

Diss. ETH Nr. 11624

**Populationsdynamik und Reproduktionsbiologie
der Bachforelle (*salmo trutta fario* L.) in einem
hochalpinen Fliessgewässer**

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels
Doktorin der Naturwissenschaften
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

Vorgelegt von
Claudia Friedl
Dipl. phil. nat. Universität Zürich
geboren am 19. Juli 1960
von St. Gallen-Rotmonten (SG)

Angenommen auf Antrag von:
Prof. Dr. A. J. B. Zehnder, Referent
Dr. A. Peter, Korreferent
Prof. Dr. J. Heggenes, Korreferent

BOKOS Druck
Zürich 1996

Zusammenfassung

Im hochalpinen, oberhalb der Waldgrenze liegenden Abschnitt der Julia (>1800 m ü. M.) wurden in den Jahren 1991 - 1993 Untersuchungen zur Populationsdynamik und zur Reproduktion der einzigen anwesenden Fischart, der Bachforelle (*salmo trutta fario* L.), durchgeführt.

Entsprechend der Physiographie des Oberlaufes wurden als Teststrecken zwei steile Abschnitte (1 und 2) und ein flacher Abschnitt (3) im longitudinalen Verlauf gewählt. Die durch mehrere quantitative Abfischungen ermittelte Biomasse in den drei Strecken war sehr unterschiedlich. Eine für hochalpine Bäche hohe Biomasse von durchschnittlich 149.5 kg/ha ($s= 13.9$) wurde für die mittlere, steile Strecke 2 ermittelt, gefolgt von der am höchsten gelegenen Strecke 1 (83.9 kg/ha, $s= 5.6$) und schliesslich von der am tiefsten gelegenen und flachen Strecke 3 (55.1 kg/ha, $s= 10.5$). Gleiche Verhältnisse wurden bei der Abundanz festgestellt. Um den Grund für diese Unterschiede zu ermitteln, wurde eine Habitatsanalyse durchgeführt. Einzelne Habitatvariablen wie Tiefe, Fliessgeschwindigkeit (am Grund und an der Oberfläche) und Substrat variierten zwischen den Strecken wenig, was mit der allgemein ausgeprägten strukturellen Heterogenität des Bachbettes zusammenhing. Die Differenzen im Fischbestand waren hauptsächlich auf den unterschiedlichen Poolanteil zurückzuführen, der in der steilen Strecke 2 rund 26% und in der flachen Strecke 3 rund 3 % des Gesamtvolumens ausmachte.

Die tiefen Temperaturen im Winter bewirkten einen sechsmonatigen Längenwachstumsstillstand der Fische. Damit begründet sich ihre Langsamwüchsigkeit, welche sich bei Individuen ab etwa dem 6. Lebenssommer weiter ausprägte. Die bekannten Zusammenhänge zwischen Langsamwüchsigkeit und einer Langlebigkeit, einem verspäteten Eintritt der 1. Geschlechtsreife konnten bestätigt werden. Durch die Markierungen und späteren Wiederfänge konnte eine Falschbestimmung des Alters vermieden werden, welche durch die Wachstumsreduktion der älteren Fische möglich wäre. Die Weibchen erreichten die Geschlechtsreife erst im Alter von 4+ und 5+, die meisten Männchen im Alter von 3+. Als Kompensationen der hohen Energieinvestition in die Reproduktion konnte neben einem geschlechtsunspezifischen Rückgang des somatischen Wachstums ein hauptsächlich bei den Weibchen auftretendes Aussetzen von Laichperioden und eine unnatürliche, unsynchron verlaufende Eireifung festgestellt werden.

II

Im Herbst steigerten die 0+-Fische die Abundanz in den Strecken massiv, vor allem in Strecke 2. Die Jungfische stammten jedoch nahezu vollständig aus dem Ende Juli/Anfang August erfolgten Besatz. Die Umweltbedingungen für die Besatzfische (mittlere TL: 67 ± 11 mm) waren in allen 3 Abschnitten ausreichend, so dass die Besatzmortalität bis zum Winteranfang lediglich 40 - 60 % betrug. Die Ueberlebenschance dieser 0+-Besatzfische scheint einerseits von der Dichte der 1+-Fische, andererseits vor allem in den steilen Abschnitten vom Auftreten extremer Hochwasserereignisse abhängig zu sein.

Anhand der Vibertexperimente konnte jedoch auch in hohen Lagen eine erfolgreiche Embryonalentwicklung nachgewiesen werden. Trotz tiefer Wassertemperaturen, welche gelegentlich geringfügig unter den Nullpunkt fielen, entwickelten sich die Eier über den Winter hindurch kontinuierlich. Die Dauer bis zum Schlüpfen betrug in 2180 m ü. M. rund 190 Tage (Ende Mai) und die Emergenz erfolgte erst Anfang August. Als kritische Phase erwies sich das Ende des Lebensabschnittes in der Kiessohle, wo die Abflussverhältnisse durch Geschiebeverfrachtungen in weiten Teilen zum limitierenden Faktor wurden. Die zwei einzigen Orte im hochalpinen Abschnitt der Julia, an denen wilde 0+-Fische gefangen wurden, waren Seitengerinne der flachen Strecken in Capalotta auf 1850 m ü. M. und im Septimerbach auf 2120 m ü. M..

Die Resultate zeigten deutlich, dass in den hohen Lagen in den steilen Strecken die höchsten Biomassen und Abundanzen erreicht wurden, während eine erfolgreiche Reproduktion fast ausschliesslich an Stellen mit verzweigten Bachläufen und sehr flachen Zuflüssen stattfinden konnte. Die im hochalpinen Bach seltenen, potentiellen Reproduktionsgebiete verlangen daher aufgrund ihrer ökologischen Bedeutung einen umfassenden Schutz.

Der hohe Anteil an Besatzfischen in der vorhandenen Population weist darauf hin, wie stark beeinträchtigt die ursprüngliche, an die harten Umweltbedingungen adaptierte Lokalpopulation sein muss. Ein Schutz dieser ökologisch wertvollen, hochalpinen Marginalpopulationen kann wahrscheinlich nur durch einen Besatzstop gewährleistet werden.

Summary

In 1991-93, in the high alpine section of the Julia River, above the treeline (> 1800 m a.s.l.), investigations were carried out into the population dynamics and reproduction of the only fish species present, the brown trout (*Salmo trutta fario* L.).

For the purposes of this study, two steep reaches (no. 1 and 2) and one flat reach (no. 3) of the stream were chosen as being representative of the physiography of the upper part of the stream. The fish biomass in the three reaches, determined by electrofishing, differed considerably. The middle reach (no. 2), had an average biomass of 149.5 kg/ha (st. dev. = ± 13.9 kg/ha), a rather high value for a high alpine stream. Biomass determinations were lower in the highest reach (no. 1; 83.3 ± 5.6 kg/ha), and lower still in the lowest reach (no. 3; 55.1 ± 10.5 kg/ha). The situation with respect to abundance was similar. To determine the reasons for these differences, a habitat analysis was carried out. As a consequence of the general structural heterogeneity of the stream bed, individual habitat variables such as depth, flow velocity (measured directly above the stream bed and at the surface) and substrate varied little among the three reaches. The differences in biomass and abundance were found to be due mainly to differences in the proportion of pools present in the steep and flat reaches: pools accounted for 26% of the total volume of reach no. 2, but only about 3% of the total volume of reach no. 3.

Low temperatures in winter resulted in a six-month period of no growth. This is the reason for their low mean growth rate, especially noticeable after approximately their sixth summer. The well-known relationship between low growth rate, longevity, and late onset of sexual maturity was confirmed. Errors in age determination due to growth reduction in older fish were avoided by tagging and recatching. Females did not attain sexual maturity until the age of 4+ or 5+, whereas most males attained sexual maturity at the age of 3+. Compensating for the large amount of energy invested in reproduction, an interruption in spawning and an unnatural, asynchronous egg maturation process was observed in addition to a sexually non-specific decline in somatic growth.

In autumn the abundance of 0+ fish underwent a huge increase, especially in reach 2. However, these young-of-the-year originated almost without

IV

exception from the stocking which had taken place previously at the end of July and beginning of August. Environmental conditions in all three reaches were sufficient for survival of the stocked fish (mean total length = 66 ± 11 mm), so that their average mortality up to the beginning of winter was only 40 - 60 %. The survival chances of the 0+ stocked fish seemed to be, however, highly dependent on the population density of 1+ fish. Especially in the steep reaches, the occurrence of extreme high-water events probably eliminated a large proportion of the 0+ and 1+ age groups.

Based on Vibert experiments, it was shown that embryo development progressed successfully even at high altitudes. Despite occasional marginal below-zero watertemperatures, embryo development proceeded uninterruptedly throughout the entire winter, the embryos taking about 190 days to reach hatching (end of May) and they emerge at beginning of August) at an altitude of 2180 m a.s.l. The critical period for survival proved to be the end of the intragravel phase, where flow conditions, depending on the transport of bed material, became limiting. The only two locations in the high alpin section of the Julia River where wild 0+ fish were caught were side branch of the flat reaches of the stream in Capalotta (1850 m a.s.l.) and in Septimerbach (2120 m a.s.l.).

These results clearly show that at high altitudes, the highest values of biomass and abundance were attained in steep stream reaches, whereas naturally emerged fry were almost exclusively found at locations with braided stream morphology and very flat tributaries. The rare potential reproduction areas therefore require extensive protection.

The high amount of stocked fish in the present population points to the strong affect of the original local fish population. To stop stocking will probably be the most efficient proceeding to protect the ecological valuable marginal population of the high mountain streams.