



Standorttreue und Mikrohoming von Bachforelle
(*Salmo trutta fario*) und Alet (*Leuciscus cephalus*)
in Fließgewässern



Masterarbeit von Mathieu Camenzind

Dezember 2008

Zoologisches Institut, Abteilung Ökologie, Universität Zürich

betreut durch:

Dr. Armin Peter, Abteilung Fischökologie und Evolution, EAWAG, Kastanienbaum
und

Prof. Dr. Heinz-Ulrich Reyer, Zoologisches Institut, Universität Zürich

1. Zusammenfassung	4
2. Einleitung	7
2.1. Übersicht	7
2.2. Migration	11
2.3. Die Bachforelle (<i>Salmo trutta fario</i>)	14
2.4. Der Alet (<i>Leuciscus cephalus</i>)	17
2.5. Problemstellung	18
2.6. Fragestellungen & Hypothesen	20
2.6.1. Standorttreue	20
2.6.2. Mikrohoming	21
2.6.3. Habitatnutzung	24
3. Material und Methoden	25
3.1. Untersuchungsgewässer	25
3.1.1. Rykenbach	25
3.1.2. Ron	29
3.2. Elektrofischerei	31
3.2.1. Allgemein	31
3.2.2. Vorgehen bei der Elektrofischung	33
3.3. Biometrische Datenerhebung und Markierung	35
3.4. Bachforellen: Datenerhebung und Experimente	37
3.4.1. Positionsbestimmung	37
3.4.2. Standorttreue	37
3.4.3. Translokationen	38
3.4.4. Mikrohoming	38
3.4.5. Geschwindigkeit des Mikrohomings	39
3.4.6. Überblick Forellenexperimente	39
3.4.7. Habitatparameter	40
3.5. Alet: Datenerhebung und Experiment	44
3.5.1. Positionsbestimmung	44
3.5.2. Standorttreue	44
3.5.3. Translokation	45

3.5.4. Mikrohoming	45
3.5.5. Geschwindigkeit des Mikrohomings.....	45
3.5.6. Überblick Aletexperiment.....	46
3.5.7. Habitatparameter	46
3.6. Datenanalyse	47
3.6.1. Statistische Analysen	47
3.6.2. Analyse der Habitatparameter.....	48
3.7. Abkürzungen	50
4. Resultate	51
4.1. Resultate Bachforellen	51
4.1.1. Standorttreue Bachforellen	51
4.1.2. Mikrohoming Bachforellen.....	52
4.1.3. Habitatanalyse Bachforellen.....	56
4.2. Resultate Alet.....	63
4.2.1. Standorttreue Alet	63
4.2.2. Mikrohoming Alet	64
5. Diskussion	67
5.1. Bachforelle	67
5.1.1. Standorttreue Bachforellen	67
5.1.2. Mikrohoming Bachforellen.....	70
5.1.3. Geschwindigkeit des Mikrohomings.....	73
5.1.4. Habitate Bachforellen.....	74
5.2. Alet	77
5.2.1. Standorttreue Alet	77
5.2.2. Mikrohoming Alet	78
5.2.3. Geschwindigkeit des Mikrohomings.....	80
5.3. Ausblick & Empfehlungen.....	81
6. Schlussfolgerung	83
7. Danksagung	85
8. Literatur	87
9. Datenanhang	104

1. Zusammenfassung

Die Fliessgewässer der Schweiz haben in den vergangenen Jahrzehnten stark unter dem anthropogenen Druck gelitten. Eingriffe zwecks Hochwasserschutz, Landgewinnung und Stromerzeugung haben dazu geführt, dass viele Habitate zerstört wurden und die longitudinale Konnektivität entlang von Fliessgewässerkorridoren nicht mehr gewährleistet ist. Viele aquatische Organismen, allen voran die Fische, sind jedoch auf gesunde Habitate und durchgängige Fliessgewässer angewiesen. Heute wird vermehrt versucht, Migrationshindernisse wie Schwellen und Wehre zu entfernen und durch Rampen zu ersetzen, um den Fischen und anderen Organismen die Möglichkeit zurückzugeben, sich frei in den Gewässern zu bewegen. Ob solche Rampen jedoch wirklich funktionieren, ist oft nicht bestätigt worden. Eine Studie im Rahmen einer Dissertation soll mit Hilfe von Translokationsexperimenten klären, inwiefern solche Rampen für Fische durchgängig sind. Für Erfolgskontrollen von Rampen ist es sinnvoll, zu wissen, ob Fische nach Translokationen an die ursprünglich besetzten Stellen im Gewässer zurückkehren und welche Faktoren die Rückkehr beeinflussen. Zudem ist abzuklären, wie stark Fische in einem Gewässer an ihren Standort gebunden sind und nach einer Translokation (Hochwasser, Verfrachtung durch Menschen) wiederum exakt an diesen Ort zurückkehren.

An zwei kleinen Fliessgewässern (Rykenbach und Ron) im Kanton Luzern wurde die Standorttreue und das Mikrohoming (die Rückkehr von Fischen an die vormals besetzte Position) an Bachforellen (*Salmo trutta fario*) und Alet (*Leuciscus cephalus*) untersucht. Als inverses Mass für die Standorttreue wurde die lineare Grösse der Homeranges berechnet. Zur Ermittlung der Homerangegrösse wurden die Fische individuell markiert und mit Elektrobefischungen

wiederholt gefangen. Bei den Bachforellen konnte festgestellt werden, dass mit zunehmender Fischlänge die Grösse der Homerranges signifikant abnahm. Bei den Alet jedoch nahm die Grösse der Homerranges mit zunehmender Fischlänge signifikant zu. Um das Mikrohoming zu untersuchen, wurden die Fische ebenfalls individuell markiert, über Distanzen von 150-400 m transloziert und mit Hilfe von Elektrobefischungen wiederholt gefangen. Dabei sollte festgestellt werden, welche der Faktoren (Fischlänge, Translokationsrichtung, Translokationsdistanz und Jahreszeit) einen Einfluss auf das Mikrohoming ausüben. Nach der Translokation sind 27.1 % der Bachforellen und 38.2 % der Alet zurückgekehrt. Mit zunehmender Körperlänge der Bachforellen nahm auch die Wahrscheinlichkeit erfolgreichen Mikrohomings zu, sowie die Wahrscheinlichkeit einer schnelleren Rückkehr. Bei den Alet konnten keine Einflüsse der untersuchten Faktoren auf das Mikrohoming und die Geschwindigkeit der Rückkehr festgestellt werden. Auch konnten Unterschiede in der Habitatnutzung von juvenilen und adulten Bachforellen festgestellt werden. Adulte Bachforellen halten sich bevorzugt in tieferen Wasserzonen auf (z.B. Kolken), während sich juvenile Forellen in seichteren Wasserzonen und anderen hydraulischen Habitaten wie Gildes und Riffles aufhalten.

Generell war von Interesse, wie sich Bachforellen und Alet nach einer Translokation verhalten und ob sie ein Mikrohoming zeigen. Beide Arten sind relativ stark ortsgebunden und ein grosser Anteil beider Arten kehrt an die ursprünglich besetzte Position zurück. Beide Arten sind sehr wohl in der Lage, nach einer Translokation zurückzukehren.

Bei Translokationsexperimenten zwecks Funktionsüberprüfung von Rampen kann nun ungefähr abgeschätzt werden, in welchem Ausmass eine Rückkehr der Fische zu erwarten ist. Faktoren, die

eine Rückkehr beeinflussen, könnten die Interpretation von Rampenexperimenten erschweren. Deshalb sollte zumindest der Einfluss der Körperlänge der zu untersuchenden Art ermittelt und bei der Interpretation der Resultate miteinbezogen werden.

2. Einleitung

2.1. Übersicht

Schon seit jeher hat der Mensch Fliessgewässerfische als Ressource genutzt. Die indigenen Völker Nordamerikas wussten schon vor tausenden von Jahren den Fischreichtum ihrer Flüsse und Bäche für sich zu nutzen und machten Fischarten wie Lachs und Forelle zu einem wichtigen Bestandteil ihrer täglichen Ernährung (Northcote 1998). Auch heute noch spielen Fliessgewässerfische eine wichtige Rolle in der Ernährung und auch der Freizeitgestaltung vieler Menschen (FAO 1998). Ein fundiertes Wissen über die Ökologie der Fliessgewässerfische ist in vieler Hinsicht wichtig: sei es als Werkzeug für das Management wirtschaftlich bedeutender oder bedrohter Fischpopulationen oder als Hilfsmittel zur Beurteilung von Umweltveränderungen. Für einen wirksamen Schutz von aquatischen Lebensräumen und der Biodiversität ist es daher unerlässlich, Verhaltensmuster und Habitatnutzung von Fliessgewässerfischen zu erforschen.

Bei frühen Wanderstudien lag der Fokus meist auf der Erforschung der Migrationszyklen wirtschaftlich wichtiger mariner und diadromer Fische wie Dorsch, Hering und Lachs (Meek 1916; Harden Jones 1968). Der Erforschung des Wanderverhaltens lokal ansässiger Fliessgewässerfische wurde in der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts nahezu keine Bedeutung zugemessen. Lange Zeit dachte man, dass Fliessgewässerfische einen begrenzten Bewegungsradius hätten (Gerking 1953, 1959) und ihr ganzes Leben in der selben Furte (z.B. Bachman 1984) oder im selben Gewässerabschnitt von maximal 20 m Länge verbringen würden (z.B. Miller 1957). Viele Arbeiten, die seit Gerking's Studien publiziert worden sind, bestätigen diese Theorie. Gowan et al.

(1994) haben später erkannt, dass die Methodik, die von vielen Befürwortern von Gerkings Theorien angewandt worden war, problematisch ist: Wiederfänge von markierten Fischen im selben Gewässerabschnitt erzeugen einen systematischen Fehler zugunsten der Detektion begrenzter Bewegungen. Ganz im Gegensatz zu Gerkings Theorie hat Funk (1955) das Konzept der mobilen und statischen Fraktionen von Fischpopulationen vorgeschlagen. Er hat dieses Konzept aufgrund sich häufender Berichte entwickelt, dass einige Individuen sich kaum in einem Gewässer bewegen, während andere Individuen derselben Populationen sich über längere Strecken bewegen. Solomon und Templeton (1967), die ersten Autoren die Funks Konzept auf Salmoniden angewandt hatten, konnten mobile und statische Subpopulationen bei Bachforellen (*Salmo trutta fario*) in einem kleinen englischen Fließgewässer beschreiben. Seither wurden mobile und statische Subpopulationen auch bei anderen Salmoniden identifiziert, teilweise mit grossen Variationen in den Proportionen der einzelnen Subpopulationen (z.B. Harcup et al. 1984; Hesthagen 1988; Heggenes et al. 1991). Die Ergebnisse von Harcup et al. (1984) liessen allerdings vermuten, dass das Bewegungsverhalten der Fische plastisch sein könnte, was den Fischen erlauben würde, sich an variable Umweltbedingungen anzupassen. Sie haben anhand von Telemetriestudien gezeigt, dass einzelne Individuen ihr Bewegungsmuster ändern konnten; demnach sind vormals standorttreue Fische abgewandert und vormals mobile Fische sesshaft geworden. Diese Ergebnisse stehen im krassen Kontrast zu Funks (1955) Konzept, wonach jedes Individuum entweder der mobilen oder der statischen Fraktion zugeteilt werden soll. Aktuellere Studien haben gezeigt, dass Fließgewässerfische in Abhängigkeit ihrer ontogenetische Entwicklung (z.B. Solomon & Templeton 1967; Elliot 1994) und als Reaktion auf Veränderungen externer Faktoren wie Temperatur, Fließgeschwindigkeit,

Nahrungsangebot, Feinddruck und Populationsdichte (z.B. Elliott 1986, 1987; Ovidio et al. 1998; Young 1999; Burrell et al. 2000) ihre Bewegungsstrategien modifizieren können. In den letzten Jahren nahm das wissenschaftliche Interesse an der Habitatpräferenz von Süßwasserfischen im Allgemeinen und Salmoniden im Speziellen zu (z. B. Heggenes & Borgstrom 1991; Grossmann & Ratajczak 1998). Trotzdem wurden kaum Anstrengungen unternommen, um das Bewegungsverhalten von Fischen im kleinen räumlichen Massstab zu dokumentieren und das Ausmass der Bewegungen zwischen Mikrohabitaten innerhalb eines Gewässerabschnittes zu eruieren. Die Forschung hat sich bisher weitgehend auf die mobilen Phasen des Bewegungsverhaltens konzentriert (Laichwanderungen, saisonale Veränderungen in der Habitatnutzung etc.). Kleinräumige Positionsveränderungen von stationären Fischen wurden weitgehend vernachlässigt und für unwichtig befunden, obwohl die meisten Fliessgewässerfische einen erheblichen Teil ihres Lebens in einem begrenzten Gewässerabschnitt verbringen (z.B. Harcup et al. 1984).

Längere Migrationen (> 200 m) kommen bei Fliessgewässerfischen häufig vor - vor allem während der Laichzeit, wo adulte Fische oftmals zu ihren weit entfernten Laicharealen wandern müssen (z.B. Solomon & Templeton 1976; Ovidio et al. 1998; Burrell et al. 2000) und zur Kompensation von saisonalen Veränderungen in der Habitatnutzung (z.B. Clapp et al. 1990). Migrationen zu den Laichplätzen beinhalten meist stromaufwärts gerichtetes Schwimmen der adulten Tiere zu den Laichhabitaten und eine darauf folgende Rückkehr zu den Nahrungsgebieten (McKeown 1984). Viele Fliessgewässerfische verfügen, wie die Lachse, über diese stark ausgeprägte Fähigkeit, bei Laichwanderungen in ihre Geburtsgewässer zurückzukehren, was gemeinhin als Homing bezeichnet wird. Von mehreren Salmonidenarten ist bekannt, dass

sie die Fähigkeit besitzen, nach einer experimentellen Translokation im Massstab von hunderten bis tausenden von Metern zu ihren vertrauten Gewässerarealen zurückzukehren, z.B. Bachforelle (Halvorsen & Stabell 1990), Cutthroat-Forelle *Oncorhynchus clarkii* (Miller 1954) und atlantischer Lachs *Salmo salar* (Saunders & Gee 1964; Garcia de Leaniz 1989). Meist konnte jedoch nur ein kleiner Bruchteil der translozierten Fische in den ihnen vertrauten Gewässerabschnitten wiedergefangen werden. Huntigford et al. (1998 a, 1998 b) konnten bei Experimenten in einem künstlichen Fliessgewässer demonstrieren, dass juvenile atlantische Lachse in der Lage waren, mit einer hohen Präzision zurückzukehren, wenn sie über eine Distanz von wenigen Metern von ihrer bevorzugten Position wegversetzt wurden. Noch ist unzureichend geklärt, welche Faktoren in welchem Masse für die Orientierung migrierender Fische in verschiedenen räumlichen Massstäben verantwortlich sind. Experimente mit atlantischen Lachsen haben gezeigt, dass der Geruchssinn eine wichtige Rolle bei der Rückkehr vom Meer in die Geburtsgewässer spielt (Bertmar & Toft 1969). Auch bei der Orientierung innerhalb eines Gewässerabschnittes scheint der Geruchssinn wichtig für die Orientierung zu sein (Halvorsen & Stabell 1990). Der Gesichtssinn ist vor allem für die Orientierung im kleinmassstäblichen Bereich wichtig. Schon 1951 hat Aronson (1951) gezeigt, dass tropische Meergrundeln (*Bathygobius soporator*) sich anhand von topographischen Merkmalen der Umgebung orientieren konnten. Weitere Studien konnten die Bedeutung der visuellen Erkennung topographischer Merkmale in der kleinräumlichen Orientierung bestätigen (z.B. Hughes & Blight 1999). Noch gibt es zu wenige Angaben darüber, in welchem Ausmass Fische in der Lage sind, ihre angestammten Stellen innerhalb eines Fliessgewässers wiederzufinden und zurückzukehren.

2.2. Migration

Definitionen für den Begriff Migration in Tierpopulationen gibt es viele, sowohl für terrestrische wie auch aquatische Lebewesen. Harden Jones (1968) definiert die Migration als Kommen und Gehen mit den Jahreszeiten. Northcote (1978) betrachtet die Migration als Bewegungen, die in einem Wechsel zwischen zwei oder mehreren getrennten Habitaten resultieren, in regelmässiger Periodizität auftreten und einen grossen Anteil der Population miteinbeziehen (Abbildung 1). Diese Definition beruht auf der Erkenntnis, dass drei funktionelle Habitattypen existieren: Eines für die Fortpflanzung, eines für die Nahrungsaufnahme und eines als Zufluchtsort für Zeiten unvorteilhafter Bedingungen.

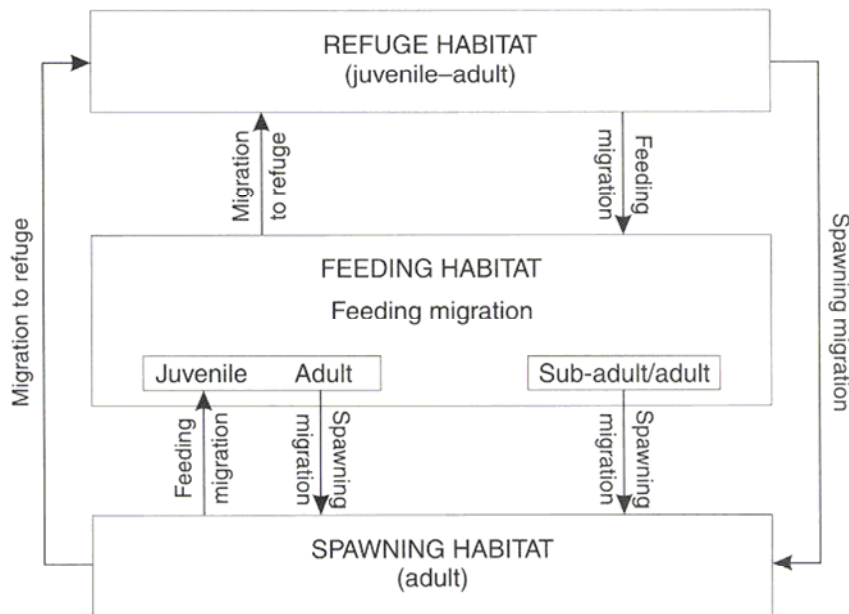


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Migrationen zwischen drei funktionellen Habitaten: Fortpflanzung, Nahrungsaufnahme und Zufluchtsort (Quelle: Lucas & Baras 2001).

Die Migrationsmuster der meisten Fische zeigen eine gewisse Periodizität, obwohl unregelmässige Bewegungsmuster durchaus vorkommen können. Regelmässige Migrationsbewegungen können täglich, monatlich oder jährlich stattfinden. Die Distanzen, die während Migrationen zurückgelegt werden, können sich auch unterscheiden: Von einigen Metern bei der täglichen Nahrungssuche bis hin zu hunderten oder tausenden von Kilometern bei der Laichwanderung. Auch können die zurückgelegten Distanzen sogar innerhalb derselben Population stark variieren (Ulmann & Peter 1994). In mitteleuropäischen Fliessgewässern sind viele Fische aufgrund künstlicher Barrieren ohnehin in ihrer Migration eingeschränkt (Abbildung 2).

Um lange Wanderungen zu bestehen, müssen Fische über ein ausgeklügeltes sensorisches Repertoire verfügen und damit Umweltfaktoren wie Temperatur, Licht und Strömungen erkennen können (McKeown 1984). Zusätzlich besteht die Möglichkeit, dass viele Fische ein gutentwickeltes Navigationsvermögen besitzen, welches auf der Fähigkeit basiert, anhand der Sonne oder des Erdmagnetfeldes die eigene Position abzuschätzen (Wootton 1992).

Grundsätzlich werden migrierende Fische in drei Gruppen unterteilt (gemäss McDowall 1988): (1) Potamodrome Fische verbringen ihr gesamtes Leben in Süsswassersystemen, haben aber trotzdem klar festgelegt Migrationsrouten in Seen, Flüssen und Bächen. (2) Ozeanodrome Fische wandern nur im Meer. Zu ihnen gehören die wirtschaftlich wichtigsten Fischarten wie Thunfische (*Thunnus sp.*), Heringe (*Clupea sp.*) und Kabeljau (*Gadus morhua*). (3) Diadrome Fische wandern zwischen Süss- und Salzwassersystemen hin und her. Wiederum werden drei Typen von diadromen Fischen unterschieden: (3.1) Anadrome Fische verbringen den grössten Teil ihres Lebens im Meer und wandern zur Fortpflanzung ins

Süßwasser. (3.2) Katamodrome Fische verbringen den grössten Teil ihres Lebens im Süßwasser und wandern zur Fortpflanzung ins Meer. (3.3) Amphidrome Fische wandern zwischen Süß- und Salzwasser hin und her, jedoch nicht zu Fortpflanzungszwecken, sondern in gewissen Stadien der ontogenetischen Entwicklung (Abbildung 3).

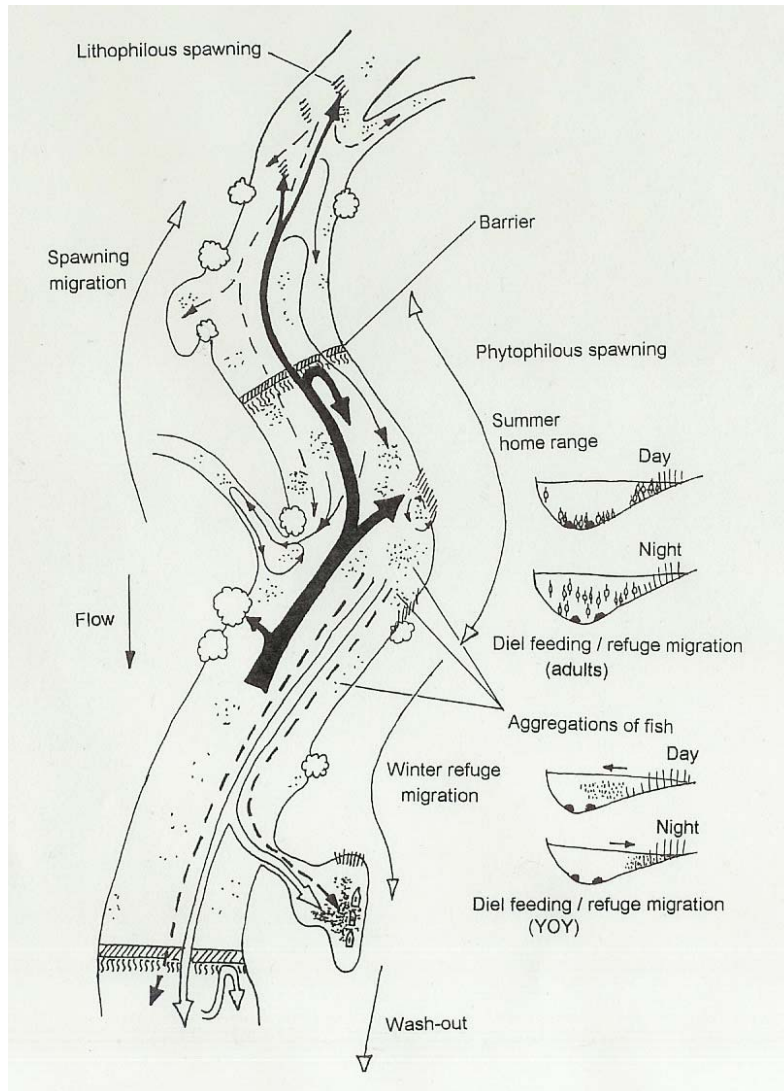


Abbildung 2: Schematische Darstellung typischer Bewegungsmuster von Süßwasserfischen in regulierten Tieflandflüssen Europas. Die durchgezogenen Linien repräsentieren die Bewegungen adulter Fische, die durchbrochenen Linien die 0+ Fische (Quelle: Lucas & Baras 2001).

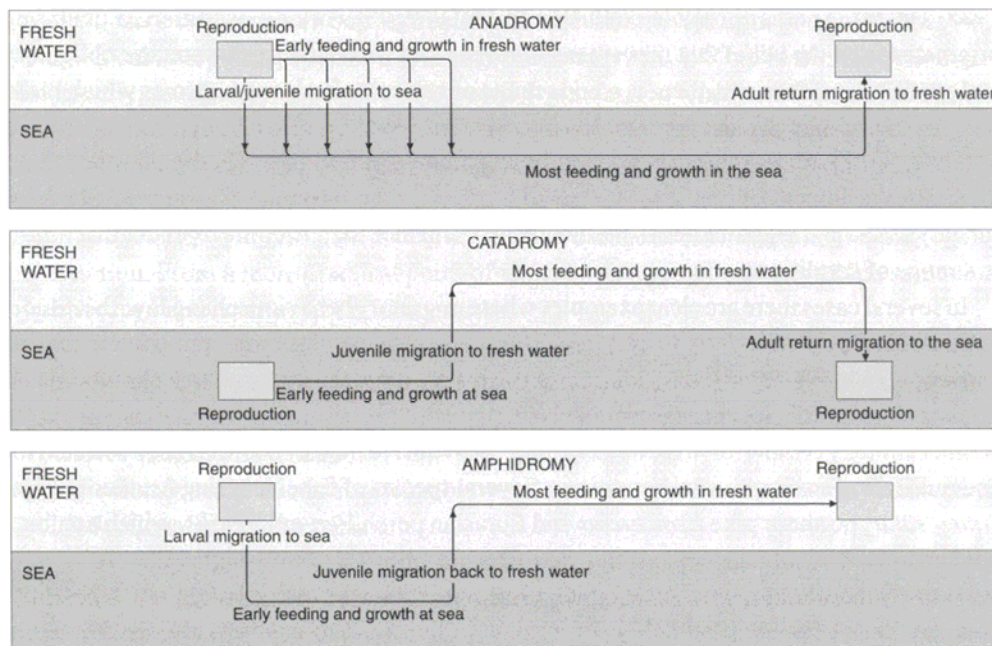


Abbildung 3: Schema der drei Unterklassen der Diadromie (Quelle: Lucas & Baras 2001).

2.3. Die Bachforelle (*Salmo trutta fario*)

Die europäische Forelle (*Salmo trutta* L.) ist eine aus Europa stammende Art. Das ursprüngliche Verbreitungsgebiet erstreckt sich von Grönland, Island, Skandinavien und Russland im Norden bis zum nordafrikanischen Atlasgebirge im Süden. Im Westen ist das Verbreitungsgebiet durch die Küste begrenzt und im Osten kommen Populationen bis zum Ural und dem Kaspischen Meer vor (Elliot 1994, Crisp 2000). In den letzten 150 Jahren wurde die Forelle in vielen Teilen der Welt eingeführt, da sie ein äußerst beliebter Sport- und Speisefisch ist. Mittlerweile findet man Populationen in Nord- und Südamerika, Afrika, Zentralasien, Australien und Neuseeland (Elliot 1989; Elliot 1994).

Die Art *Salmo trutta* L. ist eine formenreiche Spezies mit einer ausserordentlichen Fähigkeit zur lokalen Adaption (Elliot 1994). Das Vorhandensein vieler Variationen und lokalen Rassen hat viele Autoren schon lange dazu veranlasst, kontrovers über die Systematik der *S. trutta*-Artenkomplex zu debattieren. Genetische Studien über die Phylogenie des *S. trutta*-Artenkomplexes gehen davon aus, dass geographische Isolationen aufgrund klimatischer Veränderungen im Pleistozän zu einer wichtigen Aufspaltung geführt haben (Bernatchez 2001). So sollen alle heute existierenden Formen des *S. trutta*-Artenkomplexes von fünf Gruppen abstammen, die vor ca. 700'000 Jahren auf einer Urform entstanden sind.

Isolationen und Kolonisierung neuer Gewässer haben auch dazu geführt, dass sich stationäre (*S. trutta fario*) und migrierende (*S. trutta trutta* und *S. trutta lacustris*) Formen gebildet haben (McMeel et al 1997). Die Unterscheidung dieser Ökotypen basiert auf unterschiedlichen Verhaltensweisen, die teilweise auch in diversen Erscheinungsformen resultierten (Elliot 1994; Crisp 2000; Kottelat & Freyhof 2007;): (1) Anadrome Formen, oft als Meerforelle oder *S. trutta trutta* bezeichnet, werden in Fliessgewässern geboren und wandern als Jungtiere ins Meer ab, wo sie den grössten Teil ihres Lebens verbringen. Geschlechtsreife Adulttiere kehren in die Fliessgewässer zurück um zu laichen. (2) Potamodrome oder lacustrine Formen, Seeforellen oder *S. trutta lacustris* genannt, werden ebenfalls in Fliessgewässern geboren und wandern als Jungtiere in den See ab. Dort verbringen sie bis zu mehrere Jahre und entwickeln sich zu geschlechtsreifen Adulttieren, um anschliessend zum Laichen in die Geburtsgewässer zurückzukehren. (3) In vielen Fliessgewässern kommen stationäre Formen vor, die als Bachforellen oder *S. trutta fario* bezeichnet werden und ihren gesamten Lebenszyklus im selben Fliessgewässer vollbringen. Heute

geht man davon aus, dass es sich bei diesen drei Ökotypen jedoch um Anteile desselben Reproduktionsbestandes handelt, die sich frei untereinander kreuzen (Frost & Brown 1967; Mills 1971; Solomon 1982; Elliot 1994). Es gibt auch sympatrisch lebende Forellenpopulationen, die sich nicht untereinander fortpflanzen und genetisch isoliert sind (Ferguson & Mason 1981; Ferguson & Taggart 1991; Elliot 1994; Susnik et al. 2006; Kottelat & Freyhof 2007). Beispiele dafür finden sich im italienischen Gardasee, dem irischen Loch Melvin sowie dem Ohridsee in Mazedonien.

Die Forelle ist die häufigste Fischart der Schweiz (Pedroli et al. 1991). Die stationär lebenden Bachforellen kommen sowohl in grossen Mittellandflüssen wie auch in kleinen schnellfliessenden alpinen Bächen bis in eine Höhe von 2800 m. ü. M. vor. Die potamodromen Seeforellen kommen in Seen und während der Laichzeit auch in deren Zuflüssen vor. Obwohl nicht geklärt ist, ob es sich bei den in der Schweiz lebenden Ökotypen um genetisch isolierte Formen handelt (Schulz 1995), scheinen die Bezeichnungen Bach- und Seeforelle durchaus sinnvoll zu sein. Die in dieser Studie untersuchten Forellen sind residente Formen, die als Bachforellen bezeichnet werden und keine Möglichkeit der Abwanderung in einen See haben.



Abbildung 4: Zwei unterschiedlich gefärbte Individuen aus dem Rykenbach LU.

Bachforellen besitzen einen stromlinienförmigen, leicht gedrunghenen Körper mit einem endständigen Maul (Sterba 1962). Vor allem ältere Individuen haben oft einen massigen Körper mit einer mittleren Körperlänge von 25-40 cm. Die Färbung ist sehr variabel (Abbildung 4): Die Oberseite ist meist olivgrün bis dunkelbraun gefärbt, die Flanke grünsilbrig bis grüngelb und die Unterseite ist hell mit einer gelblichen Färbung. Runde schwarze und rote Punkte an den Flanken sind charakteristisch für Bachforellen, wobei die roten Punkte oft blau umrandet sind. Die Fettflosse, ein typisches Merkmal von Salmoniden, ist meist rot gefärbt. Die Bachforelle ist ein typischer Bewohner alpiner und montaner Fliessgewässer mit grobkörnigem Substrat. Sie ernähren sich ausschliesslich karnivor, hauptsächlich von aquatischen Invertebraten und mit zunehmender Grösse auch von Fischen (Clapp et al. 1990) bilden das Nahrungsspektrum. Die Laichzeit findet zwischen Oktober und Dezember statt, wobei Forellen oft Laichwanderungen unterschiedlicher Distanzen unternehmen (Stuart 1953).

2.4. Der Alet (*Leuciscus cephalus*)

Der Alet ist ein in Europa weit verbreiteter Cyprinide und ein typischer Vertreter der Äschen- und Barbenregion (Schager et al. 2004). Er gilt als besonders tolerant gegenüber Variationen in der Temperatur, Wasserqualität und den hydrologischen Gegebenheiten (Carrel & Rivier 1996; Hanfling & Brandl 1998). Der Alet verfügt über einen langen, stromlinienförmigen Körper mit einem endständigen Maul. Vor allem bei älteren Individuen kann der Körper extrem massig werden (Mann 1976). Die Oberseite ist grau bis dunkelgrün gefärbt, die Flanke hellgrün bis grau, die Unterseite

weiss bis gelblich. Alet können sehr alt werden (> 20 Jahre) und dabei eine Körperlänge von bis zu 70 cm und ein Gewicht von 5 kg erreichen. Die mittlere Länge beträgt 30 bis 50 cm. Weibchen haben eine erheblich grössere Wachstumsrate als Männchen (Cragg et al. 1969; Mann 1976; Le-Louarn & Bagliniere 1996). Die Laichzeit findet im April und Mai statt, wenn die Wassertemperatur ungefähr 15° C erreicht (Vitali & Braghieri 1984). Während der Laichzeit können Alet lange Laichwanderungen von mehreren Kilometern durchführen (Fredrich et al. 1997). Alet sind omnivor: Sie ernähren sich von Algen und Wasserpflanzen, aquatischen Invertebraten wie Insekten, Muscheln, Schnecken und Krebstieren und auch von Vertebraten wie Fischen und Amphibien (Hellawell 1971; Garner 1996).

2.5. Problemstellung

Schweizer Fließgewässer haben stark unter dem Druck anthropogener Aktivitäten gelitten. Aufgrund intensiver Eingriffe zwecks Landgewinnung, Hochwasserschutz und Energiegewinnung mit Wasserkraft wurden viele Flüsse begradigt, kanalisiert und mit Stauwehren versehen. Heute gelten 24 % der gesamten Fließgewässerstrecken als künstlich, stark beeinträchtigt oder sogar eingedolt (Notter et al. 2005). Allein im Kanton Zürich gibt es durchschnittlich 11 künstliche Hindernisse pro Gewässerkilometer (Peter 2007). Das Fehlen der longitudinalen Konnektivität entlang der Gewässerkorridore und die damit verbundene Habitatfragmentierung haben schwerwiegende Folgen für die aquatischen Lebensgemeinschaften. Viele Fischarten sind als Folge davon selten geworden oder sogar ausgestorben. Besonders stark davon betroffen sind diadrome Fischarten, die wegen ihren langen Laichwanderungen vom Meer in ihre Geburtsgewässer auf die

Durchgängigkeit der Fliessgewässer angewiesen sind. So sind der atlantische Lachs (*Salmo salar*), die Meerforelle (*Salmo trutta trutta*), der baltische Stör (*Acipenser sturio*), der Maifisch (*Alosa alosa*), die Cheppia (*Alosa fallax*) und das Flussneunauge (*Lampetra fluviatilis*), alles diadrome Fischarten, in der Schweiz ausgestorben (VBGF 1993). Auch potamodrome Fischarten sind auf durchgängige Fliessgewässer angewiesen und teilweise in ihren Beständen bedroht. In den letzten Jahren hat man jedoch viel Aufwand geleistet, um die Situation zu verbessern. Dazu gehört auch die Beseitigung von Hindernissen in Fliessgewässern, um sie für aquatische Organismen durchgängig zu machen. Wehre, Schwellen und unpassierbare Stufen werden vermehrt durch Rampen ersetzt, die die Durchgängigkeit für Fische gewährleisten sollen. Ob solche Rampen überhaupt funktionieren und für Fische durchgängig sind, ist oft nicht belegt. Eine Studie der EAWAG im Rahmen einer Dissertation soll klären, welche Rampentypen für welche Fischarten durchgängig sind und ob sich der bisher geleistete Aufwand zur Beseitigung von Hindernissen gelohnt hat. In Translokationsexperimenten soll herausgefunden werden, ob bestehende Rampen für die im Gewässer ansässigen Fischarten und deren Grössenklassen geeignet sind. Meine Arbeit soll als Ergänzung zu diesem Rampenprojekt dazu dienen, einschätzen zu können, wie sich Fische nach einer Translokation verhalten und in welchem Masse damit gerechnet werden kann, dass Fische zurückkehren. Des Weiteren sollen die gewonnen Erkenntnisse helfen, Massnahmen zum Management von Fischbeständen und Gewässern zu optimieren. Zum Beispiel ist es in der Schweiz üblich, bei Baustellen um und in Fliessgewässern die betroffenen Gewässerabschnitte leerzufischen und die gefangenen Fische umzusiedeln (VBGF 1993). Es stellt sich dabei die Frage, ob sich diese Praxis lohnt und die Fische nicht trotzdem in den Gefahrenbereich zurückkehren? Generell besteht ein Interesse darin

zu wissen, ob Fische nach einer Translokation (Hochwasser, Verfrachtung durch Menschen) ihren alten Standort wieder aufsuchen und ihn erkennen.

In diversen Studien konnte beobachtet werden, dass Fische nach einer Translokation wieder an die vormals besetzte Stelle zurückkehren, teilweise mit grosser Präzision (z.B. Ammann 2006; Peter, unveröffentlichte Daten). Nun soll überprüft werden, wie genau Fische in Abhängigkeit ihrer Grösse in der Lage sind, die vormals besetzten Stellen wiederzufinden.

Für diese Studie wurden ursprünglich drei Fischarten ausgewählt: Die Bachforelle, der Alet (*Leuciscus cephalus*) und die Groppe (*Cottus gobio*). Auf Versuche mit der Groppe wurde verzichtet, da die Wiederfangquoten in Vorversuchen extrem klein waren (< 10 %).

2.6. Fragestellungen & Hypothesen

2.6.1. Standorttreue

Diverse Studien berichten bei Salmoniden von unterschiedlichen Habitatansprüchen in verschiedenen Altersstadien (Solomon and Templeton 1976; Bovee 1982; Elliot 1986). Während juvenile Salmoniden (0+ und 1+) oft in Furten anzutreffen sind, halten sich adulte Tiere vermehrt in Kolken, unterspülten Ufern und Zonen geringer Strömung hinter Hindernissen auf. Grosse Bachforellen bleiben oft über einen längeren Zeitraum in einem einzelnen Pool (Bachman 1984; Gowan et al. 1994; Peter, persönliche Mitteilung). Im Gegensatz dazu scheinen adulte Cypriniden mehrerer Arten eher mobil zu sein (Langford 1981; Baras & Cherry 1990; Baras 1993, Lucas & Batley 1996).

Frage 1: Gibt es bei Bachforellen und Alet Unterschiede in der Standorttreue in Abhängigkeit von der Körpergrösse?

Hypothese 1A: Adulte Bachforellen sind standorttreuer als juvenile Bachforellen.

HO_{1A}: Es gibt keinen Unterschied in der Standorttreue zwischen adulten und juvenilen Bachforellen.

Hypothese 1B: Zwischen juvenilen und adulten Alet besteht ein Unterschied in der Standorttreue.

HO_{1B}: Zwischen juvenilen und adulten Alet besteht kein wesentlicher Unterschied in der Standorttreue.

2.6.2. Mikrohoming

Definition Mikrohoming: Das Verhalten eines Fisches, an eine vorher besetzte Stelle im Massstab von 30 bis 40 m zurückzukehren.

Mehrere Translokationsstudien über längere Distanzen (> 100 m) haben ergeben, dass ein kleiner Anteil der versetzten Fische wieder in vorher besetzte Gewässerabschnitte zurückgekehrt ist (Miller 1954; Saunders & Gee 1964; Halvorsen & Stabell 1990; Garcia de Leaniz 1989). Fische, die dabei flussabwärts versetzt wurden, hatten oft eine stärkere Tendenz, zurückzukehren. Huntingford et al. (1998 b) haben gezeigt, dass juvenile atlantische Lachse in der Lage sind, mit grosser Genauigkeit an die vorher besetzten Positionen zurückzukehren, wenn sie über wenige Meter versetzt worden waren. Unterschiede in Habitatansprüchen und Hierarchien zwischen adulten und juvenilen Tieren könnten zu unterschiedlichen Reaktionen auf die Translokation führen.

Frage 2: Zeigen die Fische ein Mikrohoming nach einer Translokation?

Hypothese 2A: Bachforellen zeigen ein Mikrohoming nach einer Translokation.

HO_{2A}: Bachforellen zeigen kein Mikrohoming nach einer Translokation.

Hypothese 2B: Alet zeigen ein Mikrohoming nach einer Translokation.

HO_{2B}: Alet zeigen kein Mikrohoming nach einer Translokation.

Die Hypothesen 2A und 2B werden angenommen, wenn mehr als 35 % aller nach der Translokation wiedergefangenen Fische ein Mikrohoming zeigen. Bei den meisten Studien, die das Homingverhalten nach Translokationen untersucht haben, sind weniger als 35 % der Fische zurückgekehrt (Saunders & Gee 1964; Harcup et al. 1984; Garcia de Leaniz 1989, Bélanger & Rodriguez 2001).

Frage 3: Welchen Einfluss haben Faktoren wie Fischgrösse, Translokationsrichtung, Translokationsdistanz und Jahreszeit auf das Mikrohoming?

Hypothese 3A: Bei Forellen haben Faktoren wie Fischgrösse, Translokationsrichtung, Translokationsdistanz und Jahreszeit einen Einfluss auf das Mikrohoming.

HO_{3A}: Bei Forellen haben Faktoren wie Fischgrösse, Translokationsrichtung, Translokationsdistanz und Jahreszeit keinen Einfluss auf das Mikrohoming.

Hypothese 3B: Bei Alet haben Faktoren wie Fischgrösse, Translokationsrichtung und Translokationsdistanz einen Einfluss auf das Mikrohoming.

HO_{3B}: Bei Alet haben Faktoren wie Fischgrösse, Translokationsrichtung und Translokationsdistanz keinen Einfluss auf das Mikrohoming.

Frage 4: Welchen Einfluss haben Faktoren wie Fischgrösse, Translokationsrichtung, Translokationsdistanz und Jahreszeit auf die Zeit, die ein Fisch für die Rückkehr braucht?

Hypothese 4A: Bei Bachforellen haben Faktoren wie Fischgrösse, Translokationsrichtung, Translokationsdistanz und Jahreszeit einen Einfluss auf die Zeit, die ein Fisch für die Rückkehr braucht.

HO_{4A}: Bei Bachforellen haben Faktoren wie Fischgrösse, Translokationsrichtung, Translokationsdistanz und Jahreszeit keinen Einfluss auf die Zeit, die ein Fisch für die Rückkehr braucht.

Hypothese 4B: Bei Alet haben Faktoren wie Fischgrösse, Translokationsrichtung und Translokationsdistanz einen Einfluss auf die Zeit, die ein Fisch für die Rückkehr braucht.

HO_{4B}: Bei Alet haben Faktoren wie Fischgrösse, Translokationsrichtung und Translokationsdistanz keinen Einfluss auf die Zeit, die ein Fisch für die Rückkehr braucht.

2.6.3. Habitatnutzung

Wie die meisten Fischarten haben auch Bachforellen altersspezifische Habitatpräferenzen (z.B. Clapp et al. 1990). Diese Habitatpräferenzen basieren meist auf grössenabhängigen Dominanzstrukturen (Kalleberg 1958; Jenkins 1969, Bachman 1984; Nakano 1994). Grosse adulte Tiere besetzten die optimale Positionen, z.B. grosse Pools oder gute Unterstände, und verdrängen die juvenilen Fische. Diese bekannten Unterschiede in der Habitatpräferenz müssten sich demnach auch im Rykenbach zeigen.

Frage 5: Gibt es Unterschiede in der Habitatnutzung zwischen juvenilen und adulten Bachforellen im Rykenbach?

Hypothese 5: Es gibt Unterschiede in der Habitatnutzung (Mesohabitate, Unterstände, Wassertiefen) zwischen juvenilen und adulten Bachforellen.

HO₅: Es gibt keine Unterschiede in der Habitatnutzung (Mesohabitate, Unterstände, Wassertiefen) zwischen juvenilen und adulten Bachforellen.

3. Material und Methoden

3.1. Untersuchungsgewässer

Diese Studie wurde im Rykenbach und der Ron durchgeführt, zwei kleine voralpine Fliessgewässer im Kanton Luzern. Der Rykenbach ist ein Nebenfluss der Luthern im Einzugsgebiet der Wigger, die Ron ist ein Nebenfluss der Reuss. Beide Gewässer gehören zum Einzugsystem der Aare. Diese Untersuchungsgewässer wurden aufgrund ihrer hohen Populationsdichten der Zielarten und der einfachen Erreichbarkeit ausgewählt. Die Untersuchung an den Forellen wurde im Rykenbach durchgeführt, diejenige an den Alet in der Ron.

3.1.1. Rykenbach

Der Rykenbach entspringt auf einer Höhe von 730 m über Meer und fliesst auf einer Länge von 6.4 km durch Wälder, Weiden und Ackerland bevor er auf einer Höhe von 501 m.ü.M in die Luthern mündet (Topographische Landeskarten der Schweiz, 1:25000, Blatt 1129). Die ausgewählten Teststrecken liegen in einem kleinen Tal unterhalb der Ortschaft Ebersecken, wo der Rykenbach, der in diesem Bereich relativ frei seinen Lauf bestimmen kann, eine schöne, naturnahe Mäandrierung aufweist (Abbildung 5 & 6). In einigen Partien wurde das Bachbett und die Ufer jedoch durch kleine Eingriffe stabilisiert und mit Holz- und Blockverbauungen versehen. Trotzdem weist der Bach eine natürliche Morphologie auf, mit einer vielfältigen Abfolge von Furten und Kolken, unterspülten Ufern, überhängender Vegetation und Totholz. Der Uferstreifen ist von Buschwerk und Bäumen gesäumt, die das Bachbett auf eine natürliche Weise stabilisieren und einer reichenhaltigen Flora und Fauna als Lebensraum und Deckung dient.



Abbildung 5: Rykenbach im Tal unterhalb der Ortschaft Ebersecken im Kanton Luzern.



Abbildung 6: Karte des Rykenbachs unterhalb der Ortschaft Ebersecken LU (Kartengrundlage reproduziert mit Bewilligung von swisstopo JA082266).

Der Rykenbach beheimatet drei Fischarten, die Bachforelle (*Salmo trutta fario*), die Groppe (*Cottus gobio*) und vereinzelte Exemplare der eingeführten Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss*), wobei die Bachforelle in Bezug zu Biomasse und Anzahl Individuen die dominante Art ist (Agbogah 1996; Fischnetz 2004). Die vielfältige Habitatstruktur des Rykenbachs spiegelt sich in einer relativ hohen Fischbiomasse wieder. So konnte bei einer Populationsabschätzung im Mai 2008 eine Bachforellendichte von rund 2250 Individuen pro ha festgestellt werden, was einer Forellenbiomasse von 134 kg/ha entspricht (Daten Eawag). Bei früheren Abfischungen konnten Forellenbiomassen von bis zu 250 kg/ha (1999) nachgewiesen werden (Fischnetz-Info N° 3 1999). Die ausgewogene Populationsstruktur der Bachforellen belegt die bereits mehrmals festgestellte erfolgreiche Naturverlaichung, obwohl in unregelmässigen Abständen Besatzfische in den Oberlauf des Rykenbachs eingesetzt wurden (Agbogah 1996; Fischnetz-Info N° 3 1999); Philipp Amrein, Fischereiaufseher des Kantons Luzern, persönliche Mitteilung) (Abbildung 7). Am Rykenbach werden schon seit Jahren von der Eawag Abfischungen vorgenommen, um den Fischbestand zu dokumentieren (A. Peter, persönliche Mitteilung). Auch im Rahmen des Projektes Fischnetz, einem Projekt zur Untersuchung der schweizweiten Populationsrückgänge der Bachforellen, wurden Abfischungen vorgenommen (Fischnetz 2004).

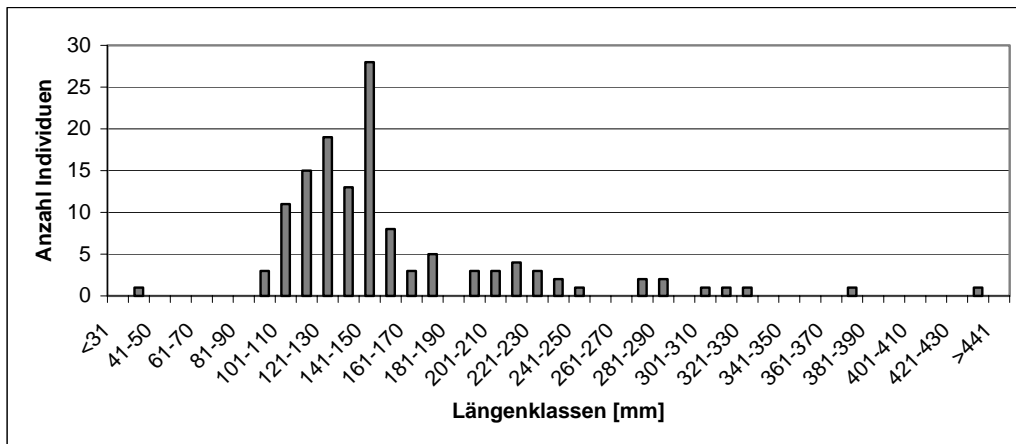


Abbildung 7: Längen-Frequenz-Histogramm der Bachforellen im Rykenbach, Befischungen Mai 2008 (Eawag)

Die mittlere benetzte Breite des Rykenbachs bei mittlerem Abfluss beträgt im oberen Abschnitt 2.92 m (SD=0.60 m) und im unteren Abschnitt 3.38 m (SD=0.64 m), bei einer mittleren Maximaltiefe von 24 cm (SD=8 cm) bzw. 33 cm (SD=12 cm). Die mittlere Leitfähigkeit betrug 521 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Die Wassertemperatur reichte von 1.0° C im Januar 2008 bis zu 12.8° C im August. Die Wasserqualität ist gut, was typisch für Gewässer der oberen Forellenregion ist. Die Länge der Teststrecken betragen für das Winterexperiment 715 m (Startpunkt: 47°10'39.06" N / 7°57'27.81" O); für das Frühlingsexperiment 450 m (Startpunkt: 47°10'45.00 N / 7°56'30.23" O) und für das Sommerexperiment 500 m (Startpunkt: 47°10'37.92" N / 7°57'18.60" O) (GPS 76, Garmin, Olathe, USA).

3.1.2. Ron

Die Ron ist der Ausfluss des Rotsees und mündet, 7 km weiter flussabwärts, bei Root in die Reuss (Topographische Landeskarten der Schweiz, 1:25000, Blatt 1150). Sie entwässert ein Gebiet von ca. 22 km², wobei ihre zwei Hauptzuflüsse der Mühlebach und der Gotzentalbach sind. Das Abflussregime der Ron ist, was typisch ist für Seeausflüsse, relativ stabil, bei einer mittleren Abflussmenge von 0.4 m³/s beim Seeausfluss und 2m³/s bei der Mündung (Lopez Velasco 1999) (Abbildung 8).

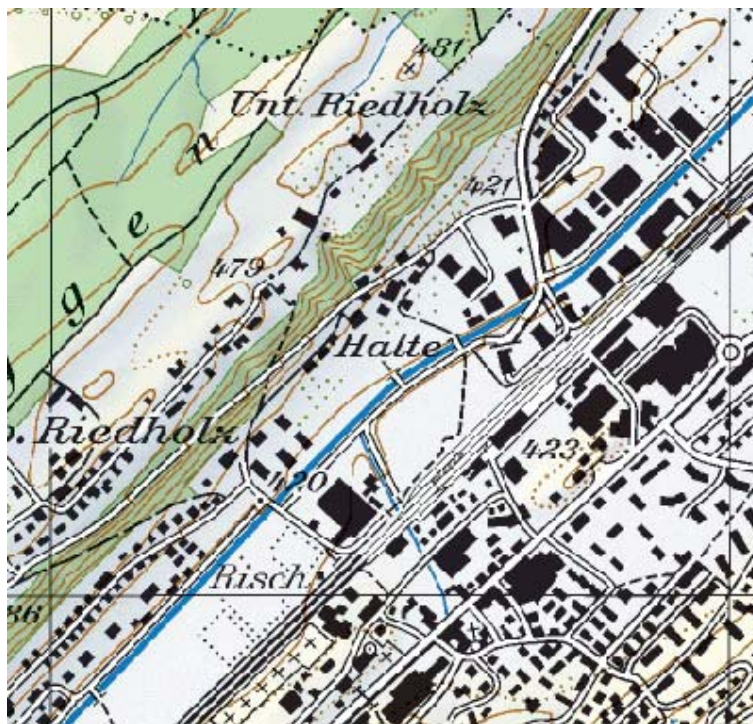


Abbildung 8: Karte der Ron in der Ortschaft Ebikon LU (Kartengrundlage reproduziert mit Bewilligung von swisstopo JA082266).

Im oberen Bereich der Ron ist die Wasserqualität durch den See beeinflusst, wo in den vergangenen Jahren erhöhte Ammoniumkonzentrationen gemessen werden konnten (Bauwirtschaft- und Umweltdepartement des Kantons Luzern, Dienststelle Umwelt und Energie, www.umwelt-luzern.ch). Weiter flussabwärts führt die intensive landwirtschaftliche Nutzung im ganzen Einzugsgebiet zu erhöhten Phosphorkonzentrationen im Wasser.

Das Rontal gilt als eines der dichtest besiedelten Gebiete des Kantons Luzern mit einer Bevölkerungsdichte von ca. 1300 Einwohnern pro km². Der starke Druck durch anthropogene Aktivitäten haben zu einer starken physikalischen Degradation des Systems geführt. Flussbegradigungen und Kanalisierungen der Ron haben dazu geführt, dass heute 70% der Ron als stark beeinträchtigt, 5% sogar als künstlich eingestuft werden (Lopez Velasco 1999).

Die Ron ist ein barrierefreies System, wo die Fische sich frei von der Reuss bis hin zum Rotsee bewegen können. Diese Tatsache, zusammen mit der hohen Fischdichte, machen die Ron zum idealen Untersuchungsgewässer für diese Studie. 13 bis 14 Fischarten konnten in den letzten Jahren in der Ron nachgewiesen werden, teilweise in hohen Populationsdichten (Lopez Velasco 1999; Peter, persönliche Mitteilung).

Die Teststrecke befindet sich in der Gemeinde Ebikon und hat eine Länge von 240 m (Startpunkt: 47°05'09.46" N / 8°20'32.80" O) (GPS 76, Garmin, Olathe, USA). Die mittlere benetzte Breite während der Studie betrug 3.58 m (SD=0.82 m), bei einer mittleren Maximaltiefe von 41 cm (SD=7 cm). Die mittlere Leitfähigkeit betrug 269 µS/cm, die mittlere Wassertemperatur 20.5° C.

3.2. Elektrofischerei

3.2.1. Allgemein

Die Elektrofischerei ist eine weit verbreitete und sehr effiziente Methode um Fische zu fangen. Allerdings ist der Einsatz der Elektrofischerei in der Schweiz streng reglementiert und nur zu Management- und Forschungszwecken erlaubt (Meng 1978).

Die Funktion des Stroms bei der Elektrofischerei liegt in der Erzeugung eines angemessenen elektrischen Reizes auf Fische in der Nähe der Elektroden. Grundsätzlich kann sowohl mit Gleichstrom (DC) als auch mit Wechselstrom (AC) gefischt werden. Allerdings sollte man von der Verwendung von Wechselstrom absehen, da Verletzungen aufgrund starker Muskelkontraktionen (Elektrotetanus) häufiger vorkommen als bei der Verwendung von Gleichstrom (Novotny 1969, Lamarque 1990). Bei der Elektrofischerei dient das Wasser als Teil des elektrischen Leiters, sobald die Anode (Fangpol) ins Wasser getaucht wird und den Stromkreis schliesst. Zwischen den Elektroden entsteht ein elektrisches Feld und die im Feld liegenden Fische werden durch einen Teil des Stroms durchflossen (Abbildung 9 B). Wird der Stromkreis geschlossen, werden die Fische im Wirkungsbereich des elektrischen Feldes gezwungen, aktiv in Richtung der Anode zu schwimmen (Elektrotaxis) und im Nahbereich der Anode betäubt (Elektronarkose) (Abbildung 9 A & C). Die Anode, welche aus einem Metallring mit isoliertem Schaft besteht, wird beim Voranschreiten im Gewässer Wasser getaucht und die betäubten Fische können mit einem Kescher eingefangen werden. Der Erfolg der Elektrofischerei hängt massgeblich von diversen Faktoren ab: Biologische Faktoren wie die Fischgrösse, artspezifisches Verhalten und Morphologie haben ebenso einen Einfluss auf den Fangenerfolg wie umweltbedingte (Leitfähigkeit, Trübung, Strömungs-

geschwindigkeit, Temperatur) und technische Faktoren (Grösse der Anode, Spannung und Stromstärke, Erfahrung der Fangcrew, Auswahl der Abfischungsstelle) (Lamarque 1990, Zalewski & Cowx 1990). Die daraus resultierende Grösse- und Artselektivität der Elektrofischerei kann dazu führen, dass Kleinfischarten und juvenile Stadien unterrepräsentiert bleiben, während grössere Fischarten und adulte Tiere gut auf die Elektrofischerei ansprechen (Eberstaller et al. 2001). Elektrofischerien haben einen geringen oder keinen Einfluss auf Mortalitätsraten, Zustand, Nahrungsaufnahme und Verhalten der Fische (Twomey & Giller 1990). Im schlimmsten Fall können allerdings Tod, Verletzungen und Ermüdung Folgen der Elektrofischerei sein. Wir hatten keine Mortalitäten und Verletzungen im Zusammenhang mit Elektrofischerien zu beklagen gewesen.

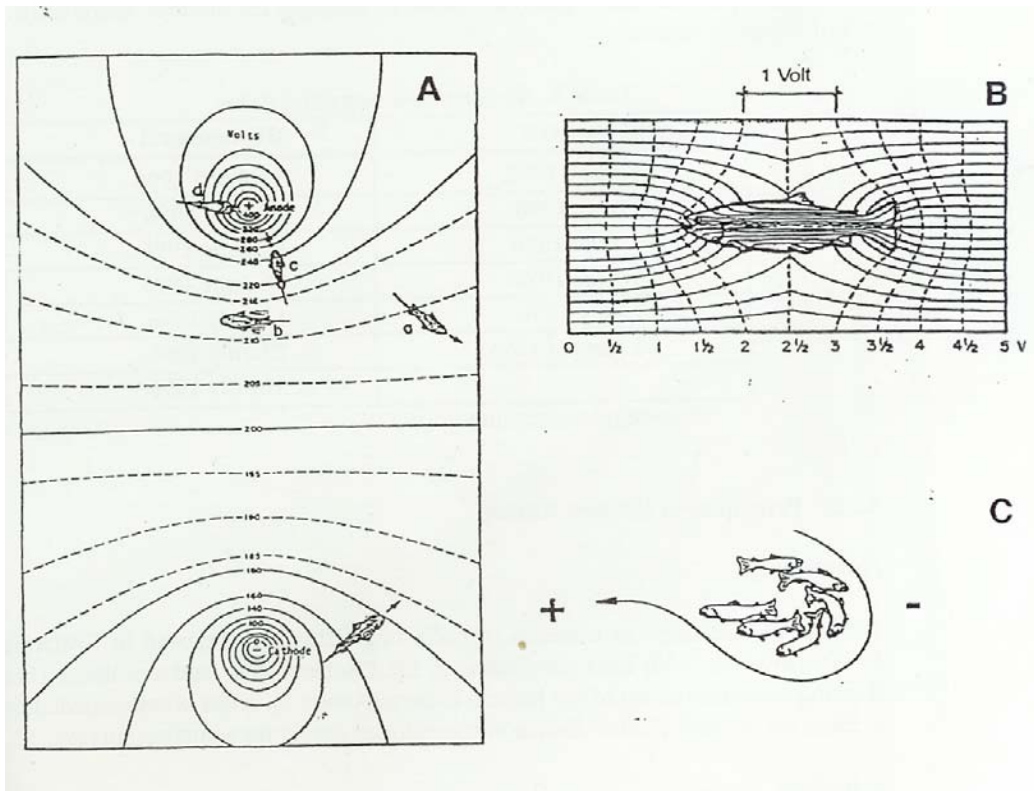


Abbildung 9: Prinzipien der Elektrofischung. (A) Reaktionen der Fische im elektrischen Feld: (a) Fisch zeigt Fluchtreaktion bei geringem Spannungspotential. (b) Fisch richtet sich parallel zu den Äquipotentiallinien aus, um Spannungsgradienten im Körper zu reduzieren. (c) Fisch zeigt zielgerichtetes Schwimmen auf die Anode zu (positive Elektrotaxis). (d) Im Nahbereich der Anode wird der Fisch betäubt (Elektronarkose). (B) Schematische Darstellung eines Fisches im elektrischen Feld. (C) Fische im elektrischen Feld: Fische werden von der Anode angezogen und drehen sich auf diese zu (positive Elektrotaxis). Aus Meng (1978).

3.2.2. Vorgehen bei der Elektrofischung

Bei dieser Studie kam ein stationäres Gleichstromelektrofängergerät (EFKO FEG 8000, 8 kW, 150-300/300-600 V DC, EFKO Fischfängergeräte GmbH, Leutkirch, Deutschland) mit dazugehörigem Zubehör (Anodenstange, Anodenkabelrolle (200 m), Kathodenlitze) zum Einsatz. Mit der Befischung wurde am untersten Ende der Teststrecke begonnen und stromaufwärts gefischt. Dabei wurde die Anode alle 3-5 m ins Wasser getaucht und in potentielle Standplätze

der Fische geführt. Die so betäubten Fische konnten mit dem Kescher eingefangen werden (Abbildung 10). Je nach Bedarf konnten die Fische anhand der Markierungen individuell erkannt und nach einer kurzen Erholungszeit wieder freigelassen oder für die Markierung ins Hälterungsbecken überführt. Pro Feldtag wurde jeweils ein Befischungsdurchgang durchgeführt. Für eine Befischung zwecks Positionsbestimmung waren jeweils drei Personen beschäftigt. Ein Anodenführer, eine Person, die mit dem Kescher die betäubten Fische fing und eine weitere Person, die sich am Ufer um die anderen Aufgaben (Scannen, Positionsbestimmung, Notizen) kümmerte.



Abbildung 10: Vorgehen bei der Elektrofischung: Vordere Person (Anodenführer) taucht Anode in potentielle Standplätze und hintere Person (Kescherführer) fängt betäubte Fische mit Kescher.

3.3. Biometrische Datenerhebung und Markierung

Die zur Markierung gefangenen Fische wurden in einem Narkosebad aus Nelkenöl (Art. 1-3900-2 *Caryophyllis floris* aeth., Hänseler AG, Herisau, Schweiz) betäubt, um eine möglichst stressfreie Behandlung zu gewährleisten (Andersen 1997). Dazu wurde ein Milliliter Nelkenöl in zehn Milliliter Ethanol aufgelöst und in 30 Liter Bachwasser gerührt. Bei hohen Wassertemperaturen sind die Fische empfindlicher auf die Betäubung (erhöhter Sauerstoffstress), weshalb die Dosierung des Nelkenöls jeweils angepasst werden musste und die Fische nur so kurz wie möglich im Narkosebad belassen wurden. Die Fische wurden für wenige Minuten ins Narkosebad gelegt, bis sie jeweils bewegungslos waren und einfach bearbeitet werden konnten. Je nach Art und Grösse der Fische dauerte der Vorgang der Betäubung 2-5 Minuten.

Als erstes wurden jeweils die Körperlänge und das Gewicht der Fische ermittelt. Die Körperlänge wurde mit einer Kunststoffschale mit eingearbeitetem Massstab bestimmt. Gemessen wurde von der Kopfspitze bis zum Schwanzende auf den nächsten Millimeter genau. Das Gewicht wurde mit einer handelsüblichen Waage und einer Kunststoffauflage ermittelt, jeweils auf das nächste Gramm genau. Die Messschale und die Kunststoffauflage wurden vor jedem Messvorgang mit Wasser benetzt, um die empfindliche Schleimhaut der Fische zu schonen.

Mit einer nadellosen Injektionsspritze (Panjet inoculator, Wrigth Industries, Dundee, Schottland) wurde den Fischen Alcyianblau unter die Haut der Brust- oder Bauchflossenbasis gespritzt, um die Fische mit einer externen Markierung zu versehen. Die blaugrünen Punkte messen rund 1 mm und sind auf der hellen Bauchhaut der Forellen und Alet gut zu erkennen. Um die Fische individuell zu

markieren, wurden den Fischen RFID-Mikrochips implantiert (TX1420SST Radio Frequency Identification-Tags, 134.2 kHz ISO, 20 mm x 3.05 mm, 0.37 g, Biomark Inc., Boise, USA). Die wiedergefangenen Fische konnten so später bequem im Feld mit dem Handscanner (FS2001F-ISO Reader, Biomark Inc., Boise, USA) individuell wiedererkannt werden. Die RFID-Tags wurden mit einer Hohlspritze durch die Bauchhaut hindurch in die Bauchhöhle injiziert. Die markierten Fische wurden bis zur Erholung in grossen, mit Sauerstoff belüfteten Wasserbecken gehältert und anschliessend wieder in die Freiheit entlassen. Bei allen wiedergefangenen Fischen war die Einstichstelle schon kurze Zeit nach der Behandlung abgeheilt und war jeweils kaum noch zu erkennen. Trotzdem musste bei 6% der markierten Fische der Verlust des RFID-Tags festgestellt werden.

Abweichungen zu dem soeben erwähnten Markierungs- und Vermessungsprozedere gab es nur im Winterexperiment mit den Bachforellen: Dort mussten die Fische genau an der Stelle ausgesetzt werden, wo sie gefangen wurden, weshalb die Fische direkt nach dem Fang vermessen und markiert und wieder zurückgesetzt wurden.

3.4. Bachforellen: Datenerhebung und Experimente

3.4.1. Positionsbestimmung

Um die Position der markierten Fische zu ermitteln, mussten sie mit Hilfe der Elektrofischerei gefangen und mit dem Handscanner individuell erkannt werden. Bachforellen sprechen sehr gut auf die Elektrofischerei an (Eberstaller et al. 2001), weshalb der Aufenthaltsort der Forellen ziemlich genau bestimmt werden konnte. Der Fehler in der Positionsbestimmung wurde auf maximal ± 2 m geschätzt, da man in diesem kleinen Gewässer gut erkennen konnte, unter welchen Unterständen die Fische versteckt waren. Referenzmarkierungen an Bäumen entlang des Ufers und ein Massband erlaubten es uns, die Positionen der gefangenen Fische genau zu ermitteln und zu dokumentieren. Nach den Translokationen wurde die gesamte Strecke zwischen unterem und oberem Aussetzungspunkt befischt.

3.4.2. Standorttreue

Als Mass für die Standorttreue wurde die Grösse des Homerange benutzt. Dabei ist anzunehmen, dass bei abnehmender Grösse des Homerange die Standorttreue zunimmt. Der Homerange eines Fisches berechnete sich aus der Differenz der höchsten und tiefsten Position innerhalb der Teststrecke. Die Daten zur Ermittlung des Homerange stammen aus dem Winterexperiment. Vor der Translokation wurden bereits Fische markiert und wiederholt gefangen (siehe Kapitel 3.4.6 „Überblick Bachforellenexperimente“). Für die Berechnungen wurden alle Fische hinzugezogen, die zwei oder mehrere Male gefangen wurden. Positionsdaten die nach der Translokation vom 1. April 2008 erhoben worden sind, wurden nur in die Berechnungen einbezogen, falls der gefangene Fisch nicht transloziert worden war.

3.4.3. Translokationen

Insgesamt wurden in drei Experimenten je eine Translokation vorgenommen. Dabei wurden die gefangenen Fische 150 m unterhalb oder oberhalb der Teststrecke ausgesetzt. Die in der unteren Hälfte der Teststrecke gefangenen Fische wurden flussabwärts versetzt, die in der oberen Hälfte der Teststrecke gefangenen Fische flussaufwärts.

3.4.4. Mikrohoming

Nach der Translokation wurde die Distanz zwischen der Position vor der Translokation und der Position nach der Translokation errechnet. Wurde nach der Translokation derselbe Fisch mehrmals gefangen, wurde die kürzeste Distanz zwischen den Positionen vor und nach der Translokation gewertet. Dabei spielte es keine Rolle, wie viel Zeit zwischen der Translokation und dem Wiederfang vergangen war. Die Fische wurden dann gemäss den folgenden Kriterien in eine von vier Mikrohomingkategorien eingeteilt:

- **Kategorie 1:**
Fische, die nach der Translokation nicht zurückgekehrt sind.
- **Kategorie 2:**
Fische, die zurück kehrten, jedoch über die ursprüngliche Position hinwegwanderten.
- **Kategorie 3:**
Fische, die innerhalb von ± 20 m von der ursprünglichen Position wiedergefangen wurden.
- **Kategorie 4:**
Fische, die innerhalb von ± 3 m von der ursprünglichen Position wiedergefangen wurden.

Nicht wiedergefangene Fische wurden nicht gewertet.

3.4.5. Geschwindigkeit des Mikrohomings

Nach der Translokation wurden die Teststrecken in unterschiedlichen Zeitabständen erneut befischt. Aus personellen und organisatorischen Gründen war es nicht möglich, nach jeder Translokation die Abfischungen in denselben Zeitabständen durchzuführen. Im Winter- und Frühlingsexperiment wurden jedoch Abfischungen kurz nach den Translokationen durchgeführt und etwa einen Monat später (siehe Kapitel 3.4.6: „Überblick Forellenexperimente“). Gewertet wurden die Fische, die bis auf 20 m an die Ursprungsposition zurückgekehrt waren oder darüber hinaus gewandert waren. Die Fische wurden dann in drei Kategorien eingeteilt:

- **Kategorie 1:**
Fische, die nicht zurückgekehrt sind.
- **Kategorie 2:**
Fische, die innerhalb eines Monats zurückgekehrt sind (langsam).
- **Kategorie 3:**
Fische, die innerhalb einer Woche zurückgekehrt sind (schnell).

Nicht wiedergefangene Fische wurden nicht gewertet.

3.4.6. Überblick Forellenexperimente

Insgesamt wurden 3 Translokationen durchgeführt, je eine unter Winter-, Frühlings- und Sommerbedingungen. Tabelle 1 enthält einen Überblick über die durchgeführten Abfischungen.

Tabelle 1: Übersicht über die Abfischungen

Datum	Experiment	Art der Abfischung	Anzahl gefangener Fische
11.01.2008	Winter	Markierung	81
28.01.2008	Winter	Wiederafang	39
14.02.2008	Winter	Markierung/Wiederafang	95
10.03.2008	Winter	Wiederafang	72
25.03.2008	Winter	Wiederafang	57
01.04.2008	Winter	Translokation	66
02.04.2008	Winter	Wiederafang	62
04.04.2008	Winter	Wiederafang	57
16.04.2008	Winter	Wiederafang	54
15.05.2008	Winter	Wiederafang	47
07.05.2008	Frühling	Markierung und Translokation	114
09.05.2008	Frühling	Wiederafang	39
13.05.2008	Frühling	Wiederafang	31
19.06.2008	Frühling	Wiederafang	45
27.08.2008	Sommer	Markierung und Translokation	91
17.09.2008	Sommer	Wiederafang	30
06.10.2008	Sommer	Wiederafang	24

3.4.7. Habitatparameter

Um die Habitatnutzung der Forellen zu berechnen, wurden in allen Teststrecken verschiedene Habitatparameter erhoben. Bei jeder Abfischung wurden zusätzlich zu den Positionsdaten auch die Wassertiefe und der Unterstandstyp an den Standorten der Fische gemessen.

Querprofile:

Bei der Querprofilmessung wurde alle 5 m die Bachbreite sowie die Maximaltiefe gemessen (Jungwirth 1981, 1984). Ausserdem wurde über die ganze Bachbreite im Abstand von 20 cm die Tiefe ermittelt.

Aus diesen Werten konnten Faktoren wie Breiten- und Tiefenvarianz, sowie die Tiefenpräferenz berechnet werden.

Hydraulische Habitats (Mesohabitats):

Die Hydraulischen Habitats oder Mesohabitats sind räumliche Zonen in einem Fliessgewässer mit ähnlichen hydraulischen Eigenschaften. Die in dieser Studie verwendeten Mesohabitats Riffle, Pool und Glide werden durch unterschiedliche Fliessgeschwindigkeiten, Gefälle und Tiefen charakterisiert (Peter 1992) (Abbildung 11).



Abbildung 11: Unterschiedliche hydraulische Habitats im Rykenbach: Plunge Pool (linkes Bild) und Riffle (rechtes Bild).

- **Riffle:**
Seichte, schnellfliessende und turbulente Gewässerabschnitte mit grobem Substrat.
- **Pool:**
Relativ tiefer Gewässerbereich mit tiefer Fliessgeschwindigkeit und feinem Substrat (Bisson et al. 1981).
- **Glide:**
Gewässerbereich ohne Turbulenzen mit mässiger Fliessgeschwindigkeit und mittlerer Tiefe; das Strömungsbild ist insgesamt homogen (Bisson et al. 1981).

Von diesen Mesohabitattypen wurde jeweils die absolute Fläche in jeder Teststrecke bestimmt und als prozentualer Anteil Mesohabitate pro Wasserfläche berechnet.

Fischunterstände (Mikrohabitate):

Fischunterstände oder Mikrohabitate sind Bereiche im Gewässer, die den Fischen Rückzugsmöglichkeiten bieten und ihnen die Möglichkeit geben, sich vor Fressfeinden oder Konkurrenten zu verstecken. Ferner sind sie wichtig für die Optimierung des Energiehaushaltes und die Reproduktion. Gemäss Peter (1992) sind dies oft Zonen in Fließgewässern mit reduzierten Lichtverhältnissen, geringen Strömungen und erhöhter visueller Isolation. Folgende neun Unterstandstypen wurden in dieser Studie verwendet (modifiziert nach Peter 1992) (Abbildung 12):

- **Wurzeln:**
Ausgewaschene Wurzeln im Uferbereich.
- **Unterspülungen:**
Ausgewaschene, höhlenartige Uferpartien.
- **Totholz:**
Zweige, Äste, Baumstrünke
- **Überhängende / eingetauchte Vegetation:**
Pflanzen, die an Land wurzeln und ihre Äste tiefer als 50 cm über die Wasseroberfläche hängen lassen oder sogar ins Wasser eintauchen (keine Makrophyten).
- **Turbulente Wasserzonen:**
Turbulente, stark gekräuselte Wasserzonen.
- **Pools:**
Tiefe Pools.
- **Steine:**
Grosse, untergetauchte oder im Wasser stehende Steine.

- **Holzverbauungen:**
Uferverbauungen aus Baumstämmen.
- **Blockverbauungen:**
Uferverbauungen aus Stein- oder Betonblöcken



Abbildung 12: Unterstandstypen im Rykenbach: Wurzeln (linkes Bild) und Holzverbauungen (rechtes Bild).

Kamen mehrere Unterstandstypen an derselben Stelle vor, wurde jeweils der dominante Unterstandstyp gewertet. Für alle Teststrecken wurden die absoluten Werte für jeden Unterstandstyp ermittelt und als prozentualer Anteil pro Gesamtunterstandsfläche berechnet.

3.5. Alet: Datenerhebung und Experiment

3.5.1. Positionsbestimmung

Die Positionsbestimmung der Alet war um einiges schwieriger als die der Bachforellen. Ganz im Gegensatz zu den Bachforellen haben die Alet bei den Abfischungen ein ausgeprägtes Fluchtverhalten gezeigt. Bei der Voruntersuchung konnten wir beobachten, wie sie stets einige Meter vor der Anode herschwammen, jedoch kaum ein Exemplar gefangen werden konnte. Um diesem Fluchtverhalten entgegenzuwirken, haben wir die Versuchsstrecke in acht je 30 m lange Sektoren eingeteilt und mit Blocknetzen an den unteren und oberen Enden der Sektoren abgesperrt. So konnten wir sicherstellen, dass nur die Fische gefangen wurden, die sich auch zu Beginn der Abfischung in den jeweiligen Sektoren aufgehalten hatten. Die gefangenen Fische der einzelnen Sektoren wurden in die Hälterungsbecken überführt und dort mit dem Handscanner abgelesen. Nach einer angemessenen Erholungsphase wurden die Fische wieder im selben Sektor freigelassen. Auch nach der Translokation wurde nur die 240 m lange Teststrecke befischt.

3.5.2. Standorttreue

Als Mass für die Standorttreue wurde wiederum die Grösse des Homerange benutzt. Der Homerange eines Fisches berechnete sich aus der Distanz zwischen dem untersten und obersten Sektor, in denen die einzelnen Fische gefangen wurden. Vor der Translokation wurden Fische markiert und wiedergefangen (siehe Kapitel 3.5.6 „Überblick Aletexperiment“). Für die Berechnung wurden alle Fische hinzugezogen, die zwei oder mehrere Male gefangen wurden. Positionsdaten, die nach der Translokation erhoben worden sind, wurden nur dann verwendet, falls der gefangene Fisch nicht transloziert worden war.

3.5.3. Translokation

Es wurde eine Translokation an den Alet vorgenommen. Dabei wurden die gefangenen Fische 200 m unterhalb oder oberhalb der Teststrecke ausgesetzt. Die in der unteren Hälfte der Teststrecke (Sektoren 1 bis 4) gefangenen Fische wurden flussabwärts versetzt, die in der oberen Hälfte der Teststrecke (Sektoren 5 bis 8) gefangenen Fische flussaufwärts.

3.5.4. Mikrohoming

Nach der Translokation wurde die Distanz zwischen der Position vor der Translokation und der Position nach der Translokation errechnet. Wurde nach der Translokation derselbe Fisch mehrmals gefangen, wurde die kürzeste Distanz zwischen den Positionen vor und nach der Translokation gewertet. Dabei spielte es keine Rolle, wie viel Zeit zwischen der Translokation und dem Wiederfang vergangen war. Die Fische wurden dann gemäss den folgenden Kriterien in eine von vier Mikrohominkategorien eingeteilt:

- **Kategorie 1:**
Fische, die nicht wiedergefangen wurden.
- **Kategorie 2:**
Fische, die zwar in der Teststrecke gefangen wurden, aber nicht bis zum Ursprungssektor zurückgekommen sind.
- **Kategorie 3:**
Fische, die über den Ursprungssektor hinweg gewandert sind.
- **Kategorie 4:**
Fische, die im Ursprungssektor wiedergefangen wurden..

3.5.5. Geschwindigkeit des Mikrohomings

Nach der Translokation wurden zwei Abfischungen durchgeführt, eine im Abstand von 6 Tagen, eine weitere im Abstand von 22 Tagen. Gewertet wurden die Fische, die im Ursprungssektor

wiedergefangen wurden oder darüber hinweg gewandert waren. Je nach dem, ob die Fische bei der ersten oder zweiten Abfischung zurückgekehrt waren, wurden sie in drei Kategorien eingeteilt:

- **Kategorie 1:**
Fische, die nicht zurückgekehrt und nicht wiedergefangen wurden.
- **Kategorie 2:**
Fische, die bei der zweiten Abfischung zurückgekehrt waren.
- **Kategorie 3:**
Fische, die bei der ersten Abfischung zurückgekehrt waren.

3.5.6. Überblick Aletexperiment

Es wurde eine Translokationen durchgeführt. Tabelle 2 enthält einen Überblick über die durchgeführten Abfischungen.

Tabelle 2: Übersicht über die Abfischungen

Datum	Art der Abfischung	Anzahl gefangener Fische
16.07.2008	Markierung	160
22.07.2008	Wiederfang, Markierung und Translokation	110
28.07.2008	Wiederfang	50
13.08.2008	Wiederfang	50

3.5.7. Habitatparameter

In der Ron wurden lediglich die mittlere Breite, die mittlere Maximaltiefe, sowie die Anteile der Mesohabitate und die Gesamtunterstandsfläche bestimmt.

3.6. Datenanalyse

3.6.1. Statistische Analysen

Die statistischen Analysen wurden mit SPSS für Windows (Version 16.0, SPSS Inc.) durchgeführt.

Folgende Daten wurden statistisch ausgewertet:

- Die Güte der Beziehung von Homorangegröße zur Fischlänge von Forellen und Alet wurde mittels Spearman-Korrelation ermittelt.
- Der Einfluss der verschiedenen Faktoren auf das Mikrohoming der Bachforellen wurde mittels ordinaler Regression (Wald chi-Quadrat Test) ermittelt. Dazu wurden die nach der Translokation gefangenen Fische aufgrund der Distanz zur Ursprungsposition einer der vier Kategorien zugeteilt. Die Kategorien wurden in eine Rangfolge gesetzt und als Zielvariable verwendet. Folgende Variablen wurden auf ihren Einfluss hin überprüft: Fischlänge, Translokationsrichtung, Translokationsdistanz, Jahreszeit.
- Der Einfluss der verschiedenen Faktoren auf die Geschwindigkeit der Rückkehr zur ursprünglichen Position der Bachforellen wurde mittels ordinaler Regression (Wald chi-Quadrat Test) ermittelt. Dazu wurden die nach der Translokation gefangenen Fische aufgrund der Dauer, die sie für die Rückkehr an die Ursprungsposition einer der drei Kategorien zugeteilt. Die Kategorien wurden in eine Rangfolge gesetzt und als Zielvariable verwendet. Folgende Variablen wurden auf ihren Einfluss hin überprüft: Fischlänge, Translokationsrichtung, Translokationsdistanz, Jahreszeit.

- Der Einfluss der verschiedenen Faktoren auf das Mikrohoming der Alet wurde mittels ordinaler Regression (Wald chi-Quadrat Test) ermittelt. Dazu wurden die Fische aufgrund der Distanz zur Ursprungsposition einer der vier Kategorien zugeteilt. Die Kategorien wurden in eine Rangfolge gesetzt und als Zielvariable verwendet. Folgende Variablen wurden auf ihren Einfluss hin überprüft: Fischlänge, Translokationsrichtung, Translokationsdistanz.
- Der Einfluss der verschiedenen Faktoren auf die Geschwindigkeit der Rückkehr zur Ursprünglichen Position der Alet wurde mittels ordinaler Regression (Wald chi-Quadrat Test) ermittelt. Dazu wurden die nach der Translokation gefangenen Fische aufgrund der Dauer, die sie für die Rückkehr an die Ursprungsposition benötigten einer der drei Kategorien zugeteilt. Die Kategorien wurden in eine Rangfolge gesetzt und als Zielvariable verwendet. Folgende Variablen wurden auf ihren Einfluss hin überprüft: Fischlänge, Translokationsrichtung, Translokationsdistanz.

3.6.2. Analyse der Habitatparameter

Die bei den Forellenexperimenten erhobenen Habitatsdaten wurden dazu verwendet, um die Habitatspräferenzen von juvenilen und adulten Fischen zu berechnen und zu vergleichen. Für die Berechnung der Mesohabitat- und Unterstandspräferenzen wurde der Electivity-Index nach Jacobs (1974) berechnet: $D = (r-p)/(r+p-2rp)$, wobei D der Index (-1 bis 1), p der Anteil der verfügbaren Ressource und r der Anteil der benutzten Ressource ist. Werte nahe -1 zeigen eine Vermeidung der betreffenden Ressource an, Werte um Null keine Selektion und Werte nahe 1 eine positive Selektion.

Für die Tiefenpräferenz wurde ein Habitat-Suitability-Index aus dem normierten Verhältnis zwischen Anteil der benutzten und verfügbaren Ressource berechnet: $S=r/p$, wobei S der Index ist (0 bis 1), p die verfügbare Ressource und r die benutzte Ressource. Werte nahe Null zeigen keine Präferenz für die betreffende Ressource an, Werte nahe 1 eine starke Präferenz.

3.7. Abkürzungen

Tabelle 3: Tabelle der verwendeten Abkürzungen.

Abkürzung	Bedeutung	Erläuterung
N	Anzahl	Stichprobengrösse
Mw	Mittelwert	Arithmetischer Mittelwert einer Stichprobe (N)
Min	Minimalwert	Minimal gemessener Wert
Max	Maximalwert	Maximal gemessener Wert
SD	Standardabweichung	Standardabweichung einer Stichprobe (N)
p	Fehlerwahrscheinlichkeit	Fehlerwahrscheinlichkeitswert für die Signifikanzprüfung der Koeffizienten. Signifikanzniveau liegt bei $p < 0.05$
E	Estimate (ordinale Regression)	Entspricht B-Wert der logistischen Regression (log-odds)
Exp(Est)	exponentielles Est	Ausmass, um welches sich die Wahrscheinlichkeit des Auftretens der abhängigen Variablen verändert, wenn die unabhängige Variable um eine Einheit erhöht wird. Entspricht $\text{Exp}(B)$ der logistischen Regression (odd ratios).

4. Resultate

4.1. Resultate Bachforellen

4.1.1. Standorttreue Bachforellen

Die mittlere Homerangegrösse aller Individuen liegt bei 57 m, der Median bei 12 m. Die Homeranges reichten von 0 bis 580 m. Ursprünglich sollten alle Fische, von denen zwei und mehr Positionen bekannt waren, für den Vergleich zwischen Homerangegrösse und Fischlänge hinzugezogen werden. Die 111 zur Berechnung der Homerangegrösse herangezogenen Fische wurden zwischen zwei und acht Mal gefangen, die meisten davon (41 Individuen) wurden vier Mal gefangen. Das Problem bestand darin, dass die Grösse des Homerange mit der Anzahl bekannter Positionen pro Fisch signifikant zunahm (Spearman-Korrelation, $r_s=0.294$, $p=0.002$, $N=111$, zweiseitig). Um dieses Problem zu umgehen, wurden für die Analyse schliesslich nur die Fische herangezogen, die vier Mal gefangen wurden. Die Analyse ergab eine signifikante Abnahme des Homerange mit zunehmender Fischlänge (Spearman-Korrelation, $r_s=-0.336$, $p=0.032$, $N=41$, zweiseitig) (Abbildung 13).

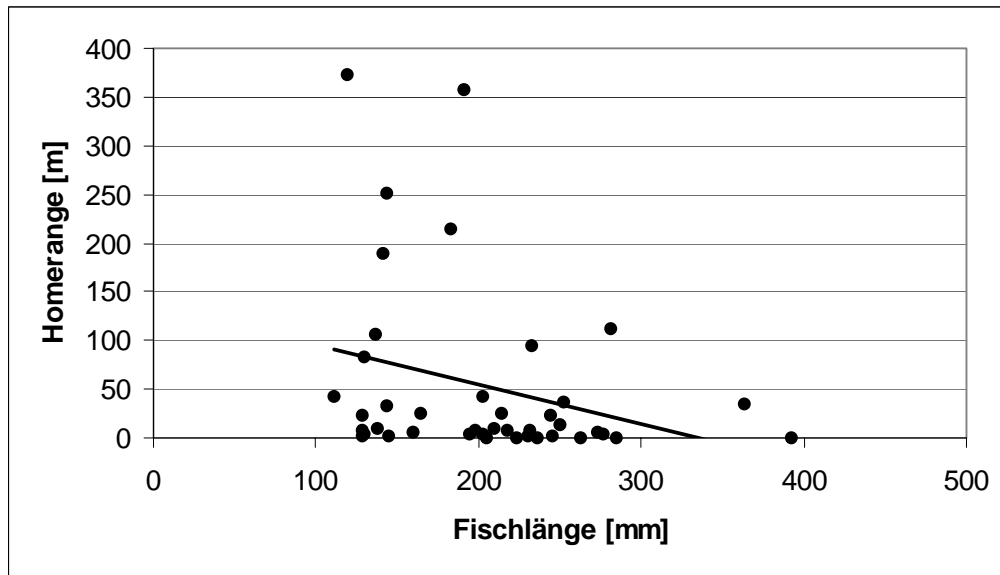


Abbildung 13: Streudiagramm der Beziehung zwischen Fischlänge und Grösse des Homerange mit Trendlinie bei Bachforellen. Mit zunehmender Fischlänge nimmt die Grösse des Homerange ab (Spearman-Korrelation, $r_s = -0.336$, $p = 0.032$, $N = 41$, zweiseitig).

4.1.2. Mikrohoming Bachforellen

Längenverteilung der translozierten Forellen:

Insgesamt wurden in 3 Translokationsexperimenten 269 Forellen versetzt, 66 im Winterexperiment, 112 im Frühlingsexperiment und 91 im Sommerexperiment. Tabelle 4 gibt einen Überblick über die in den Experimenten verwendeten Fische. Abbildung 14 zeigt das Längen-Frequenz-Histogramm der translozierten Bachforellen.

Tabelle 4: Überblick über die translozierten Bachforellen.

	Winter- experiment	Frühlings- experiment	Sommer- experiment	Total
N	66	112	91	269
Min. Länge [mm]	120	102	86	86
Max. Länge[mm]	396	359	323	396
Länge Mw [mm]	232	157	170	180
Länge SD [mm]	65	47	43	59

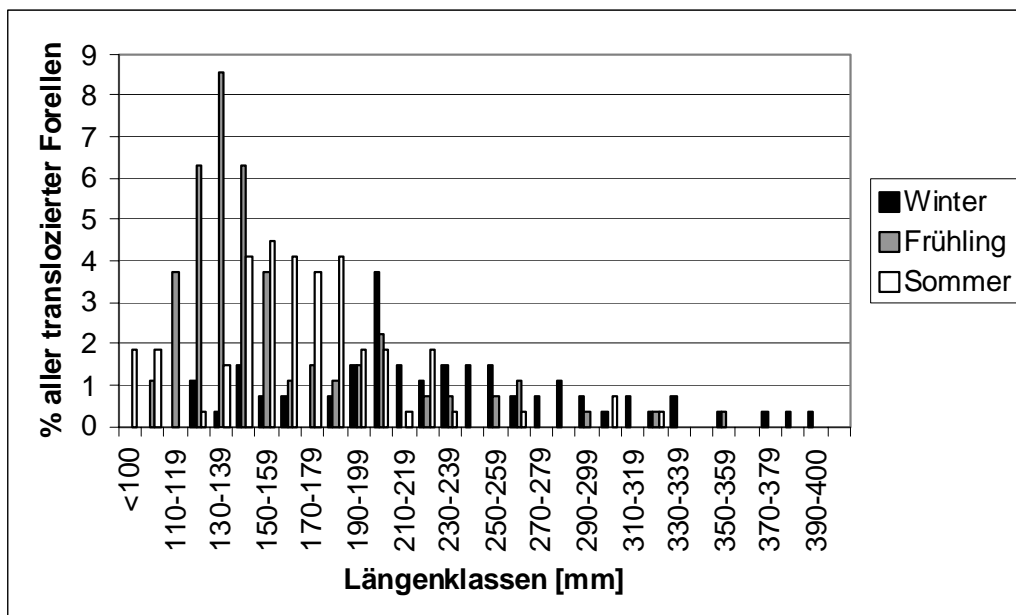


Abbildung 14: Längen-Frequenz-Histogramm aller translozierten Bachforellen. Anzahl translozierter Bachforellen: N = 269 (Winter: N=66; Frühling: N=112; Sommer: N=91).

Translokationsdistanzen:

Aufgrund verschiedener Positionen der einzelnen Fische bei der Translokation und unterschiedlich langer Teststrecken, wurden die Fische unterschiedlich weit versetzt. Tabelle 5 gibt einen Überblick über die Translokationsrichtungen und -distanzen. Abbildung 15 stellt die Verteilung der Translokationsdistanzen dar.

Tabelle 5: Übersicht über die Translokationsrichtungen und -distanzen.

	Winter- experiment	Frühlings- experiment	Sommer- experiment	Total
N Total	66	112	91	269
N flussabwärts	27	54	42	123
N flussaufwärts	39	58	49	146
Min. Distanz [m]	122.5	158	200	122.5
Max. Distanz [m]	427.8	305.8	449.8	449.8
Distanz Mw [m]	256	251	322	276
Distanz SD [m]	81	40	75	72

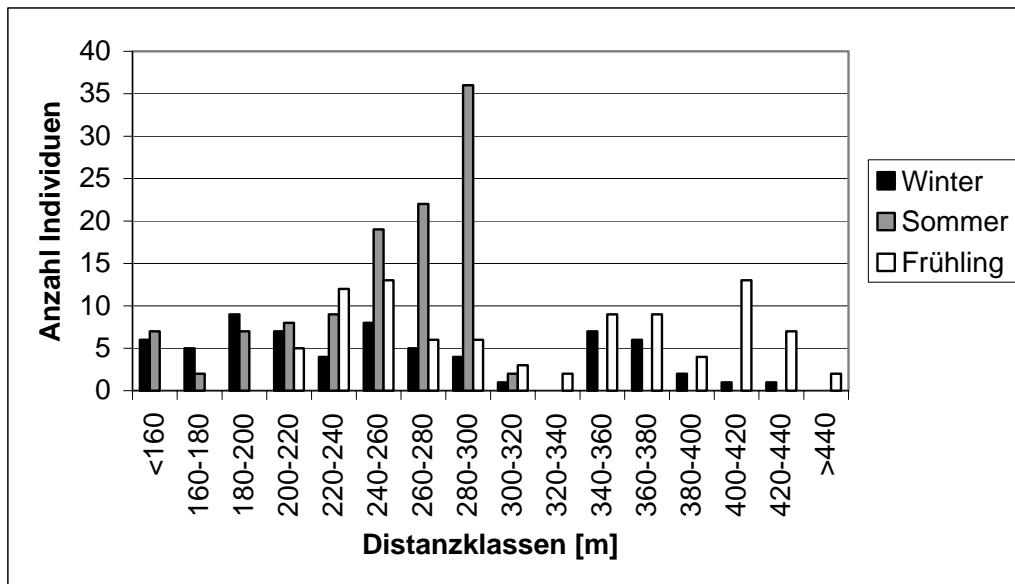


Abbildung 15: Verteilung der Translokationsdistanzen. Insgesamt wurden 269 Bachforellen versetzt (Winter: N=66, Frühling: N=112, Sommer: N=91). Achtung: die Distanzklasse 160-180 m beinhaltet die Werte von 160.0-179.9 m usw.

Mikrohoming:

168 (62.5 %) der 269 Bachforellen wurden nach der Translokation wiedergefangen. 73 (27.1 %) der 269 Bachforellen sind bis 20 m an die Ursprungsposition oder darüber hinweg gewandert. 62 (23.0 %) der 269 Bachforellen wurden im Radius von 20 m um den Ursprungspunkt wiedergefangen. 36 (13.4 %) der 269 Bachforellen wurden im Radius von 3 m um der Ursprungspunkt gefangen. Die Analyse der Einflussfaktoren auf die Mikrohomingkategorien hat ergeben, dass allein die Fischlänge einen Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit des Mikrohomings hat (Ordinale Regression, $E=0.013$, $\text{Exp}(E)=1.013$, $p<0.001$). Das bedeutet, dass sich bei der Erhöhung der Fischlänge um eine Einheit (Millimeter), die Chance in eine Mikrohomingkategorie des höheren Ranges zu gelangen, also präziseres Mikrohoming zu zeigen, um den Faktor 1.013 erhöht.

Geschwindigkeit des Mikrohomings:

49 (27.5 %) der 178 Forellen, die in diesen beiden Experimenten versetzt wurden, konnten nicht wiedergefangen werden. 70 (39.9 %) der 178 translozierten Forellen sind nicht an den Ursprungsort zurückgekehrt. 37 (20.8 %) Fische kehrten innerhalb einer Woche an die Ursprungsposition zurück, 22 (12.4 %) innerhalb eines Monats. Die Fischlänge ist die einzige Variable, die einen Einfluss auf die Zeit hat, die die Bachforellen benötigen, um zur Ursprungsposition zurückzukehren (Ordinale Regression; $E=0.016$, $\text{Exp}(E)=1.016$, $p<0.001$). Bei der Erhöhung der Fischlänge um eine Einheit (Millimeter), erhöht sich die Wahrscheinlichkeit um den Faktor 1.016, dass die Fische schneller an die Ursprungsposition zurückkehren.

4.1.3. Habitatanalyse Bachforellen

Bei den Bachforellenexperimenten im Rykenbach wurden die Präferenzen der Fische für die Mesohabitate, Mikrohabitate (Unterstände) und Wassertiefen errechnet. Die Fische wurden in juvenile und adulte Fische unterteilt. Das Kriterium für die Einteilung war die Fischlänge: Bachforellen, die kleiner sind als 160 mm wurden als juvenil betrachtet, Fische die grösser sind als 160 mm als adult. Die Fischlänge von 160 mm als Kriterium für die Einteilung in juvenile und adulte Fische wurde anhand der Populationsstruktur der Forellen im Rykenbach festgelegt (siehe Abbildung 7, Kapitel: „Material & Methoden“), wo sich im Längen-Frequenz-Histogramm die juvenilen Fische gut abgrenzen lassen. Ausserdem ist bekannt, dass in diesem Gewässer schon kleine männliche Bachforellen von 170 bis 180 mm Länge geschlechtsreif sind (Armin Peter, persönliche Mitteilung).

Mesohabitatpräferenzen:

Die Mesohabitatpräferenzen der Bachforellen wurden mittels Electivity-Index nach Jacobs (1974) berechnet (Abbildung 16). Werte nahe -1 zeigen eine Vermeidung, Werte Nahe Null keine Selektion und Werte nahe 1 eine starke Selektion.

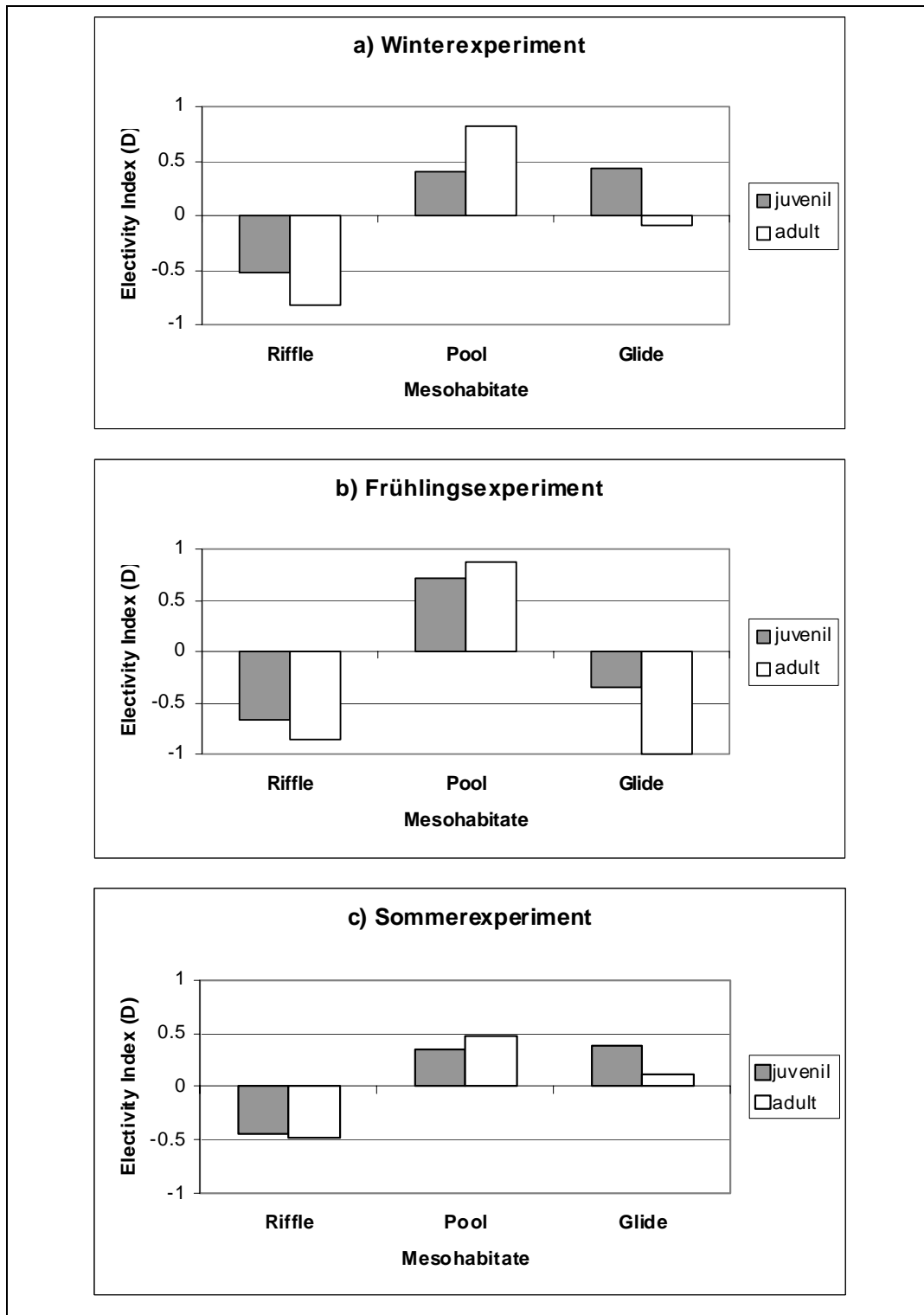
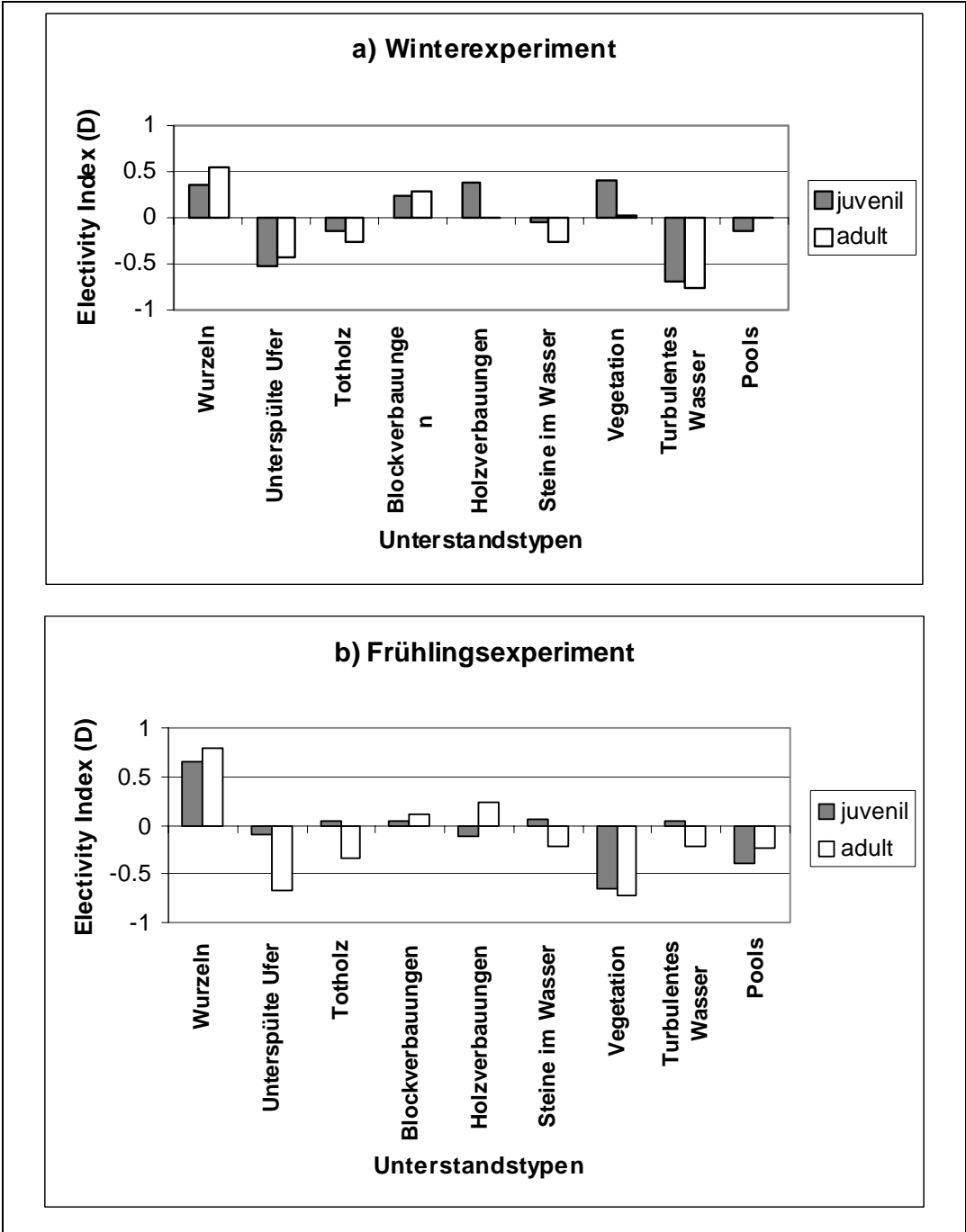


Abbildung 16: Präferenzen von juvenilen und adulten Bachforellen für Mesohabitats im a) Winter-, b) Fühling- und c) Sommerexperiment. Benutzt wurde der Electivity-Index von Jacobs (1974). Negative Werte für D bedeuten eine Vermeidung und positive Werte eine Bevorzugung des betreffenden Mesohabitats.

In allen drei Experimenten (Winter, Frühling, Sommer) wurden Riffles von juvenilen sowie adulten Fischen vermieden. Adulte Fische zeigten tendenziell eine stärkere Vermeidung von Riffles als juvenile. Pools wurden von allen Fischen in allen Experimenten bevorzugt, besonders stark von den grossen Fischen. Im Winter und Sommer war die Präferenz von kleinen Fischen für Gildes besonders hoch.

Mikrohabitatpräferenzen:

Die Mikrohabitatpräferenzen der Bachforellen wurden mittels Electivity-Index nach Jacobs (1974) berechnet (Abbildung 17). Werte nahe -1 zeigen eine Vermeidung der betreffenden Unterstandsstruktur, Werte nahe Null deuten auf keine Selektion hin und Werte nahe 1 zeigen eine starke Präferenz für diejenige Struktur. In allen drei Experimenten (Winter, Frühling und Sommer) wurden Wurzeln, Block- und Holzverbauungen von den Fischen als Unterstandsstrukturen bevorzugt aufgesucht. Eher nicht aufgesucht wurden unterspülte Ufer, turbulente Wasserzonen und Pools. Die Unterschiede in der Präferenz zwischen juvenilen und adulten Forellen sind nicht stark ausgeprägt.



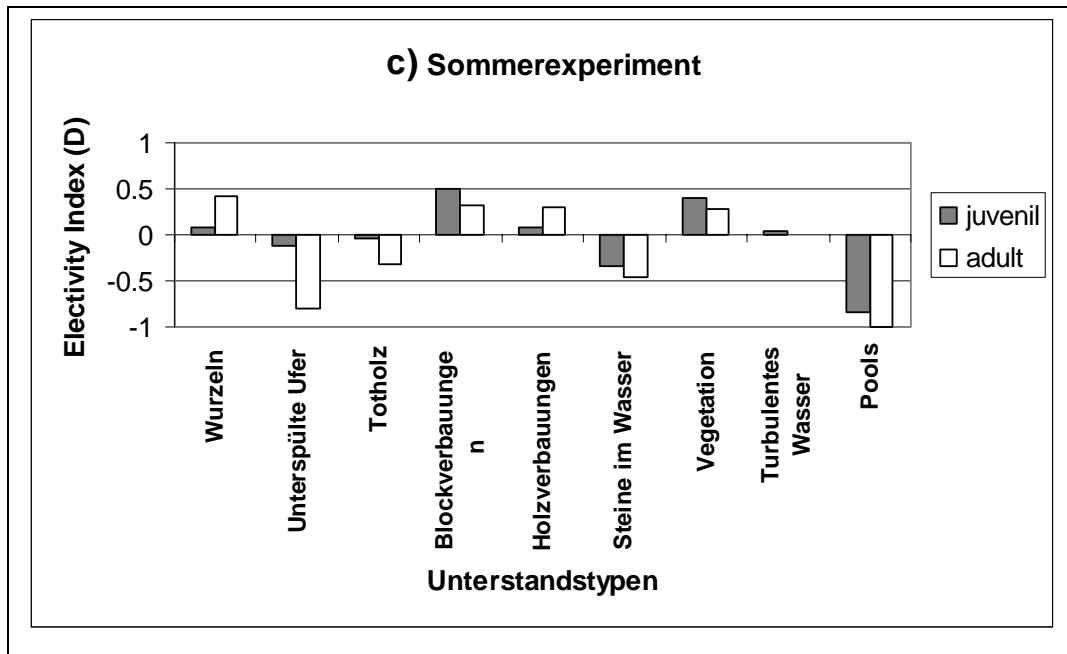
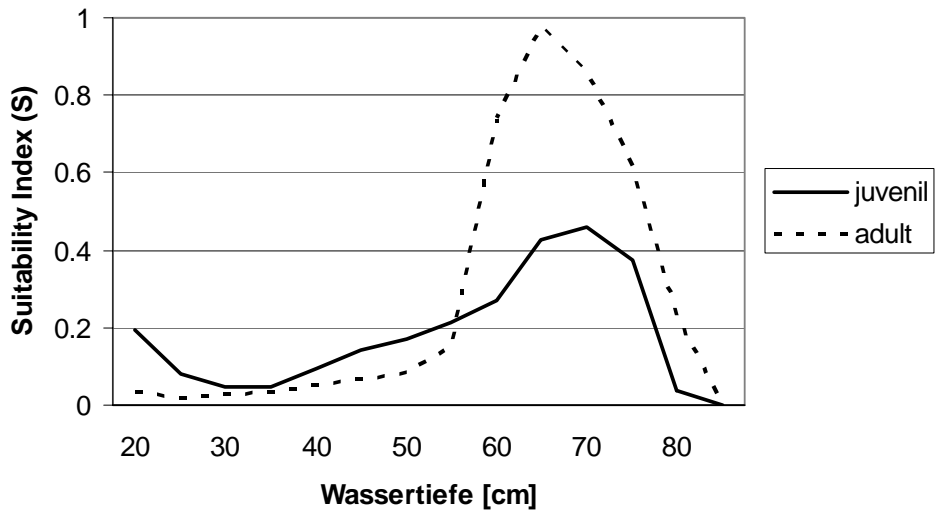


Abbildung 17: Präferenzen von juvenilen und adulten Bachforellen für Mikrohabitate (Fischunterstände) im a) Winter-, b) Frühlings- und c) Sommerexperiment. Benutzt wurde der Electivity-Index von Jacobs (1974): Negative Werte für D bedeuten eine Vermeidung und positive Werte eine Bevorzugung der betreffenden Unterstandstruktur.

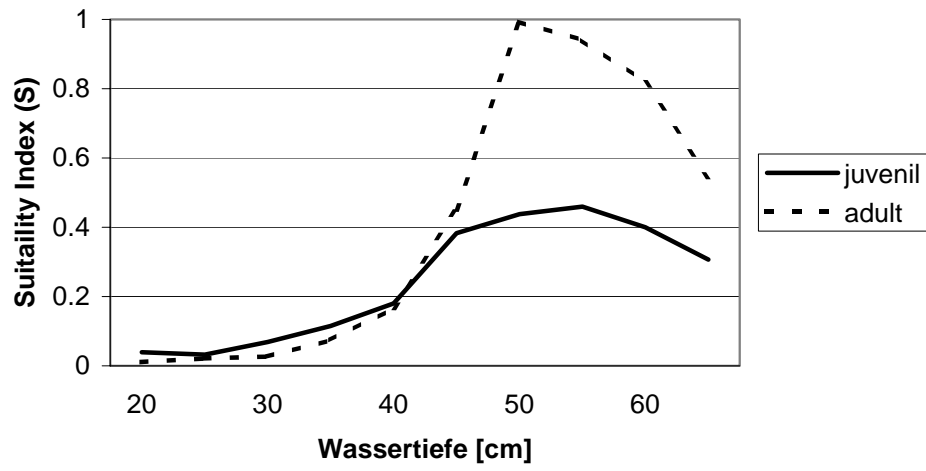
Wassertiefenpräferenzen:

Die Benutzung der Wassertiefen im Gewässer wurden mittels Suitability-Index berechnet (Abbildung 18). Werte nahe Null zeigen eine Vermeidung, Werte nahe 1 eine Bevorzugung der Wassertiefen. Im allen drei Experimenten (Winter, Frühling und Sommer) zeigen die adulten Fische eine stärkere Selektion für tiefere Gewässerzonen als juvenile. Seichte Stellen werden von beiden Altersgruppen gerne gemieden.

a) Winterexperiment



b) Frühlingsexperiment



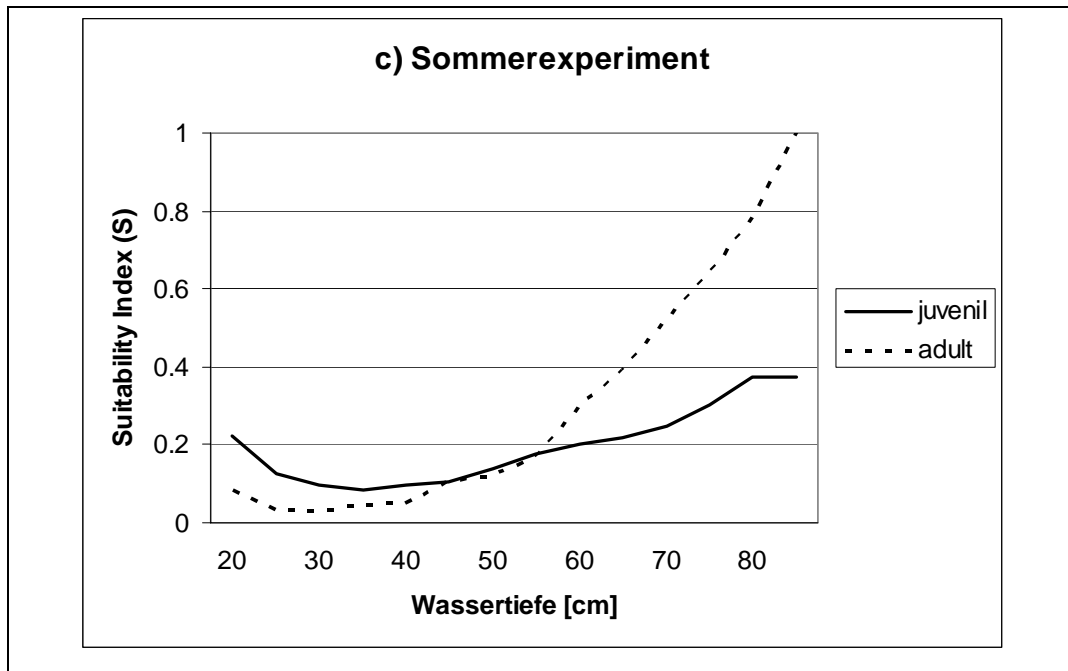


Abbildung 18: Selektion der Wassertiefen von juvenilen und adulten Bachforellen im a) Winter-, b) Frühlings- und c) Sommerexperiment. Werte nahe Null zeigen eine Vermeidung, Werte nahe 1 eine Bevorzugung der Tiefenklassen. Adulte Fische zeigen eine leicht stärkere Selektion für tiefere Gewässerzonen als juvenile.

4.2. Resultate Alet

4.2.1. Standorttreue Alet

Die mittlere Homerangegröße bei den Alet beträgt 57 m (Median = 30 m). Die Homeranges reichten vom 30 m bis 210 m. Zur Analyse der Beziehung zwischen Homerange und Fischlänge wurden alle Werte von Fischen verwendet, von denen zwei oder mehr Positionspunkte ermittelt worden waren. Im Gegensatz zu den Forellen, bestand das Problem der zunehmenden Homerangegröße bei zunehmender Anzahl Positionen nicht (Spearman-Korrelation, $r_s = -0.41$, $p = 0.697$, $N = 93$, zweiseitig). Die Analyse der Beziehung zwischen Fischlänge und Homerangegröße ergab, dass bei zunehmender Länge der Fische, der Homerange zunimmt (Spearman-Korrelation, $r_s = 0.291$, $p = 0.005$, $N = 93$, zweiseitig) (Abbildung 19).

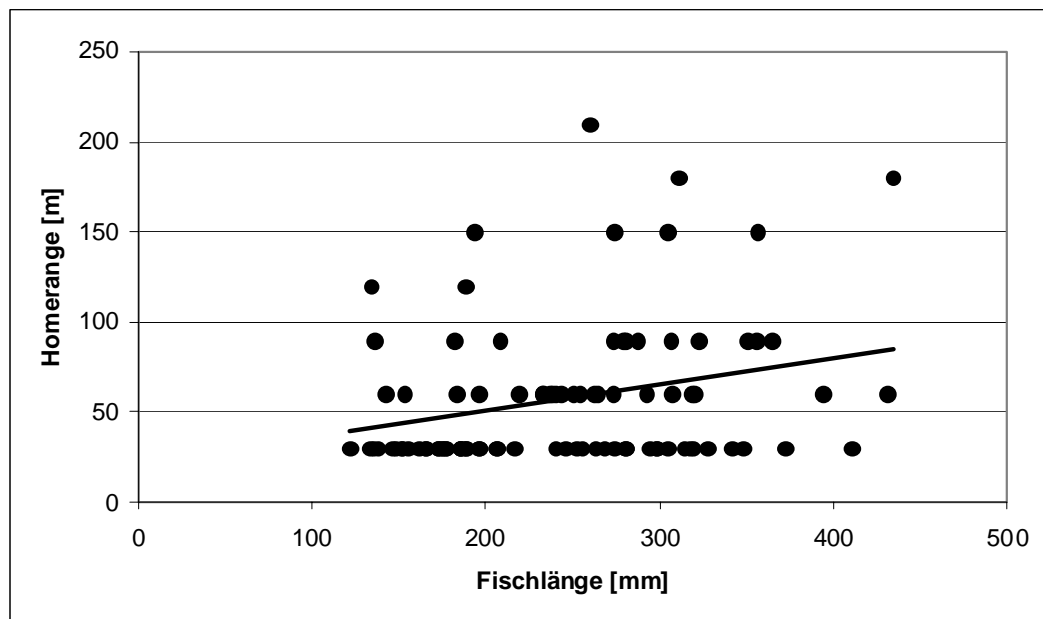


Abbildung 19: Streudiagramm der Beziehung zwischen Fischlänge und Grösse des Homerange mit Trendlinie bei Alet. Mit zunehmender Fischlänge nimmt die Grösse des Homerange zu (Spearman-Korrelation, $r_s = 0.291$, $p = 0.005$, $N = 93$, zweiseitig).

4.2.2. Mikrohoming Alet

Längenverteilung der translozierten Alet:

Im Translokationsexperiment mit Alet wurden insgesamt 110 Fische versetzt. Tabelle 6 soll einen Überblick über die translozierten Fische geben. Abbildung 20 zeigt das Längen-Frequenz-Histogramm der translozierten Alet.

Tabelle 6: Übersicht über die translozierten Alet

N	Min. Länge [mm]	Max. Länge [mm]	Länge Mw [mm]	Länge SD [mm]
110	130	477	249	80

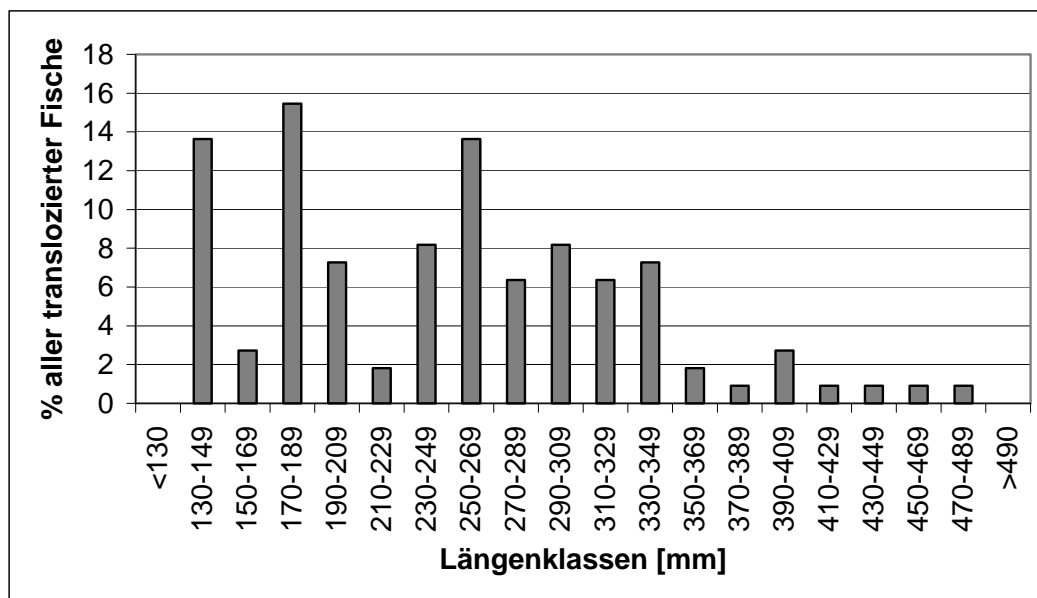


Abbildung 20: Längen-Frequenz-Histogramm der translozierten Alet (N=110).

Translokationsdistanzen:

Aufgrund verschiedener Positionen der einzelnen Fische bei der Translokation, wurden die Fische unterschiedlich weit versetzt. Tabelle 7 gibt einen Überblick über die Translokationsrichtungen und -distanzen. Abbildung 21 zeigt einen Überblick über die Translokationsdistanzen der Alet, gemessen vom Mittelpunkt des jeweiligen Sektors.

Tabelle 7: Übersicht über die Translokationsrichtungen- und -distanzen der Alet.

N	N	N	Min.	Max.	Mw	SD
Total	flussabwärts	flussaufwärts	Distanz	Distanz	Distanz	Distanz
			[m]	[m]	[m]	[m]
110	51	59	215	305	261	32

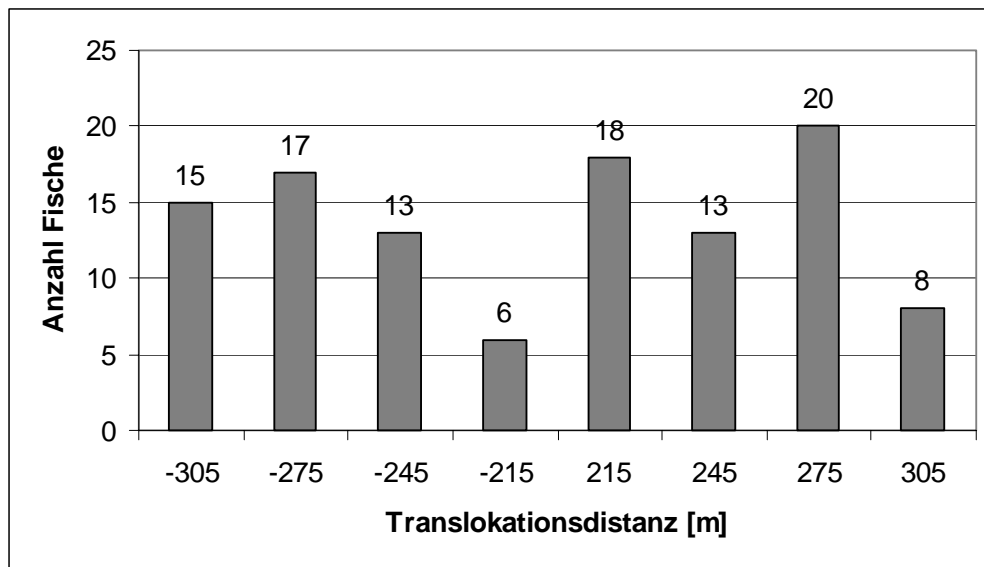


Abbildung 21: Übersicht über die Translokationsdistanzen des Aletexperiments. Gemessen wurde vom Mittelpunkt der Sektoren aus. Gesamtzahl der translozierten Alet N=110.

Mikrohoming:

47 (42.7 %) der 110 translozierten Alet wurden wiedergefangen. 42 (38.2 %) der 110 Tiere sind im Ursprungssektor oder darüberhinweg wiedergefangen worden. 21 (19.1 %) der 110 Alet sind im Ursprungssektor wiedergefangen worden. Die Analyse der Einflussfaktoren auf die Wahrscheinlichkeit der Rückkehr mittels ordinaler Regression ergab, dass kein getesteter Faktor einen Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit der Rückkehr hat.

Geschwindigkeit des Mikrohomings:

Von den 110 translozierten Alet sind 26 (23.6 %) innerhalb einer Woche zur Ursprungsposition zurückgekehrt. 16 (14.5 %) der 110 Fische brauchten etwas länger, sind aber innerhalb eines Monats zurückgekehrt. 68 (61.8 %) der 110 sind nicht zurückgekehrt. Die Analyse der Einflussfaktoren auf die Wahrscheinlichkeit einer schnellen Rückkehr mittels ordinaler Regression hat ergeben, dass keine getestete Variable einen Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit der schnelleren Rückkehr hat.

5. Diskussion

5.1. Bachforelle

5.1.1. Standorttreue Bachforellen

Die Resultate zeigen, dass bei zunehmender Fischlänge die Homerangegrösse abnimmt (Spearman-Korrelation, $r_s = -0.336$, $p = 0.032$, $N = 41$, zweiseitig). In dieser Studie wurden Homeranges von 0 bis 580 m ermittelt, bei einer mittleren Homerangegrösse von 57 m, wobei die meisten Fische eher kleinere Homeranges von wenigen Metern haben (Median = 12 m). Die leptokurtische (steil gewölbte) Verteilung der zurückgelegten Distanzen, bei denen die meisten Individuen kaum wandern, während wenige weite Strecken zurücklegen, ist typisch für vagile Organismen (Dobzhansky & Wright 1943; Mayr 1963; Endler 1977; Shields 1982; Paradis et al. 1998; Gomez & Zamora 1999; Gilliam & Fraser 2001).

In der Literatur lassen sich verschiedene Angaben zu der Homerangegrösse von Fliessgewässersalmoniden finden, von wenigen Metern (Northcote 1992) bis hin zu zehntausenden Metern. (Young 1994). Northcote (1992) gibt einen guten Überblick über ermittelte Homeranges bei Bachforellen (*Salmo trutta fario*) (Tabelle 8).

Tabelle 8: Einige Abschätzungen von Homeranges von Bachforellen (Quelle: Northcote 1992).

Altersstadium	Homerange [m]	% Wiederfang	Quelle
1+ und älter	2.4-22	55-74	Cane (1974)
1+ und älter	10	bis 93	Harcup et al. (1984)
1+ und älter	46	88	Woolland (1972)
1+ und älter	50	66	Heggenes (1988)
1+ und älter	60	-	Jackson (1980)
1+ und älter	90-108	62-65	Burnet (1969)
2+ bis 9+	45-200	97	Hesthagen (1988)

Fliessgewässersalmoiden leben oft in grössenabhängigen Hierarchiestrukturen (Kalleberg 1958; Jenkins 1969, Bachman 1984; Nakano 1994), wobei kleinere, subordinate Fische sich im Gewässer verteilen müssen, um ihren Energiebedarf durch die Maximierung der Nahrungsaufnahme zu decken (Fausch 1984). Die Konsequenz aus dieser Verhaltensweise ist, dass dominante Fische Zugang zu besseren Nahrungsquellen haben (Kalleberg 1958; Chapman 1962; Fausch 1984; Abbott et al. 1985; Gotceitas & Godin 1992) und darum schneller wachsen als subordinate Fische (Nakano 1995). Demnach müssten - auch im Rykenbach - die kleinen Fische ihren Radius ausweiten, um ihren Energiebedarf zu decken und so eine geringere Standorttreue aufweisen als grosse Fische. Bei einer überdurchschnittlich hohen Bachforellendichte des Rykenbachs mit hohen Biomassen (Fischnetz 2004) sollte der intraspezifische Konkurrenzdruck vorhanden sein und eine grössenabhängige Hierarchiestruktur fördern. Grosse Fische sind von der hohen Fischdichte weniger betroffen, da sie ihre guten Standplätze für die Aufnahme von Driftnahrung besetzten und auch halten können. Anders sieht es jedoch aus, wenn grosse Forellen piscivor werden. Grosse Forellen (> 400 mm) sind weniger auf gute Standplätze zur Nahrungsaufnahme angewiesen, da sie aktiv jagen

und dabei grössere Distanzen (> 100 m) zurücklegen können (Clapp et al. 1990). Grosse Forellen gehen meist nachts auf Nahrungssuche und ziehen sich tagsüber in einen geeigneten Unterstand zurück.

Zusätzlich stellt sich die Frage, ob die Grösse der Homeranges, einfach berechnet aus der Differenz der höchsten und tiefsten Position im Gewässer, ein geeignetes (inverses) Mass für die Standorttreue ist. Optimalerweise sollten innerhalb der eigentlichen (einfach berechneten) Homerange-Zonen erhöhte Aufenthaltswahrscheinlichkeiten berechnet werden. In den letzten Jahren sind statistischen Verfahren zur Ermittlung von Kernzonen der Aktivität für die Berechnung von Homeranges immer populärer geworden und haben ihren Nutzen in vielen Studien bewiesen (Kernel Density Estimates, siehe Worton 1987, 1989). Jedoch benötigen solche Modelle eine grosse Zahl an Positionsdatenpunkten; sogar univariate Modelle für die Berechnung vom linearen Homeranges für Fliessgewässerfische benötigen mindestens 30 Positionspunkte, um eine zuverlässige Aussage über die Grösse von Homeranges zu machen (Vokoun 2003). Diese Mengen an Positionspunkten zu erhalten, ist nur mittels Radiotelemetrie möglich. Die einfache Methode der Homerangeberechnung findet aber immer noch Verwendung in vielen Studien, wo Bewegungsdaten mittels Elektrofischung erhoben werden. Der Nachteil der Methode, Positionsdaten mit Hilfe der Elektrofischung zu erheben, liegt in der kleinen Zahl der Abfischungsereignisse und grossen Zeitintervallen, mit denen Gewässer beprobt werden können. Der Vorteil gegenüber der Radiotelemetrie liegt jedoch in der grossen Anzahl Individuen, die man gleichzeitig beproben kann. Während mit der Elektrofischung Positionen von hunderten von Fischen ermittelt werden können, können mit der Radiotelemetrie - meist aus Kostengründen -

höchstens ein paar Dutzend Individuen untersucht werden. Je nach Fragestellung muss dann abgewogen werden, welche Methoden am besten geeignet ist.

Fazit: Bei Bachforellen nimmt mit zunehmender Körperlänge die Grösse des Homorange signifikant ab. Deshalb wird die **Hypothese 1A** angenommen: „Adulte Bachforellen sind standorttreuer als juvenile Bachforellen“.

5.1.2. Mikrohoming Bachforellen

Obwohl der grösste Teil der translozierten Bachforellen nicht zurückgekehrt ist oder wiedergefangen werden konnte, waren doch 27.1 % der Bachforellen in der Lage, zu ihren ursprünglich besetzten Positionen zurückzukehren. 23.0 % der Bachforellen wurden sogar innerhalb eines Radius von 20 m vom Ursprungspunkt gefangen, ganze 13.4 % innerhalb eines Radius von drei Metern. Berücksichtigt man jedoch nur die wiedergefangenen Fische, so sind doch 43.5 % aller wiedergefangenen Fische bis an 20 m and die Ursprungsposition oder darüber hinweg gewandert, was einem grossen Anteil entspricht. Mehrere Studien haben gezeigt, dass Salmoniden sehr wohl in der Lage sind, nach einer Translokation zurückzukehren (Miller 1954; Saunders & Gee, 1964; Garcia de Leaniz 1989; Halvorsen & Stabell 1990, Armstrong & Herbert 1997; Minakawa & Kraft 2005). Jedoch sind die Unterschiede in den Anteilen der zurückgekehrten Fische gross, das Gleiche gilt für die Distanzen, über die die Fische versetzt worden sind. Armstrong & Herbert (1997) berichten von einer erfolgreichen Rückkehr von 12 der 14 telemetrierten Bachforellen, die über Distanzen von 800 bis 3600 m versetzt worden waren. Halvorsen & Stabell (1990) berichten von einer Rückkehrtrate von 40 % bei einer Translokationsdistanz von 200 m. Die meisten anderen Studien

berichten von kleineren Anteilen (<35 %) von Fischen, die zurückgekehrt sind (Saunders & Gee 1964; Harcup et al. 1984; Garcia de Leaniz 1989, Bélanger & Rodriguez 2001).

Fazit: Der Anteil von 27.1 % an zurückgekehrten Fischen liegt im Rahmen dessen, was in anderen Studien beobachtet werden konnte. Dass 13.4 % der Fische sogar in einem Radius von nur 3 m um den Ursprungspunkt herum wiedergefangen wurden, ist schon eher überraschend. Betrachtet man jedoch nur die wiedergefangenen Fische, so sind sogar 43.5 % von ihnen zurückgekehrt. Somit wird die **Hypothese 2A** bestätigt: „Bachforellen zeigen ein Mikrohoming nach einer Translokation“.

Ein erfolgreiches Homing kann von verschiedenen Faktoren beeinflusst werden. Zwar sind Salmondien in der Lage, präzise zurückzukehren, wenn sie über eine kurze Strecke versetzt wurden (Huntingford 1998 a), doch wird berichtet, dass sich der Homingerfolg mit zunehmender Distanz verringert (Miller 1954; Garcia de Leaniz 1989). Auch die Richtung der Translokation soll sich auf den Erfolg der Rückkehr auswirken: Fische die flussabwärts versetzt wurden, waren eher erfolgreich bei der Rückkehr zu den ursprünglich besetzten Gewässerabschnitten (Miller 1954; Harcup et al. 1984; 1964; Garcia de Leaniz 1989; Halvorsen & Stabell 1990). Die Fähigkeit der Fische, spezifische Gerüche zu erkennen (Hara 1993), könnte erklären, wieso Fische, die flussabwärts versetzt worden waren, stärker dazu neigen, zurückzukehren. Halvorsen & Stabell (1990) konnten in Feldexperimenten zeigen, dass Bachforellen mit intaktem olfaktorischen Organ besser in der Lage waren, zurückzukehren, als Fische mit amputiertem Geruchsorgan. Eine andere Erklärung für erfolgreicherer Homing nach Translokationen flussabwärts könnte sein, dass unfreiwillige Dislozierungen flussabwärts, wie sie natürlicherweise nach

Hochwasserereignissen der Fall sind, positive Rheotaxis bei den Fischen auslöst, wobei sie einfach gegen den Strom schwimmen, unabhängig von olfaktorischen und visuellen Reizen. Empirische Hinweise für diese Erklärung sind jedoch gegensätzlicher Natur: Während Garcia de Leaniz (1989) bei den meisten Fischen kurz nach der Translokation stromaufwärtsgerichtetes Schwimmen beobachten konnte, beobachtete Armstrong et al. (1997) nur bei einem von fünf Versuchen ein solches Verhalten. Die Körpergrösse der Fische und die Populationsdichte könnten weitere Faktor sein, die den Homingerfolg beeinflussen. Huntingford et al. (1998 b) hat bei atlantischen Lachsen beobachtet, dass grössere und dominantere Tiere nach kleinräumigen Translokationen (<5 m) eher zurückkehrten. Bei grossräumigen Translokationen von mehreren hundert Metern könnte der Homingerfolg auch von der Tatsache abhängen, dass grosse Fische grössere Distanzen zurücklegen können, als kleine Fische derselben Art (Bunnell et al. 1998).

In dieser Studie konnte nur die Körpergrösse als Faktor identifiziert werden, der die Wahrscheinlichkeit erfolgreicher Rückkehr beeinflusst (Ordinale Regression, $E=0.013$, $\text{Exp}(E)=1.013$, $p<0.001$). Die Gründe für dieses Resultat könnten in der Dominanz grosser Fische gegenüber kleinen Fische liegen (Kalleberg 1958; Jenkins 1969, Bachman 1984; Nakano 1994). So wäre es vorstellbar, dass kleine Bachforellen, obwohl sie an die ursprünglich besetzte Position zurückgekehrt sind, von den grossen Artgenossen und anderen eingewanderten Individuen wieder weggedrängt wurden. Auch die grössenselektive Wirkung der Elektrofischung könnte ein Grund dafür sein, dass das Resultat dieser Studie kleineren Fischen eine geringere Wahrscheinlichkeit attestiert, eine präzisere Homingkategorie zu erreichen (Eberstaller et al. 2001). Dass bei dieser Studie Faktoren wie Translokationsdistanz, Translokationsrichtung und die Jahreszeit keinen Einfluss auf die

Wahrscheinlichkeit erfolgreichen Homings hatte, könnte daran liegen, dass die Elektrobefischung im Abstand von Tagen und Wochen nicht geeignet ist, genaue Positionsveränderungen aufzuspüren. Eine deutlich dichtere Zeitreihe für die Ortsbestimmungen wäre also von Vorteil.

Fazit: Die Körpergrösse der Fische hat einen Einfluss auf das Homing; Einflüsse anderer getesteter Faktoren können anhand des Experiments ausgeschlossen werden. **Die Hypothese 3A** kann somit bestätigt werden: „Bei Forellen haben Faktoren wie Fischgrösse, Translokationsrichtung, Translokationsdistanz und Jahreszeit einen Einfluss auf das Mikrohoming“.

5.1.3. Geschwindigkeit des Mikrohomings

Die Körpergrösse der Bachforellen konnte als einzige Einflussvariable auf die Geschwindigkeit des Homings identifiziert werden (Ordinale Regression; $E=0.016$, $\text{Exp}(E)=1.016$, $p<0.001$). Der Grund dafür könnte darin liegen, dass grosse Fische grössere Distanzen zurücklegen können und auch grössere tägliche Aktivitätsradien haben als kleine Fische (Bunnell et al. 1998). Der Einfluss der grössenabhängigen Hierarchiestruktur bei der Geschwindigkeit des Homings ist jedoch ungewiss (Kalleberg 1958; Jenkins 1969, Bachman 1984; Nakano 1994). Dafür spricht, dass kleine Fische von den grossen Fischen verdrängt werden können und wieder abwandern, bevor sie wiedergefangen werden. Dagegen spricht jedoch, dass die Einteilung in eine Geschwindigkeitskategorie dann vorgenommen wurde, wenn ein Fisch sogar über die ursprüngliche Position hinausgeschwommen ist (siehe Kapitel 3.4.5: Geschwindigkeit des Mikrohomings). Ein kleiner verdrängter Fisch müsste sich demnach immer noch in der Nähe befinden und als erfolgreicher Rückkehrer gewertet werden.

Erstaunlich ist, dass kein Einfluss der Translokationsrichtung auf die Geschwindigkeit des Homings gefunden werden konnte. Sollte die positive Rheotaxis, wonach Fische bei einer Dislozierung einfach gegen den Strom schwimmen, eine Rolle bei der Geschwindigkeit des Homings spielen, sollte ein Einfluss der Translokationsrichtung erkennbar sein. Demnach müssten andere sensorische Fähigkeiten, wie die visuelle Erkennung topographischer Merkmale oder der Geruchssinn eine Rolle spielen. Das fehlende Auflösungsvermögen gelegentlicher Elektrofischungen als Methode für die Positionsbestimmung könnte jedoch auch dafür verantwortlich sein, dass die Einflüsse anderer getesteter Faktoren nicht erkannt wurden.

Fazit: Auch wenn nicht klar ist, wieso die Körpergrösse einen Einfluss auf die Geschwindigkeit des Homings hat, kann die **Hypothese 4A** für grosse Individuen betätigt werden: „Bei Bachforellen haben Faktoren wie Fischgrösse, Translokationsrichtung, Translokationsdistanz und Jahreszeit einen Einfluss die Zeit, die ein Fisch für die Rückkehr braucht“.

5.1.4. Habitate Bachforellen

Die Resultate der Habitatanalysen, besonders der Mesohabitate und Wassertiefen, zeigen einen klaren Unterschied in den Habitatpräferenzen von juvenilen und adulten Fischen. Diese Unterschiede in den Habitatpräferenzen entstehen durch die grössenabhängige Dominanzhierarchie der Forellen (Kalleberg 1958; Jenkins 1969, Bachman 1984; Nakano 1994; Clapp et al. 1990). In allen drei Experimenten haben juvenile wie adulte Fische eine Präferenz für das Mesohabitat Pool gezeigt und eine Vermeidung der Riffles. Jedoch zeigen adulte Tiere eine stärkere

Präferenz für Pools als juvenile, sowie eine stärkere Vermeidung von Riffles. Vermutlich müssen aufgrund der erwähnten grössenabhängigen Hierarchiestruktur die juvenilen Fische eher auf Riffle- oder Glidehabitats ausweichen. Ein ähnliches Bild zeigt die Analyse der Tiefenpräferenz. Obwohl juvenile wie auch adulte Bachforellen tiefere Wasserzonen bevorzugen, ist die Präferenz der adulten Fische stets grösser als die der juvenilen. Da tiefe Wasserzonen den Fischen Schutz vor starken Strömungen und Fressfeinden bieten und von allen Fischen bevorzugt werden, haben die kleinen Fische das Nachsehen und müssen auf weniger bevorzugt Habitats ausweichen.

Weniger deutlich zeigen sich die grössenabhängigen Unterschiede in der Habitatwahl bei der Analyse der Unterstände. In allen Experimenten war die Präferenz für Wurzeln ein bisschen stärker bei den adulten Fischen. Da Wurzelunterstände im Rykenbach meist relativ gross sind, werden sie vermutlich von grösseren Fischen besetzt. Erstaunlich ist jedoch die Vermeidung der Unterstandsstruktur Pool. Das liegt vermutlich daran, dass im Pool meist andere, dominantere Unterstandsstrukturen wie z.B. Wurzeln, Verbauungen etc. vorkommen. Die Analyse der Mesohabitats hat gezeigt, dass Pools nicht gemieden werden. Die Vielzahl der verschiedenen Unterstände und der relativ hohe Anteil der Unterstandsfläche (> 15 % der Gewässerfläche im Rykenbach) sowie eine hohe Heterogenität der Habitats begünstigen eine hohe Populationsdichte (Heggenes 1988).

Fazit: Vor allem anhand der Analyse der Mesohabitat- und Tiefenpräferenz lassen sich klar Unterschiede in der Habitatnutzung feststellen. Die **Hypothese 5** kann bestätigt werden: „Es gibt Unterschiede in der Habitatnutzung (Mesohabitate, Unterstände, Wassertiefen) zwischen juvenilen und adulten Bachforellen“.

5.2. Alet

5.2.1. Standorttreue Alet

Bei den Alet nimmt mit zunehmender Fischlänge die Grösse des Homeranges zu (Spearman-Korrelation, $r_s = 0.291$, $p = 0.005$, $N = 93$, zweiseitig). Es konnten Homeranges von 30 bis 210 m Länge ermittelt werden, bei einer mittleren Homerangegrösse von 57 m, wobei die meisten Individuen ein kleiner Homerange von wenigen Metern besetzen (Median = 30 m). Wie auch bei den Bachforellen, konnte bei den Alet eine leptokurtische Verteilung der Homerangegrössen festgestellt werden: Die meisten Individuen sind kaum gewandert, während wenige sich über eine grössere Strecke fortbewegt haben.

Fredrich et al. (1997) haben in ihrer Studie Homeranges von 20 bis 300 m beobachtet, ohne jedoch die Laichwanderungen miteinzubeziehen. Andere Angaben reichen von wenigen Metern bis zu 2 Kilometern (120-1220 m: Allouche et al. 1998; 21-812 m: Lopez Velasco 1999; bis zu 1990 m: Bolland et al. 2008). Interessanterweise stammen die Angaben zu den grössten Homeranges von bis zu 1990 m von einer Telemetriestudie, die an juvenilen Alet mit einer maximalen Körperlänge von 243 mm durchgeführt wurde (Bolland et al. 2008).

Juvenile Alet sammeln sich bevorzugt in Schwärmen an seichten Stellen, während adulte Tiere oftmals solitär leben und in Unterstandsstrukturen wie Wurzeln und überhängender Vegetation anzutreffen sind (Wheeler 1998; Cowx 2001). Grössenabhängige Hierarchiestrukturen, wie sie bei Fliessgwässersalmoniden vorkommen (Kalleberg 1958; Jenkins 1969, Bachman 1984; Nakano 1994), sind bei den Alet nicht bekannt. Krause (1994) konnte jedoch zeigen, dass die Körpergrösse bei juvenilen Alet

einen Einfluss auf die Position im Fischschwarm haben kann. Grössere Individuen positionieren sich im Zentrum des Schwarms, um sich vermutlich besser vor Fressfeinden zu schützen. Dieses Ergebnis könnte allenfalls als eine Art von grössenabhängiger Dominanzstruktur ausgelegt werden.

Wie viele Cypriniden, haben auch Alet altersabhängige Nahrungspräferenzen (Hellawell 1971; Mann 1976). Während sich juvenile Fische hauptsächlich von aquatischen Invertebraten ernähren, fressen adulte Fische vorwiegend Pflanzen und Fluginsekten. Ab einer Körperlänge von etwa 15 cm ernähren sich Alet auch von Fischen, wobei der piscivore Anteil ihrer Nahrung mit zunehmender Körpergrösse zunimmt (Mann 1976; Vitali & Braghieri 1984).

Fazit: Es ist durchaus vorstellbar, dass kleine Individuen sich eher ortsgebunden zeigen und Nahrung sowie Schutz in lokalen Strukturen suchen, während grössere Fische, die ohnehin weitere Strecken zurücklegen können (Bunnell et al. 1998), auf der Nahrungssuche grössere Homerranges beanspruchen. Die **Hypothese 1B** kann bestätigt werden: „Zwischen juvenilen und adulten Alet besteht ein Unterschied in der Strandorttreue“.

5.2.2. Mikrohoming Alet

Bolland et al. (2008) haben bei Telemetriestudien an Alet beobachtet, dass einige Individuen über weite Strecken von bis zu 1990 m abgewandert und später wieder zurückgekehrt sind. Eine ähnliche Verhaltensweise wurde auch von Lopez Velasco (1999) beobachtet: Telemetrierte Alet hielten sich wiederholt an einigen bevorzugten Stellen im Gewässer auf, die mehrere hundert Meter voneinander entfernt waren und immer wieder aufgesucht wurden.

Ammann (2006) hat bei Translokationsversuchen zur Ermittlung des Sprungverhaltens an Hindernissen beobachtet, wie 7 von 8 translozierten Alet wiederholt zum Hindernis geschwommen sind und versucht haben, das Hindernis zu umgehen.

Fazit: Von 110 markierten und translozierten Alet wurden 47 (42.7 %) innerhalb der Teststrecke wiedergefangen, wovon 42 (38.2 %) es geschafft haben, zum Ursprungspunkt zurückzukehren oder darüberhinweg zu wandern. 21 (19.1 %) der 110 translozierten Alet wurden sogar innerhalb des Ursprungssektor wiedergefangen, was einem recht hohen Anteil entspricht. Somit kann die **Hypothese 2B** angenommen werden: „Alet zeigen ein Mikrohoming nach einer Translokation“.

Wie bei den Salmoniden, könnten auch bei den Cypriniden verschiedene Faktoren, wie zum Beispiel Fischlänge, Translokationsdistanz und Translokationsrichtung einen Einfluss auf das Mikrohomingverhalten haben. Die Analyse der Einflussfaktoren auf das Mikrohoming hat ergeben, dass keiner der getesteten Faktoren einen Einfluss hat. Berichte über Homerranges von bis zu 1990 m (Bolland et al. 2008) lassen vermuten, dass sich die Alet gut in einem Gewässersystem orientieren können und in der Lage sein sollten, über kurze Translokationsdistanzen von 200-400 m zurückzukehren. Die im Experiment angewandten Translokationsdistanzen waren vermutlich zu kurz, um einen bedeutenden Einfluss zu haben. Auch der Einfluss der Translokationsrichtung könnte bei diesen eher kurzen Translokationsdistanzen verschwinden. Lucas (2000) hat bei einer Telemetriestudie beobachtet, dass Barben (*Barbus barbus*) nach Dislozierungen bei Hochwasserereignissen von über 200 m flussabwärts in der Lage waren, zurückzukehren. Die Fähigkeit der Fische, zurückzukehren basiert vermutlich eher auf einer präzisen

Kenntnis der Umgebung als auf der positiven Rheotaxis, wonach Fische ohne olfaktorischen und visuellen Reizen zu folgen einfach gegen den Strom schwimmen.

Erstaunlicherweise hat auch die Körperlänge der Alet keinen Einfluss auf das Mikrohoming. Unterschiedliche Nahrungs- und Habitatansprüche zwischen juvenilen und adulten Tieren (Hellawell 1971; Mann 1976; Grossman & De Sostoa 1994), sowie die bessere Fähigkeit grosser Fische, grosse Strecken zu überwinden (Bunnell et al. 1998), lassen erwarten, dass Unterschiede im Mikrohoming vorhanden sein sollten.

Fazit: Die Resultate zeigen, dass sowohl juvenile wie auch adulte Tiere nach einer Translokation an die Ursprungsposition zurückkehren können. Einflüsse von Faktoren wie Fischlänge, Translokationsrichtung und Translokationsdistanz konnten nicht ermittelt werden. So kann die **Hypothese 3B** verworfen werden: „Bei Alet haben Faktoren wie Fischgrösse, Translokationsrichtung und Translokationsdistanz einen Einfluss auf das Mikrohoming“.

5.2.3. Geschwindigkeit des Mikrohomings

Die Analyse der Einflussfaktoren auf die Geschwindigkeit des Mikrohomings hat ergeben, dass weder Fischlänge und Translokationsrichtung noch Translokationsdistanz einen Einfluss haben. Vor allem Einflüsse der Fischlänge sowie der Translokationsdistanz wären zu erwarten gewesen, da vor allem grössere Fische lange Strecken einfacher überwinden können (Bunnell et al. 1998). Dagegen spricht jedoch, dass Telemetriestudien an juvenilen (< 250 mm) Alet gezeigt haben, dass vor allem juvenile Tiere grosse lineare Homeranges von bis zu

2 km Länge besetzten können (Bolland et al. 2008, Lopez Velasco 1999).

Auch ist denkbar, dass die grössenselektive Wirkung der Elektrofischungen den Einfluss der Fischlänge verdeckt hat (Eberstaller et al. 2001).

Fazit: Es konnten keine Einflüsse der Faktoren Fischlänge, Translokationsrichtung und Translokationsdistanz auf die Geschwindigkeit des Mikrohomings identifiziert werden. **Die Hypothese 4B** wird verworfen: „Bei Alet haben Faktoren wie Fischgrösse, Translokationsrichtung und Translokationsdistanz einen Einfluss auf die Zeit, die ein Fisch für die Rückkehr braucht“.

5.3. Ausblick & Empfehlungen

Die Ergebnisse dieser Studie belegen, dass die Reaktionen auf eine Translokation je nach Fischart unterschiedlich ausfallen können. Zwar sind bei beiden untersuchten Fischarten erhebliche Anteile zur ursprünglich besetzten Stelle zurückgekehrt, doch können verschiedene Faktoren einen Einfluss auf das Mikrohoming haben. Bei den Forellen hatte klar die Körperlänge der Fische einen Einfluss auf das Mikrohoming und die Geschwindigkeit der Rückkehr, nicht so bei den Alet. Eventuell spielen auch andere, in dieser Studie nicht getestete Faktoren eine Rolle, wie z.B. Fischdichte (inter- und intraspezifische Konkurrenz), Habitatangebot, Nahrungsangebot etc. Auch könnte die Wahl der Methoden zur Positionsbestimmung einen entscheidenden Einfluss auf das Ergebnis der Studie haben. Die Elektrofischungen wirken grössenselektiv (Eberstaller et al. 2001) und damit können nicht so viele Positionsdaten wie bei der Telemetrie gesammelt werden. Es ist durchaus vorstellbar, dass die Einflüsse einiger Faktoren dadurch verschleiert wurden. Die

Ergebnisse der Untersuchungen an der Standorttreue der Bachforellen und Alet lassen jedoch vermuten, dass die Elektrobefischungen als Methode zur Positionsbestimmung sehr brauchbar ist. Die ermittelten Homerangegrößen der beiden Arten stimmen durchaus mit den Angaben anderer Studien überein. Der Vorteil der Elektrobefischungen liegt jedoch in der Anzahl der Fische, die gefangen und markiert werden kann.

Vor allem wenn die Durchgängigkeit von Gewässerrampen getestet werden soll, ist es wichtig, eine grosse Anzahl an Fischen zu markieren und wiederzufangen. Üblicherweise werden dazu die Gewässerbereiche oberhalb einer Rampe elektrisch abgefischt, die gefangenen Fische markiert und vermessen und anschliessend unterhalb der Rampe freigelassen (D. Weibel, in Bearbeitung). Die Ergebnisse dieser Studie helfen abzuschätzen, von welchem Anteil der versetzten Fische eine Rückkehr erwartet werden kann. Auch der Einfluss der Fischlänge soll keineswegs unterschätzt werden. Zum Beispiel kann von grossen Forellen eher erwartet werden, dass sie über eine Rampe schwimmen und an die Ursprungsposition zurückkehren, und zwar nicht nur, weil grössere Fische besser schwimmen können. Um alle Faktoren auszuschliessen, die die Interpretation von Rampenexperimenten erschweren, sollten parallel zu solchen Rampenexperimenten normale Translokationsexperimente im selben Gewässer an denselben Fischarten durchgeführt werden. Damit könnten Unterschiede im Gewässer und in den art- oder grössenspezifischen Verhaltensweisen der Fische berücksichtigt werden.

6. Schlussfolgerung

Das Wissen über die Standorttreue und das Mikrohoming von Fischen ist in vielerlei Hinsicht interessant. Zum einen ist ein generelles Interesse an den Verhaltensweisen der Fische vorhanden, insbesondere an der Verbundenheit der Fische an ihren Standort und deren Reaktion auf eine Translokation durch Hochwasser oder durch die Verfrachtung von Menschen. Zum anderen können Informationen über das Verhalten der Tiere bei der Entwicklung und Verbesserung von Managementmassnahmen hilfreich sein. Zum Beispiel können aus den Ergebnissen Empfehlungen für Baustellenabfischungen oder Funktionskontrollen von Gewässerrampen formuliert werden.

Die Resultate dieser Studie haben gezeigt, dass Bachforellen und Alet zur Standorttreue neigen. Vor allem adulte Forellen und juvenile Alet zeigen einen hohen Grad an Verbundenheit mit ihren Standorten. Juvenile Forellen und adulte Alet hingegen sind weniger standorttreu.

Beide Fischarten kehren nach einer experimentellen Translokation zu grossen Anteilen (ca. 30 %) an die alten Standplätze oder zumindest in die vormals besetzten Gewässerabschnitte zurück. Faktoren wie Translokationsrichtung, Translokationsdistanz und Jahreszeit scheinen weder bei den Bachforellen, noch bei den Alet einen Einfluss auf das Mikrohoming und die Geschwindigkeit der Rückkehr zu haben. Die Fischlänge hat bei den Bachforellen einen starken Einfluss auf das Mikrohoming, jedoch nicht bei den Alet. Adulte Bachforellen kehren mit grösserer Wahrscheinlichkeit und schneller als Jungfische an die vormals besetzten Stellen zurück.

Die Habitatnutzung von juvenilen und adulten Bachforellen unterscheiden sich ebenfalls. Adulte Bachforellen besetzten meist tiefe Stellen im Gewässer (z.B. Kolken), während juvenile Fische sich eher in seichteren Zonen aufhalten.

7. Danksagung

Ich möchte mich herzlich bei Dr. Armin Peter für die Betreuung der Masterarbeit bedanken. Die Betreuung war fachlich sowie persönlich hervorragend.

Auch möchte ich mich bei Prof. Dr. Heinz-Ulrich Reyer bedanken, der mir das Vertrauen und den Freiraum für eine externe Masterarbeit entgegengebracht hat.

Bei Brigitte Germann, Denise Weibel, Jean-Martin Fierz, Sara Schubert und allen, die bei den Abfischungen geholfen haben, möchte ich mich für die vielen Arbeitsstunden draussen im Feld bedanken. Ohne deren unermüdliche Mithilfe wären die Abfischungen unmöglich gewesen.

Bei Dr. Christine Weber und Eva Schager möchte ich mich für diverse Hilfestellungen während der Masterarbeit bedanken. Sie haben sich stets Zeit genommen.

Bei Phillip Amrein von der Fischerei und Jagdverwaltung des Kantons Luzern möchte ich mich für die unkomplizierte Erteilung der Abfischungsbewilligungen, sowie für die interessanten und informationsreichen Gespräche im Feld bedanken.

Vielen Dank auch an die Fischereivereine und Fischer am Rykenbach und der Ron.

Bei Massimo Merlini und Manuel Koller von der statistischen Beratungsstelle der ETH möchte ich mich für die statistische Beratung bedanken.

Bei der Eawag möchte ich mich für die Bereitstellung von Arbeitsgeräten, Büro, Computer und Unterkunft bedanken.

8. Literatur

- Abbott, J. C., R. L. Dunbrack & C. D. Orr (1985). The interaction of size and experience in dominance relationships of juvenile steelhead trout (*Salmo gairdneri*). *Behaviour* **92**: 241-253.
- Agbogah, K. (1996). Micro-migration pattern of the stream-resident brown trout in two alpine valley streams in Switzerland. Masterthesis IHE Delft / Eawag Kastanienbaum.
- Allouche, S., A. Thevenet & P. Gaudin (1998). Habitat use by chub (*Leuciscus cephalus* L. 1766) in a large river, the French Upper Rhône, as determined by radiotelemetry. *Archiv für Hydrobiologie* **145**: 219-236.
- Ammann, T. (2006). Der Einfluss von Barrieren auf die Verteilung von Fischen in kleinen Bächen: Fallstudien im Suhretal. Diplomarbeit ETH Zürich / Eawag Kastanienbaum.
- Andersen, W. G. (1997). The use of clove oil as an anesthetic for rainbow trout and its effects on swimming performance. *North American Journal of Fisheries Management* **17**: 301-307.
- Armstrong, J. D. & N. A. Herbert (1997). Homing movements of displaced streamdwelling brown trout. *Journal of Fish Biology* **50**: 445–449.
- Armstrong, J. D., V. A. Braithwaite & F. A. Huntingford (1997). Spatial strategies of wild Atlantic salmon parr: exploration and settlement in unfamiliar areas. *Journal of Animal Ecology* **66**: 203–211.

- Aronson, L. R. (1951). Orientation and jumping in the gobiid fish *Bathygobius soporator*. *American Museum Novitates* **1486**: 1–22.
- Bachman, R. A. (1984). Foraging behavior of free-ranging wild and hatchery brown trout in a stream. *Transactions of the American Fisheries Society* **113**: 1-32.
- Baras, E. (1993). A biotelemetry study of seasonal variations in space utilisation by the barbel, *Barbus barbus* (L.). *Cahiers d'Ethologie* **13**: 139–142.
- Baras, E. & B. Cherry (1990). Seasonal activity of female barbel *Barbus barbus* (L.) in the River Ourthe (Southern Belgium), as revealed by radio tracking. *Aquatic Living Resources* **3**: 283-294.
- Bélanger, G. & M. A. Rodriguez (2001). Homing behaviour of stream-dwelling brook charr following experimental displacement. *Journal of Fish Biology* **59**: 987–1001.
- Bernatchez, L. (2001). The evolutionary history of brown trout (*Salmo trutta* L.) inferred from phylogeographic, nested clade, and mismatch analysis of mitochondrial DNA variation. *Evolution* **55**: 351-379.
- Bertmar, G. & R. Toft (1969). Sensory mechanisms of homing in salmonid fish I. Introductory experiments on the olfactory sense in grilse of Baltic salmon (*Salmo salar*). *Behaviour* **35**: 235-241.

- Bisson, P. A., J. L. Nielsen, R. A. Palmason & L. E. Grove (1981). A system of naming habitat types in small streams, with examples of habitat utilization by salmonids during low streamflow. In: *Proceedings of the symposium of acquisition and utilization of aquatic habitat inventory information* (Armantrout, N. B. ed.), pp. 62-73. Portland.
- Bolland, J. D., I. G. Cowx & M. C. Lucas (2008). Movements and habitat use of wild and stocked juvenile chub, *Leuciscus cephalus* (L.), in a small lowland river. *Fisheries Management and Ecology* **15**: 401–407
- Bovee, K. D. (1982). A guide to instream habitat analysis using the instream flow incremental methodology. Instream Flow Information Paper No. 12. U.S.D.I. Fish & Wildlife Service, Office of Biological Services. FWS/OBS-82/26.
- Bunnell, D. B. Jr., J. J. Isely, K. H. Burrell & D. H. Van Lear (1998). Diel movement of brown trout in a southern Appalachian river. *Transactions of the American Fisheries Society* **127**: 630–636.
- Burrell, K. H., J. J. Isley, D. B. Bunnell, D. H. Van Lear & C. A. Dolloff (2000). Seasonal movements of brown trout in a southern Appalachian river. *Transactions of the American Fisheries Society* **129**: 1373-1379.
- Carrel, G. & B. Rivier (1996). Distribution of three euryoecious cyprinids in the main channel of the lower River Rhone. *Archiv für Hydrobiologie. Supplementband. Large Rivers* **113**: 363-374.

- Chapman, D. W. (1962). Aggressive behavior in juvenile coho salmon as a cause of emigration. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* **19**: 1047-1080.
- Clapp, D. F., R. D. Clark & J. S. Diana (1990). Range, activity, and habitat of large, free-ranging brown trout in a Michigan stream. *Transactions of the American Fisheries Society* **119**: 1022-1034.
- Cowx, I. G. (2001). Factors influencing coarse fish populations in rivers. A literature review. Environment Agency, Bristol, 146 p.
- Cragg, D. & W. Jones (1969). The growth of dace *Leuciscus leuciscus* (L.), roach *Rutilus rutilus* (L.) and chub *Squalius cephalus* (L.) in willow brook, Northamptonshire. *Journal of Fish Biology* **1**: 59-82.
- Crisp, D. T. (2000). Trout and Salmon: Ecology, Conservation and Rehabilitation. Blackwell Science, Oxford. 212 p.
- Dobzhansky, T. & S. Wright (1943). Genetics of natural populations. X. Dispersal rates in *Drosophila pseudoobscura*. *Genetics* **28**: 304-340.
- Eberstaller, J., P. Pinka, S. Urbaneck, F. Bebi, F. Fehr & R. Dreher (2001). Trübung und Schwall Alpenrhein - Einfluss auf Substrat, Benthos, Fische: Internationale Regierungskommission Alpenrhein.

- Elliott, J. M. (1986). Spatial distribution and behavioural movements of migratory brown trout, *Salmo trutta*, in a Lake District stream. *Journal of Animal Ecology* 55: 907-922.
- Elliott, J. M. (1987). The distances travelled by downstream-moving trout fry, *Salmo trutta*, in a Lake District stream. *Freshwater Biology* 17: 491-499.
- Elliot. J. M. (1989). Wild brown trout, *Salmo trutta*: An important national and international resource. *Freshwater Biology* 21: 1-5.
- Elliott, J. M. (1994). Quantitative Ecology and the Brown Trout. Oxford University Press, Oxford. 286 p.
- Endler, J. A. (1977). Geographic variation, speciation and clines. Princeton University Press, Princeton. 246 p.
- FAO (1998). Rehabilitation of rivers for fish (Cowx I. G. & R. L. Welcomme eds.). Blackwell Science, Oxford. 260 p.
- Fausch, K. D. (1984). Profitable stream positions for salmonids: relating specific growth rate to net energy gain. *Canadian Journal of Zoology* 62: 441-451.
- Ferguson, A. & F. M. Mason (1981). Allozyme evidence for reproductively isolated sympatric populations of brown trout *Salmo trutta* L. in Lough Malvin, Ireland. *Journal of Fish Biology* 18: 629-642.

- Ferguson, A. & J. B. Taggart (1991). Genetic differentiation among the sympatric brown trout (*Salmo trutta*) populations of Lough Melvin, Ireland. *Biological Journal of the Linnean Society* **43**: 221-237.
- Fischnetz-Info N° 3 (1999). Dem Fischrückgang auf der Spur. Projekt Netzwerk Fischrückgang Schweiz. Eawag und BUWAL.
- Fischnetz (2004). Dem Fischrückgang auf der Spur. Schlussbericht des Projekts Netzwerk Fischrückgang Schweiz. Eawag und BUWAL.
- Fredrich, F., S. Ohmann & B. Curio (1997). Spawning migration and daily movements of chub (*Leuciscus cephalus*) in the Spree River. In: *Abstract of the Second Conference of Fish Telemetry in Europe* (Bégout-Anras, M. L, G. Claireaux & J.P. Lagardère eds.), pp. 19. CREMA l'Houmeau.
- Frost, W. E. & M. E. Brown (1967). *The Trout*. Collins St. James Place, London. 286 p.
- Funk, J. L. (1955). Movement of stream fishes in Missouri. *Transactions of the American Fisheries Society* **85**: 39-57.
- Garcia de Leaniz, C. (1989). Site fidelity and homing of Atlantic salmon parr in a small stream. In: *Salmonid Migration and Distribution* (Brannon, E. & B. Jonsson, eds.), pp. 70-80. University of Washington Press, Seattle, WA.
- Garner, P. (1996). Diel patterns in the feeding and habitat use of O-group fishes in a regulated river: the River Great Ouse, England. *Ecology of Freshwater Fish* **5**: 175-182.

- Gerking, S. D. (1953). Evidence for the concept of homerange and territory in stream fishes. *Ecology* **34**: 347-365.
- Gerking, S. D. (1959). The restricted movement of fish populations. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* **34**: 221-242.
- Gilliam, J. F. & D. F. Fraser (2001). Corridor movement: enhancement by predation threat, habitat structure and disturbance. *Ecology* **82**: 258-273.
- Gomez, J. M. & R. Zamora (1999). Generalization vs. specialization in the pollination systems of *Hormanthophylla spinosa* (Cruciferae). *Ecology* **80**: 796-805.
- Gotceitas, V. & J.J. Godin (1992). Effects of location of food delivery and social status on foraging-site selection by juvenile Atlantic Salmon. *Environmental Biology of Fishes* **35**: 291-300.
- Gowan, C., M. K. Young, K. D. Fausch & S. C. Riley (1994). Restricted movement in resident stream salmonids: A paradigm lost? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **51**: 2626-2637.
- Grossman, G. D. & A. De Sostoa (1994). Microhabitat use by fishes in the lower Rio Matarraña, Spain: 1984-1987. *Ecology of Freshwater Fish* **3**: 123-136.
- Grossman, G. D. & R. E. Ratajczak (1998). Long-term patterns of microhabitat use by fish in a southern Appalachian stream from 1983 to 1992: effects of hydrologic period, season and fish length. *Ecology of Freshwater Fish* **7**: 108-131.

- Hara, T. J. (1993). Role of olfaction in fish behaviour. In: *Behaviour of Teleost Fishes, 2nd edition* (Pitcher, T. J. ed.), pp. 171–199. Chapman & Hall, London.
- Harden Jones, F. R. (1968). *Fish Migration*. Arnold, London. 325 p.
- Halvorsen, M. & O. B. Stabell (1990). Homing behaviour of displaced stream-dwelling brown trout. *Animal Behaviour* **39**: 1089-1097.
- Hanfing, B. & R. Brandl (1998). Genetic and morphological variation in a common European cyprinid, *Leuciscus cephalus* within and across central European drainages. *Journal of Fish Biology* **52**: 706-715.
- Harcup, M. F., R. Williams & D. M. Ellis (1984). Movements of brown trout, *Salmo trutta* L., in the River Gwyddon, South Wales. *Journal of Fish Biology* **24**: 415-426.
- Heggenes, J. & R. Borgstrom (1991). Effect of habitat types on survival, spatial distribution and production of an allopatric cohort of Atlantic salmon, *Salmo salar*, under conditions of low competition. *Journal of Fish Biology* **38**: 267-280.
- Heggenes, J., T. G. Northcote & A. Peter (1991). Spatial stability of cutthroat trout (*Oncorhynchus clarki*) in a small, coastal stream. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **48**: 757-762.
- Hellawell, J. (1971). The autecology of the chub, *Squalius cephalus* (L.) of the River Lugg and the Afon Llynfi. *Freshwater Biology* **1**: 369-387.

- Hesthagen, T. (1988). Movements of brown trout, *Salmo trutta*, and juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*, in a coastal stream in northern Norway. *Journal of Fish Biology* 32: 639-653.
- Hughes, R. N. & C. M. Blight (1999). Algorithmic behaviour and spatial memory are used by two intertidal fish species to solve the radial maze. *Animal Behaviour* 58: 601-613.
- Huntingford, F. A., V. A. Braithwaite, J. D. Armstrong, D. Aird, K. E. Thorpe & P. Joiner (1998 a). Social status and growth rates as determinants of site attachment in juvenile Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology* 53: 314-321.
- Huntingford, F. A., V. A. Braithwaite, J. D. Armstrong, D. Aird & P. Joiner (1998 b). Homing in juvenile salmon in response to imposed and spontaneous displacement: experiments in an artificial stream. *Journal of Fish Biology* 53: 847-852.
- Jacobs, J. (1974). Quantitative measurement of food selection: a modification of the forage ratio and Ivlev's electivity index. *Oecologica* 14: 413-417.
- Jenkins, T. M. (1969). Social structure, position choice and microdistribution of two trout species (*Salmo trutta* and *Salmo gairdneri*) resident in mountain streams. *Animal Behaviour Monographs* 2: 57-123.
- Jungwirth, M. (1981). Auswirkungen von Fließgewässerregulierungen auf Fischbestände am Beispiel zweier Voralpenflüsse und eines Gebirgsbaches. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien. 104 S.

- Jungwirth, M. (1984). Auswirkungen von Fließgewässerregulierungen auf Fischbestände, Teil II. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien. 188 S.
- Kalleberg, H. (1958). Observations in a stream tank of territoriality and competition in juvenile salmon and trout (*Salmo salar L.*, and *Salmo trutta L.*). *Report of Institute of Freshwater Research Drottingholm* **39**: 55-98.
- Kottelat, M. & J. Freyhof (2007). Handbook of European Freshwater Fishes. Publications Kottelat, Cornol. 646 p.
- Krause, J. (1994). The influence of food competition and predation risk on size-assortative shoaling in juvenile chub (*Leuciscus cephalus*). *Ethology* **96**: 105-116.
- Lamarque, P. (1990). Electrophysiology of fish in electric fields. In: *Fishing with electricity* (Cowx, I. G. & P. Lamarque eds.), pp. 4-33. Blackwell Science, Oxford.
- Langford, T. E. (1981) The movement and distribution of sonic-tagged coarse fish in two British rivers in relation to power station cooling-water outfalls. In: *Proceedings of the third International Conference on Wildlife Biotelemetry*, pp. 197-232. University of Wyoming, Laramie.
- Le-Louran, H. & J. L. Bagliniere (1996). Ecological and Biological characteristics of chub (*Leuciscus cephalus*) in some rivers of the Franch Atlantic frontage. *Cybium* **20**: 55-57.

- Lopez Velasco, M. (1999). Movement behaviour of chub (*Leuciscus cephalus*) and nase (*Chondrostoma nasus*) in the stream Ron, Central Switzerland. Masterthesis IHE Delft / Eawag Kastanienbaum.
- Lucas, M. C. & E. Batley (1996). Seasonal movements and behaviour of adult barbel *Barbus barbus*, a riverine cyprinid fish: implications for river management. *Journal of Applied Ecology* **33**: 1345-1358.
- Lucas, M. C. (2000). The influence of environmental factors on movements of lowland-river fish in the Yorkshire Ouse system. *The Science of the Total Environment* **251/252**: 223-232.
- Lucas, M. C. & E. Baras (2001). Migration of Freshwater Fishes. Blackwell Science, Oxford. 440 p.
- Mann, R. H. (1976). Observation on the age, growth, reproduction and food of the chub *Squalius cephalus* (L.) in the river Stour, Dorset. *Journal of Fish Biology* **8**: 265-288.
- Mayr, E. (1963). Animal species and evolution. Harvard University Press, Cambridge. 797 p.
- McDowall, R. M. (1988) Diadromy in Fishes: Migrations between Freshwater and Marine Environments. Croom Helm, London. 308 p.
- McKeown, B. A. (1984). Fish Migration. Timber Press, Portland. 346 p.

- McMeel, O., E. Hoey & A. Ferguson (1997). LDH-5* variation in brown trout, *Salmo trutta*, and relationship to longevity and phylogeography in NW Europe. In: *Book of abstracts of the ninth international congress of European ichthyologists* (Bianco P. G. ed.). University of Naples.
- Meek, A. (1916). *The Migration of Fish*. Arnold, London. 427 p.
- Meng, H. J. (1978). Leitfaden für die Elektrofischerei. Veröffentlichung des Eidgenössischen Amtes für Umweltschutz und der Eidgenössischen Fischereiinspektion 35.
- Miller, R. B. (1954). Movements of cutthroat trout after different periods of retention upstream and downstream of their homes. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* **11**: 550-558.
- Miller, R. B. (1957). Permanence and size of home territory in stream-dwelling cutthroat trout. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* **14**: 687-691.
- Mills, D. (1971). *Salmon and Trout: A Resource, its Ecology, Conservation and Management*. Oliver and Boyd, Edinburgh. 351 p.
- Minakawa, N. & G. F. Kraft (2005). Homing behaviour of juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) within an off-channel habitat. *Ecology of Freshwater Fish* **14**: 197-201.

- Nakano, S. (1994). Variation in agonistic encounters in a dominance hierarchy of freely interacting red-spotted masu salmon (*Oncorhynchus masou ishikawai*). *Ecology of Freshwater Fish* **3**: 153-158.
- Nakano, S. (1995). Individual differences in resource use, growth and emigration under the influence of a dominance hierarchy in fluvial red-spotted masu salmon in a natural habitat. *Journal of Animal Ecology* **64**: 75-84.
- Notter B., H. Aschwanden, H. Klauser, E. Staub & U. Von Blücher (2005). Ökomorphologischer Zustand der Schweizer Fließgewässer: Zwischenauswertung aufgrund der Erhebungen aus 18 Kantonen. Bundesamt für Umwelt BAFU.
- Northcote, T. G. (1978). Migration strategies and production in freshwater fishes. In: *The Biological Basis of Freshwater Fish Production* (Gerking, S. D., ed.), pp. 326-359. Blackwell Science, Oxford.
- Northcote, T. G. (1992). Migration and residency in stream salmonids – some ecological and evolutionary consequences. *Nordic Journal of Freshwater Research* **67**: 5-17.
- Northcote, T. G. (1998). Migration behaviour of fish and its significance to movement through riverine fish passage facilities. In: *Fish Migration and Fish Bypasses* (Jungwirth, M., S. Schmutz & S. Weiss eds.), pp. 3-18. Blackwell Science, Oxford.
- Novotny, D. W. (1969). Electrical principles of electrofishing. Department of engineering, University of Wisconsin. 17 p.

- Ovidio M., E. Baras, D. Goffeaux, C. Birtles & J. C. Philippart (1998). Environmental unpredictability rules the autumn migration of brown trout (*Salmo trutta* L.) in the Belgian Ardennes. *Hydrobiologia* **372**: 263-274.
- Paradis, E., S. R. Baillie, W. L. Sutherland & R. D. Greogory (1998). Patterns of natal and breeding dispersal in birds. *Journal of Animal Ecology* **67**: 518-536.
- Pedroli, J.C., B. Zaugg & A. Kirchhofer (1991). Verbreitungsatlas der Fische und der Rundmäuler in der Schweiz. BAFU und Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna, Neuenburg. 64 p.
- Peter, A. (1992). Analyse von Fischmikrohabitaten zur Beurteilung der strukturellen Komplexität eines Fliessgewässers. Eawag Jahresbericht 1992: 60-61.
- Peter, A. (2007). Kursskript. Fish Management. Kurs der EAWAG und ETH Zürich.
- Saunders, R. L. & J. H. Gee (1964). Movements of young Atlantic salmon in a small stream. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* **21**: 27-36.
- Schager, E. & A. Peter (2004). Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer – Fische Stufe F (flächendeckend). BUWAL **63**.
- Schulz, U. H. (1995). Untersuchungen zur Ökologie der Seeforelle (*Salmo trutta* f. *lacustris*) im Bodensee. Dissertation an der Universität Bielefeld. Hartung-Gorre Verlag, Konstanz.

- Shields, W. M. (1982). Philopatry, inbreeding, and the evolution of sex. SUNY Press, Albany. 245 p.
- Solomon, D. J. & R. G. Templeton (1976). Movement of brown trout *Salmo trutta* L. in a chalk stream. *Journal of Fish Biology* **9**: 411-423.
- Solomon, D. J. (1982). Migration and dispersion of juvenile brown and sea trout. In: *Proceedings of the salmon and trout migratory symposium* (Bannon, E. L. & E. O. Salo eds.), pp. 136-145. School of Fisheries, University of Seattle.
- Sterba, G. (1962). Freshwater Fishes of the World. Vista Books, London. 878 p.
- Stuart, T. A. (1953). Spawning, migration, reproduction and young stages of Loch trout, *Salmo trutta* L. *Freshwater and Salmon Fisheries Research* **5**: 1-39.
- Susnik, S., I. Knizhin, A. Snoj & S. Weiss (2006). Genetic and morphological characterization of a Lake Ohrid endemic, *Salmo (Acantholingua) ohridanus* with a comparison to sympatric *Salmo trutta*. *Journal of Fish Biology* **68**: 2-23.
- Twomey, H. & P. S. Giller (1990). Stomach flushing and individual Panjet tattooing of salmonids: an evaluation of the long-term effects on two wild populations. *Aquaculture and Fisheries Management* **21**: 137-142.
- Ulmann, P. & A. Peter (1994). Ökoton und Biodiversität: Vernetzung von Fließgewässerlebensräumen – Eine fischbiologische Perspektive. Eawag-Bericht, Kastanienbaum. 72 p.

- Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei (VBGF) vom 24. November 1993 (SR 923.01). Schweizerische Eidgenossenschaft.
- Vitali, R. & L. Braghieri (1984). Population dynamics of *Barbus plebejus* (Valenciennes) and *Leuciscus cephalus cabeda* (Risso) in the middle River Po (Italy). *Hydrobiologia* **10**: 105-124.
- Vokoun, J. C. (2003). Kernel density estimates of linear home ranges for stream fishes: advantages and data requirements. *North American Journal of Fisheries Management* **23**: 1020–1029.
- Wheeler, A. (1998). Field key to the freshwater fishes and lampreys of the British Isles. *Field Studies* **9**: 376-377.
- Wootton, R. J. (1992). Fish Ecology. Chapman & Hall, New York. 212 p.
- Worton, B. J. (1987). A review of models of home range for animal movement. *Ecological Modelling* **38**: 277–298.
- Worton, B. J. (1989). Kernel methods for estimating the utilization distribution in home-range studies. *Ecology* **70**: 164–168.
- Young, M. K. (1994). Mobility of brown trout in south-central Wyoming streams. *Canadian Journal of Zoology* **72**: 2078-2083.

Young, M. K. (1999). Summer diel activity and movement of adult brown trout in high-elevation streams in Wyoming, USA. *Journal of Fish Biology* 54: 181-189.

Zalewski, M. & I. G. Cowx (1990). Factors affecting the efficiency of electric fishing. In: *Fishing with electricity* (Cowx, I. G. & P. Lamarque eds.), pp. 89-111. Blackwell Science, Oxford.

9. Datenanhang

Tabelle 9: Daten zum Mikrohoming der Alet.

1 = no homing
 2 = homed and continued
 3 = homed and stayed
 4 = precise homing +/- 3m

downstream = 0
 upstream = 1

1 = winter
 2 = spring
 3 = summer

fish no.	microhoming categories	fishlength [mm]	translocationdirection	translocationdistance [m]	season
1	4	179	0	210.1	3
2	1	167	0	228.6	3
3	1	104	0	232.6	3
4	1	171	0	238.2	3
5	1	166	0	253.4	3
6	4	204	0	258.1	3
7	1	91	0	275	3
8	4	100	0	308.1	3
9	3	181	0	334.5	3
10	4	136	0	341.6	3
11	4	165	0	341.6	3
12	3	221	0	346.2	3
13	4	183	0	368.4	3
14	4	99	0	372.2	3
15	1	103	0	372.2	3
16	1	154	0	374.7	3
17	3	236	0	380.5	3
18	1	173	0	408	3
19	4	184	0	408	3
20	1	142	0	424.5	3
21	4	220	0	427.8	3
22	1	177	0	435.8	3
23	1	90	0	449.8	3
24	1	164	1	416.2	3
25	1	148	1	413.6	3
26	1	130	1	413.6	3
27	1	228	1	395.7	3
28	1	160	1	373.8	3
29	1	182	1	360	3
30	1	176	1	360	3
31	3	323	1	349.1	3
32	1	129	1	339.5	3
33	3	217	1	288.2	3

34	1	150	1	275.7	3
35	1	187	1	255	3
36	1	172	1	252	3
37	1	108	1	242.6	3
38	3	150	1	237	3
39	1	128	0	210.7	2
40	1	141	0	214.9	2
41	1	131	0	216.3	2
42	1	133	0	221.5	2
43	1	170	0	233.2	2
44	2	157	0	233.2	2
45	1	195	0	240.2	2
46	1	173	0	240.2	2
47	4	149	0	240.2	2
48	4	154	0	241.4	2
49	1	129	0	242.4	2
50	1	140	0	255.4	2
51	1	138	0	261.2	2
52	1	124	0	261.2	2
53	1	114	0	262.2	2
54	4	268	0	264.7	2
55	4	204	0	264.7	2
56	1	239	0	264.7	2
57	1	204	0	264.7	2
58	1	138	0	264.7	2
59	4	359	0	266.3	2
60	1	166	0	266.3	2
61	1	151	0	266.3	2
62	1	147	0	274.5	2
63	1	130	0	281.2	2
64	3	120	0	285.7	2
65	1	230	0	287.9	2
66	1	265	0	290.9	2
67	3	255	0	290.9	2
68	1	199	0	292.4	2
69	1	141	0	292.4	2
70	1	204	0	294.3	2
71	4	202	0	295.5	2
72	1	153	0	296.6	2
73	1	114	1	305.8	2
74	1	112	1	297.7	2
75	4	263	1	289.4	2
76	4	293	1	289.4	2
77	1	187	1	289.4	2
78	4	147	1	289.4	2
79	4	171	1	289.4	2
80	4	146	1	289.4	2
81	1	146	1	289.4	2
82	1	142	1	287.1	2
83	1	114	1	287.1	2

84	2	120	1	280.4	2
85	2	328	1	265.3	2
86	2	126	1	265.3	2
87	4	123	1	265.3	2
88	4	220	1	263.2	2
89	3	136	1	263.2	2
90	3	189	1	259.2	2
91	1	122	1	258.7	2
92	1	207	1	254.5	2
93	3	153	1	254.5	2
94	1	184	1	253.2	2
95	1	140	1	253.2	2
96	1	130	1	239.6	2
97	1	223	1	230	2
98	1	148	1	229.5	2
99	1	116	1	198.5	2
100	1	102	1	194.2	2
101	1	173	1	189.1	2
102	1	125	1	183.6	2
103	1	133	1	183.6	2
104	1	191	1	158	2
105	1	135	1	158	2
106	1	141	1	158	2
107	1	158	1	158	2
108	4	150	1	158	2
109	2	246	0	231.1	1
110	4	284	0	122.5	1
111	1	120	0	184.6	1
112	3	254	0	280.6	1
113	3	296	0	351.6	1
114	4	396	0	351.6	1
115	2	308	0	351.6	1
116	4	245	0	351.6	1
117	4	217	0	224.8	1
118	3	248	0	317.9	1
119	4	287	0	341.9	1
120	1	191	0	345.1	1
121	3	329	0	341.9	1
122	1	151	0	361.8	1
123	2	311	0	398.9	1
124	4	200	1	217.9	1
125	2	206	0	398.9	1
126	4	334	0	373.2	1
127	3	310	1	208.7	1
128	3	333	1	181.9	1
129	3	223	1	217.9	1
130	1	203	1	217.9	1
131	1	165	1	202.6	1
132	3	382	0	373.2	1
133	4	202	1	191.8	1

134	1	196	1	191.8	1
135	1	149	1	249.6	1
136	2	195	0	141.8	1
137	1	209	0	373.2	1
138	1	143	0	279.8	1
139	3	250	0	404.1	1
140	3	230	0	427.8	1
141	1	164	1	256.9	1
142	1	279	1	251.1	1
143	3	353	1	234.7	1
144	4	204	1	251.1	1
145	2	242	1	293.1	1
146	1	136	1	134.6	1
147	4	254	1	183.5	1
148	4	219	1	181.9	1
149	3	206	1	286.9	1
150	1	235	1	134.6	1
151	1	127	1	133.2	1
152	3	250	1	279.5	1
153	1	214	1	273	1
154	3	371	1	296.8	1
155	1	221	1	273	1
156	1	126	1	266	1
157	1	186	1	241.9	1
158	3	202	1	216.5	1
159	4	272	1	210.5	1
160	2	216	1	170	1
161	4	260	1	170	1
162	1	153	1	170	1
163	1	181	1	170	1
164	1	206	1	254.6	1
165	1	266	1	159.5	1
166	1	237	1	248	1
167	4	224	0	374.7	1
168	1	294	0	361.8	1

Tabelle 10: Daten zur Geschwindigkeit des Mikrohomings der Bachforellen.

0 = no homing
1 = slow homing
2 = fast homing

0 = downstream	0 = winter
1 = upstream	1 = spring

fish no.	duration microhoming	fishlength [mm]	translocationsdistance [m]	translocationdirection	season
1	0	128	210.7	0	1
2	0	141	214.9	0	1

3	0	131	216.3	0	1
4	0	133	221.5	0	1
5	0	170	233.2	0	1
6	2	157	233.2	0	1
7	0	195	240.2	0	1
8	0	173	240.2	0	1
9	1	149	240.2	0	1
10	1	154	241.4	0	1
11	0	129	242.4	0	1
12	0	140	255.4	0	1
13	0	138	261.2	0	1
14	0	124	261.2	0	1
15	0	114	262.2	0	1
16	2	268	264.7	0	1
17	2	204	264.7	0	1
18	0	239	264.7	0	1
19	0	204	264.7	0	1
20	0	138	264.7	0	1
21	2	359	266.3	0	1
22	0	166	266.3	0	1
23	0	151	266.3	0	1
24	0	147	274.5	0	1
25	0	130	281.2	0	1
26	1	120	285.7	0	1
27	0	230	287.9	0	1
28	0	265	290.9	0	1
29	1	255	290.9	0	1
30	0	199	292.4	0	1
31	0	141	292.4	0	1
32	0	204	294.3	0	1
33	2	202	295.5	0	1
34	0	153	296.6	0	1
35	0	114	305.8	1	1
36	0	112	297.7	1	1
37	2	263	289.4	1	1
38	2	293	289.4	1	1
39	0	187	289.4	1	1
40	1	147	289.4	1	1
41	2	171	289.4	1	1
42	2	146	289.4	1	1
43	0	146	289.4	1	1
44	0	142	287.1	1	1
45	0	114	287.1	1	1
46	1	120	280.4	1	1
47	1	328	265.3	1	1
48	2	126	265.3	1	1
49	1	123	265.3	1	1

50	2	220	263.2	1	1
51	2	136	263.2	1	1
52	1	189	259.2	1	1
53	0	122	258.7	1	1
54	0	207	254.5	1	1
55	1	153	254.5	1	1
56	0	184	253.2	1	1
57	0	140	253.2	1	1
58	0	130	239.6	1	1
59	0	223	230	1	1
60	0	148	229.5	1	1
61	0	116	198.5	1	1
62	0	102	194.2	1	1
63	0	173	189.1	1	1
64	0	125	183.6	1	1
65	0	191	158	1	1
66	0	135	158	1	1
67	0	141	158	1	1
68	0	158	158	1	1
69	2	150	158	1	1
70	2	246	231.1	0	0
71	2	284	122.5	0	0
72	0	120	184.6	0	0
73	2	254	280.6	0	0
74	2	296	351.6	0	0
75	2	396	351.6	0	0
76	2	308	351.6	0	0
77	2	245	351.6	0	0
78	2	217	224.8	0	0
79	1	248	317.9	0	0
80	2	287	341.9	0	0
81	0	191	345.1	0	0
82	2	329	341.9	0	0
83	0	151	361.8	0	0
84	2	311	398.9	0	0
85	1	200	217.9	1	0
86	2	206	398.9	0	0
87	1	334	373.2	0	0
88	1	310	208.7	1	0
89	2	333	181.9	1	0
90	1	223	217.9	1	0
91	0	203	217.9	1	0
92	0	165	202.6	1	0
93	2	382	373.2	0	0
94	2	202	191.8	1	0
95	0	196	191.8	1	0
96	0	149	249.6	1	0

97	2	195	141.8	0	0
98	0	209	373.2	0	0
99	0	143	279.8	0	0
100	2	250	404.1	0	0
101	2	230	427.8	0	0
102	0	164	256.9	1	0
103	0	279	251.1	1	0
104	2	353	234.7	1	0
105	2	204	251.1	1	0
106	1	242	293.1	1	0
107	0	136	134.6	1	0
108	2	254	183.5	1	0
109	2	219	181.9	1	0
110	1	206	286.9	1	0
111	0	235	134.6	1	0
112	0	127	133.2	1	0
113	1	250	279.5	1	0
114	0	214	273	1	0
115	1	371	296.8	1	0
116	0	221	273	1	0
117	0	126	266	1	0
118	0	186	241.9	1	0
119	1	202	216.5	1	0
120	2	272	210.5	1	0
121	1	216	170	1	0
122	1	260	170	1	0
123	0	153	170	1	0
124	0	181	170	1	0
125	0	206	254.6	1	0
126	0	266	159.5	1	0
127	0	237	248	1	0
128	2	224	374.7	0	0
129	0	294	361.8	0	0

Tabelle 11: Daten zum Mikrohoming der Alet.

1 = not recaptured
2 = no homing, but recaptured in study reach
3 = homed and continued
4 = homed and stayed

0 = dwonstream
1 = upstream

fish no.	microhoming categories	fishlength [mm]	translocationdistance [m]	translocationdirection
----------	------------------------	-----------------	---------------------------	------------------------

1	1	233	245	0
2	1	216	215	0
3	3	187	245	0
4	3	175	245	0
5	3	410	245	0
6	1	188	245	0
7	4	177	245	0
8	1	142	215	0
9	1	240	215	0
10	4	274	245	0
11	1	279	305	0
12	2	355	305	0
13	1	148	245	0
14	4	318	275	0
15	4	208	305	0
16	4	238	275	0
17	3	262	305	0
18	1	372	275	0
19	3	317	275	0
20	4	152	275	0
21	4	161	275	0
22	1	327	275	0
23	1	268	305	0
24	4	255	305	0
25	1	146	305	0
26	3	394	275	0
27	4	320	275	0
28	4	196	305	0
29	1	189	305	0
30	1	273	305	1
31	4	364	275	1
32	2	243	275	0
33	4	280	305	0
34	1	206	305	0
35	1	322	245	1
36	4	185	305	1
37	2	177	305	1
38	1	264	275	1
39	4	174	305	1
40	1	135	305	1
41	4	348	275	1
42	1	298	275	1
43	3	341	275	1
44	2	252	275	1
45	1	298	275	1
46	1	185	275	1
47	1	136	215	1
48	1	196	275	1
49	1	294	275	1
50	1	263	245	1

51	1	431	275	1
52	1	196	275	1
53	3	307	275	1
54	1	138	215	1
55	1	304	215	1
56	1	219	245	1
57	3	183	245	1
58	4	172	215	1
59	1	172	215	1
60	1	165	215	1
61	3	254	245	1
62	1	260	245	0
63	1	188	305	1
64	2	250	245	1
65	1	142	215	0
66	1	194	215	0
67	1	139	215	0
68	1	176	245	0
69	1	458	245	0
70	1	137	245	0
71	1	291	245	0
72	3	255	275	0
73	4	144	275	0
74	4	286	275	0
75	3	477	275	0
76	1	294	275	0
77	1	332	275	0
78	3	336	275	0
79	1	394	305	0
80	1	246	305	0
81	3	242	305	0
82	1	288	305	0
83	1	139	305	1
84	1	264	305	1
85	1	338	275	1
86	1	312	275	1
87	1	267	275	1
88	1	344	275	1
89	1	238	275	1
90	3	208	275	1
91	1	327	275	1
92	1	130	245	1
93	1	171	245	1
94	1	269	245	1
95	1	391	245	1
96	3	259	245	1
97	3	249	245	1
98	1	145	245	1
99	3	138	215	1
100	1	146	215	1

101	1	170	215	1
102	3	337	215	1
103	4	267	215	1
104	4	242	215	1
105	4	176	215	1
106	1	337	215	1
107	3	201	215	1
108	3	300	215	1
109	1	302	215	1
110	1	289	215	1

Tabelle 12: Daten zur Geschwindigkeit des Mikrohomings der Alet.

0 = no homing
1 = slow
2 = fast

0 = downstream
1 = upstream

fish no.	Duration microhoming	fishlength [mm]	translocationsdistance [m]	translocationdirection
1	0	233	245	0
2	0	216	215	0
3	1	187	245	0
4	1	175	245	0
5	2	410	245	0
6	0	188	245	0
7	2	177	245	0
8	0	142	215	0
9	0	240	215	0
10	1	274	245	0
11	0	279	305	0
12	0	355	305	0
13	0	148	245	0
14	1	318	275	0
15	2	208	305	0
16	1	238	275	0
17	2	262	305	0
18	0	372	275	0
19	2	317	275	0
20	1	152	275	0
21	2	161	275	0
22	0	327	275	0
23	0	268	305	0
24	2	255	305	0
25	0	146	305	0
26	2	394	275	0

27	2	320	275	0
28	2	196	305	0
29	0	189	305	0
30	0	273	305	1
31	2	364	275	1
32	0	243	275	0
33	1	280	305	0
34	0	206	305	0
35	0	322	245	1
36	2	185	305	1
37	0	177	305	1
38	0	264	275	1
39	1	174	305	1
40	0	135	305	1
41	1	348	275	1
42	0	298	275	1
43	2	341	275	1
44	0	252	275	1
45	0	298	275	1
46	0	185	275	1
47	0	136	215	1
48	0	196	275	1
49	0	294	275	1
50	0	263	245	1
51	0	431	275	1
52	0	196	275	1
53	2	307	275	1
54	0	138	215	1
55	0	304	215	1
56	0	219	245	1
57	2	183	245	1
58	1	172	215	1
59	0	172	215	1
60	0	165	215	1
61	2	254	245	1
62	0	260	245	0
63	0	188	305	1
64	0	250	245	1
65	0	142	215	0
66	0	194	215	0
67	0	139	215	0
68	0	176	245	0
69	0	458	245	0
70	0	137	245	0
71	0	291	245	0
72	2	255	275	0
73	2	144	275	0

74	2	286	275	0
75	2	477	275	0
76	0	294	275	0
77	0	332	275	0
78	2	336	275	0
79	0	394	305	0
80	0	246	305	0
81	1	242	305	0
82	0	288	305	0
83	0	139	305	1
84	0	264	305	1
85	0	338	275	1
86	0	312	275	1
87	0	267	275	1
88	0	344	275	1
89	0	238	275	1
90	1	208	275	1
91	0	327	275	1
92	0	130	245	1
93	0	171	245	1
94	0	269	245	1
95	0	391	245	1
96	2	259	245	1
97	1	249	245	1
98	0	145	245	1
99	1	138	215	1
100	0	146	215	1
101	0	170	215	1
102	2	337	215	1
103	2	267	215	1
104	1	242	215	1
105	2	176	215	1
106	0	337	215	1
107	1	201	215	1
108	2	300	215	1
109	0	302	215	1
110	0	289	215	1