

8 Korngrößenverteilung und biologisch-ökologische Merkmale der Bachforelle

Im vorliegenden Kapitel werden am Beispiel der Bachforelle – der dominanten Fischart in den meisten Schweizer Fließgewässern – alters- und geschlechtsspezifische Habitatpräferenzen sowie ortsspezifische biologisch-ökologische Merkmale untersucht, so z. B. die Grösse der Weibchen beim Erreichen der Geschlechtsreife und Merkmale der Jungfische. Diese Aspekte sollten bei der Entwicklung von Strategien zur Milderung der Auswirkungen von Substratbeeinträchtigungen auf ökologisch und ökonomisch wichtige Fischarten in Schweizer Fließgewässern berücksichtigt werden.

Kunio Takatsu, Marcel Michel, Darryl McLennan, Lucas Aerne und Jakob Brodersen

8.1 Einleitung

Von allen Umweltfaktoren, die die Habitatqualität für Organismen bestimmen, spielt das Substrat für die Mehrheit der in Fließgewässern vorkommenden Tiere – Fische, Amphibien und Wasserinsekten – eine besonders wichtige Rolle. Substrate von geeigneter Grösse bieten Schutz sowie hochwertige Laich- und Aufwuchshabitate und sorgen damit für dynamischere Nahrungsnetze und ein reichhaltiges Nahrungsangebot (Brown 2003; Jonsson und Jonsson 2011). Entsprechend kann sich jegliche Veränderung des Fließgewässersubstrats auf die davon abhängenden Tiere auswirken. Dieser Aspekt ist heute besonders wichtig, weil das Fließgewässersubstrat zunehmend beeinträchtigt wird, insbesondere durch menschliche Aktivitäten wie den Bau von Wasserkraftanlagen (Baxter 1977; Chen *et al.* 2015). Für die Entwicklung geeigneter Massnahmen zur Sanierung von Substratbeeinträchtigungen ist es auch wichtig zu untersuchen, wie das Fließgewässersubstrat die Merkmale einzelner Organismen (z. B. Wachstums-, Entwicklungs- und Reproduktionsraten) sowie die Populationsstruktur der Fließgewässerorganismen insgesamt beeinflusst. Im vorliegenden Kapitel werden am Beispiel der Bachforelle (*Salmo trutta*) in Schweizer Fließgewässern die Zusammenhänge zwischen Substratstruktur, Populationsstruktur und organismischen Merkmalen beleuchtet.

Bachforellen in Schweizer Fließgewässern eignen sich aus mehreren Gründen für die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Substratstruktur und

biologisch-ökologischen Merkmalen. Erstens ermöglicht ihre weite Verbreitung in der Schweiz die Analyse von Populationen, die aus Habitaten mit unterschiedlichen Substratstrukturen stammen. Die Untersuchung der Unterschiede zwischen den biologisch-ökologischen Merkmalen in den Populationen liefert Erkenntnisse zum Einfluss der Substratstruktur auf die Ökologie der Bachforelle. Die Bachforelle ist in der Schweiz nicht nur weit verbreitet, sondern stellt in den meisten Schweizer Fließgewässern die dominierende Fischart dar. Aus den Daten des «Progetto Fiumi», der von der Eawag 2013–2018 durchgeführten Referenzsammlung für Schweizer Flussfische, geht beispielsweise hervor, dass in 69 % der beprobten Fließgewässer über die Hälfte der gefangenen Fische Bachforellen waren (212 von 308 Probenahmestellen; Brodersen *et al.* 2023). Die Bachforelle ist zudem als ökologisch und ökonomisch wichtige Art anerkannt (Box 11). Veränderungen der Bachforellenpopulationen können daher gravierende Konsequenzen auf andere in der Lebensgemeinschaft vorkommende Arten haben. Kenntnisse zu den Einflüssen der Substratstruktur auf die Ökologie der Bachforelle sind deshalb unverzichtbar, um die Auswirkungen von Substratveränderungen, z. B. Kompensation von Sand- und Kiesdefizit, auf die Lebensgemeinschaften in Schweizer Fließgewässern vorherzusagen. Im vorliegenden Kapitel beschreiben wir die Ergebnisse von Erhebungen, mit denen die möglichen Einflüsse des Substrats auf die biologisch-ökologischen Merkmale von Forellen analysiert wurden. Dabei wurde insbesondere Folgendes untersucht: (i) alters- und geschlechtsspezifische Unterschiede in der Habitat- respektive Substratpräferenz von

Forellen; (ii) Grössenunterschiede der Forellenweibchen bei Geschlechtsreife in Abhängigkeit von der Substratstruktur.

8.2 Alters- und geschlechtsspezifische Unterschiede der Substratpräferenz

Die Substratstruktur kann die räumliche Verteilung der Bachforelle beeinflussen: Bachforellen hängen stark von Beutetieren auf der Substratoberfläche und im Kieslückensystem ab und sind Kieslaicher (Armstrong *et al.* 2003; Jonsson und Jonsson 2011). Wie bei den meisten Tierarten (Werner und Gilliam 1984) kommt es auch bei den Bachforellen im Verlauf des Lebens zu einem Nahrungswechsel (Jonsson und Jonsson 2011). Zudem sind es die Weibchen, die beim Laichen die Laichgruben ins Substrat graben; die Männchen sind an dieser Tätigkeit nicht beteiligt (Jonsson und Jonsson 2011). Daher ist zu erwarten, dass sich die Substratpräferenz der Bachforelle nach Alter und Geschlecht unterscheidet. Solche alters- und geschlechtsspezifischen Unterschiede bei der Substratpräferenz von Salmoniden, einschliesslich der Bachforelle, sind bereits gut dokumentiert (Armstrong *et al.* 2003; Aas *et al.* 2011; Jonsson und Jonsson 2011). Anhand einer Bachforellenpopulation im Latrejebach im Kanton Bern (46°37'18"N, 7°46'04"E; Abb. 46) untersuchten wir,

ob die in früheren Studien nachgewiesenen alters- und geschlechtsabhängigen Substratpräferenzen auch in einer Schweizer Fliessgewässerpopulation zu beobachten sind (Aerne 2020). In dem kleinen Fliessgewässer ermittelten wir die räumliche Verteilung der Bachforellen Anfang Oktober, d. h. nur wenige Wochen vor Beginn der Laichzeit. Die Probenahmestelle hatte eine Gesamtlänge von 210 m entlang des Fliessgewässers und wurde in 14 Teilabschnitte von 11,5–19 m Länge unterteilt. In jedem Teilabschnitt erhoben wir die Bachforellendichte. Gleichzeitig bestimmten wir in jedem Teilabschnitt folgende abiotischen Umweltvariablen: die mittlere Wassertiefe, Breite und Fliessgeschwindigkeit sowie die mittlere Korngrösse. Zudem erhoben wir in jedem Teilabschnitt die Dichte der wirbellosen Beutetiere. Danach analysierten wir die Zusammenhänge zwischen der räumlichen Verteilung der Forellen, dem Alter, dem Geschlecht und den abiotischen und biotischen Umweltvariablen.

Die Teilabschnitte unterschieden sich deutlich hinsichtlich Bachforellendichte und der lokalen Umweltvariablen. Die Forellendichte veränderte sich mit der mittleren Korngrösse. Wie erwartet, unterschied sich der Zusammenhang dabei je nach Alter und Geschlecht, war jedoch wegen der geringen Anzahl Messwiederholungen meistens nur knapp signifikant (Abb. 47). Insbesondere nahm

Abbildung 46

Foto der Probenahmestelle am Latrejebach (BE).

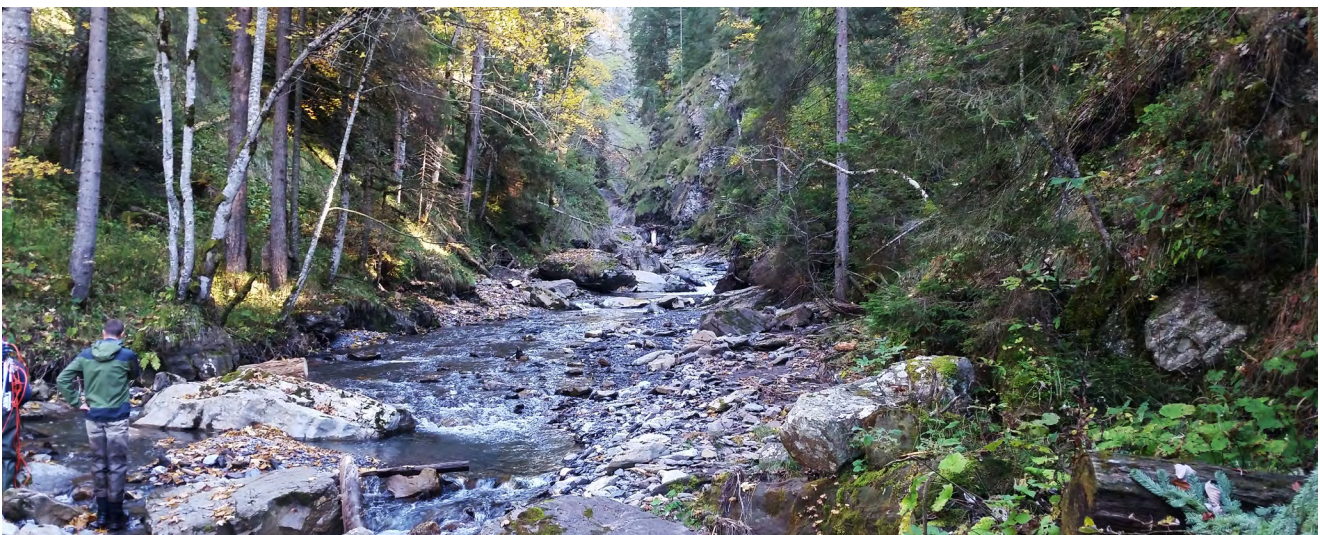
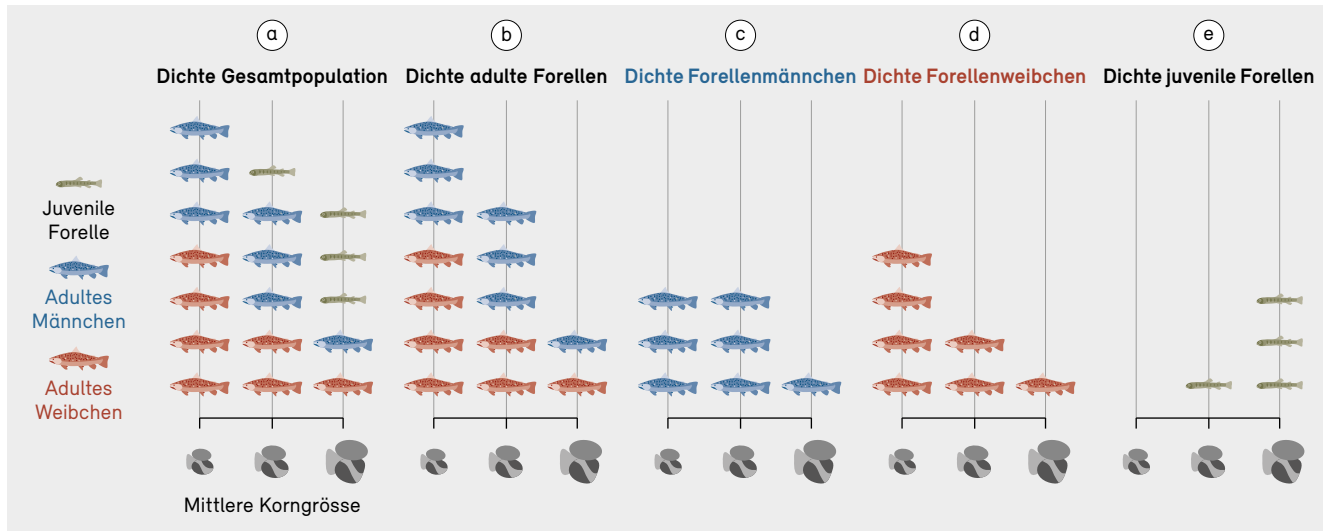


Foto: K. Takatsu

Abbildung 47

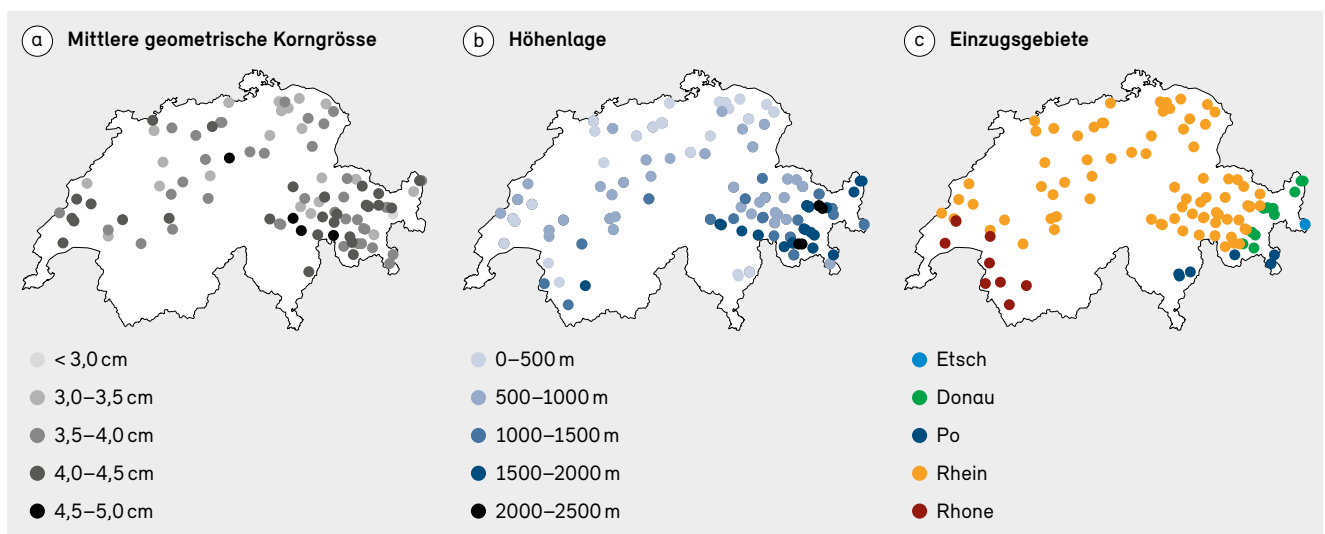
Zusammenhang zwischen mittlerer Korngrösse und Dichte der (a) Gesamtpopulation der Forellen, (b) adulten Forellen, (c) adulten Forellmännchen, (d) adulten Forellenweibchen und (e) juvenilen Forellen im Latrejebach.



Quelle: Aerne (2020)

Abbildung 48

Karte von 120 Probenahmestellen an Schweizer Fließgewässern. Variation der (a) mittleren geometrischen Korngrösse, (b) Höhenlage und (c) Einzugsgebiete. Die mittlere geometrische Korngrösse (d_g) wurde anhand der folgenden Gleichung ausgerechnet: $d_g = (D84) * (D16)^{0.5}$ (Kondolf und Wolman 1993), wobei D16 und D84 das 16. bzw. das 84. Perzentil des Substratdurchmessers sind.



Quelle: Progetto Fiumi und Eawag

die Gesamtdichte der Bachforellen mit zunehmender mittlerer Korngrösse ab (Abb. 47a). Unsere Ergebnisse legen jedoch nahe, dass dieser Zusammenhang je nach Lebensphasenstruktur und Geschlechterverhältnis der Population variiert. Erstens nahm die Gesamtdichte der adulten Tiere mit zunehmender mittlerer Korngrösse ab (Abb. 47b). Dieser negative Zusammenhang war bei adulten Weibchen stärker ausgeprägt als bei adulten Männchen (Abb. 47c, d). Zusätzliche Analysen zeigten, dass der stark negative Zusammenhang zwischen der Dichte adulter Weibchen und der mittleren Korngrösse teilweise darauf zurückzuführen ist, dass die Weibchen Teilabschnitte mit einem höheren Anteil an potenziellem Laichsubstrat bevorzugten (< 10 % Körperlänge der Weibchen; Kondolf und Wolman 1993). Im Gegensatz dazu nahm die Dichte der juvenilen Forellen mit steigender mittlerer Korngrösse zu (Abb. 47e). Zusätzliche Analysen zeigten, dass dieser positive Zusammenhang teilweise darauf zurückzuführen ist, dass juvenile Forellen Teilabschnitte mit höherem Vorkommen an Beutetieren vorziehen. Generell stimmen diese Ergebnisse mit Erkenntnissen aus früheren Studien zu alters- und geschlechtsspezifischen Habitatpräferenzen von Bachforellen und anderen Salmonidenarten überein (Armstrong *et al.* 2003). Dies zeigt, dass es für den Schutz der Fischpopulationen insgesamt wichtig ist, die räumliche Heterogenität von Habitaten resp. Substraten in einem Fließgewässer zu erhalten.

8.3 Zusammenhang zwischen Grösse der Weibchen bei Erreichen der Geschlechtsreife und Substratstruktur

Wie die oben beschriebene Studie über Bachforellen im Latrejebach verdeutlicht (Abb. 47), ziehen adulte Bachforellenweibchen Habitate mit geeignetem Laichsubstrat vor. Diese Präferenz wird teilweise durch die Grösse der Forellenweibchen bestimmt (Kondolf und Wolman 1993). Vermutlich haben die Weibchen die Habitatpräferenz erworben und beibehalten, weil das Besetzen eines Habitats mit geeignetem Laichsubstrat ihren Fortpflanzungserfolg stark beeinflusst. Neben der Variabilität innerhalb eines Fließgewässers unterscheidet sich die Substratstruktur auch zwischen den Gebirgsgewässern der Schweiz (Abb. 48a). In 120 Fließgewässern mit Bachforellen (Referenzsammlung

des «Progetto Fiumi» für Schweizer Flussfische) betrug die grösste mittlere Korngrösse das 1,7-fache der kleinsten mittleren Korngrösse (Abb. 48a). Daher ist davon auszugehen, dass Weibchen in Fließgewässern mit grösserer durchschnittlicher Korngrösse bei grösserer Körpergrösse geschlechtsreif werden (Riebe *et al.* 2014). Die Betrachtung des Zusammenhangs zwischen Grösse der Weibchen bei Erreichen der Geschlechtsreife und lokaler Substratstruktur liefert wertvolle Hinweise, um Substratsanierungsmassnahmen auf mögliche schädliche Auswirkungen auf Bachforellen zu prüfen (z. B. Zugabe von feinem/grobem Kies). In der vorliegenden Studie wurden Grösse und Reifestatus von 562 Bachforellenweibchen untersucht, die im Rahmen des «Progetto Fiumi» in 120 Flüssen der Schweiz erfasst worden waren (Abb. 48). Besondere Aufmerksamkeit galt dem Zusammenhang zwischen mittlerer Korngrösse und Grösse des Weibchens bei Erreichen der Geschlechtsreife.

Generell wurden grössere Weibchen eher als geschlechtsreif eingestuft, unabhängig von ihrer Herkunft. Allerdings zeigten sich auch bei gleich grossen Weibchen Unterschiede im Reifestatus. Wenn wir annehmen, dass grössere Weibchen in einem Fließgewässer mit grösserem Substrat einen Vorteil haben, so würden wir erwarten, dass ein Forellenweibchen einer gegebenen Grösse aus einem Fließgewässer mit grösserer mittlerer Korngrösse nicht als geschlechtsreif eingestuft wird, ein gleich grosses Weibchen aus einem Fließgewässer mit kleinerer mittlerer Korngrösse jedoch schon. Entgegen dieser Erwartung fanden wir allerdings keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der mittleren Korngrösse und dem Reifestatus der Weibchen. Dagegen stellten wir fest, dass der Reifestatus der Weibchen je nach Höhe der Probenahmestelle und je nach Einzugsgebiet in der Schweiz (d. h. Etsch, Donau, Po, Rhein und Rhone; Abb. 49) variierte. Erstens wurden Forellenweibchen aus höheren Höhenlagen bei einer bestimmten Grösse häufiger als geschlechtsreif eingestuft als solche aus niedrigen Höhenlagen. Entsprechend sind Forellenweibchen aus höheren Höhenlagen bei Geschlechtsreife kleiner als solche aus niedrigen Höhenlagen (Abb. 49a). Zweitens schwankte die Wahrscheinlichkeit, dass ein Forellenweibchen bei einer bestimmten Grösse und Höhenlage als geschlechtsreif eingestuft wurde je nach Einzugsgebiet: Po > Rhein > Etsch > Rhone > Donau. Somit waren die Weibchen zum Zeitpunkt der Geschlechtsreife in der Donau am grössten und in der Po-Ebene am kleinsten (Abb. 49b).

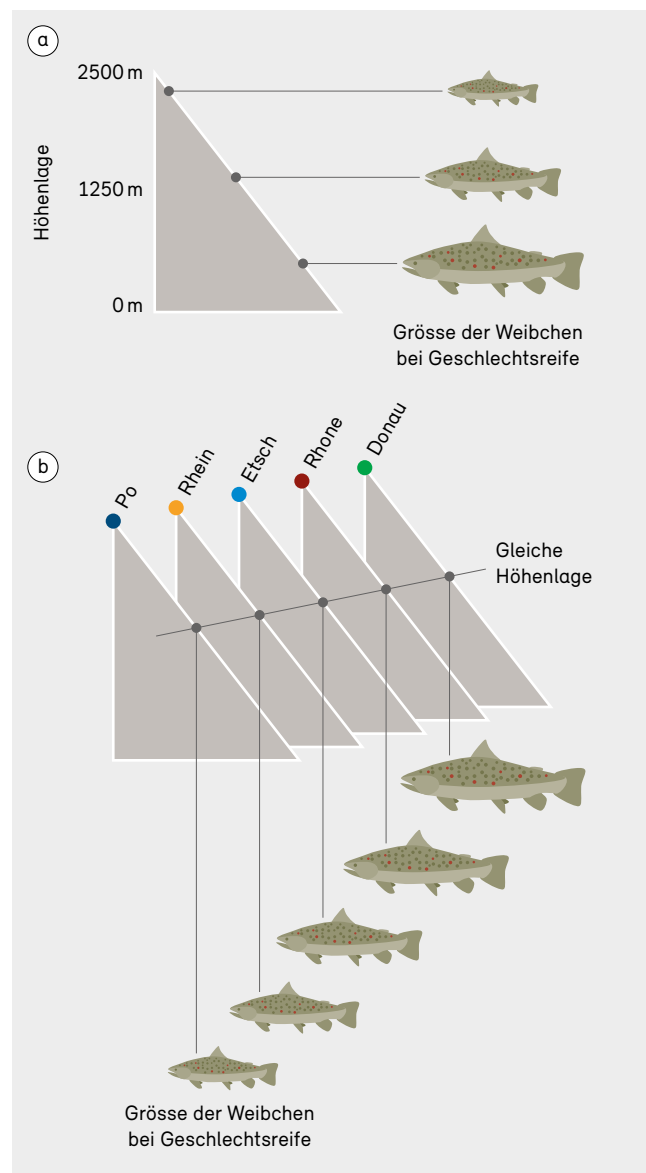
Interessanterweise variierten nicht nur die Körpergrösse der Weibchen bei Geschlechtsreife je nach Höhe der Probenahmestelle, sondern auch Merkmale in der Frühentwicklung, der Zeitraum bis zur Emergenz und die Grösse beim Verlassen der Laichgrube. In einer weiteren Studie zogen wir Bachforellenembryonen von 14 Populationen aus verschiedenen Höhenlagen in drei Einzugsgebieten (Donau, Po, Rhein) im Kanton Graubünden auf. Obwohl wir die Embryonen unter gleichen Bedingungen hielten (d. h. ein «Common-Garden»-Experiment), zeigten die Forellen aus höheren Lagen einen kürzeren Zeitraum bis zur Emergenz und waren kleiner als diejenigen aus niedrigen Höhenlagen (Abb. 50). Diese Unterschiede je nach Höhenlage ergaben sich z. T. daraus, dass die Eier von Forellen aus höheren Höhenlagen kleiner sind (Abb. 51).

Diese Erkenntnisse zu adulten und juvenilen Forellen lassen vermuten, dass Umweltfaktoren, die entlang eines Höhengradienten variieren, wie z. B. die Wassertemperatur, die Dichte von Artgenossen, Fressfeinden und Beutetieren sowie die Artenzusammensetzung, entscheidende Faktoren für sämtliche biologisch-ökologischen Merkmale der Bachforelle bilden. Es wäre interessant zu untersuchen, was die adaptive Bedeutung der kleineren Körpergrössen der Weibchen bei Geschlechtsreife und der früheren Emergenz in kleinen Fließgewässern ist und auch die wichtigsten Umweltfaktoren zu ermitteln, welche zu einer Variation der Merkmale von Lebewesen entlang eines Höhengradienten führen. Ein weiterer interessanter Schritt wären Studien zu den Mechanismen, die die einzugsgebietsspezifischen, biologisch-ökologischen Merkmale der Bachforelle erklären. Es ist zu erwähnen, dass die in dieser Studie ermittelten Zusammenhänge zwischen Höhenlage, Einzugsgebiet, Substratstruktur und biologisch-ökologischen Merkmalen der Forellen durch intensive Besatzmassnahmen mit mehreren Millionen Zuchtforellen allenfalls beeinflusst worden sind (siehe jedoch Keller *et al.* 2011, 2012). Daher wäre es auch nützlich, zu untersuchen, wie sich die Besatzgeschichte auf die Grösse der Weibchen bei Erreichen der Geschlechtsreife und auf die Merkmale der juvenilen Forellen auswirkt.

Da die Grösse der Weibchen für ihre Substratpräferenz mitbestimmend ist (Kondolf und Wolman 1993), ist zu erwarten, dass die beobachteten Unterschiede in der Grösse der Weibchen bei Geschlechtsreife mit ihrer Substratpräferenz zusammenhängen. Da z. B. Forellenweibchen aus höheren Höhenlagen bei Geschlechtsreife kleiner sind als jene aus

Abbildung 49

(a) Zusammenhang zwischen Höhenlage und Grösse der Bachforellenweibchen bei Erreichen der Geschlechtsreife. (b) Unterschiede zwischen den Einzugsgebieten punkto Grösse der Weibchen bei Erreichen der Geschlechtsreife.



Quelle: Progetto Fiumi und Eawag

niedrigeren Höhenlagen (Abb. 49a), müssten Erstere kleinere Substrate vorziehen. Ebenso ist zu erwarten, dass Forellenweibchen aus dem Po-Einzugsgebiet, die über alle Schweizer Einzugsgebiete hinweg am kleinsten waren (Abb. 49b), eine deutliche Präferenz für kleinere Substrate zeigen. Kriterien wie Höhe und Einzugsgebiet sollten deshalb bei der Optimierung

von Substratsanierungsmassnahmen zur Förderung der Bachforelle berücksichtigt werden. So sollte z. B. bei der Schüttung von Substrat zur Aufwertung von Laichplätzen an höher gelegenen Standorten und im Po-Einzugsgebiet feinerer Kies verwendet werden als an tiefer gelegenen Standorten bzw. in anderen Einzugsgebieten.

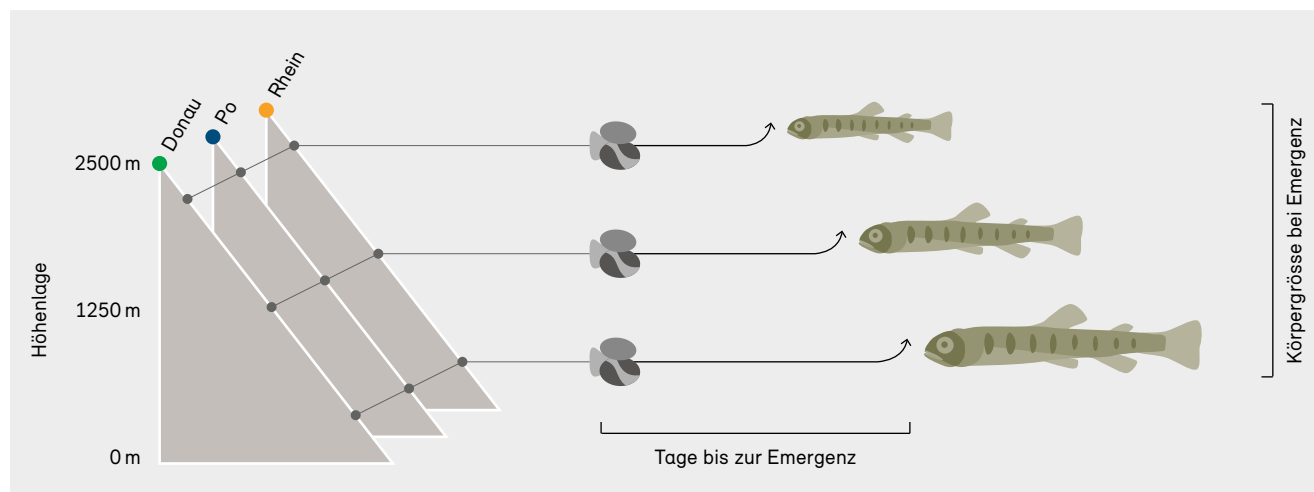
8.4 Auswirkungen auf Strategien zur Förderung der Bachforellenpopulation und zur Habitatverbesserung

In diesem Kapitel stellen wir Ergebnisse aus Erhebungen vor, die zeigen, dass (i) alters- und geschlechtsspezifische Unterschiede bei der Substratpräferenz von Bachforellen bestehen (Abb. 47) und (ii) kein eindeutiger Zusammenhang gefunden werden kann zwischen der Grösse der Weibchen bei Geschlechtsreife und der Substratstruktur, die Grösse der Weibchen bei Geschlechtsreife aber je nach Einzugsgebiet und entlang eines Höhengradienten variiert (Abb. 49). Das erste Ergebnis unterstreicht, dass die Erhaltung der räumlichen Substratheterogenität innerhalb des Fließgewässers eine bedeutende Rolle für den Schutz wichtiger Fischarten spielt. Forellenweibchen bevorzugen geeignetes Laichsubstrat, und ihre Grösse hängt mit der Substratpräferenz zusammen (Kondolf und Wolman 1993;

Riebe *et al.* 2014). Entsprechend legt das zweite Ergebnis nahe, dass die Substratpräferenz der Weibchen je nach Einzugsgebiet und Höhe variiert. Einzugsgebiet und Höhenlage sollten deshalb berücksichtigt werden, wenn Strategien zur Aufwertung von Forellenlaichplätzen geplant werden. Während beispielsweise eine erhöhte räumliche Substratheterogenität die Lebensraumqualität für Bachforellen insgesamt verbessern kann, sollten im Po-Einzugsgebiet Gewässerabschnitte mit relativ feinem Kies gefördert werden, weil die dort vorkommenden Forellenweibchen bei Geschlechtsreife kleiner sind (Abb. 49). Allerdings haben wir in unserer Studie nicht direkt untersucht, wie die Unterschiede in der Grösse der Weibchen bei Geschlechtsreife zwischen den verschiedenen Einzugsgebieten und den Populationen in unterschiedlichen Höhenlagen mit der Substratpräferenz der Weibchen zusammenhängen. Daher wäre es sinnvoll, in einem nächsten Schritt die Unterschiede in der Substratpräferenz zwischen Einzugsgebieten und verschiedenen Höhenlagen zu untersuchen. Um die Auswirkungen von Substratveränderungen auf die Fischgemeinschaften in Schweizer Fließgewässergemeinschaften umfassend zu verstehen, sind zudem Studien erforderlich zum Zusammenhang zwischen dem Substrat und der Ökologie anderer Fischarten, insbesondere von Arten in langsam fließenden Gewässern (z. B. Alet, Barbe, Schmerle und Gründling).

Abbildung 50

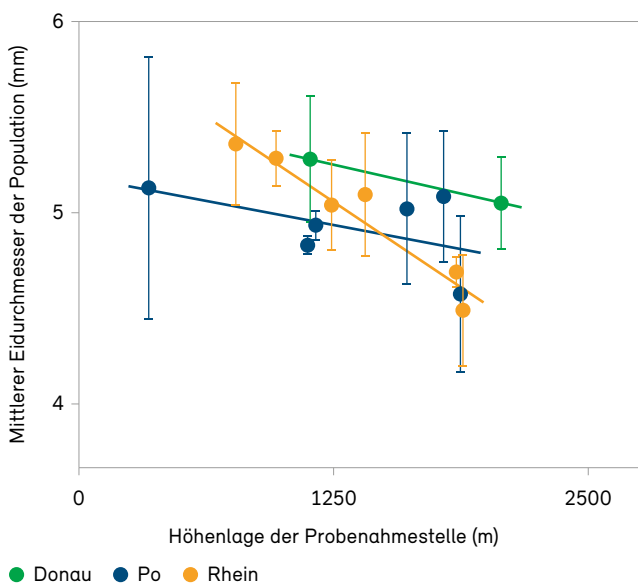
Zusammenhang zwischen Höhenlage der Probenahmestelle, Einzugsgebiet, Tage bis zur Emergenz und Grösse beim Verlassen der Laichgrube. Unabhängig vom Einzugsgebiet verlassen Forellen aus höher gelegenen Fließgewässern die Laichgrube früher und sind dabei kleiner.



Quelle: Eawag

Abbildung 51

Zusammenhang zwischen Einzugsgebiet, Höhenlage der Probenahmestelle und mittlerem Eidurchmesser in 14 Bachforellen-Populationen des Kantons Graubünden. Die Fehlerbalken geben die Standardabweichung an.



Quelle: Eawag

Unsere Studie gibt auch Einblick in das Management der Forellenfischerei (Box 11). Die Grösse der Weibchen bei Geschlechtsreife variierte je nach Einzugsgebiet und zwischen den Populationen von unterschiedlichen Höhenlagen (Abb. 49). Die Populationen aus unterschiedlichen Höhenlagen unterschieden sich auch punkto Zeitpunkt und Grösse bei der Emergenz (Abb. 50). Nehmen wir an, dass die Unterschiede in den biologisch-ökologischen Merkmalen zwischen den Einzugsgebieten und Höhenlagen ausgebildet und beibehalten wurden durch natürliche Selektion, welche an Umweltvariablen gebunden ist, die ihrerseits je nach Einzugsgebiet und Höhenlage variieren. Wird nun das Fischereimanagement über verschiedene Fließgewässer hinweg vereinheitlicht, inklusive Vorgaben zu Fanggrösse und Besatzstrategien, dann wirkt sich dies in den lokalen Forellenspopulationen je nach Einzugsgebiet und Höhenlage sehr unterschiedlich aus.

Strategien für das Fischereimanagement, die auf die lokalen Besonderheiten in den biologisch-ökologischen Merkmalen der Forellen zugeschnitten sind – sogenannte Strategien für das «kleinräumige Fischereimanagement» – sind zwar

inzwischen als wichtig anerkannt, doch ihre Umsetzung erweist sich oft als schwierig (s. Box 11). Es braucht weitere Studien zur Ökologie der Schweizer Bachforellen, um umsetzbare Strategien für das Fischereimanagement zu entwickeln. So könnten Untersuchungen zur Variation der Eigrösse in den Schweizer Fließgewässern (z. B. Abb. 51) wertvolle Erkenntnisse liefern, um die Besatzstrategien zu verbessern: Die Eigrösse ist ein Schlüsselfaktor für die frühen biologisch-ökologischen Merkmale der Forellen und schliesslich auch für das Wachstum und Überleben in späteren Lebensstadien (Einum und Fleming 1999). Nehmen wir an, dass die Unterschiede in der Eigrösse, die wir bei Schweizer Bachforellen aus unterschiedlichen Einzugsgebieten und Höhenlage beobachteten (Abb. 51), durch natürliche Selektion in den frühen Lebensphasen ausgebildet und beibehalten wurden. Die Fischereiverantwortlichen könnten nun Jungfische aus Laich einsetzen, der ähnlich gross ist wie jener in der natürlichen Population eines bestimmten Besatzortes und aus derselben Bewirtschaftungseinheit stammt (Individuen aus derselben Bewirtschaftungseinheit gelten genetisch als ähnlicher als solche aus verschiedenen Einheiten). Die phänotypischen Merkmale der besetzten Jungfische wären dann für den Standort geeignet, und die genetischen Merkmale wären jenen in der freien Natur ähnlich. So könnten die Fischereiverantwortlichen die Forellen ohne Änderung der heute relativ grossräumigen Bewirtschaftungseinheit (Box 11) unter Berücksichtigung der ortsspezifischen Genetik wirkungsvoll besetzen. Ein umfassenderes Wissen über die grundlegende Ökologie der Schweizer Bachforellen kann helfen, für diese ökologisch und wirtschaftlich wichtige Fischart Managementstrategien festzulegen und dabei die Machbarkeit und die genetische Integrität zu berücksichtigen.

Box 11: In der Praxis - Kleinräumiges Fischereimanagement als Herausforderung

Marcel Michel, Amt für Jagd und Fischerei, GR

Rund ein Drittel aller Bachforellenfänge in den Fließgewässern der Schweiz werden in Graubünden getätigt. Entsprechend hat die Angelfischerei in Graubünden eine grosse Bedeutung. Seit 160 Jahren ist der Kanton alleiniger Inhaber des Fischereiregals und für das Fischereimanagement zuständig. Ein ganzes Jahrhundert lang fanden gewässerspezifische Eigenheiten nur marginal Berücksichtigung im Fischereimanagement. Fangbestimmungen waren wenig differenziert und die Bewirtschaftungsrichtlinien auf Expansion eingestellt. Die Bachforelle als nutzbares Produkt und nicht deren lokale Spezifität bestimmten die Eckwerte des fischereilichen Managements.

In Anbetracht der vorliegenden Studie müsste das bisherige Fischereimanagement der Behörde als verfehlt klassiert werden. Berücksichtigt man aber die in derselben Zeitspanne einhergehende Degenerierung des Fließgewässerlebensraums, die wachsende Anzahl an Angelfischerinnen und -fischern sowie das mangelnde Wissen um genetische Integrität, so sind die damals gefällten Entscheide durchaus nachvollziehbar. Und wo steht Graubünden bezüglich Zielfestlegung beim Fischereimanagement heute? Der schlechte Zustand der Gewässer und ein hoher Nutzungsanspruch seitens der Fischerei sind als Rahmenbedingungen geblieben.

Wissenschaftlicher Erkenntnisgewinn und eigene Erfahrung haben in den letzten 20 Jahren zur Neuausrichtung im Fischereimanagement geführt. Die Grenzen bzw. negativen Effekte einer «planlosen» Bewirtschaftung der Bachforelle als auch die Problematik wenig differenzierter Fangmasse wurden erkannt. Das anzustrebende Prinzip des «kleinräumigen Fischereimanagements» ist akzeptiert, stellt die Zuständigen jedoch vor grosse Herausforderungen. So war die Evaluierung der Grösse der Bachforelle bei Eintritt in die Geschlechtsreife für lediglich 50 Fließgewässerabschnitte innerhalb des Kataloges an 1600 Laufkilometern und rund 2500 Höhenmetern möglich. Zeit, Logistik und Geld setzten hier die Grenze bezüglich des Detaillierungsgrads der

Grundlagen für die Festlegung eines gewässerspezifischen Fangmasses. Gestützt auf diese Erhebungen wurden nun, je nach Höhenlage, Grösse des Gewässers und Befischungsdruck, sechs verschiedene Fangmindestmasse bzw. Fangfenster für rund 450 Gewässerabschnitte festgelegt. Dem in dieser Studie vorliegenden Befund der lokalen Adaption bezüglich der Grösse der Bachforellenweibchen bei Erreichen der Geschlechtsreife soll so mehr Rechnung getragen werden.

Schwieriger gestaltet sich die konsequente Berücksichtigung der Kleinräumigkeit bei der Bewirtschaftung der Bachforelle. Bis vor wenigen Jahren waren die Bewirtschaftungseinheiten (BWE) grosszügig gehalten und orientierten sich an acht Haupteinzugsgebieten. Mittelfristig strebt Graubünden an, diese BWE auf 19 Regionen festzulegen. Zur Erfüllung des regionalen Besatzplans soll ausschliesslich Laichmaterial von Bachforellen aus der entsprechenden BWE gewonnen werden. Dasselbe gilt für die Nachzucht allfälliger Muttertierstämme. Die Trennung in 19 BWE stellt die sieben Fischzuchten des Kantons vor grosse logistische Herausforderungen. So müssen in einer Fischzucht Besatzfische und auch die Muttertierstämme von bis zu sechs BWE strikt voneinander getrennt werden. Dem Kanton ist bewusst, dass die Gewässer, die sich innerhalb der 19 BWE befinden, eine grosse Bandbreite bezüglich ihrer Höhenlage abdecken. Eine weitere Verfeinerung der BWE durch Abstufung nach Höhenlage ist aktuell nicht umsetzbar. Sollte jedoch die Höhenlage und nicht die geografische Einheit die Triebfeder für die lokale Adaption darstellen, so gilt es zu überlegen, die BWE in überregionale Höhenstufen statt in Regionen (Teileinzugsgebiete) einzuteilen.

Letztlich und als wichtigster Schritt muss der Filter für die Besatznotwendigkeit weiter verfeinert werden. So ist Fischbesatz nur noch da anzuwenden, wo die Naturverlaichung nachweislich keinen ausreichenden Beitrag für einen nutzbaren Forellenbestand leisten kann. Der Kanton hat einen gesetzlichen Auftrag und dieser beinhaltet die Gewährleistung einer nachhaltigen Nutzung. Ein korrekt ausgeführter Fischbesatz und gewässerspezifische Fangbestimmungen bilden dabei weiterhin einen wichtigen Bestandteil eines modernen Fischereimanagements.