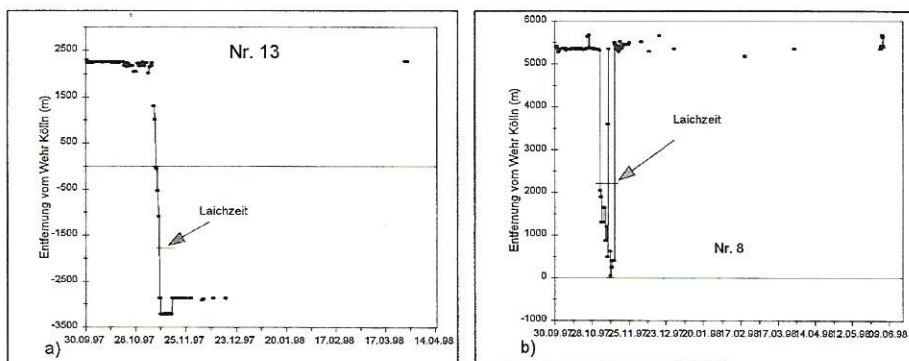
Eine Forelle (13/1997) überwand die FAH  
(Abb. 5a) und suchte einen ca. 3.000 m  
oberhalb gelegenen Laichplatz auf; eine  
andere konnte bei der erfolglosen Suche  
nach dem Einstieg der FAH gepeilt wer-  
den. Drei von fünf Forellen (Nr. 8, 9, 11)  
kehrten nach dem Abbläichen, Nr. 8/1997  
sogar ein zweites Mal während der Laich-  
zeit, an ihren Standort zurück (Abb. 5).  
Eine Forelle verlor ihren Sender beim  
Abbläichen und nur eine Forelle suchte  
sich zunächst einen neuen Einstand. Drei

Monate nach Abschluß der Reprodukti-  
on kehrte auch dieses Tier an seinen ur-  
sprünglichen Standort zurück. Die Forel-  
len in der Nebel sind in der Lage nach  
der Fortpflanzung auch über größere  
Entfernungen ihren alten Standort wie-  
derzufinden.

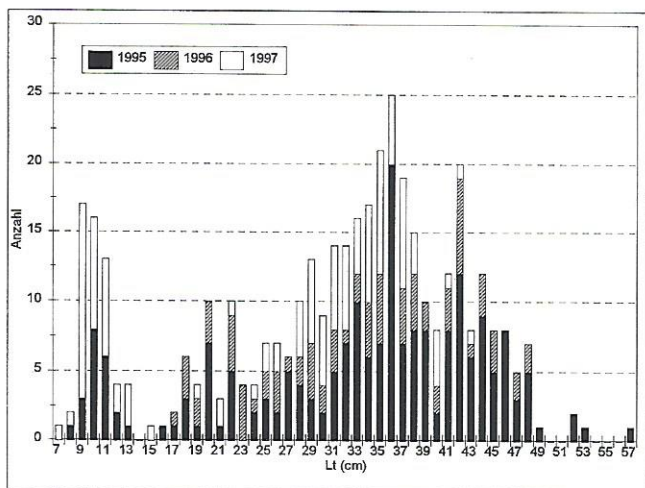
Um die Migrationsdistanz der Forellen zu  
bestimmen, wurden die Maximalentfer-  
nungen der einzelnen Forellen zwischen  
Nahrungslebensraum und Laichplatz er-  
faßt. Insgesamt betrug die durchschnitt-  
lich von uns festgestellte Migrationslei-  
stung 4.430 m (Standardabweichung  
 $\pm 2.998$  m;  $n = 11$ ). Dabei ist jedoch zu  
berücksichtigen, daß 1996 alle von uns in  
der FAH gefangenen und unterhalb der  
FAH wieder ausgesetzten Forellen ohne  
unsere Fangaktion den nächsten Laich-  
platz oberhalb des Wehres Kölln (zusätz-  
lich mindestens 1500 m) erreicht hätten.  
Die Forellen können in der Nebel eine  
Maximalstrecke von 23.000 m zwischen  
den Wehren Güstrow und Kuchelmiß  
zurücklegen. Dies tritt jedoch, bedingt  
durch die Verteilung der Forellen im Fluß-  
lauf, kaum auf. Wir stellten eine Maxi-  
malentfernung von 12.500 m zwischen  
Laichplatz und Nahrungshabitat fest, die

**Abb. 5a und b:** Telemetrieergebnisse zur Raumnutzung der Bachforellen Nr. 13/1997 (a) und Nr. 8/1997 (b) in der Nebel während der Zuwanderung, dem Aufenthalt am Laichplatz und der Rückwanderung.

**Fig. 5a and b:** Results of radio-tracking of brown trout number 13/1997 (a) and 8/1997 (b) during upstream migration, spawning and downstream migration in the river Nebel.







**Abb. 6:** Summendarstellung der Längenverteilung der Bachforellen in der Reuse oberhalb der Fischaufstiegshilfe Kölln in der Nebel in den Jahren 1995-1997.

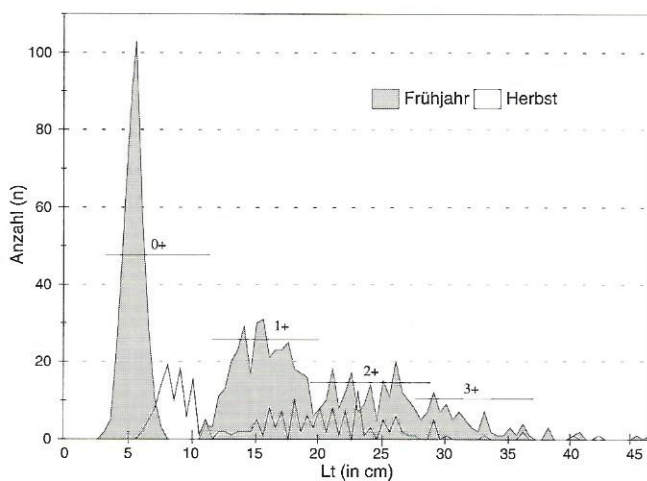
**Fig. 6:** Length distribution of brown trout collected in a trap upstream the fish ladder Kölln of the river Nebel (in total of the years 1995-1997).

jedoch von einzelnen Tieren noch überboten werden könnte.

Die Laichwanderung erstreckte sich nach Auswertung der Reusenfänge in den Jahren 1995 bis 1997 auf durchschnittlich 41 Tage (35-45 Tage). In allen drei Jahren traten zu Beginn der Laichzeit noch niedrige Durchflüsse unter 700 l/s auf. Bei der vorliegenden Konstruktion der FAH beeinflusste dies vermutlich besonders die Wanderung in der ersten Migrationsphase negativ, da hier sowohl die Lockströmung gering ausgeprägt war, als auch der Wasserstand in der FAH unter 20 cm lag. In allen drei Jahren stellten die Jahrgänge

3+ und die Jahrgänge 4+ und 2+ in dieser Reihenfolge den Schwerpunkt der Forellen in der Reuse dar (Abb. 6). Dabei beruhte die Altersschätzung auf den Vergleich mit der Längenhäufigkeitskurve aller Bachforellenfänge in der Nebel im Vergleich zwischen Frühjahr und Herbst (Abb. 7) und der Altersbestimmung auf Schuppenbasis der 14 telemetrierten Forellen. Danach handelt es sich bei den Bachforellen der Nebel um eine sehr gut wüchsige Population.

In der Nebel begannen in der ersten Phase besonders die Männchen mit der Laichwanderung. Die Wanderung der Weibchen



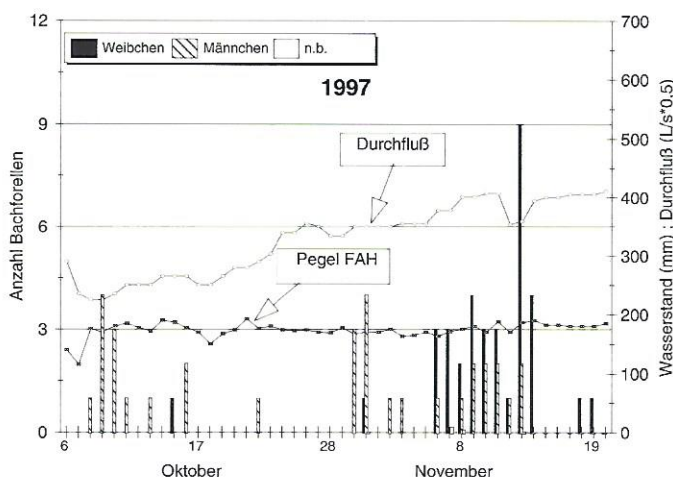
**Abb. 7:** Längenverteilung aller in unseren Untersuchungen von 1987-1994 in der Nebel gefangenen Bachforellen (Frühjahr n = 977; Herbst n = 229).

**Fig 7:** Length distribution of brown trout caught in the river Nebel between 1987 and 1994 (spring: n = 977; autumn: n = 229).



**Abb. 8:** Reusenfänge der Bachforellen oberhalb der Fischaufstiegshilfe Kölln in der Nebel 1997.

**Fig 8:** Catch of brown trout into the trap upstream the fish ladder Kölln in the River Nebel in 1997.



setzte dagegen erst Ende Oktober, kurz vor Beginn der Anlage der ersten Gruben ein (Abb. 8). Dabei konnten wir an den Fängen in der Reuse 1996 und 1997 feststellen, daß bei den Weibchen zuerst die großen Tiere mit der Wanderung beginnen.

### 3.2. Angaben zur Dauer des Aufenthaltes auf dem Laichplatz

Bezüglich der Gesamtaufenthaltsdauer auf dem Laichplatz schwankten die Werte zwischen den einzelnen Tieren beträchtlich. Jedoch konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Untersuchungsjahren oder den Geschlechtern gefunden werden (Tab. 2).

Erhebliche Unterschiede zwischen den sechs untersuchten Weibchen und den fünf Männchen traten aber beim Vergleich der Aufenthaltsdauer in den einzelnen

Laichgruben auf. Die Weibchen hielten sich ca. 4,5 Tage in einer Laichgrube und durchschnittlich nur noch einen halben Tag in einer anderen Laichgrube (0-3 Gruben) auf. Bei den drei Weibchen, die sich in mehr als einer Laichgrube aufhielten, gingen die kurzen Aufenthalte in anderen Laichgruben immer dem längerfristigen Aufenthalt in der Hauptlaichgrube voraus. Die Männchen dagegen wechselten wesentlich häufiger die Laichgruben (2-6) und hielten sich auch nur maximal zwei Tage in einer Laichgrube auf. Häufig betrug die Aufenthaltszeit weniger als einen halben Tag und ein Pendeln zwischen den Laichgruben konnte beobachtet werden.

### 3.3. Laichaktivität

Zur Erfassung der Laichaktivität wurde in den Jahren 1995 -1998 die Anzahl der

**Tab. 1:** Kriterien der Einstufung der Laichgruben in die einzelnen Größenklassen der Bachforellen der Nebel.

**Tab. 1:** Scales of size classes of spawning sites for brown trouts in the river Nebel.

| Klasse | Maße (Breite*Länge)     | Anzahl Weibchen | Bemerkungen                                                                                |
|--------|-------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| I      | <0,5m / <1m             | 0,5             | Vorlaichgrube für größere Weibchen ab 3 <sup>+</sup><br>Laichgrube Weibchen 2 <sup>+</sup> |
| II     | 0,6-1m/1,1-2m           | 1               | Hauptlaichgrube ab Weibchen 3 <sup>+</sup>                                                 |
| III    | 1,1-2m / 2,1-4m         | 2               | als Hauptlaichplatz von 2 Weibchen genutzt                                                 |
| IV     | fast gesamte Bachbreite | 4               | großer Laichplatz, der über lange Zeit genutzt                                             |

Tab. 2: Laichplatzverhalten durch Radiotelemetrie beobachteter Forellen 1996 und 1997.

Tab. 2: Spawning activity of brown trout recorded 1996 and 1997 by radio telemetry .

| Nr. | Jahr | Geschlecht | Laichzeit       | Dauer (Tage) | Anzahl Gruben | Aufenthalt pro Laichplatz (Tage) |        | Alter          | Lt (cm) |
|-----|------|------------|-----------------|--------------|---------------|----------------------------------|--------|----------------|---------|
|     |      |            |                 |              |               | maximal                          | sonst. |                |         |
| 8   | 1997 | w          | 08.11. - 13.11. | 6            | 4             | 2                                | 0,5    | 4 <sup>+</sup> | 39      |
| 11  | 1997 | w          | 04.11. - 10.11. | 6            | 3             | 4                                | 1      | n.b.           | 43      |
| 13  | 1997 | w          | 11.11. - 17.11. | 7            | 1             | 7                                | -      | 3 <sup>+</sup> | 33,5    |
| 2   | 1996 | w          | 29.10. - 02.11. | 4            | 1             | 2                                | -      | 4 <sup>+</sup> | 42      |
| 4   | 1996 | w          | 29.10. - 08.11. | 9            | 2             | 7                                | 0,5    | 3 <sup>+</sup> | 39      |
| 5   | 1996 | w          | 29.10. - 03.11. | 6            | 1             | 5                                | -      | 4 <sup>+</sup> | 46,5    |
| 9   | 1997 | m          | 06.11. - 07.11. | 2            | 2             | 1                                | 1      | 3 <sup>+</sup> | 35,5    |
| 12  | 1997 | m          | 06.11. - 15.11. | 10           | 6             | 2                                | 1-2    | 3 <sup>+</sup> | 41,5    |
| 1   | 1996 | m          | 29.10. - 07.11. | 10           | 6             | 1                                | 0,5-1  | 4 <sup>+</sup> | 44      |
| 3   | 1996 | m          | 29.10. - 04.11. | 7            | 4             | 2                                | 0,5    | 4 <sup>+</sup> | 43      |
| 6   | 1996 | m          | 29.10. - 16.11. | 19           | 3-5           | <2                               | 1      | 4 <sup>+</sup> | 35,3    |

Tab. 3: Schätzung der Laicherzahlen und Laichgrubenanalyse zum jeweiligen Höhepunkt der Bachforellenlaichzeit in der Nebel zwischen dem Krakower See und Güstrow.

Tab. 3: Analysis of spawning sites and estimation of spawning brown trout in the river Nebel between lake Krakow and Güstrow.

| Laichgebiet                         | 1995 (16. - 17.11.) |         |      | 1996 (10. - 11.11.) |      |      | 1997 (12. - 13.11.) |       |      |
|-------------------------------------|---------------------|---------|------|---------------------|------|------|---------------------|-------|------|
|                                     | I                   | II      | III  | I                   | II   | III  | I                   | II    | III  |
| Anzahl Laichgruben                  | 25                  | ca. 95* | n.b. | 52                  | 87   | 13   | 45                  | 76    | 6    |
| mittlere Größe (x)                  | n.b.                | n.b.    | n.b. | 2,15                | 1,68 | 1,61 | 2,33                | 1,84  | 1,67 |
| Anteil Klasse 1 [%]                 |                     |         |      | 26,9                | 42,9 | 38,5 | 15,6                | 42,1  | 50,0 |
| Anteil Klasse 2 [%]                 |                     |         |      | 38,5                | 46,0 | 61,5 | 44,4                | 31,6  | 33,3 |
| Anteil Klasse 3 [%]                 |                     |         |      | 26,9                | 11,1 | 0    | 31,1                | 26,3  | 16,7 |
| Anteil Klasse 4 [%]                 |                     |         |      | 7,7                 | 0    | 0    | 8,9                 | 0     | 0    |
| Anteil frischer Gruben [%]          | n.b.                | n.b.    | n.b. | n.b.                | n.b. | n.b. | 89                  | 88    | 100  |
| Anzahl Weibchen zum Laichhöhepunkt  | ca. 38              | ca. 100 | n.b. | 71                  | 79   | 11   | 68+15               | 80+22 | 6    |
| Gesamtzahl Weibchen geschätzt (***) | 48                  | 125     | n.b. | 89                  | 99   | 14   | 83                  | 102   | 8    |
| adulte Forellen in FAH              |                     | 160     |      |                     | 81** |      |                     | 85**  |      |
| -davon Weibchen [%]                 |                     | n.b.    |      |                     | 58   |      |                     | 52    |      |

\* 1995 nur Teilkartierung mit 70 gezählten Laichgruben; Schätzung der Gesamtzahl an Hand von Vergleichszahlen 1997

\*\* 1996 und 1997 zusätzlich jeweils ca. 10 Forellen gestohlen

\*\*\* nach Annahme, daß 80% aller Weibchen zum Laichhöhepunkt am Laichplatz waren (nach Daten von 1997)

I - unterhalb Wehr Kölln; II - zwischen Wehr Kuchelmiß und Wehr Kölln; oberhalb Wehr Kuchelmiß

Laichgruben gezählt. In parallel laufenden Untersuchungen in einem kürzerem Flußabschnitt wurden durch wöchentliche Kontrollen der Laichhöhepunkt und die Dauer der Laichzeit ermittelt. Die Laichplätze konzentrierten sich im 14,5 km langen Nebelabschnitt unterhalb des Wehres Kölln auf einen nach der Habitatanalyse 1.070 m langen Bereich, im 8,5 km langen Abschnitt zwischen den Wehren Kölln und Kuchelmiß auf 3.840 m und im 4,0 km langen Oberlauf bis zum Krakower See auf 840 m. Anhand der Laichgrubenausmaße wurde zudem auf die Anzahl beteiligter Weibchen geschlossen (Tab. 1). Diese durch visuelle Beobachtungen an der Nebel aufgestellten Klassen stellen jedoch nur einen groben Anhaltspunkt dar und gelten nicht für andere Gewässer.

Die Ergebnisse der Laichgrubenanalyse der Jahre 1995 bis 1997 sind in Tab. 3 dargestellt.

Die Verteilung der Laichgruben zwischen den einzelnen Größenklassen zeigt, daß in den Untersuchungsjahren 1996 und 1997 im Bachunterlauf unterhalb Kölln ein großer Prozentsatz der Laichgruben (34,6 und 40%) mit großer Wahrscheinlichkeit von mehreren Weibchen genutzt wurde (siehe Größenklasse 3 und 4 in Tab. 3), während das im darüberliegenden Abschnitt nur bei 11,1 und 26,3% der Gruben zutrifft.

## 4. Diskussion

### 4.1. Raumnutzung

Die Untersuchungen zur Raumnutzung bezogen sich ausschließlich auf Adulte der Bachforellenpopulation, da radiotelemetrische Langzeitstudien mit Jungfischen häufig an der Größe der Sender scheitern. Verschiedene Untersuchungen konnten nachweisen, daß radiotelemetrische Untersuchungen mit implantierten Sendern

nicht zu Schädigungen und damit längerfristigen Verhaltensänderungen bei adulten Bachforellen führen (Laughton und Smith 1992). Unmittelbar nach der Implantation treten selbstverständlich erhöhte Belastungen auf, doch in unseren Untersuchungen nahmen die ersten Tiere 1996 bereits 2-3 Tage nach dem Eingriff an der Reproduktion teil. Nach dem Rückfang im Spätherbst 1996 und der anschließenden Obduktion der Fische konnte in unseren Untersuchungen eine gute Verträglichkeit der Sender und Antennen festgestellt werden, so daß von keiner erheblichen Behinderung ausgegangen werden muß. Dies steht in Übereinstimmung mit den Untersuchungen zu den Auswirkungen von intraperitonealen Sendern auf junge Lachse von Moore et al. (1990, 1992).

Adulte Forellen führen im Spätherbst eine ausgedehnte Laichwanderung in die Oberläufe der Bäche und Flüsse durch und wandern anschließend wieder zurück. Residente Forellen (*S. trutta f. fario*) führen im Vergleich zu den Meerforellen keine langen Wanderungen durch (Elliott 1994). Das Ausmaß der Laichwanderung ist jedoch auch hier abhängig von der Habitatausstattung. Außerhalb der Reproduktionszeit werden Bachforellen als relativ standorttreu beschrieben, Angaben aus Tieflandbächen liegen jedoch kaum vor. Wenn man residente Bachforellen jedoch in die Unterläufe aussetzt, können die Entfernungen, die bei der Laichwanderung zurückgelegt werden, durchaus beträchtlich sein und müssen sich nicht von denen der Meerforellen unterscheiden (Jonsson et al. 1995).

Hesthagen (1988) gibt für einen norwegischen Küstenbach einen täglichen Aktionsraum residenter Bachforellen von 75 m an. Auch Bridcut und Giller (1993) ermittelten einen täglichen Aktionsraum von 30 m (90 m<sup>2</sup>) für ein- bis dreijährige Forellen. Young (1996) stellte bei einer an-



deren ebenfalls standorttreuen Salmonidenart (*Oncorhynchus clarki pleuriticus*) innerhalb von 20 bis 80 Tagen ein durchschnittliches Home Range der einzelnen Tiere von 300 m fest. Da wir ähnliche Werte ermittelten, ist zu schließen, daß auch in der Nebel außerhalb der Reproduktionszeit die vorhandenen Wehre das Home Range nicht einschränken.

Wir konnten jedoch auch feststellen, daß es immer wieder vorkommt, daß neue Standorte besiedelt werden. Hierbei könnten innerartliche Konkurrenz, Prädatationsrisiko oder Störungen mögliche Ursachen sein. In einer im Frühjahr 1998 an zwei mit noch funktionsfähigen Sensoren ausgerüsteten Forellen durchgeführten Detailuntersuchung konnten kleinräumige Wanderungen festgestellt werden, die durch offenbar störende Bewegungen des Untersuchers am Gewässerufer induziert worden waren. In der Nebel gelangen also regelmäßig adulte Bachforellen in einen unterhalb des Hauptwehres Güstrow gelegenen Bachabschnitt und gehen der Population verloren, da dort keine geeigneten Laichsubstrate vorhanden sind. Nur so sind die wiederholten Fänge adulter Bachforellen in den ausgebauten Nebelabschnitten unterhalb des Hauptwehres Güstrow zu erklären. Das bedeutet, daß sehr wahrscheinlich auch außerhalb der Reproduktionszeit die Wehre in der Nebel Hindernisse für die Raumnutzung der adulten Bachforellen darstellen. Hesthagen (1988) fand in seinen Untersuchungen auch eine mobile (ca. 20 % des Bestandes) und eine mehr stationäre Form und bestätigt damit Ergebnisse von Solomon (1982) und Bridcut und Giller (1993). Darüber hinaus scheint die Abwärtswanderung von Forellen dichteabhängig zu sein und bevorzugt die konkurrenzschwächeren kleinen Tiere zu betreffen (Le Cren 1965). Andererseits müssen auch die Habitatbedingungen des Gewässers berücksichtigt werden. Adulte große

Forellen bevorzugen tiefere Gewässerabschnitte (Bohlin 1977; Bridcut und Giller 1993) und dürften daher in der Nebel gezielt in weiter unterhalb gelegene Abschnitte ausweichen. Die regelmäßig stattfindende Aufwärtswanderung von Jungtieren und Subadulten an der Fischaufstiegshilfe Kölln in der Nebel ist ein weiteres Indiz für größere Raumbewegungen der Forellen im Fluß. Inwieweit es sich hierbei um die Kompensation von Populationsverlusten des Oberlaufs durch das Wehr Kölln handelt, kann nicht eingeschätzt werden. Dafür hätten spezielle Reusen gestellt werden müssen. Auf jeden Fall hat diese Aufwärtswanderung juveniler und subadulter Tiere, die vermutlich im gesamten Jahresverlauf stattfindet, trotz ihres relativ geringen Ausmaßes im Verhältnis zur Bestandsdichte des Oberlaufes positive Konsequenzen für die Population. Im Falle von Katastropheneinflüssen auf die Population des Oberlaufes kann zusätzlich eine Wiederbesiedlung erfolgen.

Daß nicht alle adulten Forellen an der Reproduktion teilnehmen, bestätigten bereits Evensen (1985) und Stuart (1953). Wir gehen daher nach den Untersuchungsergebnissen von 1997 davon aus, daß die 1996 nach der Reproduktion besetzten Territorien mit großer Wahrscheinlichkeit auch die Ausgangsterritorien vor der Laichzeit waren. Lediglich die Peilungen des Tieres Nr. 2/1996 in der letzten Woche sind kritisch zu bewerten, da dieses Tier nicht versuchsbedingt durch einen Prädator (Vogel) verletzt wurde und die festgestellte Abwanderung daraus resultieren könnte. Bemerkenswert ist jedoch, daß ein Tier (5/1996) ein Territorium in der Löbnitz, einem Nebenbach der Nebel über 10 km vom Aussetzungspunkt entfernt, aufsuchte. Die Fähigkeit, auch weit entfernt gelegene Habitate wiederzufinden, bestätigen Armstrong und Herbert (1997). In einem Telemetriever-

such mit Bachforellen kehrten 12 von 14 Tieren an ihre 800-3.600 m entfernt gelegenen ursprünglichen Standorte zurück. Da die Suchbewegungen gerichtet und nicht zufällig waren, gehen die Autoren von Homing aus.

Aus den Telemetriedaten läßt sich ableiten, daß erhebliche Distanzen während der Laichzeit (> 10.000 m) sowohl stromauf als auch stromab zurückgelegt werden. Damit liegen die Abstände zwischen den Wehren unter den festgestellten Wanderdistanzen der Forellen in der Nebel. Betrachtet man die große Anzahl tatsächlich das Wehr Kölln passierender Forellen, kann festgestellt werden, daß in der Vergangenheit dieses Wehr ohne FAH eine effektive Barriere für die Laichwanderung darstellte. Überdies ist daraus zu schließen, daß das weiter oberhalb gelegene Wehr Kuchelmiß ein Hindernis für wanderwillige Forellen darstellt.

Die Aufenthaltsdauer auf den Laichplätzen unterschied sich zwischen den Geschlechtern nicht. Auch Okland et al. (1994) fanden, allerdings bei Lachsen *S. salar*, keine signifikanten Unterschiede in der Aufenthaltszeit von Männchen ( $\bar{x}$  = 9,3 Tage) und Weibchen ( $\bar{x}$  = 7,0 Tage). Elliott (1994) fand bei laichenden Meerforellen, daß große Weibchen zuerst ablaichen und daß es eine negative Korrelation zwischen Körperlänge der Weibchen und Ablaichzeitpunkt gibt. Sakowicz (1962) stellte zudem im polnischen Wdzydze-See fest, daß die Länge der ablaichende Seeforellen-Weibchen (*S. trutta m. lacustris*) im Verlauf der Laichsaison abnimmt. Auch in unseren Untersuchungen begannen zuerst die Männchen bei Durchflüssen von zum Teil unter 300 L/s (1997) Mitte Oktober mit der Wanderung, bevor dann die Weibchen und unter ihnen zuerst die großen Weibchen in der Reuse gefangen wurden. Sollten sich die niedrigen Wasserstände auf die Laichwanderung auswirken, müßten daher be-

sonders die Migration und Reproduktion der Männchen und eventuell der großen Weibchen gestört sein. In unseren Untersuchungen ermittelten wir einen Männchenanteil von 42% (1996) und 48% (1997) bei der Passage der FAH. In vielen Bächen Norwegens (Jonsson 1985) überwiegen die Männchen. Allerdings gibt es auch Beispiele für ein ausgeglichenes Geschlechterverhältnis oder ein Überwiegen der Weibchen (Jonsson 1989; Enger 1936). Elliott (1994) fand in seiner Langzeitstudie an Meerforellen im englischen Black Brows Beck zwei geschlechtsreife Männchen pro Weibchen. Unter Ausschluß der kleinen "nbitlings" genannten Männchen, welche die ganze Zeit im Bach verbleiben, dominierten jedoch die Weibchen (Geschlechtsverhältnis 1,2 bis 1,5 zu 1).

#### 4.2. Laichplatznutzung

Die Vergrößerung einer Laichgrube durch ein neues Weibchen führt meist dazu, daß es zu Sedimentumlagerungen im schon bestehenden Laichbett kommt. Neben vielfältigen Literaturbelegen für dieses Verhalten bei Salmoniden (Hayes 1987; Heggeberger et al. 1988) sprechen dafür auch unsere Beobachtungen an den Laichgruben, die eine sukzessive Nutzung über Zeiträume von drei bis vier Wochen und eine Tendenz zur Vergrößerung der Laichgruben nachwiesen. Wir schließen daraus, daß unterhalb des Wehres Kölln die bereits befruchteten Eier eines erheblichen Teils der Weibchen im Verlauf der Fortpflanzungsperiode durch nachfolgende Laichgrubenaktivitäten aus den Gruben verdriftet werden. Es ist daher zu erwarten, daß in diesem Flußabschnitt eine wesentlich höhere Ei- und Larvalmortalität in den ersten drei bis vier Wochen nach der Befruchtung auftritt als im darüberliegenden Nebelabschnitt. Fahy (1985) stellt neben zufällig wirkenden Umwelteinflüssen wie Trockenfallen des Gewässers zur Laich-



zeit und Verlusten im Winter die dichte-regulierte Übernutzung von Laichplätzen als eine der wichtigsten Ursachen für die Abundanzschwankungen von adulten Forellen dar. Horton (1961) spricht sogar von einer optimalen Dichte laichender Weibchen in einem englischen Bach. Crisp et al. (1974) fanden zwar auch erhebliche jährliche Schwankungen in der Zahl der Forellenlarven, vermuteten aber eher Mortalitätschwankungen im Ei- und Larvalstadium als Ursache, denn Unterschiede im Laicherfolg während der Laichzeit. Unabhängig vom Ausmaß der Wirkungen der Laichplatzkonkurrenz dürfte jedoch die von Elliott (1987) und Mortensen (1977) beschriebene dichteabhängige Sterblichkeit in der Larvalphase ebenfalls zu einer höheren Larvalmortalität unterhalb des Wehres Kölln führen.

Darüber hinaus wurden zum Laichhöhenpunkt unterhalb des Wehres Kölln kaum kleine Laichgruben gezählt. Im darüberliegenden Abschnitt bis Kuchelmiß waren immer über 40% aller Gruben klein. Da kleine Gruben neben der Nutzung durch kleine Weibchen (Ottaway et al. 1981) vor allem probeweise vor der Anlage der eigentlichen Laichgrube angelegt werden, kann der prozentuale Anteil als Indiz der Ausnutzung der Habitatkapazität gewertet werden. Danach wird die vorhandene Kapazität zur Anlage von Laichgruben unterhalb des Wehres Kölln viel stärker ausgenutzt, d.h. einmal angelegte Gruben werden zum großen Teil auch für die Reproduktion genutzt. Dies steht auch im Einklang mit dem geringeren zur Reproduktion zur Verfügung stehenden Raum in diesem Gewässerabschnitt.

### Danksagung

Die Untersuchungen fanden mit Unterstützung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (Förderkennzei-

chen 0339541 bzw. 0339535) statt. An den Geländeuntersuchungen waren U. Binner, D. Fabian, A. Hagenguth, D. Lämmel, U. Mörchlen und K. Schenk beteiligt. Für die Reusenkontrollen wird besonders Herrn G. Trost aus Güstrow gedankt. Besonderer Dank gilt Herrn Dr. Spieß für die Unterstützung bei der Arbeit und der Durchsicht des Manuskriptes und Herrn Dr. Winkler für die Altersbestimmung der Forellen. Darüber hinaus danken wir dem Landesanglerverband Mecklenburg-Vorpommern e.V. für die Unterstützung.

### Literatur

- Armstrong, J.D., Herbert, N.A. 1997. Homing movements of displaced stream-dwelling brown trout. *J. Fish Biol.* 50, 445-449.
- Bohlin, T. 1977. Habitat selection and inter-cohort competition of juvenile sea-trout, *Salmo trutta*. *Oikos* 29, 112-117.
- Bridcut, E.E., Giller, P.S. 1993. Movement and site fidelity in young brown trout *Salmo trutta* populations in a southern Irish stream. *J. Fish. Biol.* 43, 889-899.
- Crisp, D., Mann, R.H.K., McCormack, J.C. 1974. The populations of fish at Cow Green, Upper Teesdale, before impoundment. *J. appl. Ecol.* 11, 969-996.
- Dynesius, M., Nilsson Ch. 1994. Fragmentation and flow regulation of river systems in the northern third of the world. *Science* 226, 753-762.
- Elliott, J.M. 1987. Population regulation in contrasting populations of trout *Salmo trutta* in two lake district streams. *J. Animal Ecol.* 56, 83-98.
- Elliott, J.M. 1994. Quantitative Ecology and the brown trout. Oxford University Press Oxford, New York, Tokyo.
- Enger, M. 1936. XXII. Zur Monographie der Bachforelle. *Z. Fischerei* 34, 363-384.
- Evensen, T.H. 1985. Migration of brown trout (*Salmo trutta* f.) at a weir basin in an regulated river in Western Norway, pp 321-327. In: Regulated rivers (A. Lilleham, J. Stalweit, eds). Universitetsforlaget, AS Oslo.



- Fahy, E. 1985. Cyclic fluctuations in the abundance of trout *Salmo trutta* L. Arch. Hydrobiol. Suppl. 70, 404-428.
- Grost, R., Hubert, W.A. 1991. Description of brown trout redds in a mountain stream. Trans. Amer. Fisheries Society 120, 582-588.
- Hayes, J.W. 1987. Competition for spawning-space between brown (*Salmo trutta*) and rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in a lake inlet tributary, New Zealand. Can. J. Aquat. Sci. 44, 40-70.
- Heggebergerget, T.G., Haukebo, T., Mork, J., Stahl, B. 1988. Temporal and spatial segregation of spawning in sympatric populations of Salmon, *Salmo salar* L., and brown trout, *Salmo trutta* L. J. Fish Biol. 33, 347-356.
- Hesthagen, T. 1988. Movements of brown trout, *Salmo trutta*, and juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*, in a coastal stream in northern Norway. J. Fish Biol. 32, 639-653.
- Horton, P.A. 1961. The binomics of brown trout in a Dartmoor stream. J. Animal Ecol. 30, 311-338.
- Jonsson, B. 1985. Life history patterns of freshwater resident and sea-run migrant brown trout in Norway. Trans. Amer. Fish. Soc. 114, 182-194.
- Jonsson, B. 1989. Life history and habitat use of Norwegian brown trout (*Salmo trutta*). Freshwater Biol. 21, 71-86.
- Jonsson, N., Jonsson, B., Aass, P., Hansen, L.P. 1995. Brown trout *Salmo trutta* released to support recreational fishing in a Norwegian fjord. J. Fish Biol. 46, 70-84.
- Krappe, M., Lemcke, R., Spieß, H.-J., Waterstraat, A., Winkler, H. 1996. Einfluß von Störungen und Zerschneidungen auf Neunaugenpopulationen und Fließgewässerichthyozönosen. Schr. Landesamt Um. Nat. Meck.-Vorp. 1, 67-70.
- Laughton, R., Smith, G.W. 1992. The relationship between the date of river entry and the estimated spawning position of adult Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in two major Scottish east coast rivers, pp 423-433. In: Wildlife telemetry (Priede, I.G., Swift, S.M. eds). Horwood, Chichester.
- Le Cren, E.D. 1965. Some factors regulating the size of populations of freshwater fish. Mitt. Int. Verein Theor. Angew. Limnologie 13, 88-105.
- Mehl, D., Köcker, H., Hellmuth, O., Pivarci, R. 1995. Das Flußgebiet der Nebel - eine naturräumliche Charakterisierung. Nach. entomol. Ver. Apollo, Suppl. 15, 19-40.
- Moore, A., Russel, I., Potter, E.C.E. 1990. The effects of intraperitoneally implanted dummy acoustic transmitters on the behaviour and physiology of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) J. Fish Biology 37, 713-721.
- Moore, A., Potter, E.C.E., Buckley, A.A. 1992. Estuarine behaviour of migrating Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts, pp389-399. In: Wildlife Telemetry (Priede, I.G., Swift, S.M. eds). Horwood, Chichester.
- Mortensen, E. 1977. Population, survival, growth and production of trout *Salmo trutta* in a small Danish stream. Oikos 28, 9-15.
- Okland, F., Heggebergerget, T.G., Jonsson, B. 1994. Migratory behaviour of wild and farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) during spawning. J. Fish Biol. 33, 1-7.
- Ottaway, E.M., Carling, P.A., Clarke, A., Reader, N.A. 1981. Observations on the structure of brown trout, *Salmo trutta* L., redds. J. Fish Biol. 19, 593-607.
- Sakowicz, S. 1962. The course of spawning of trout (*Salmo trutta m. lacustris* L.) from Wdzydze lake in 1960. Acta hydrobiol. 4, 39-45.
- Solomon, D.J. 1982. Migration and dispersion of juvenile brown and sea trout, pp 136-145. In: Proceedings of the salmon and trout migratory behavior symposium (Brannon, E.L., Salo, E.O., eds), Seattle, Washington: School of Fisheries. University Washington.
- Spieß, H.-J., Waterstraat, A. 1990. Results of endangered species of fish and cyclostomes from three streams of the GDR. Int. Rev. ges. Hydrobiol. 75, 619-638.
- Spieß, H.-J., Waterstraat, A. 1993. Zur Ökologie von Fischen und Rundmäulern der Nebel (Land Mecklenburg-Vorpommern) und Ableitung von Schutzmaßnahmen. Arch. Naturschutz, Landschaftsforschung 32, 113-133.
- Stuart, T.A. 1953. Spawning migration, reproduction and young stages of the Loch trout (*Salmo trutta*). Scot. Home Dept. Freshwat. Salmon Fish. Res. 5, 1-39.
- Summerfelt, R.C., Smith, L.S. 1990. Anesthesia, surgery and related techniques, pp 213-272. In: Methods of fish biology (Schreck, C.B., Moyle, P.B. eds). American Fisheries Society, Bethesda.

- Waterstraat, A., Baier, H., Holz, R., Spieß, H.-J., Ulbricht, J. 1996: Unzerschnittene störungsarme Landschaftsräume - Versuch der Beschreibung eines Schutzgutes. Schr. Landesamt Um. Nat. Meck.-Vorp 1, 5-24.
- Winkler, H.M. 1990. Einige Hinweise zur Altersbestimmung von Fischen. Ichthyofaunistik, 29-42.
- Young, M.K. 1996. Summer movements and habitat use by Colorado River cutthroat trout (*Oncorhynchus clarki pleuriticus*) in small montane streams. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53, 1403-1408.