



PETER FISHCONSULTING

Armin Peter, Dr. sc.nat. ETH
Hagmattstr. 7, CH-4600 Olten
+41 79 964 06 44
apeter@fishconsulting.ch
www.fishconsulting.ch

Fischökologische Untersuchungen in der Maggia für die Jahre 2015/2016: Beurteilung des Zustandes der Bachforellenpopulation



Olten, 04.05.2017

Autoren: Armin Peter, Dr. und Nils Schölzel, Biologe M.Sc.

Auftraggeber: Ufficio della caccia e della pesca
Via Franco Zorzi 13
6051 Bellinzona

Kontaktpersonen:

Dr. Bruno Polli (bis Dezember 2016)
Danilo Foresti, E-Mail: danilo.foresti@ti.ch

Auftragnehmer:

Peter FishConsulting
Hagmattstr. 7
4600 Olten
Tel. 079 964 06 44
E-Mail: apeter@fishconsulting.ch

Projektleitung:

Dr. Armin Peter, Peter FishConsulting, Olten

Zitiervorschlag:

Peter, A. & N. Schölzel. 2017. Fischökologische Untersuchungen in der Maggia für die Jahre 2015/2016: Beurteilung des Zustandes der Bachforellenpopulation. Studie im Auftrag des Ufficio della caccia e della pesca des Kantons Tessin. 48 S.

Foto auf der Titelseite:

Maggia, Blick flussaufwärts bei Maggia.



Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Sintesi..... | 1 |
| 2 | Zusammenfassung | 2 |
| 3 | Einleitung | 3 |
| 3.1 | Hintergrund | 3 |
| 3.2 | Fragestellung | 3 |
| 4 | Methoden..... | 4 |
| 4.1 | Temperatur der Maggia | 4 |
| 4.1.1 | Jahrestemperaturverlauf..... | 4 |
| 4.1.2 | Räumliche Temperaturheterogenität | 4 |
| 4.2 | Substrat | 4 |
| 4.2.1 | Linienzahlanalyse..... | 4 |
| 4.3 | Laichgrubenkartierung | 5 |
| 4.4 | Erfassung der 0+ Bachforellen..... | 6 |
| 4.5 | Quantitative Befischungen | 6 |
| 4.5.1 | Längen-Gewichts-Beziehungen | 7 |
| 4.5.2 | Auswertung der quantitativen Befischung..... | 7 |
| 4.5.3 | Berechnung der Biomasse..... | 8 |
| 4.5.4 | Querprofile und Habitatheterogenität..... | 8 |
| 4.6 | Bestimmung der Geschlechtsreife | 8 |
| 4.7 | Wachstumskurve nach Von Bertalanffy..... | 8 |
| 4.7.1 | Altersbestimmung anhand von Schuppenproben..... | 8 |
| 4.7.2 | Wachstumskurve | 10 |
| 4.8 | Fangstatistik..... | 10 |
| 4.9 | Statistik und Grafiken | 10 |
| 5 | Resultate | 11 |
| 5.1 | Temperatur der Maggia | 11 |
| 5.1.1 | Jahrestemperaturverlauf..... | 11 |
| 5.1.2 | Räumliche Temperaturheterogenität | 12 |
| 5.2 | Abfluss | 13 |
| 5.3 | Substrat | 14 |
| 5.3.1 | Linienzahlanalyse..... | 14 |
| 5.4 | Laichgruben | 17 |



| | | |
|----------|---|-----------|
| 5.4.1 | Laichgrubenvermessung..... | 17 |
| 5.4.2 | Laichgrubenkartierung | 17 |
| 5.5 | Erfassung der 0+ Bachforellen..... | 17 |
| 5.6 | Querprofile und Habitatheterogenität..... | 19 |
| 5.7 | Quantitative Befischungen | 19 |
| 5.7.1 | Befischungsergebnisse | 19 |
| 5.7.2 | Abschätzung der Population | 22 |
| 5.7.3 | Abschätzung der Biomasse..... | 25 |
| 5.8 | Befischung laichreifer Bachforellen..... | 26 |
| 5.9 | Wachstumskurve nach Von Bertalanffy | 28 |
| 5.10 | Fangstatistik..... | 28 |
| 6 | Diskussion | 31 |
| 6.1 | Temperatur der Maggia | 31 |
| 6.2 | Abfluss | 32 |
| 6.3 | Substrat | 33 |
| 6.4 | Natürliche Reproduktion | 33 |
| 6.4.1 | Geschlechtsreife | 33 |
| 6.4.2 | Laichgrubenkartierungen | 33 |
| 6.4.3 | Vorkommen von 0+-Bachforellen | 34 |
| 6.5 | Abundanz und Biomasse | 35 |
| 6.6 | Wachstum..... | 38 |
| 6.7 | Befischungsintensität und Fangstatistik..... | 39 |
| 6.8 | Beurteilung des Zustandes der Bachforellenpopulation in der Maggia..... | 39 |
| 6.8.1 | Gegenwärtiger Zustand und mögliche Gründe dafür | 39 |
| 6.8.2 | Weiteres Vorgehen..... | 40 |
| 7 | Literatur | 41 |
| 8 | Dank..... | 43 |
| 9 | Anhang..... | 44 |
| 9.1 | Längenfrequenzhistogramme | 44 |
| 9.2 | Längengewichtsbeziehungen | 47 |
| 9.3 | Fangwahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Methodik..... | 49 |



Abbildungsverzeichnis

| | | |
|----------------------|---|----|
| Abbildung 1: | Übersichtskarte der untersuchten Stellen und Strecken an der Maggia. | 5 |
| Abbildung 2: | Quantitative Befischung bei Maggia Fischzucht und Visletto. | 7 |
| Abbildung 3: | Schuppe von einer Bachforelle und laichreifer Rogner..... | 9 |
| Abbildung 4: | Temperaturverlauf in der Maggia von Juli 2015 bis Februar 2017. | 11 |
| Abbildung 5: | Abfluss der Maggia bei der Messstation Bignasco für 2015 und 2016 | 14 |
| Abbildung 6: | Laichgruben in der Strecke unterhalb Bignasco im November 2015..... | 15 |
| Abbildung 7: | Linienproben des Substrats in der Maggia..... | 16 |
| Abbildung 8: | 0+ Bachforellendichte und Längenverteilung. | 18 |
| Abbildung 9: | 0+ Bachforellen von April 2016 und von Mai 2016..... | 19 |
| Abbildung 10: | Längenfrequenzhistogramm der Bachforellen bei Maggia Fischzucht (FZ). | 20 |
| Abbildung 11: | Längenfrequenzhistogramm der gefangenen Bachforellen bei Visletto. | 21 |
| Abbildung 12: | Bachforellen (<i>Salmo trutta</i>) aus der Maggia. | 21 |
| Abbildung 13: | Hundsbarbe (<i>Barbus caninus</i>) und Südbarbe (<i>Barbus plebejus</i>)..... | 22 |
| Abbildung 14: | Strigione (<i>Telestes muticellus</i>) und Sanguinerola italiana (<i>Phoxiuns lumaireul</i>). | 23 |
| Abbildung 15: | Populationsschätzungen der Fischbestände in Maggia FZ und Visletto. | 24 |
| Abbildung 16: | Geschätzte Biomasse je Fischart in den Strecken Maggia Fischzucht und Visletto .. | 25 |
| Abbildung 17: | Geschlechtsreife in Abhängigkeit von der Totallänge..... | 27 |
| Abbildung 18: | Von Bertalanffy Wachstumskurve..... | 28 |
| Abbildung 19: | Ertrag der Maggia in angelfischereilich gefangenen Fischen pro Jahr | 29 |
| Abbildung 20: | CPUE der Angelfischerei an der Maggia von 1997 bis 2015..... | 30 |
| Abbildung 21: | Aufgewendete Angelstunden an der Maggia pro Jahr von 1997 bis 2015 | 30 |
| Abbildung 22: | Sehr gute Habitats für die wenige Tage alten 0+ Bachforellen bei Maggia..... | 35 |
| Abbildung 23: | Entwicklung Bachforellenbiomasse bei Maggia FZ und Visletto..... | 36 |
| Abbildung 24: | Entwicklung der geschätzten Abundanz bei Maggia FZ und Visletto..... | 37 |
| Abbildung 25: | Längenfrequenzhistogramm der Groppen bei Maggia FZ..... | 44 |
| Abbildung 26: | Längenfrequenzhistogramm der Groppen bei Visletto..... | 45 |
| Abbildung 27: | Längenfrequenzhistogramm der Strigione bei Maggia FZ | 45 |
| Abbildung 28: | Längenfrequenzhistogramm der Strigione bei Visletto | 46 |
| Abbildung 29: | Längengewichtsbeziehung der Bachforelle in der Maggia..... | 47 |
| Abbildung 30: | Längengewichtsbeziehung der Groppe in der Maggia..... | 47 |
| Abbildung 31: | Längengewichtsbeziehung der Strigione in der Maggia..... | 48 |



Tabellenverzeichnis

| | | |
|--------------------|---|----|
| Tabelle 1: | Standorte der Temperaturlogger in der Maggia. | 4 |
| Tabelle 2: | Koordinaten und Streckenlängen der 0+ Befischungen an der Maggia..... | 6 |
| Tabelle 3: | Temperaturjahres- und Monatsmittel, sowie Maxima und Minima..... | 12 |
| Tabelle 4: | Temperaturheterogenität im Sommer und Winter | 13 |
| Tabelle 5: | Geschätzte mediane Fraktion der Korndurchmesser der Linienproben | 15 |
| Tabelle 6: | Ausmasse von 27 kartierten Laichgruben in der Maggia. | 17 |
| Tabelle 7: | Anzahl Laichgruben im November 2015 | 17 |
| Tabelle 8: | Übersicht der Totallängen und Individuendichte der 0+ Bachforellen | 18 |
| Tabelle 9: | Auswertung der Querprofile, Breiten und Tiefenvariabilität | 19 |
| Tabelle 10: | Fangergebnisse der zwei quantitativen Befischungen..... | 20 |
| Tabelle 11: | Konditionsindices der Bachforellen für die Befischungen an der Maggia 2016. | 22 |
| Tabelle 12: | Fangwahrscheinlichkeiten der verschiedenen Fischarten | 23 |
| Tabelle 13: | Übersicht der geschätzten Biomasse und Abundanz je Befischungsstrecke. | 25 |
| Tabelle 14: | Geschlechtsreifegrad nach Alter | 26 |
| Tabelle 15: | Anzahl Fische (N), der in Abbildung 17 dargestellten Ergebnisse | 26 |
| Tabelle 16: | Fangwahrscheinlichkeiten der verschiedenen Fischarten für die ersten zwei Durchgänge (Ausschluss des dritten Durchgangs) und ohne Unterteilung in Grössenklassen..... | 49 |



1 Sintesi

Nel corso degli anni 2015 e 2016 è stata investigata sotto diversi aspetti la situazione della trota fario nel fiume Maggia, da Bignasco fino alla foce a Locarno. La riproduzione naturale è stata documentata tramite cartografia dei fregolatoi durante l'inverno 2015/16. I tratti fluviali con la più alta densità in siti di frega si situavano a valle di Bignasco e presso Maggia, con rispettivamente 20 e 10 fregolatoi per km, gli altri tratti han mostrato da pochi a nessun sito di frega. Nella tratta ramificata di Someo non è stata osservata nemmeno una frega. Il picco dell'attività di frega è stato riscontrato tra il 10.11.2015 e il 27.11.2015. Il successo della riproduzione naturale è stato valutato tramite pesca elettrica nei mesohabitat tipici per le trotelle 0+, nel corso dei mesi di aprile e maggio 2016. Le densità più alte di 0+ son state riscontrate presso Maggia e in misura minore alla Gerascia a valle di Bignasco. A Losone non è stata trovata nessuna trotella 0+. La riproduzione naturale della trota a Maggia e alla Gerascia funziona bene. L'analisi del substrato lungo il corso del fiume ha fornito un calibro mediano preponderante di 31-40 mm, che ben si presta alla riproduzione della trota. La composizione del substrato varia a seconda della località e con ciò l'idoneità degli habitat di frega. La temperatura dell'acqua è stata misurata in 4 punti distinti da luglio 2015 a febbraio 2017 con dei rilevatori stazionari (logger). Da Maggia verso valle sono state riscontrate temperature critiche per la trota durante i mesi estivi di luglio, agosto e settembre, con picchi regolari al di sopra dei 20°C. Queste temperature hanno un impatto nefasto sullo sviluppo dei pesci e a Losone le alte temperature estive rappresentano la ragione principale dell'assenza totale di trote nella tratta finale del fiume (media luglio 2015: 21.8°C, picco massimo 2015: 27.2°C). Non son stati riscontrati influssi negativi dal punto di vista termico nel corso dell'inverno. È stata anche analizzata l'eterogeneità delle temperature in vari punti del fiume durante l'estate 2015 e l'inverno 2015/16, allo scopo di identificare i possibili rifugi termici. A Bignasco, Someo e Avegno son stati trovati dei rifugi abbastanza freschi anche durante il corso dell'estate, a Maggia e Losone al contrario no, ciò che può rappresentare localmente un problema di rilievo per la trota. Le pesche elettriche quantitative a Maggia e Visletto di ottobre 2016 son state condotte in tre passaggi consecutivi su tratte di ca. 200 m. In queste stazioni son state rilevate densità numeriche moto basse, con rispettivamente 59 e 115 individui per 100m di fiume e altrettanto scarse quantità di biomassa con rispettivamente 6.9 e 39.1 kg di trote per ettaro fluviale. Se paragonati ai dati pregressi disponibili (Polli 2013), l'abbondanza è crollata del 70% circa, mentre che la biomassa si è ridotta dell'80% circa. Il deficit in animali sessualmente maturi nella popolazione è flagrante, soprattutto presso Maggia. Son state catturate anche le specie strigione, scazzone, barbo canino, barbo padano, sanguinerola e trota iridea. Strigione e scazzone erano più frequenti della trota fario nella tratta di Maggia, tutte le altre specie erano presenti in modo sporadico. Grazie all'analisi delle squame per la determinazione dell'età è stata sviluppata la curva di crescita Von Bertalanffy delle trote fario valmaggesi. L'analisi del grado di maturazione sessuale (condotta sui caratteri morfologici esterni) ha accertato che il 50% circa dei pesci è maturo sessualmente solamente a partire dalla classe d'età 3+, il che corrisponde a una lunghezza media di 264 mm. Le statistiche sul pescato della Maggia han mostrato che l'organico è crollato a partire dal 2002. Oltre a ciò, è stato stimato che tra il 25 e il 68% di tutti gli individui sopra la misura minima di 240mm son stati prelevati.

Si propone di documentare in modo più dettagliato la situazione della trota fario nel fiume Maggia. Per ciò sono necessari in primo luogo dei rilevamenti idromorfologici, idealmente basati su modelli di deflusso 2-D in determinati tratti fluviali. In questo modo si potrà investigare nel dettaglio l'influsso dei deflussi di magra sugli habitat e il ciclo di vita della trota fario. Inoltre si propone di estendere le pesche elettriche quantitative al fine di condurre un'analisi più robusta sul grado di maturazione sessuale,



catturando un maggior numero di trote (in particolare i pesci più grossi). Il monitoraggio delle temperature dovrebbe proseguire e si raccomanda di analizzare più in dettaglio le ripercussioni dei vari prelievi, compreso quello di pesca et della predazione delgi uccelli piscivori.

2 Zusammenfassung

Die Situation der Bachforelle in der Maggia von Bignasco bis zur Mündung bei Locarno wurde 2015 und 2016 unter verschiedenen Gesichtspunkten untersucht. Die natürliche Reproduktion wurde mit einer Kartierung der Laichgruben im Winter 2015/16 dokumentiert. Die Strecken mit der höchsten Laichgrubendichte waren flussabwärts von Bignasco gelegen und bei Maggia, mit 20 resp. 10 Laichgruben pro Km. Andere Strecken wiesen nur wenige bis keine Laichgruben auf. Im stark verzweigten Flussabschnitt von Someo konnte keine einzige Laichgrube beobachtet werden. Der Peak der Laichaktivität lag zwischen dem 10.11.2015 und dem 27.11.2015. Der Erfolg der Naturverlaichung wurde mittels E-Befischungen der typischen 0+ Habitats im April und Mai 2016 nachgewiesen. Die höchsten Dichten an 0+ Bachforellen fanden sich in Maggia gefolgt von Gerascia (unterhalb Bignasco). In Losone konnten keine 0+ Bachforellen nachgewiesen werden. Für Gerascia und Maggia funktioniert die natürliche Fortpflanzung der Bachforelle gut. Linienproben vom Substrat entlang des Verlaufs der Maggia ergaben einen medianen Korndurchmesser von meist 31-40 mm, womit es sich als Laichsubstrat eignet. Lokal gab es Unterschiede in der Substratzusammensetzung und damit unterschiedlich gut geeignete Laichhabitats. Die Wassertemperatur der Maggia wurde an 4 Standorten entlang der Maggia von Juli 2015 bis Februar 2017 mit stationären Messgeräten (Loggern) aufgezeichnet. Ab Maggia flussabwärts wurden während der Sommermonate Juli, August und September kritische Temperaturen für die Bachforellen erreicht, mit regelmässigen Spitzen über 20°C. Diese Temperaturen wirken sich negativ auf das Wachstum der Fische aus und in Losone ist die zu hohe Wassertemperatur im Sommer (Julimittel 2015: 21.8 °C; Maximaltemperatur 2015: 27.2 °C) der wesentliche Grund für das Fehlen der Bachforelle. Im Winter konnten keine negativen Einflüsse der Temperatur festgestellt werden. Zusätzlich wurde die Temperaturheterogenität im Fluss an mehreren Standorten im Sommer 2015 und Winter 2015/16 dokumentiert, um Temperaturrefugien zu erfassen. In Bignasco, Someo und Avegno konnten auch im Sommer geeignete kühlere Refugien gefunden werden, in Maggia und Losone nicht, was ein erhebliches Problem für die Fische dort darstellen könnte. Bei quantitativen elektrischen Abfischungen bei Maggia und Visletto, im Oktober 2016, wurden je ca. 200 m in drei Durchgängen befischt. Es konnten nur geringe Abundanzen mit 59 resp. 115 Ind./100 m und geringe Biomassen mit 6.9 resp. 39.1 kg/ha an Bachforellen gefunden werden. Die Abundanz hatte im Vergleich zu vorangegangenen Untersuchungen (Polli 2013) um ca. 70 % abgenommen, die Biomasse um ca. 80 %. Auffallend war das Defizit an laichreifen Fischen in der Populationszusammensetzung an beiden Standorten, aber besonders bei Maggia. Es konnten ausserdem die Arten Strigione, Groppe, Hundsbarbe, Südbarbe, Elritze und Regenbogenforelle gefangen werden. Strigione und Groppe waren in der Teststrecke Maggia häufiger als die Bachforelle, die anderen Arten kamen nur in geringer Anzahl vor. Anhand von Schuppenproben wurde eine Altersbestimmung vorgenommen und ein Von Bertalanffy Wachstumsmodell für die Bachforellen in der Maggia erstellt. Eine Reifegradbestimmung anhand äusserlicher Merkmale ergab, dass erst ab einem Alter von 3+ ca. 50 % der Fische geschlechtsreif waren. Diese hatten im Mittel eine Länge von 264 mm. Die Fangstatistik der Maggia zeigte, dass der Bestand der Bachforellen ab 2002 zusammengebrochen ist. Ausserdem konnte geschätzt werden, dass etwa 25 bis 68 % aller Individuen über dem Schonmass von 240 mm entnommen wurden.



Es wird vorgeschlagen, die Situation der Bachforelle an der Maggia besser zu dokumentieren. Dazu sind vor allem zusätzliche hydraulisch morphologische Erhebungen nötig, am besten basierend auf einem 2-D Abflussmodell für ausgewählte Strecken. Damit lässt sich der Einfluss der Restwasserführung auf die Habitate und den Lebenszyklus der Bachforellen besser abklären. Im Weiteren wird vorgeschlagen, umfassende quantitative Befischungen durchzuführen und den Eintritt der Geschlechtsreife an einer grossen Anzahl von Forellen – besonders für grosse Fische - zu dokumentieren. Das Monitoring der Wassertemperaturen sollte weitergeführt werden. Zusätzlich sollten die Auswirkungen der fische-reichen Entnahmen und der Prädation durch fischfressende Vögel ausführlicher analysiert werden.



3 Einleitung

3.1 Hintergrund

An der unteren Maggia existiert seit einigen Jahren ein Problem mit den Fangerträgen der Forelle. Viele Fischer sind mit der heutigen Situation unzufrieden und beklagen sich über deutliche Fangrückgänge. Die Gründe für den Fangrückgang sind nicht bekannt. Die Erwärmung der Maggia wird unter anderem oft als ein Problem bezeichnet. Bisher lagen jedoch keine kontinuierlichen Temperaturmessungen an der Maggia vor und diese Datengrundlage muss zuerst beschafft werden. Zur natürlichen Fortpflanzung der Bachforellen in der Maggia ist wenig bekannt. Systematische Laichgrubenkartierungen gab es bisher keine. Fraglich ist weiterhin, wie stark sich die Populationen gegenüber früheren Jahren veränderten. Ein aktueller Vergleich mit älteren Befischungen des Kantons (Polli 2013) war wünschenswert. Um diese Wissenslücken abzuklären, erteilte der Regierungsrat des Kantons Tessin am 2. September 2015 Peter FishConsulting den Auftrag, eine fischökologische Studie an der unteren Maggia (Bignasco bis Mündung) durchzuführen. Diese Studie wurde ohne Verzögerung im Herbst 2015 aufgenommen.

3.2 Fragestellung

Die fischökologischen Untersuchungen an der Maggia in den Jahren 2015 und 2016 sollen unterschiedliche Arbeiten beinhalten und folgende Fragen beantworten:

- Wie verläuft die Wassertemperatur der Maggia zwischen Bignasco und der Mündung. Welche Temperaturen werden an warmen Sommer- und kalten Wintertagen erreicht? Wie sieht die räumliche Temperaturheterogenität in einem bestimmten Flussabschnitt aus? Existieren Thermalrefugien für Fische? Der Auftrag für die Erhebung der Temperaturdaten im Längsverlauf wurde mit dem Regierungsratsbeschluss vom 24.6.2015 separat vergeben.
- Wie ist die natürliche Reproduktion der Bachforelle in Untersuchungsbereich einzuschätzen? Wann findet die Reproduktion genau statt und wo liegen die wichtigsten Laichgebiete?
- Wie steht es um das Überleben von 0+-Bachforellen aus der natürlichen Fortpflanzung? In welchen Habitaten halten sie sich auf und wie ist ihre Dichte einzuschätzen?
- Ab welchem Alter und welcher Grösse sind die Bachforellen in der Maggia geschlechtsreif?
- Wie verläuft die Wachstumskurve der Bachforelle in der Maggia?
- Wie gross sind die Bachforellenpopulationen an ausgewählten Abschnitten und welche Begleitarten kommen vor? Mittels quantitativer Abfischungen soll der Populationsaufbau und die Dichte der Forellen analysiert werden.



4 Methoden

4.1 Temperatur der Maggia

4.1.1 Jahrestemperaturverlauf

Der Jahresverlauf der Wassertemperatur der Maggia wurde mittels Temperaturloggern (VEMCO Mini-log-II-T, Bedford, Canada) aufgezeichnet, die in der fliessenden Welle in geschützten Gehäusen der Maggia installiert waren. Diese erfassten die Temperatur im Abstand von 15 bis 30 min. Insgesamt wurde die Wassertemperatur an 4 Standorten entlang der Maggia von Bignasco bis Losone aufgezeichnet, teilweise mit Unterbrüchen aufgrund von gestohlenen Loggern. Abbildung 1 gibt eine Übersicht über die Standorte der Logger, die genauen Koordinaten finden sich in Tabelle 1. Alle Logger wurden in regelmässigen Abständen ausgelesen, um Datenverlust durch den Diebstahl weiterer Logger zu begrenzen.

Tabelle 1: Standorte der Temperaturlogger in der Maggia. In Bignasco wurde der Logger zweimal ersetzt und an neuer Position eingesetzt, daher sind zwei Standorte angegeben.

| Loggerstandort | Koordinaten |
|-------------------|---------------|
| Maggia | 698322/121812 |
| Bignasco 1 | 690023/132554 |
| Bignasco 2 | 690017/132468 |
| Losone | 703820/113227 |
| Someo | 693717/126995 |

4.1.2 Räumliche Temperaturheterogenität

Die räumliche Temperaturheterogenität der Maggia wurde im Sommer (11.08.2015) und im Winter (27.01.2016) bestimmt. An einem sehr warmen, respektive sehr kalten Tag wurden die Temperaturen punktuell registriert. Dazu wurde mit einem Thermometer die Wassertemperatur an verschiedenen Stellen im Fluss gemessen, um die Maximaltemperatur, die Minimaltemperatur und deren Differenz zu erhalten. Daraus ergibt sich die räumliche Heterogenität der Temperatur, welche für die aquatischen Lebewesen von Bedeutung ist (z.B. Refugialhabitate). Die ökologische Bedeutung der räumlichen und zeitlichen Temperaturheterogenität wird im Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fliessgewässerrevitalisierungen erläutert (Woolsey et al. 2005). Gemessen wurde an insgesamt 7 Standorten, vgl. Abbildung 1.

4.2 Substrat

4.2.1 Linienzahlanalyse

Für die Analyse der Linienzahl wurde die Methode von Fehr (1987) angewendet. Ein Stab von 1 m Länge wird zufällig auf das trockene Ufersubstrat (Kiesbank) geworfen und die Körnung der Partikel entlang einer Kante des Stabes bestimmt. Dazu wurden ca. 150 Steine je Probe in Grössenklassen eingeteilt. Diese bestanden aus Intervallen von 10 mm Schritten, von 10 – 19 mm bis 390 – 400 mm und Partikel > 400 mm (modifiziert nach Fehr, 1987). Die Körnung beschreibt dabei den Durchmesser eines Partikels, der massgebend für die Passage durch ein Sieb mit entsprechender Porengrösse ist.



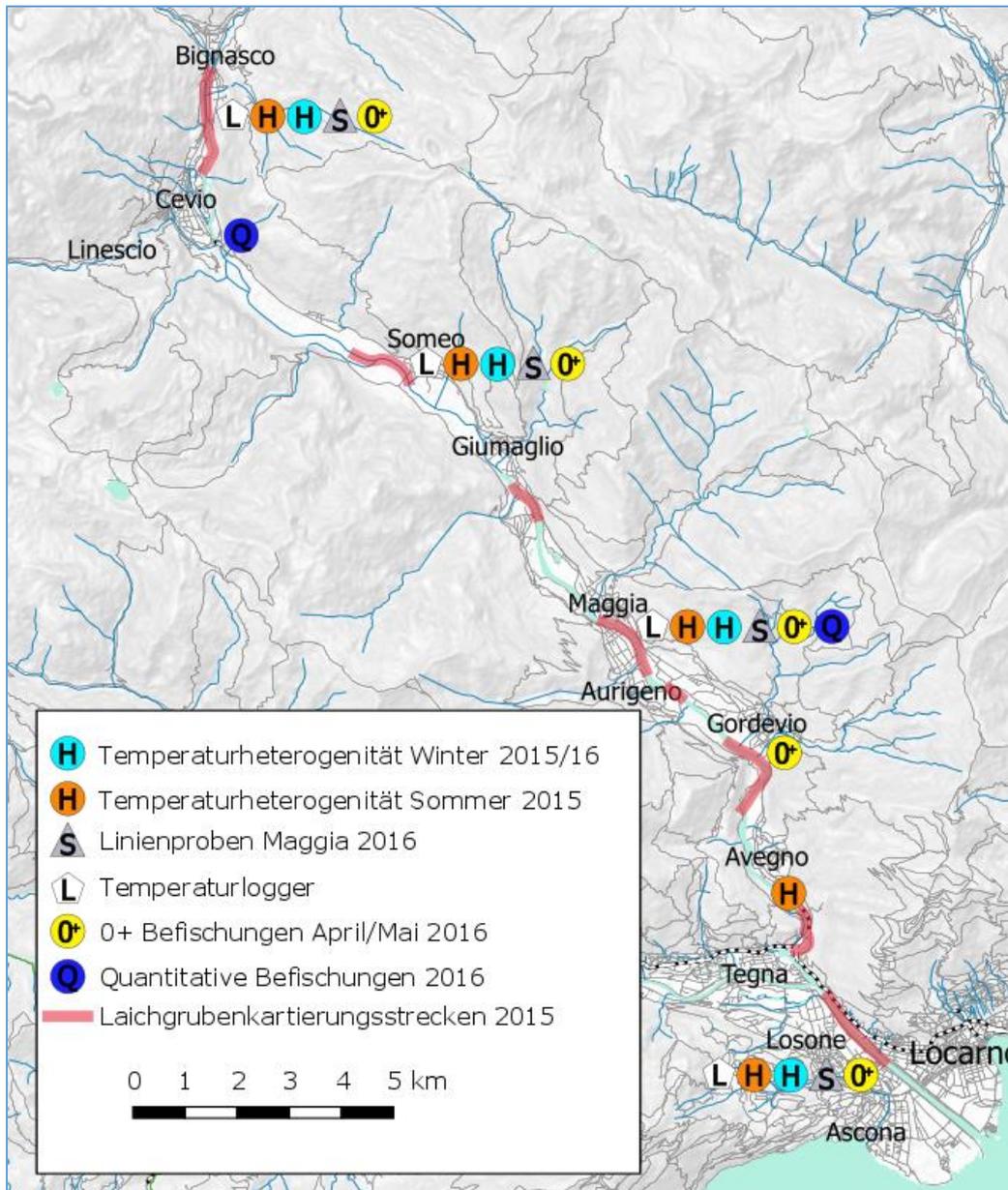


Abbildung 1: Übersichtskarte der untersuchten Stellen und Strecken an der Maggia. Die Strecken Gerascia und Visletto lagen etwas flussaufwärts bzw. flussabwärts von Cevio.

4.3 Laichgrubenkartierung

Insgesamt wurden ca. 13.5 km Fließstrecke der Maggia am Ufer abgelaufen und visuell auf Laichgruben abgesucht. Die Kartierungen erfolgten am 15., 26. und 27.11.2015 in teilweise denselben Strecken. Eine Übersicht über die Lage der kartierten Strecken ist in Abbildung 1 dargestellt, die genauen Koordinaten, sowie die Streckenlängen finden sich in Tabelle 7. Insgesamt wurde darauf geachtet, auszugsweise die Strecke der Maggia von Bignasco bis Losone abzudecken. Zusätzlich wurde von 27 Laichgruben die Länge, Breite und Wassertiefe ausgemessen. Frisch entstandene Laichgruben sind in der Regel gut erkennbar, durch ihre ellipsoide Form sowie durch die helle Farbe des Kieses während 1 - 2 Wochen nach dem Anlegen. Eine Laichgrube enthält eine Grube (pot) im oberen Ende, sowie im unteren Ende



ausgegraben und zu einer Erhöhung aufgeschütteten Kies (tailspill). Letzterer überdeckt die inkubierten Eier (Gallagher et al. 2007). Laichgrubenzählungen liefern Rückschlüsse über die Bedeutung der natürlichen Reproduktion sowie die Grösse der Laichpopulation.

4.4 Erfassung der 0+ Bachforellen

Zur Beurteilung des Reproduktionserfolgs wurden insgesamt 1.55 km potentiell Habitat für 0+ Bachforellen elektrisch befischt (Gerät: ELT60-II, 1.3 kW, Hans Grassl, 30 cm Ringanode ohne Netz, Spezialkescher für Fischlarven). Dies bedeutete flache Bereiche mit geringer Strömung, vor allem in Ufernähe, mit einer befischten Breite von 2 bis 3 m. Die Befischungen fanden am 07.04.2016 sowie am 19. und 20.05.2016 statt. Da die Effizienz der Elektrofischerei auf sehr kleine Fische nur gering ist, musste die Befischung im April abgebrochen und in den Mai verschoben werden, damit die Fische etwas grösser waren. Es wurden fünf Standorte untersucht: Gerascia, Someo, Gordevio, Maggia und Losone. Die Koordinaten der Strecken und deren Längen finden sich in Tabelle 2, Abbildung 1 gibt eine grobe Übersicht über deren Lage. Alle gefangenen 0+ Bachforellen wurden unbetäubt vermessen (Totallänge) und anschliessend zurückversetzt.

Tabelle 2: Koordinaten und Streckenlängen der 0+ Befischungen an der Maggia.

| | Streckenlänge in m | Koordinaten An- fang | Koordinaten Ende | Ufer | Datum |
|----------|-----------------------|-------------------------|---------------------|--------|------------|
| Gerascia | 100 | 689998/131511 | 689982/131610 | links | 07.04.2016 |
| Gerascia | 100 | 689975/131810 | 689961/131910 | links | 07.04.2016 |
| Maggia | 250 | 698248/121773 | 698040/121938 | rechts | 07.04.2016 |
| Gerascia | 100 | 689978/131580 | 689975/131681 | links | 19.05.2016 |
| Gerascia | 100 | 689978/131580 | 689951/131782 | rechts | 19.05.2016 |
| Gerascia | 100 | 689954/132433 | 690004/132520 | rechts | 19.05.2016 |
| Gerascia | 100 | 690055/131021 | 690072/131148 | Mitte | 19.05.2016 |
| Gerascia | 100 | 690072/131148 | 690032/131238 | links | 19.05.2016 |
| Someo | 100 | 693747/126892 | 693691/126975 | rechts | 20.05.2016 |
| Someo | 100 | 693659/127028 | 693568/127081 | rechts | 20.05.2016 |
| Maggia | 100 | 698257/121806 | 698189/121877 | rechts | 20.05.2016 |
| Maggia | 100 | 697834/122037 | 697738/122068 | rechts | 20.05.2016 |
| Gordevio | 100 | 700592/119554 | 700503/119602 | rechts | 20.05.2016 |
| Losone | 100 | 703161/113746 | 703085/113813 | rechts | 20.05.2016 |

4.5 Quantitative Befischungen

Es wurden zwei Strecken quantitativ befischt: Strecke 1, Maggia Fischzucht (FZ): Befischung am 10.10.2016, 210 m Länge, Koordinaten 697785/122086 (unteres Streckenende: liegt 66 m unterhalb der Hängebrücke); Strecke 2, Visletto: Befischung am 11.10.2016, 196 m Länge, Koordinaten 690210/129318 (unteres Streckenende). Für die quantitativen Befischungen wurde der Fluss mit einem Netz (Maschenweite 10 mm) am unteren Ende über die gesamte benetzte Breite abgesperrt. Somit konnte kein Fisch, mit einem grösseren Durchmesser als der Maschenweite der Netze die Strecke verlassen oder in diese einschwimmen. Am oberen Ende der Strecken wurde eine elektrische Barriere eingesetzt (Eigenbau). Diese bestand aus einem permanent stromgebenden Elektrofinggerät (Grassl



ELT 62II, 2.2 kW). Das elektrische Feld der Kathode dieses Geräts verhinderte durch seine Scheuchwirkung das Entfliehen von Fischen über das obere Streckenende. Mit insgesamt 2 Anoden (Gerät: EL 63II, 5 kW, Hans Grassl) wurden 3 Durchgänge gefischt, vom flusswärts gelegenen Streckenende aus. Dabei wurde darauf geachtet, dass jeder Durchgang mit derselben Befischungsintensität durchgeführt wurde. Die gefangenen Fische wurden je Durchgang in separaten Becken gehältert und anschliessend bestimmt, vermessen (Totallänge) und gewogen.

4.5.1 Längen-Gewichts-Beziehungen

Da nicht alle Fische während der Erhebungen gewogen werden konnten und teilweise zu leicht für die Waage waren (< 1 g), musste das Gewicht für diese Individuen durch das Erstellen einer artspezifischen Längen-Gewichts-Beziehung abgeleitet werden. Hierzu wurden die vorhandenen Gewichte und Total-längen, aller Fische einer Art und aus beiden Strecken zusammen, mit dem natürlichen Logarithmus transformiert. Anschliessend wurde eine artspezifische Regressionsgerade ermittelt. Mit dieser Gleichung konnten die fehlenden Gewichte der nicht gewogenen Individuen anhand ihrer Totallänge ermittelt werden. Dies betraf vor allem kleinen Südströmer (Strigione) und Gropfen.

4.5.2 Auswertung der quantitativen Befischung

Weil die Fangwahrscheinlichkeit mit der Totallänge eines Fisches zunimmt, werden die Arten anhand ihrer Längenfrequenzhistogramme in verschiedene Grössenklassen eingeteilt. Bachforellen wurden daher in die Grössenklassen < 150 mm, 150 mm bis 239 mm und > 239 mm (Fangmass) eingeteilt (vgl. Abbildung 10 und Abbildung 11) und Strigione in die Grössenklassen < 61 mm und > 60 mm (vgl. Abbildung 27 und Abbildung 28). Für alle anderen Arten war eine Einteilung in Grössenklassen aufgrund der Längenverteilung nicht sinnvoll. Für jede Grössenklasse und Art wurde anschliessend über die Abnahme der Anzahl an Individuen je Befischungsdurchgang die Populationsgrösse in Strecke 1 geschätzt. Hierzu wurde die „K-Pass-Removal“ Methode nach Carle & Strub (1978) angewandt, mithilfe des R Pakets FSA (Ogle, 2016).

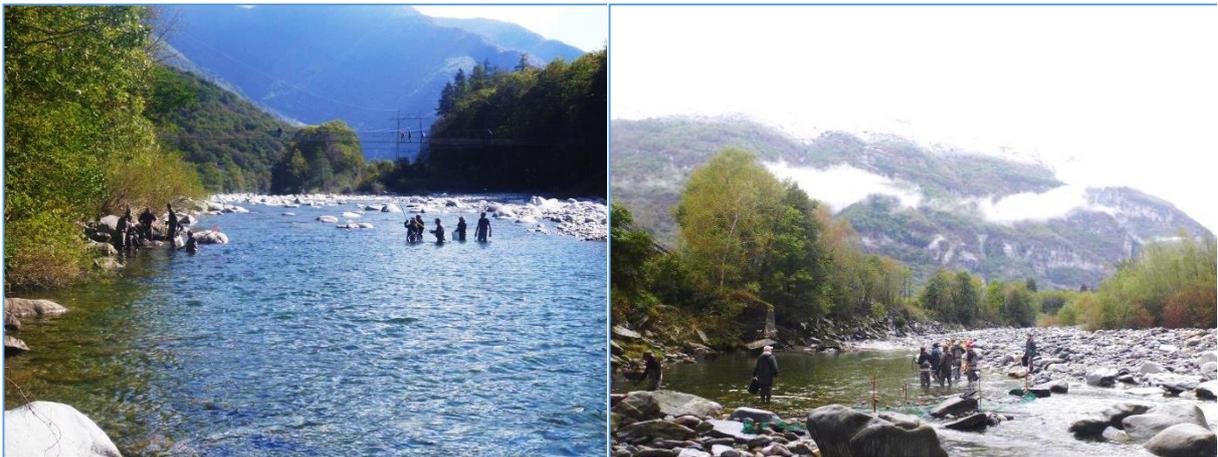


Abbildung 2: Links: Quantitative Befischung bei Maggia Fischzucht. Rechts: Quantitative Befischung der Teststrecke Visletto.



4.5.3 Berechnung der Biomasse

Für jede Strecke wurde die Biomasse pro Hektar je Art und Grössenklasse berechnet. Dazu wurde mit der befischten Gewässerfläche (mittlere Breite x Streckenlänge) und der Schätzung der Gesamtpopulation zunächst die Anzahl an Individuen pro Hektar bestimmt. Diese wurde dann mit dem mittleren Gewicht der jeweiligen Art bzw. Grössenklasse multipliziert, um die Biomasse pro Hektar zu erhalten.

4.5.4 Querprofile und Habitatheterogenität

Die Querprofile wurden durch Bestimmung der benetzten Breite in Abständen von 10 m erhoben. Zusätzlich wurde die maximale Tiefe je Transekt bestimmt und die Variationskoeffizienten für die Breite und Maximaltiefe pro Streckenabschnitt ermittelt. Das Produkt aus mittlerer Breite und Streckenlänge wurde als befischte Fläche angenommen.

4.6 Bestimmung der Geschlechtsreife

Zur Bestimmung der Geschlechtsreife wurde die Heincke-Maiersche Reifegradtabelle verwendet (Smolina 1920), bei dem die Fische einer achtstufigen Skala zugeordnet werden. Die Geschlechtsreife steigt dabei mit zunehmender Bewertung von I-VI, Grad VII und VIII bezeichnen halbausgelaichte und ausgelaichte Fische. Die Zuordnung der Reife und des Geschlechts erfolgte erst ab Reifegrad IV bzw. bei eindeutigen Geschlechtsmerkmalen, wie einem ausgeprägten Laichhaken bei Milchnern, oder einer mit Rogen gefüllten Bauchhöhle. Hierzu wurde der Fisch leicht gestreift, um zu sehen, ob Samenflüssigkeit austrat, oder der Bauch abgetastet, auf das Vorhandensein von Eiern.

Zur Ergänzung der Anzahl an Fischen, die eine Geschlechtsbestimmung zulassen, wurde vom Kanton Tessin (Ufficio della caccia e della pesca) am 3.11.2016 eine zusätzliche E-Befischung durchgeführt, bei der zusätzlich 123 Bachforellen für die Reife und Altersbestimmung gefangen wurden. Es wurden Schuppenproben genommen, sowie Gewicht und Totallänge gemessen.

4.7 Wachstumskurve nach Von Bertalanffy

4.7.1 Altersbestimmung anhand von Schuppenproben

Bei den quantitativen Befischungen und den Zusatzbefischungen, wurde ausgewählten Bachforellen (möglichst aller Grössenklassen, Altersklassen und Reifestadien) eine Schuppenprobe entnommen. Diese Schuppen wurden bis zur Aufbereitung im Gefrierschrank bei – 20 °C gelagert. Zur Aufbereitung wurden die Schuppen von Schleim und Hautresten der Fische gereinigt und mit einem Kleber (Laesser Klebstoffe, 1:16 verdünnt) auf Objektträgern montiert. Mit Hilfe eines Binokulars wurden die Schuppen vergrössert und fotografiert. Die Altersbestimmung erfolgte dann anhand der Skleritenmuster und Jahrringe auf den Schuppen.



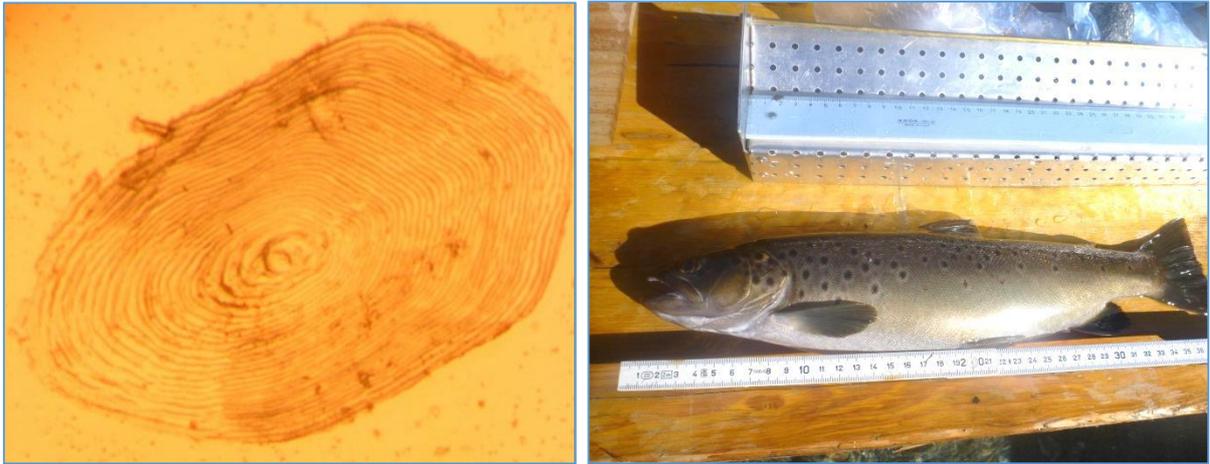


Abbildung 3: Links: Schuppe von einer Bachforelle mit dem geschätzten Alter von 3+. Rechts: Laichreifer Rogner aus der Strecke bei Maggia FZ (Alter ca. 5+, Totallänge 408 mm).



4.7.2 Wachstumskurve

Die Wachstumskurve nach Von Bertalanffy beschreibt die Länge eines Fisches mit einem gegebenen Alter (Gleichung 1). Mit den aus der Schuppenanalyse gewonnenen Altersangaben wurde das Alter gegen die Totallänge der Fische geplottet. Die Startwerte für das Von Bertalanffy Wachstumsmodell wurden mit Hilfe des R Pakets *FSA* (Ogle, 2016) ermittelt. Anschliessend wurden die nichtlinearen (gewichteten) least-squares Parameter der Gleichung 1 mit Hilfe der *nls* Funktion des R Pakets *stats* geschätzt. Die 95% Konfidenzintervallgrenzen der Parameter wurden über Bootstrapping mit 5'000 Iterationen ermittelt. Zur Unterstützung der Daten wurden Bachforellen mit einer Totallänge von weniger als 100 mm ohne Schuppenanalyse der 0+ Altersklasse zugeordnet (N = 15).

Von Bertalanffy Wachstumsmodell:

$$E[L|t] = L_{inf} (1 - e^{-K(t-t_0)}) \quad (1)$$

$E[L|t]$: Erwartete oder durchschnittliche Länge mit dem Alter t

L_{inf} : Asymptotische Maximallänge

K : Brody Wachstumsratenkoeffizient (Einheit ist Jahr⁻¹)

t_0 : Modellierungsartefakt, Zeitpunkt, an dem die mittlere Länge 0 war

4.8 Fangstatistik

Die Fangstatistik wurde vom Kanton Tessin (Ufficio della caccia e della pesca) bereitgestellt. Von Anfang der Erhebung der Fangstatistik bis heute, ist Maggia Centro (M1) die Flussstrecke von Bignasco bis Lodano. Von Anfang der Erhebung der Fangstatistik bis 2007, war Maggia Sud (exM2) die Flussstrecke von Lodano bis zur Mündung in den Lago Maggiore. Die Strecke Maggia Sud (exM2) wurde im Jahr 2008 in zwei Sektoren aufgeteilt: M2 von Lodano bis Ponte Brolla und M3 von Ponte Brolla bis zur Mündung in den Logo Maggiore. Mit der Erhebung der Befischungsintensität wurde ab dem Jahr 1997 begonnen. Die Auswertung der Fangstatistik erfolgte daher ab 1997.

4.9 Statistik und Grafiken

Für die statistische Auswertung der Daten wurden das Statistikpaket *R* Version 3.1.2 (R Core Team, 2014) und *R Studio* (RStudio Team, 2015) verwendet, sowie *Excel 2010*. Die Grafiken wurden mit dem Paket *ggplot2* (Wickham, 2009) für *R* erstellt. Die Übersichtskarte wurde erstellt mit QGIS Version 2.18.3, das Verwendete Kartenmaterial ist von OpenStreetMap und MapSurfer.NET.



5 Resultate

5.1 Temperatur der Maggia

5.1.1 Jahrestemperaturverlauf

Die Jahrestemperaturverläufe der Maggia konnten nicht durchgehend für alle Standorte aufgezeichnet werden, weil zwischenzeitlich Logger gestohlen wurden. Daraus ergaben sich Lücken in der Aufzeichnung, bis der jeweilige Logger ersetzt werden konnte (vgl. Abbildung 4).

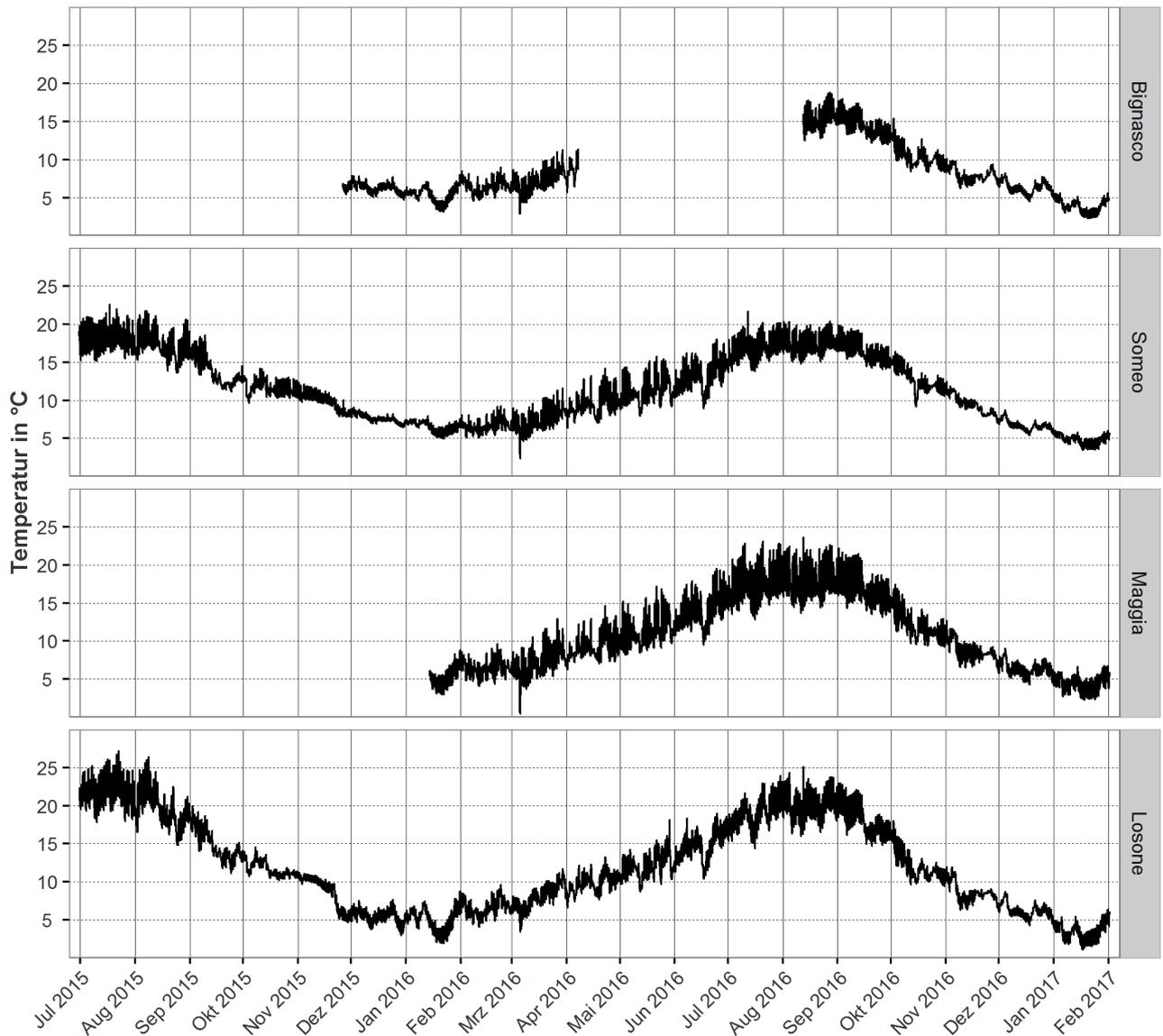


Abbildung 4: Temperaturverlauf in der Maggia von Juli 2015 bis Februar 2017.

Insgesamt konnten die höchsten täglichen Temperaturschwankungen an allen Loggerstandorten im Sommer festgestellt werden (vgl. Abbildung 4).

Von Bignasco stromabwärts in Richtung Losone stieg das jährliche Temperaturmittel um ca. 4 °C von 8.3 °C in Bignasco auf 12.3 °C in Losone. Das Temperaturmaximum für 2016 stieg um ca. 6.3 °C Richtung



flussabwärts, von 18.8 °C in Bignasco auf 25.1 °C in Losone. Je weiter flussabwärts gelegen, desto höher waren die Wassertemperaturen in der Maggia im Sommer (vgl. Tabelle 3). Es konnte gezeigt werden, dass die Wassertemperaturen im Sommer ab Someo und flussabwärts davon, über 21 °C stiegen. In Losone konnte im Juli 2015 eine Maximaltemperatur von 27.2 °C gemessen werden.

Im Winter dagegen zeichnete sich ein umgekehrtes Bild ab. Sowohl im Januar 2016, als auch im Januar 2017, waren der im Mittel wärmste Standort Someo und der kälteste Losone. Die mittlere Monatstemperatur stieg also leicht von Bignasco nach Someo und fiel anschliessend wieder im weiteren Verlauf Richtung Maggia und Losone, in den Wintern 2016 und 2017.

Tabelle 3: Temperaturjahres- und Monatsmittel, sowie Maxima und Minima. Für die mit * gekennzeichneten Orte lagen in den entsprechenden Zeiträumen keine vollständigen Messreihen vor (vgl. Abbildung 4).

| Zeitraum | Ort | Min. in °C | Mittelwert in °C | Max. in °C |
|--------------------|-----------|------------|------------------|------------|
| 2016 | Bignasco* | 2.88 | 8.31 | 18.82 |
| | Someo | 2.38 | 11.65 | 21.67 |
| | Maggia* | 0.45 | 11.21 | 23.62 |
| | Losone | 1.92 | 12.30 | 25.14 |
| Januar 2016 | Bignasco | 3.17 | 5.37 | 8.04 |
| | Someo | 4.97 | 6.40 | 7.92 |
| | Maggia* | 2.97 | 5.06 | 8.83 |
| | Losone | 1.92 | 4.87 | 8.75 |
| Januar 2017 | Bignasco | 2.27 | 3.73 | 5.61 |
| | Someo | 3.48 | 4.67 | 6.07 |
| | Maggia | 2.25 | 4.25 | 6.74 |
| | Losone | 1.10 | 3.30 | 6.35 |
| Juli 2015 | Bignasco | - | - | - |
| | Someo | 15.18 | 18.00 | 22.60 |
| | Maggia | - | - | - |
| | Losone | 17.82 | 21.79 | 27.19 |
| Juli 2016 | Bignasco | - | - | - |
| | Someo | 13.70 | 16.77 | 21.67 |
| | Maggia | 12.79 | 17.38 | 23.08 |
| | Losone | 14.38 | 19.02 | 23.95 |

5.1.2 Räumliche Temperaturheterogenität

Abgesehen von Losone konnte an allen Probeorten im Sommer eine Temperaturdifferenz von mindestens 6.2 °C nachgewiesen werden (vgl. Tabelle 4). Die höchste Heterogenität wies die Aue bei Someo mit 9.5 °C auf, hier wurden diverse Grundwasseraufstösse gefunden. In den flachen Uferzonen konnten in Someo und Maggia Temperaturen von 26.7 °C bzw. 27.8 °C gefunden werden. Die kühlest Standorte waren Bignasco mit einem Minimum von 15.3 °C und Avegno mit 13.3 °C.

Im Winter schwankten die maximalen Temperaturdifferenzen zwischen 5.6 °C in Maggia und 0 °C in Gerascia (vgl. Tabelle 4). Es konnten damit deutliche Temperaturheterogenitäten an den meisten Probeorten festgestellt werden. Ein Muster in Fliessrichtung liess sich jedoch nicht erkennen.



Tabelle 4: Temperaturheterogenität im Sommer (11.8.2015) und Winter (27.1.2016). Angegeben sind die Maxima, Minima und die maximale Temperaturdifferenz.

| Ort | Temperatur Sommer in °C | | | Temperatur Winter in °C | | |
|-----------|-------------------------|------|-----------|-------------------------|------|-----------|
| | Max. | Min. | Differenz | Max. | Min. | Differenz |
| Bignasco | 21.5 | 15.3 | 6.2 | 8.2 | 4 | 4.2 |
| Gerascia | - | - | - | 4.9 | 4.9 | 0 |
| Someo | 26.7 | 17.2 | 9.5 | 8.2 | 3.3 | 4.9 |
| Maggia FZ | 27.8 | 21.5 | 6.3 | 8.5 | 6.1 | 2.4 |
| Maggia | - | - | - | 8 | 2.4 | 5.6 |
| Avegno | 20.7 | 13.3 | 7.4 | 7.2 | 5.4 | 1.8 |
| Losone | 22.5 | 21.3 | 1.2 | 6.2 | 5.8 | 0.4 |

5.2 Abfluss

Sowohl der Abfluss für 2015 als auch für 2016 zeigte keine Abflussspitzen von Dezember bis April. Erst ab April gab es 2016 stark erhöhte Abflüsse der Maggia, bis etwa Ende Juni. 2015 gab es im Frühjahr von Ende April bis Ende Juni nur etwas schwächere Ereignisse mit erhöhtem Abfluss. Dagegen traten ab Mitte August bis Anfang Oktober höhere Abflüsse auf. 2016 gab es im Herbst nur 2 etwas höhere Abflüsse, Mitte Oktober und Mitte November. Auffallend war in beiden Jahren die Reduktion des Restwassers zum 1. Oktober. Ab diesem Datum werden bis am 15.6. deutlich niedrigere Wassermengen dotiert. Die Stazione UFAM Bignasco dotiert ab dem 1.10. eine Wassermenge von 1'200 l/s. Ab 16.6.-30.9. beträgt die Dotation 1'800 l/s. Gemäss Berechnungen des kantonalen Amtes SPAAS beträgt Q_{347} für die Maggia in Bignasco 2'320 l/s. Im Winterhalbjahr findet somit eine deutliche Reduktion der Wassermenge statt. Die Reduktion der Wassermenge ab Oktober betrug etwa von $1.9 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ auf ca. $1.3 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (vgl. Abbildung 5).



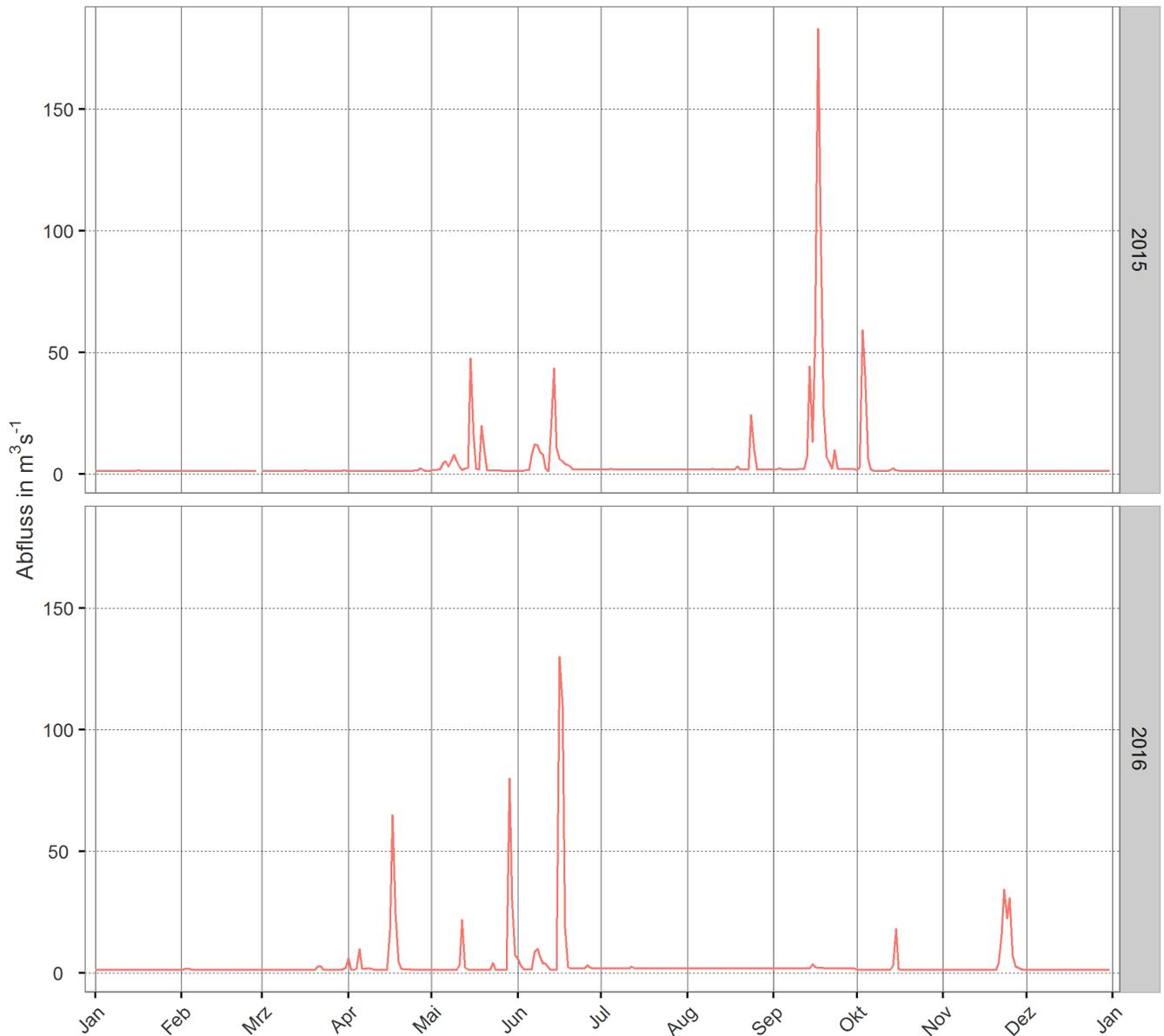


Abbildung 5: Abfluss der Maggia bei der Messstation Bignasco für 2015 und 2016. Dargestellt sind die Tagesmittelwerte. Die Daten wurden übernommen von www.hydrodaten.admin.ch/de (BAFU).

5.3 Substrat

5.3.1 Linienzahlanalyse

Die mediane Fraktionsgrösse der Korndurchmesser des Kieses betrug meist 31-40 mm (vgl. Tabelle 5). Diejenigen Standorte mit einer abweichenden medianen Fraktionsgrösse hatten auch optisch ausgewertet eine andere Verteilung der Korngrössen (vgl. Abbildung 7). Hier sind besonders Visletto 1 und 2 sowie Maggia FZ 1 und 2 zu nennen. Deren Verteilungen ähnelte mehr einer Glockenform, im Vergleich zu den anderen Standorten, die eher eine nach rechts exponentiell abfallende Verteilungsform zeigten.



Tabelle 5: Geschätzte mediane Fraktion der Korndurchmesser der Linienproben an den unterschiedlichen Standorten.

| Ort | Fraktion Median in mm |
|-------------------|-----------------------|
| Bignasco 1 | 31-40 |
| Bignasco 2 | 31-40 |
| Gerascia 1 | 31-40 |
| Gerascia 2 | 31-40 |
| Visletto 1 | 61-70 |
| Visletto 2 | 51-60 |
| Someo 1 | 41-50 |
| Someo 2 | 31-40 |
| Maggia FZ1 | 51-60 |
| Maggia FZ2 | 41-50 |
| Maggia | 21-30 |
| Losone | 31-40 |



Abbildung 6: Laichgruben in der Strecke unterhalb Bignasco im November 2015.



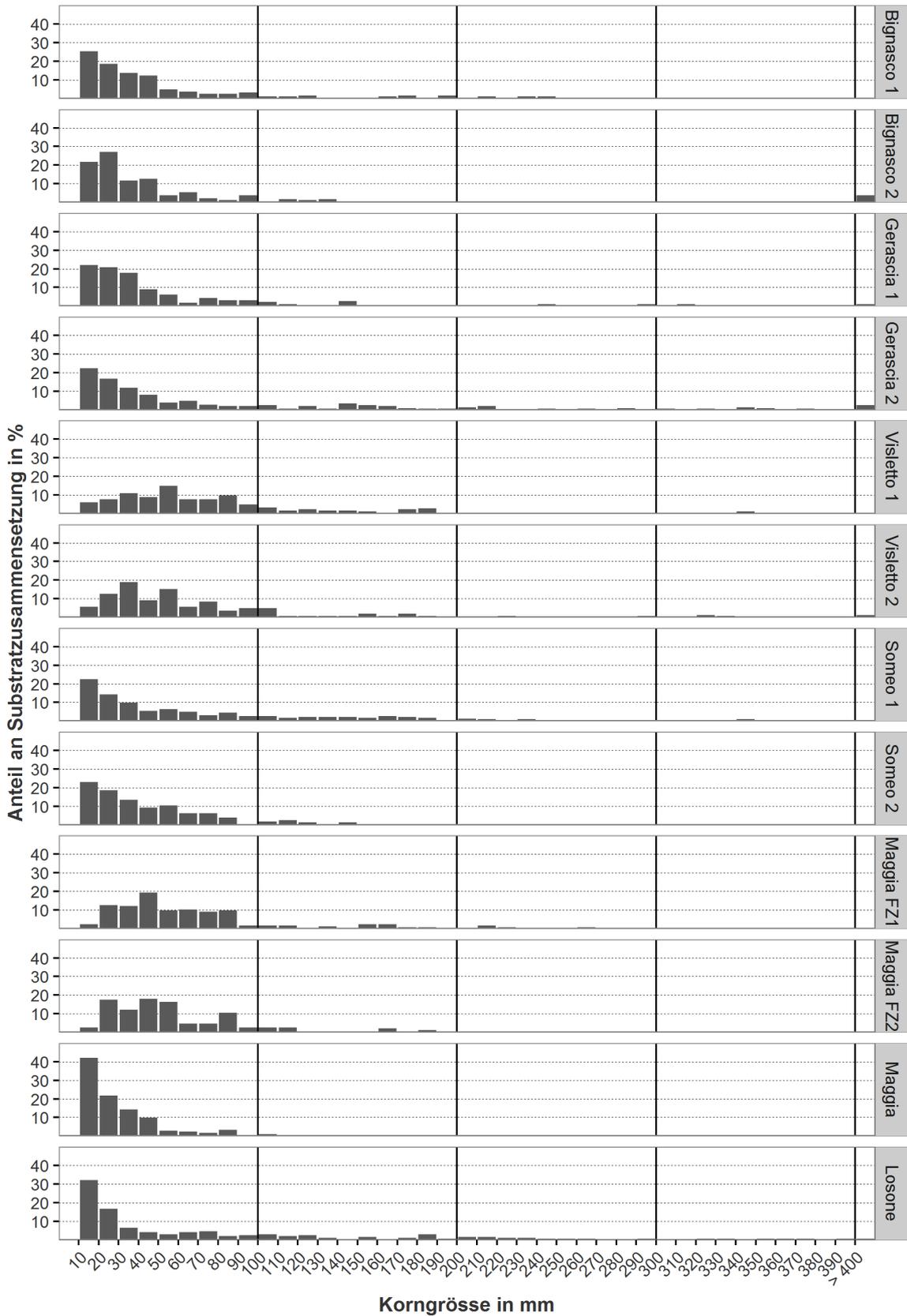


Abbildung 7: Linienproben des Substrats in der Maggia.



5.4 Laichgruben

5.4.1 Laichgrubenvermessung

Während der Laichgrubenzählungen wurden insgesamt 27 Laichgruben vermessen (Strecke nahe Bignasco). Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 dargestellt. Die mittlere Wassertiefe der Laichgruben betrug ca. 37.6 cm, die mittlere Länge 203.4 cm und die mittlere Breite 77.4 cm. Die maximale Länge von 950 cm und Breite von 160 cm sind auf eine Ansammlung von mehreren überlagernden Laichgruben zurückzuführen und hoben das Mittel für die Ausmasse der Laichgruben an.

Tabelle 6: Ausmasse von 27 kartierten Laichgruben in der Maggia.

| | Wassertiefe in cm | Länge in cm | Breite in cm |
|----------------------------|-------------------|---------------|--------------|
| Mittelwert ± Stabw. | 37.6 ± 13.1 | 203.4 ± 166.6 | 77.4 ± 23.3 |
| Maximum | 75 | 950 | 160 |
| Minimum | 21 | 75 | 50 |

5.4.2 Laichgrubenkartierung

Um den Laichpeak zu ermitteln, wurden die Laichgrubenkartierungen an zwei Zeitpunkten im November durchgeführt. Insgesamt wurden auf einer Strecke von ca. 13.5 km entlang der Maggia Laichgruben kartiert. Die höchste Laichgrubendichte konnte zu beiden Zeitpunkten in den Strecken Bignasco und Maggia gefunden werden (vgl. Tabelle 7). In den Strecken Coglio, Ronchini, Moghegno, Ponte Brolla und Losone konnten keine Laichgruben nachgewiesen werden.

Tabelle 7: Anzahl Laichgruben (N) je Strecke, zu zwei Zeitpunkten im November 2015. Angegeben sind ausserdem die Koordinaten der evaluierten Strecken.

| Ort | N | davon alte | Laichgruben pro km | Streckenlänge in km | Koordinaten Anfang | Koordinaten Ende | Datum |
|---------------------|----|------------|--------------------|---------------------|--------------------|------------------|------------|
| Bignasco | 14 | - | 7.3 | 1.92 | 689930/130680 | 690002/132537 | 15.11.2015 |
| Someo | 0 | - | 0.0 | 1.22 | 693926/126695 | 692889/127212 | 15.11.2015 |
| Maggia | 9 | - | 12.9 | 0.7 | 698371/121695 | 697718/122145 | 15.11.2015 |
| Coglio | 0 | - | 0.0 | 0.75 | 696411/124112 | 696003/124657 | 15.11.2015 |
| Ronchini | 0 | - | 0.0 | 0.28 | 699234/120706 | 699001/120836 | 15.11.2015 |
| Bignasco | 39 | 14 | 20.3 | 1.92 | 689930/130680 | 690002/132537 | 26.11.2015 |
| Someo | 1 | 0 | 1.1 | 0.94 | 693879/126783 | 693056/127070 | 26.11.2015 |
| Maggia | 7 | 4 | 10.0 | 0.7 | 698289/121638 | 697718/122123 | 26.11.2015 |
| Moghegno | 0 | - | 0.0 | 0.56 | 698521/121157 | 698289/121638 | 26.11.2015 |
| Gordevio | 5 | 5 | 2.6 | 1.89 | 700437/118552 | 700196/119823 | 27.11.2015 |
| Ponte Brolla | 0 | - | 0.0 | 0.94 | 701734/116181 | 701658/116590 | 27.11.2015 |
| Losone | 0 | - | 0.0 | 1.64 | 703187/113734 | 702055/114922 | 27.11.2015 |

5.5 Erfassung der 0+ Bachforellen

Die erste Befischung im April 2016 wurde nach einigen Durchgängen in den Mai verlegt, da die frisch emergierten 0+ Bachforellen besonders in Gerascia noch sehr klein waren und daher eine äusserst geringe Fangwahrscheinlichkeit hatten. Der Unterschied in den Totallängen zwischen den zwei Zeitpunkten betrug für Gerascia im Mittel 15 mm und 21 mm für Maggia (vgl. Tabelle 8).



Tabelle 8: Übersicht der Totallängen und Individuendichte der 0+ Bachforellen in der Maggia an verschiedenen Orten, im April und Mai 2016.

| Ort | Totallänge in mm | | | | N | Ind./100 m | Streckenlänge in m | Datum |
|----------|------------------|------|---------|--------|----|------------|--------------------|------------|
| | Max. | Min. | Mittlw. | Median | | | | |
| Gerascia | 31 | 22 | 27 | 27 | 14 | 7 | 200 | 07.04.2016 |
| Maggia | 41 | 27 | 32 | 32 | 25 | 10 | 250 | 07.04.2016 |
| Gerascia | 59 | 26 | 42 | 41 | 98 | 20 | 500 | 19.05.2016 |
| Gordevio | 52 | 46 | 49 | 49 | 4 | 4 | 100 | 20.05.2016 |
| Losone | - | - | - | - | 0 | 0 | 100 | 20.05.2016 |
| Maggia | 66 | 37 | 53 | 54 | 53 | 27 | 200 | 20.05.2016 |
| Someo | 51 | 32 | 40 | 41 | 10 | 5 | 200 | 20.05.2016 |

Insgesamt waren die 0+ Bachforellen bei Maggia im Mittel zu beiden Zeitpunkten grösser, als im flussaufwärtsgelegenen Gordevio (vgl. Abbildung 8). Gerascia und Maggia wiesen auch die höchsten 0+ Bachforellendichte auf, mit 20 resp. 27 Individuen je 100 m Befischungsstrecke, während in Gordevio und Someo nur 4 resp. 5 Individuen je 100 m Befischungsstrecke gefangen werden konnten (vgl. Tabelle 8). In Losone konnten überhaupt keine Forellen nachgewiesen werden, dafür aber Arten wie Egli und Trüsche. Insgesamt schienen besonders die rechtsufrigen flachen Uferpartien in Maggia ein hervorragendes Habitat für die 0+ Bachforellen zu bieten. Hier konnte sowohl das beste Wachstum, als auch die höchste Dichte an 0+ Bachforellen gefunden werden.

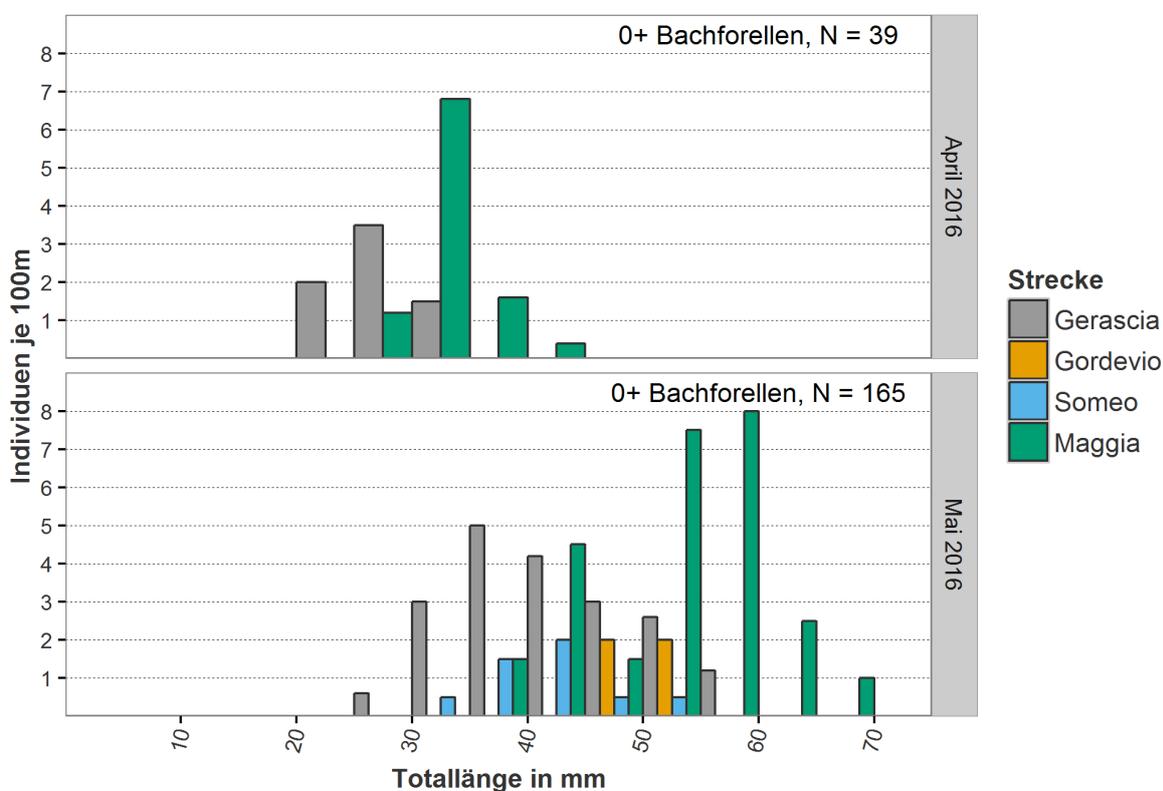


Abbildung 8: Individuen je 100 m Uferlänge. 0+ Bachforellendichte und Längenverteilung an vier Standorten. Im Mai 2016 wurden alle 4 Standorte befishet, im April 2016 nur Gerascia und Maggia.





Abbildung 9: 0+ Bachforellen, rechts von April 2016 und links von Mai 2016. Links bereits leicht zu erkennen, die typisch rot gefärbte Fettflosse.

5.6 Querprofile und Habitatheterogenität

Die Variabilität der Breite in Visletto war mit einem Variationskoeffizienten (VC) von 37.6 etwas höher als bei Maggia FZ mit einem VC von 29. Die mittlere Breite war mit 20.4 m in Visletto geringer als in Maggia FZ mit 32.8 m, wobei letzteres eher als breit einzustufen ist. Die grösste mittlere Tiefe konnte in Maggia FZ mit 81 cm gefunden werden, bei Visletto waren es dagegen nur 46 cm. Die höhere Tiefenvariabilität lag in Maggia FZ vor, mit einem VC von 53 zu einem VC von 49 in Visletto. Der Unterschied ist jedoch marginal. Beide Standorte wiesen auf Grundlage dieser Parameter eine mittlere bis gute Habitatheterogenität auf.

Tabelle 9: Auswertung der Querprofile. Breiten und Tiefenvariabilität bei Maggia FZ und Visletto.

| | Maggia FZ | Visletto |
|------------------------------------|------------------|-----------------|
| Maximale Breite in m | 47 | 35 |
| Minimale Breite in m | 19 | 9 |
| Mittlere Breite in m | 32.8 | 20.4 |
| Standardabweichung in m | 9.5 | 7.6 |
| Variationskoeffizient | 29 | 37.6 |
| Maximale Maximaltiefe in cm | 180 | 110 |
| Minimale Maximaltiefe in cm | 30 | 15 |
| Mittlere Maximaltiefe in cm | 81 | 46 |
| Standardabweichung in cm | 43 | 23 |
| Variationskoeffizient | 53 | 49 |

5.7 Quantitative Befischungen

5.7.1 Befischungsergebnisse

Bei den quantitativen Befischungen bei Maggia FZ und Visletto konnten insgesamt sieben verschiedene Fischarten nachgewiesen werden. Die häufigsten Arten entsprechend ihrer Abundanz waren: Groppe, Strigione, Bachforelle, Hundsbärbe, Südbärbe, Elritze und Regenbogenforelle (vgl. Tabelle 10). Die Bachforelle war die dritthäufigste Fischart in Maggia FZ und die häufigste Art in Visletto.



Tabelle 10: Fangergebnisse der zwei quantitativen Befischungen.

| Art | Maggia FZ | Visletto |
|-------------------|-----------|----------|
| Bachforelle | 116 | 217 |
| Elritze | 3 | - |
| Groppe | 349 | 180 |
| Hundsbarbe | 2 | 2 |
| Regenbogenforelle | 1 | - |
| Strigione | 336 | 88 |
| Südbarbe | 3 | - |

Die Längenfrequenzhistogramme der gefangenen Bachforellen zeigten für beide Strecken eine geringe Anzahl an Fischen, deren Totallänge über dem vorgeschriebenen Fangmindestmass von 24 cm lag (vgl. Abbildung 10 resp. Abbildung 11). Drastisch war dieses Bild in der Befischungsstrecke Maggia FZ. Hier fehlten diese Individuen fast gänzlich. Dagegen konnten einige Individuen bis 150 mm Totallänge und in der Befischungsstrecke Visletto auch bis 240 mm Totallänge gefangen werden. Besonders in Visletto war eine deutliche Senke in der Längenverteilung im Bereich von 150 mm Totallänge sichtbar. Aus diesem Grund wurde hier im Folgenden die Unterteilung in kleine Forellen festgesetzt. Diese waren vermutlich mehrheitlich 0+ Bachforellen, die Senke wurde daher als Indikator für die Grenze zwischen der 0+ Kohorte und den anderen Kohorten gedeutet. Die zweite Unterteilung erfolgte ab dem Fangmass von 240 mm Totallänge. Somit gab es 3 Grössenklassen: < 150 mm, 150 mm bis 239 mm und > 239 mm. Insgesamt konnten in Visletto (N = 217) fast doppelt so viele Bachforellen gefangen werden, wie in Maggia FZ (N = 116).

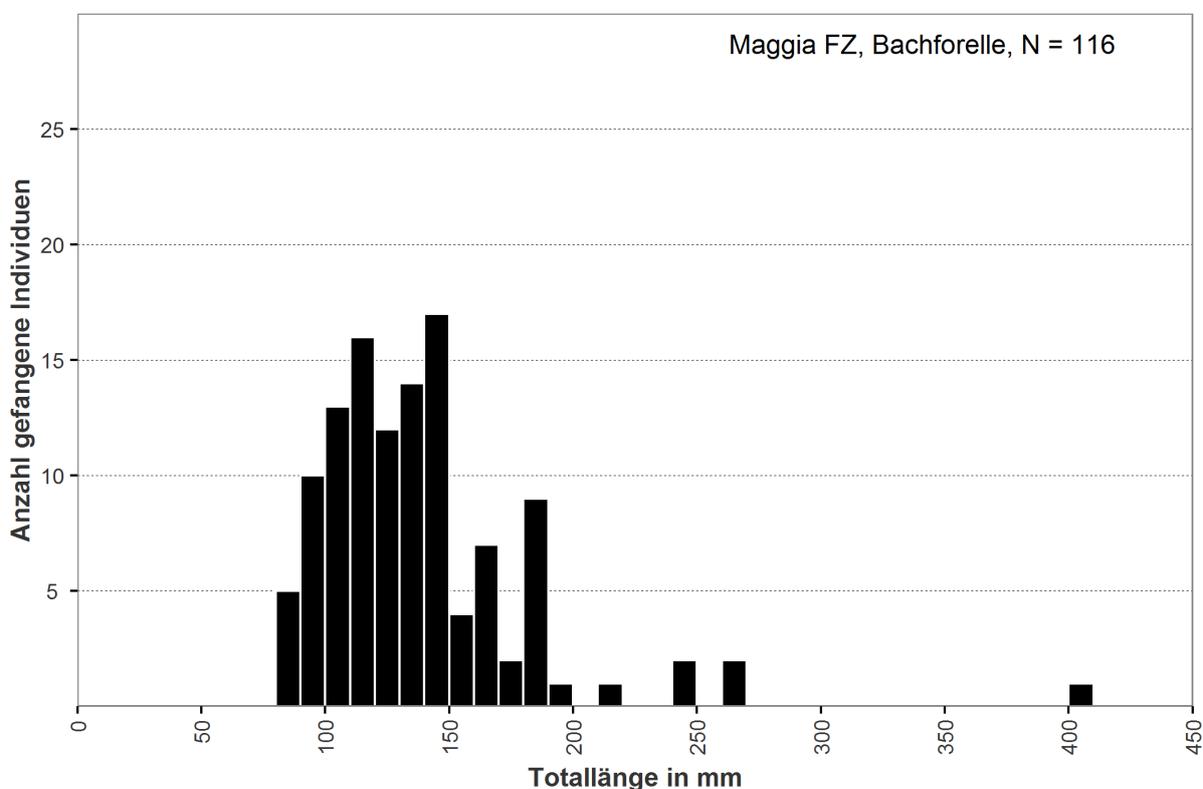


Abbildung 10: Längenfrequenzhistogramm der gefangenen Bachforellen bei Maggia Fischzucht (FZ).



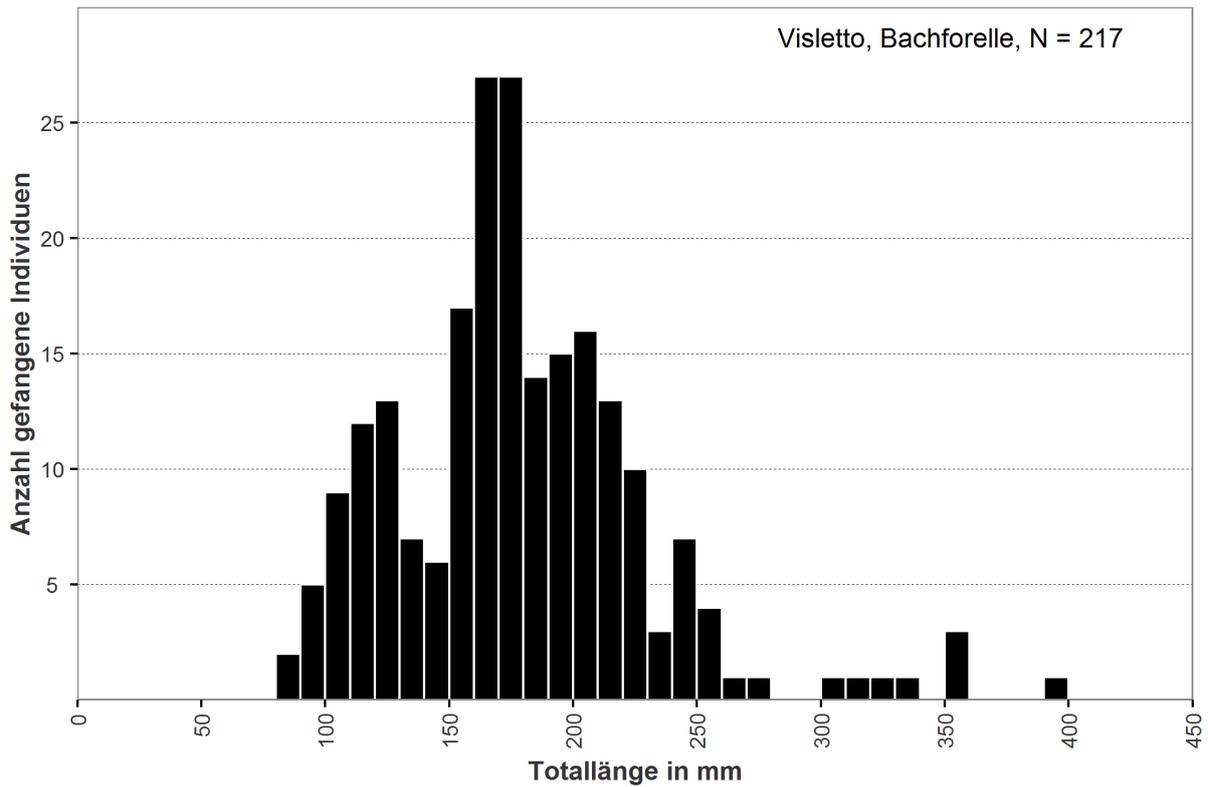


Abbildung 11: Längenfrequenzhistogramm der gefangenen Bachforellen bei Visletto.

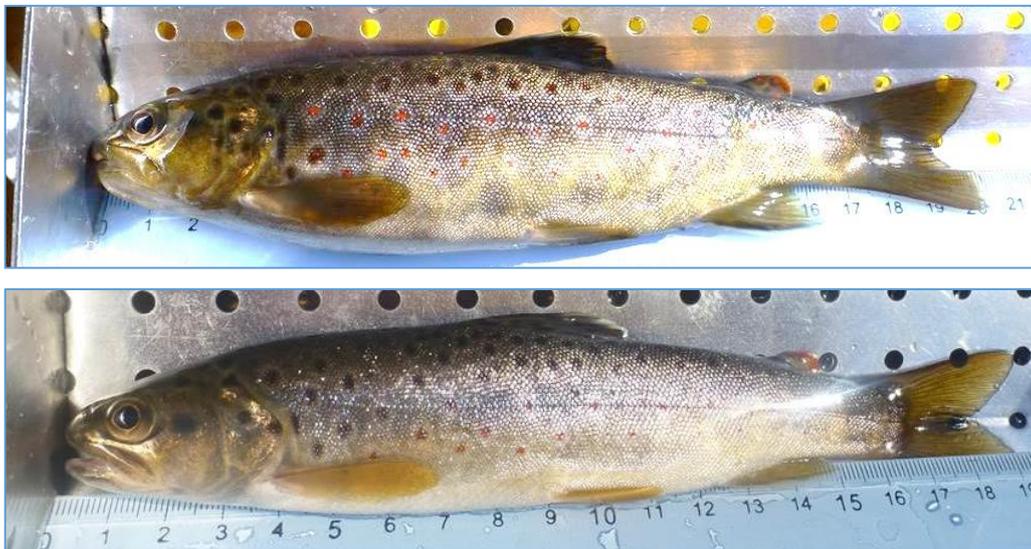


Abbildung 12: Bachforellen (*Salmo trutta*) aus der Maggia.

Die Konditionsindices unterschieden sich leicht zwischen den Standorten Maggia Fischzucht und Visletto (Mann-Whitney-U-Test: $p < 0.05$). Dabei konnte bei Maggia Fischzucht der höhere Konditionsindex mit 0.965 zu 0.991 in Visletto gefunden werden. Der Konditionsindex von Visletto entsprach auch dem, der auch bei den Bachforellen der zusätzlichen Befischung (durch die Mitarbeiter des Kantons Tessin) gefunden werden konnte (vgl. Tabelle 11).



Tabelle 11: Konditionsindices der Bachforellen für die Befischungen an der Maggia 2016.

| Strecke | Min. | Mittelwert | Max. |
|-----------------|-------|------------|-------|
| Maggia FZ | 0.670 | 0.965 | 1.224 |
| Visletto | 0.712 | 0.991 | 1.378 |
| Kt. Tessin Bef. | 0.778 | 0.991 | 1.345 |

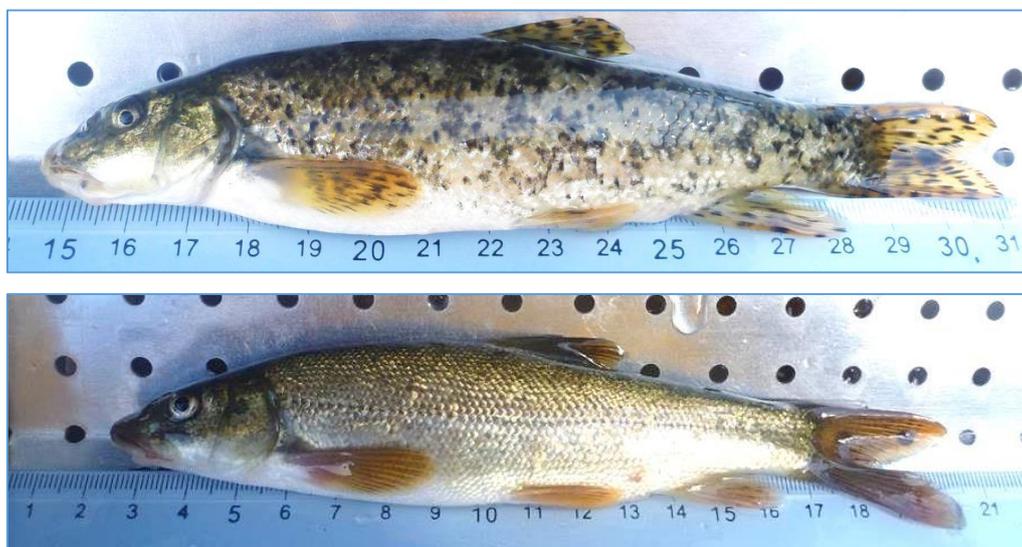


Abbildung 13: Oben: Hundsbärbe (*Barbus caninus*) aus der Maggia bei Maggia FZ. Unten: Südbärbe (*Barbus plebejus*).

5.7.2 Abschätzung der Population

Zur Populationsabschätzung wurden aus der Abnahme der gefangenen Individuen einer Fischart während der drei Befischungsdurchgänge, art- und streckenspezifische Fangwahrscheinlichkeiten berechnet (vgl. Tabelle 12). Aus diesen Fangwahrscheinlichkeiten konnte die Anzahl Fische je Strecke geschätzt werden (vgl. Abbildung 15). Besonders in Maggia FZ waren die kleinen Strigione (kl) und Gropfen sehr zahlreich. Allerdings sind die Populationsschätzungen dieser Arten unter dem Vorbehalt zu sehen, dass die Fangwahrscheinlichkeiten für diese Arten sehr klein waren mit 0.01 resp. 0.18 und die Unsicherheit bei der Schätzung daher sehr gross. Für die Regenbogenforelle, Elritze, Südbärbe und Hundsbärbe konnte aufgrund der wenigen gefangenen Individuen keine zuverlässige Populationsabschätzung durchgeführt werden. Ihre Bestände sind neben den anderen Arten als gering einzustufen.



Tabelle 12: Fangwahrscheinlichkeiten der verschiedenen Fischarten für die zwei quantitativen Befischungen. Zusätzlich ist das 95 % Konfidenzintervall angegeben. Teilweise sind die Unsicherheiten so gross, dass sich eine negative Fangwahrscheinlichkeit ergeben würde. Diese fraglichen Fangwahrscheinlichkeiten sind mit einem * gekennzeichnet. Sie sind auf nicht schrittweise abnehmende Fangzahlen für eine Fischart während der drei Befischungsdurchgänge zurückzuführen. Fangwahrscheinlichkeiten von 1 kommen daher, dass bereits alle Fische dieser Art oder Gröszenklasse im ersten Befischungsdurchgang gefangen wurden.

| Art | Fangwahrscheinlichkeit | |
|---------------------|------------------------|-------------|
| | Maggia FZ | Visletto |
| Bachforelle kl | 0.63 ± 0.12 | 0.69 ± 0.14 |
| Bachforelle m | 0.43 ± 0.30 | 0.65 ± 0.09 |
| Bachforelle gr | 1.00 | 0.70 ± 0.22 |
| Regenbogenf. Groppe | 1.00 | - |
| Strigione kl * | 0.18 ± 0.11 | 0.35 ± 0.12 |
| Strigione gr | 0.01 ± 0.17 * | 0.71 ± 0.11 |
| Elritze * | 0.27 ± 0.15 | 0.73 ± 0.24 |
| Südbarbe * | 0.60 ± 0.69 * | - |
| Hundsbarbe * | 0.50 ± 0.83 * | - |
| | 0.33 ± 1.40 * | 1.00 |



Abbildung 14: Links: Strigione (*Telestes muticellus*) aus der Maggia. Rechts: Sanguinerola italiana (*Phoxinus lumaireul*) aus der Maggia.



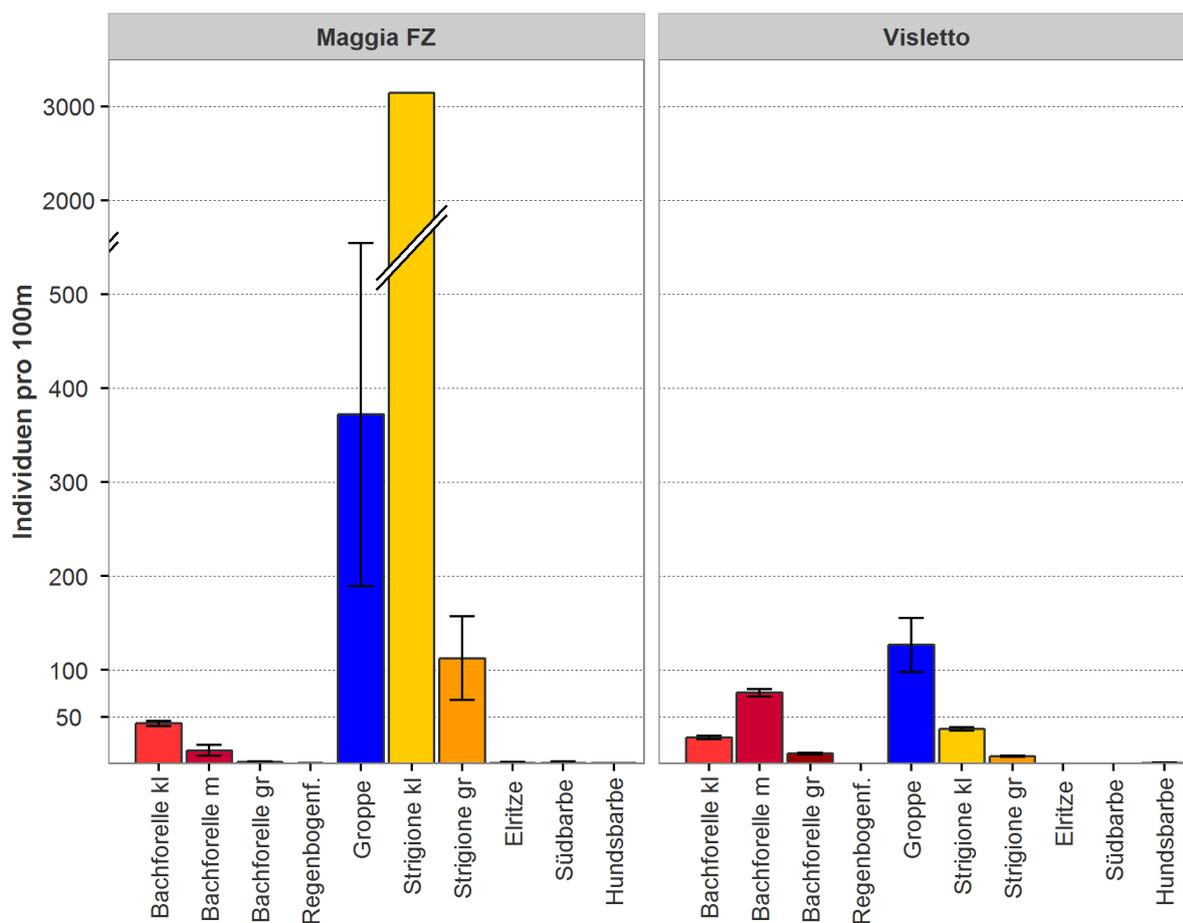


Abbildung 15: Populationsschätzungen der Fischbestände in den Strecken Maggia Fischzucht und Visletto. Die Skala der Ordinatenachse wurde oberhalb von 550 verändert, um die zahlreichen kleinen Strigione darstellen zu können. Die Konfidenzintervalle für die kleinen Strigione waren nicht sinnvoll und wurden daher weggelassen. Insgesamt ist die Schätzung der kleinen Strigione sehr unsicher, aufgrund der geringen Fangwahrscheinlichkeit beim Elektrofischen.

Die Bachforellenpopulation in Maggia Fischzucht zeigte eine Grössenstruktur, bei der die Anzahl von kleinen Bachforellen (kl) über Mittlere (m) hin zu den Grossen (gr) abnahm (vgl. Abbildung 15 und Tabelle 13). Am Befischungsort Visletto waren dagegen die mittelgrossen Bachforellen die häufigsten, gefolgt von den Kleinen. Die Bachforellendichten lagen in Visletto für die mittleren und grossen Fische deutlich über denen bei Maggia FZ. Dagegen war die Dichte der kleinen Bachforellen in Maggia FZ etwas höher (vgl. Tabelle 13).



Tabelle 13: Übersicht der geschätzten Biomasse und Abundanz je Befischungsstrecke.

| | Maggia FZ | Visletto |
|---|-----------|----------|
| Gesamtbiomasse (alle Arten) in kg/ha | 19.8 | 42.5 |
| Bachforelle kl kg/ha | 2.3 | 2.4 |
| Bachforelle m kg/ha | 2.8 | 23.7 |
| Bachforelle gr kg/ha | 1.8 | 13 |
| Bachforellen alle Grössen kg/ha | 6.9 | 39.1 |
| Gesamtindividuenanzahl (alle Arten) pro 100m | 3689 | 288 |
| Bachforelle kl Ind./100 m | 43 | 28 |
| Bachforelle m Ind./100 m | 14 | 76 |
| Bachforelle gr Ind./100 m | 2 | 11 |
| Bachforellen alle Grössen/100 m | 59 | 115 |

5.7.3 Abschätzung der Biomasse

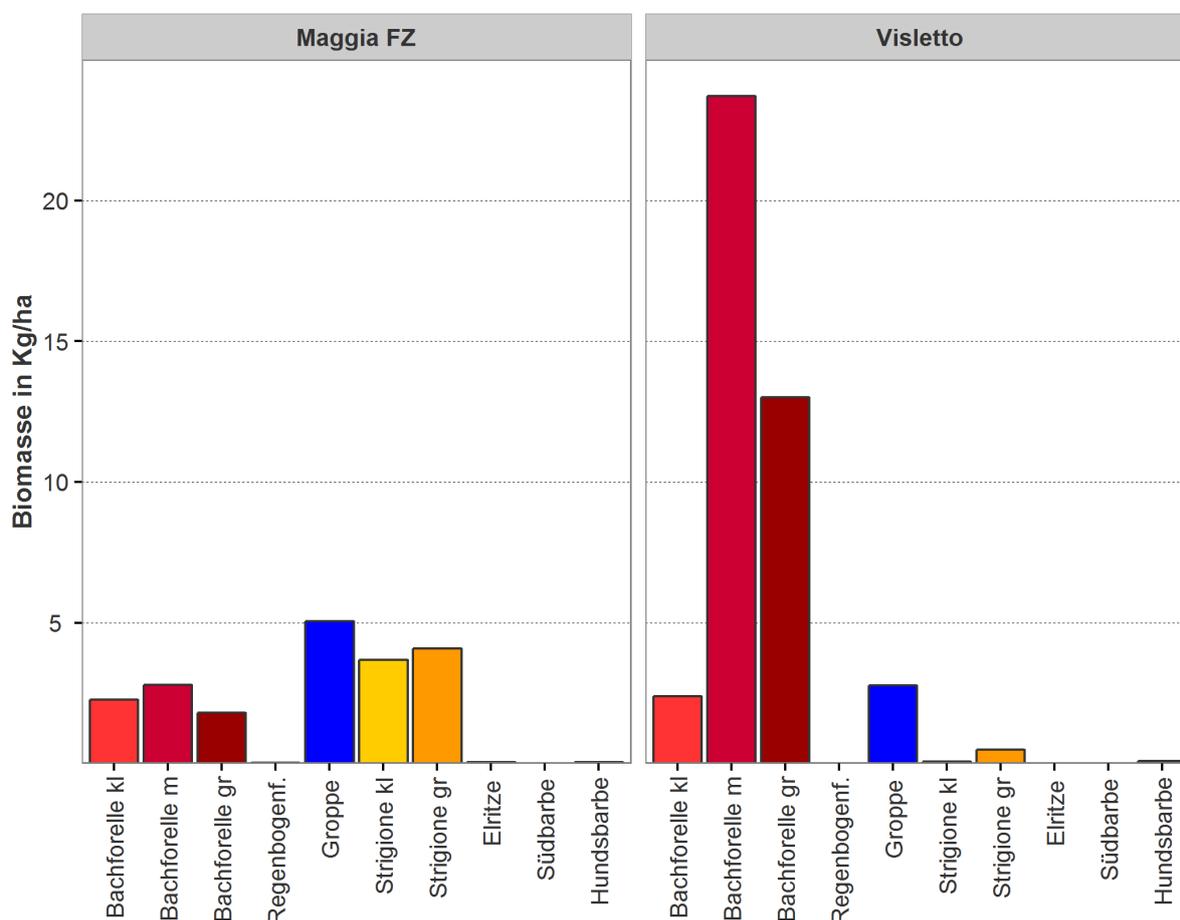


Abbildung 16: Geschätzte Biomasse je Fischart in den Strecken Maggia Fischzucht und Visletto. Für die Südbarbe in der Strecke Maggia FZ, sowie die Regenbogenforelle, die Eiritze und die Südbarbe in der Strecke Visletto konnten keine Biomassen geschätzt werden. Das liegt daran, dass diese Arten nur selten bzw. nicht gefangen wurden und somit keine Fangwahrscheinlichkeiten berechnet werden konnten.

Die geschätzte Gesamtbiomasse in Visletto mit 42.5 kg/ha lag deutlich über der in Maggia FZ mit 19.8 kg/ha. Das gleiche traf für die Biomasse der Bachforellen zu. Sie wurde in Maggia FZ auf 6.9 kg/ha geschätzt und in Visletto auf 39.1 kg/ha. In Visletto waren die Biomassen für alle Grössenklassen der



Bachforelle durchweg höher als in Maggia FZ (vgl. Tabelle 13 und Abbildung 16). In Abbildung 16 ist ausserdem zu sehen, dass in der Strecke Maggia FZ Groppen und Strigione zusammen, vermutlich einen höheren Anteil an der Biomasse stellten, als die Bachforellen. In Visletto dagegen war die Biomasse der Strigione eher gering und die der Groppen vergleichbar mit der Biomasse der kleinen Bachforellen. In Visletto entfiel der grösste Anteil der Biomasse auf die Bachforellen.

5.8 Befischung laichreifer Bachforellen

Aus Tabelle 14 ist ersichtlich, dass ab einem Alter von 3+ ein Anteil von 54.2 % der Bachforellen in der Maggia geschlechtsreif war. Das heisst sie wiesen einen Reifegrad von 5 bis 6 auf und sollten daher noch in der Saison 2016 am Laichgeschäft teilgenommen haben. Der Anteil an laichreifen Individuen nahm kontinuierlich mit dem Alter zu.

Tabelle 14: Geschlechtsreifegrad nach Alter in Prozent der Fische mit Altersbestimmung. Reifegrad 5 und 6 fasst alle Fische dieser Reifegrade zusammen, da sie als geschlechtsreif gelten können. Für die Fische des Reifegrads 1 konnte kein Geschlecht bestimmt werden. 13 Fische mit Reifegrad 1 bis 3 wurden ausgeschlossen, da diese Reifegrade nicht sicher äusserlich bestimmbar waren.

| Alter | Reifegrad in % | | | | N |
|-------|----------------|------|------|---------|----|
| | 1 | 5 | 6 | 5 und 6 | |
| 0+ | 100 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| 1+ | 80.9 | 2.9 | 16.2 | 19.1 | 68 |
| 2+ | 60.4 | 24 | 15.6 | 39.6 | 96 |
| 3+ | 45.8 | 25 | 29.2 | 54.2 | 24 |
| 4+ | 33.3 | 0 | 66.7 | 66.7 | 3 |
| 5+ | 14.3 | 28.6 | 57.1 | 85.7 | 7 |
| 6+ | 0 | 0 | 100 | 100 | 1 |

Bei der Betrachtung der Laichreife in Bezug zur Totallänge gab es auch Fische, deren Totallänge deutlich über dem Fangmindestmass lag und denen kein Reifegrad oder Geschlecht durch rein äusserliche Betrachtung zugeordnet werden konnte (vgl. Abbildung 17). Die laichbereiten Individuen mit dem Reifegrad 6 lagen im Mittel mit ihrer Totallänge 269.3 mm (Milchner) und 267.8 mm (Rogner) über dem Fangmindestmass. Milchner mit einem Reifegrad von 5 lagen mit ihrer Totallänge allerdings deutlich über dem Fangmindestmass mit 285.6 mm, während die Rogner mit 234.3 mm eher unter dem Fangmindestmass lagen (vgl. Tabelle 15). Individuen mit unbestimmbarem Geschlecht lagen mit ihrer Totallänge deutlich unter dem Fangmindestmass mit 162.6 mm im Mittel.

Tabelle 15: Anzahl Fische (N), der in Abbildung 17 dargestellten Ergebnisse und mittlere Totallängen. Bei einem Reifegrad von 1 konnte das Geschlecht allein aufgrund äusserer Merkmale nicht bestimmt werden. Die Anzahlen weichen von denen in Tabelle 14 ab, da es Fische mit Reifegradbestimmung gab, für die keine Altersbestimmung durchgeführt wurde.

| Reifegrad | 5 | | 6 | | 1 bis 6 | |
|-------------------|-----------------|----|-----------------|----|-----------------|-----|
| | mittl. TL in mm | N | mittl. TL in mm | N | mittl. TL in mm | N |
| Milchner | 285.6 | 5 | 269.3 | 31 | 271.6 | 36 |
| Rogner | 234.3 | 33 | 267.8 | 13 | 243.8 | 39 |
| Geschlecht unklar | - | - | - | - | 162.6 | 361 |



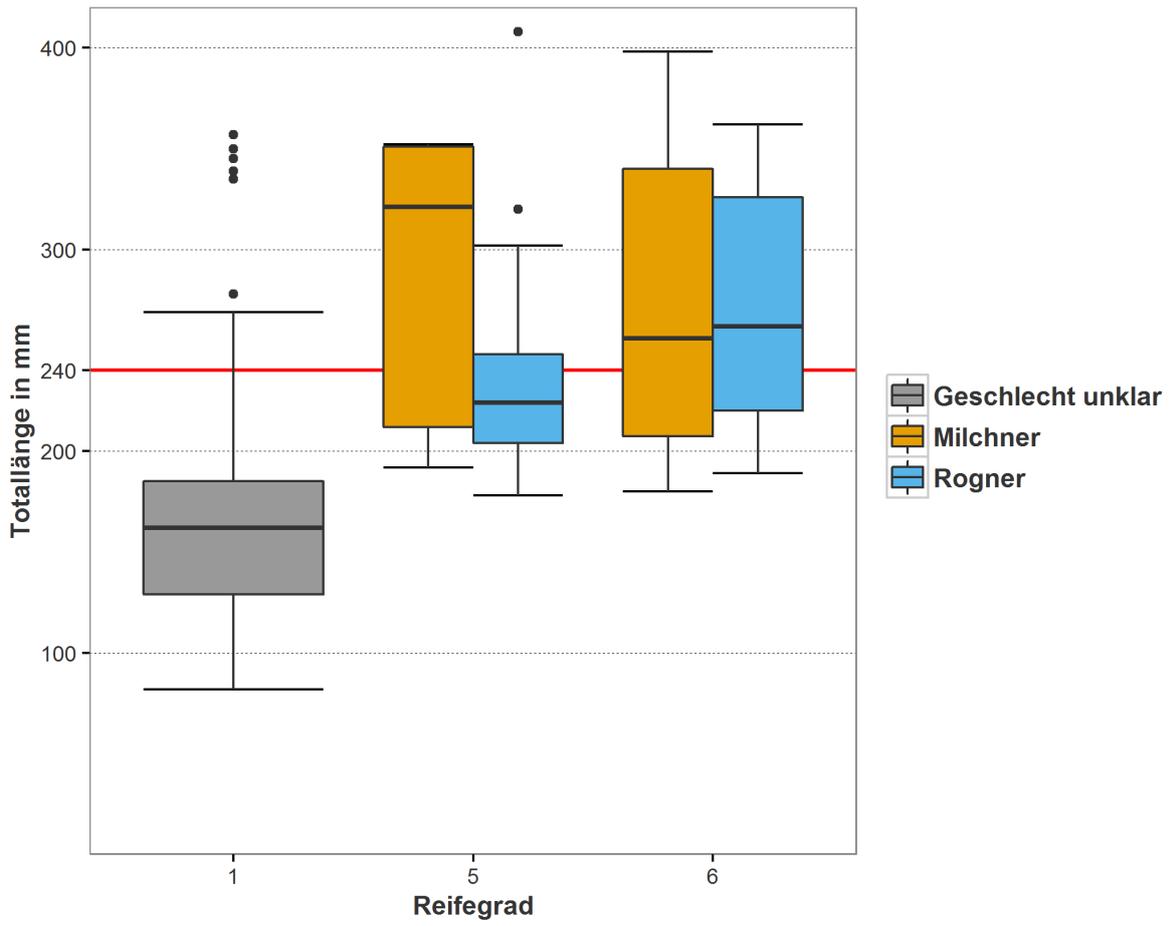


Abbildung 17: Geschlechtsreife in Abhängigkeit von der Totallänge. Die rote Linie markiert das Fangmindestmass an der Maggia.



5.9 Wachstumskurve nach Von Bertalanffy

Für die Bestimmung des Wachstums wurden die Schuppen von Fischen aus beiden quantitativ befischten Strecken verwendet. Zusätzlich wurden Schuppen von grösseren Fischen entnommen, welche am 3.11.2016 separat gefangen wurden. 4-6 jährige Individuen wurden nur wenige gefangen, daher war es auch nicht möglich, eine realistische Endlänge L_{inf} zu berechnen. Das Wachstum ist als mittelmässig einzustufen.

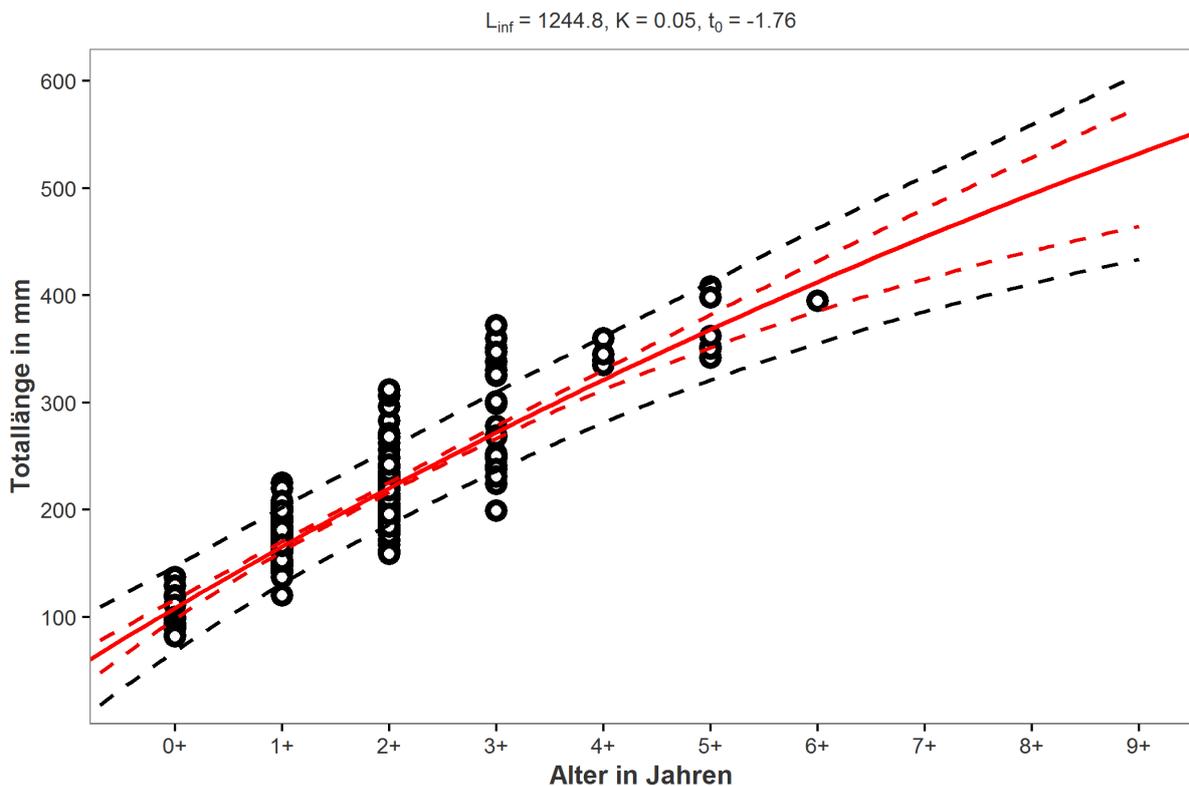


Abbildung 18: Von Bertalanffy Wachstumskurve. Abhängigkeit der Totallänge vom Alter der Bachforellen in der Maggia: $E[L|t]=1244.8(1-e^{(-0.05(t-(-1.76))})}$, $N=237$. Die rote Kurve entspricht dem mittleren Wachstum der Fische, die gestrichelten Roten dem 95 % Vertrauensintervall. Die schwarzen unterbrochenen Kurven geben das 95 % Vertrauensintervall der mit dem Model vorhergesagten Werte an.

5.10 Fangstatistik

Seit Beginn der hier dargestellten Zeitreihe ab 1997, nahm die Zahl der in der Maggia gefangenen Forellen unter leichten Schwankungen stetig ab. Diese Entwicklung konnte in allen Abschnitten der Maggia unterhalb Bignasco beobachtet werden (vgl. Abbildung 19). Ein besonders starker Rückgang erfolgte in den Jahren um 2002/2003. Insgesamt war der aktuelle Ertrag 2015 nur noch ein Bruchteil des Ertrags von dem zu Beginn der Aufzeichnungen.

Der Catch Per Unit Effort (CPUE) an der Maggia, in Angelstunden pro gefangenen massigen Fisch, nahm im Gegensatz zu den Erträgen nur geringfügig ab (vgl. Abbildung 20). Es kann also nur bedingt davon die Rede sein, dass die Fischerei durch einen schlechteren Bestand schwieriger geworden sei. Vielmehr schien auch eine Abnahme der Befischungintensität über den beobachteten Zeitraum eine Rolle zu



spielen (vgl. Abbildung 21). Eventuell trat die Reduzierung der Befischungintensität etwas zeitverzögert zum Absinken des Ertrags auf, eher zwischen 2004 und 2005. Die Auflösung ist aber schwierig und gegebenenfalls bestand ein Zusammenhang zwischen CPUE und den aufgewendeten Angelstunden bzw. dem Ertrag.

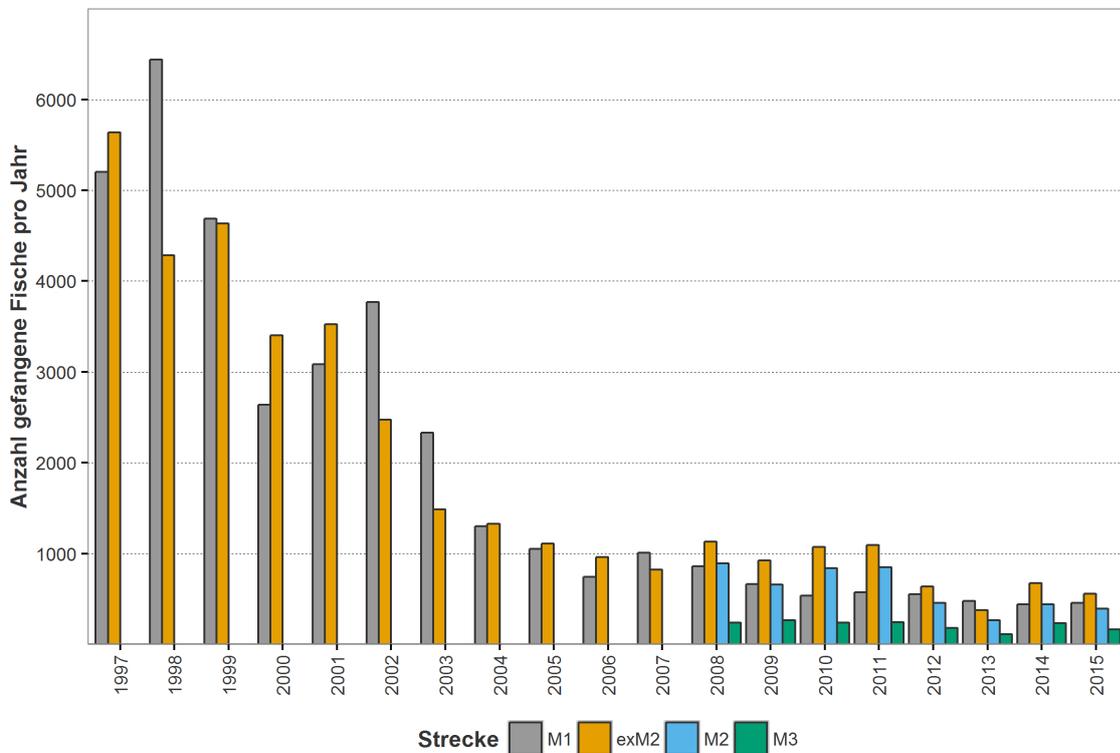


Abbildung 19: Ertrag der Maggia in angelfischereilich gefangenen Fischen pro Jahr. Ab 2008 wurde die Strecke exM2 in die Strecken M2 und M3 aufgeteilt.



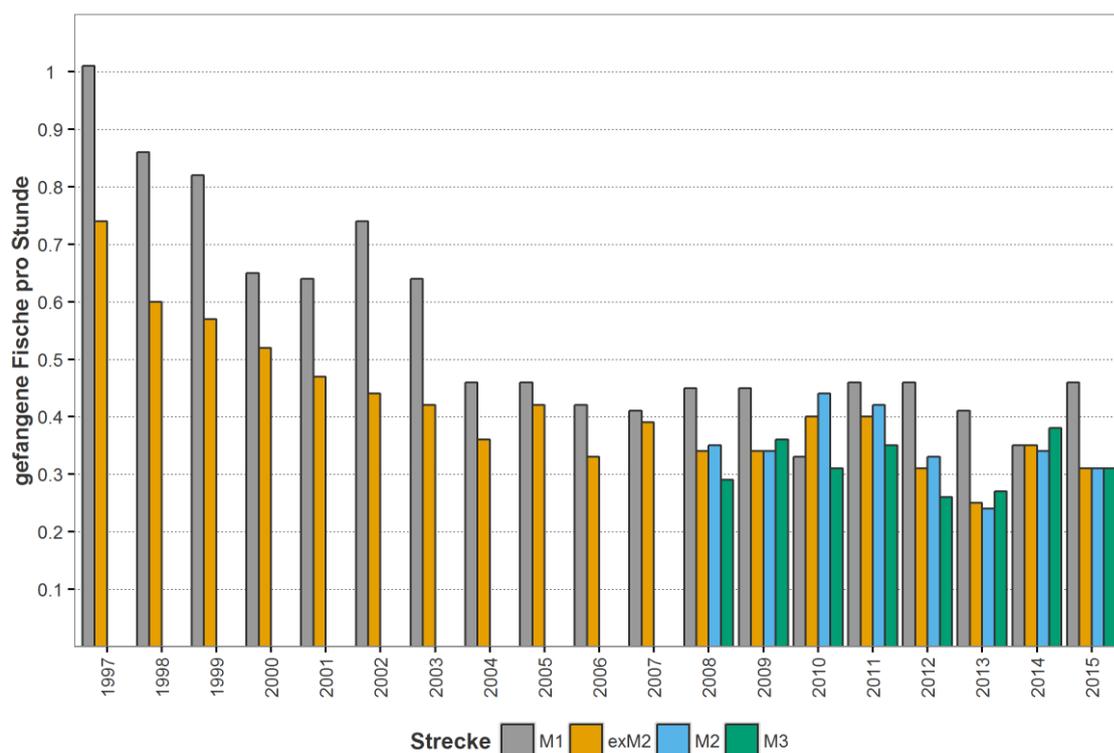


Abbildung 20: CPUE der Angelfischerei an der Maggia von 1997 bis 2015. Angegeben ist die Anzahl gefangener Fische je Fischer und Stunde. Ab 2008 wurde die Strecke exM2 in die Strecken M2 und M3 aufgeteilt.

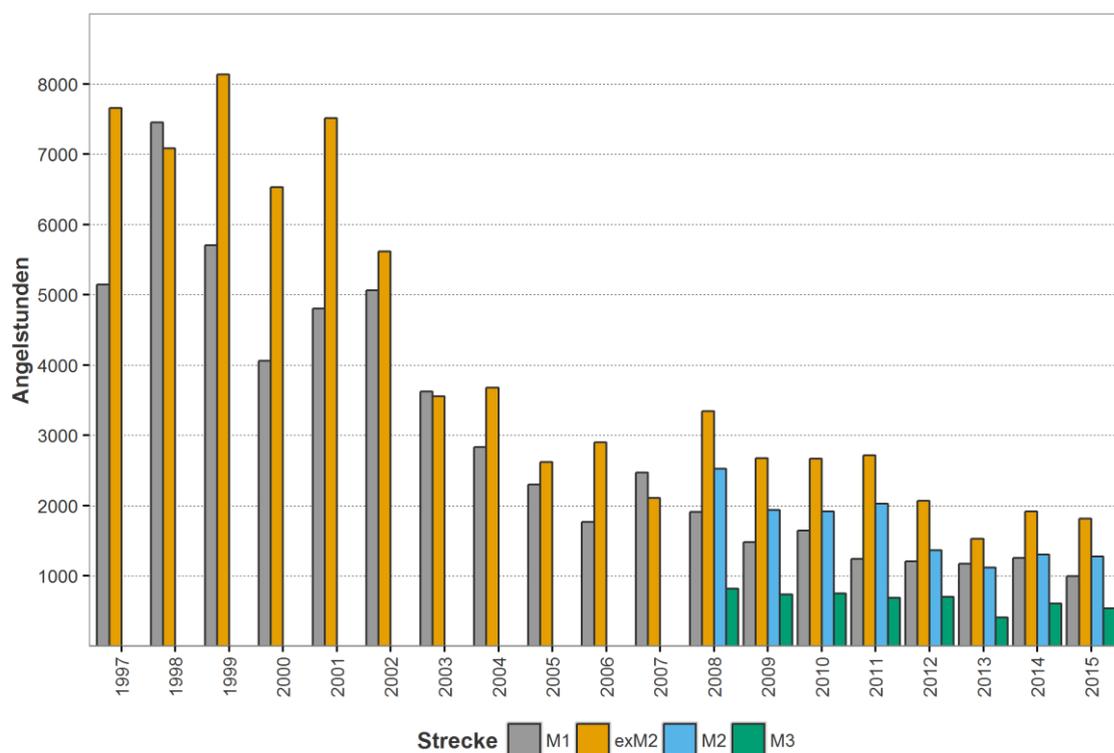


Abbildung 21: Aufgewendete Angelstunden an der Maggia pro Jahr von 1997 bis 2015. Ab 2008 wurde die Strecke exM2 in die Strecken M2 und M3 aufgeteilt.



6 Diskussion

6.1 Temperatur der Maggia

Die Wassertemperaturmessungen in dieser Studie sind die ersten kontinuierlichen Messungen in der Maggia. Sie zeigten deutlich die grossen Temperaturunterschiede zwischen Sommer und Winter, sowie die Unterschiede zwischen den Jahren 2015 und 2016, wobei der Sommer 2015 deutlich wärmer als der Sommer 2016 war. Erwartungsgemäss nahm die Wassertemperatur im Sommer mit zunehmender Entfernung vom Oberlauf in Richtung Mündung zu. Die Maggia schien sich in ihrem Verlauf immer weiter zu erwärmen, was durch das grosse, wenig beschattete Flussbett unterhalb von Bignasco zu erklären ist. Hier gibt es eine hohe Sonnenexposition. Die grössten täglichen Temperaturschwankungen konnten im Sommer verzeichnet werden, wobei sich die Maggia erwartungsgemäss am Tag erwärmte und in der Nacht abkühlte.

Die hohen Temperaturen im Sommer könnten ein Problem für die Bachforellen darstellen. Die bevorzugte Wassertemperatur für juvenile Bachforellen liegt bei ca. 6-14 °C (Schmeing-Engberding 1953 in Küttel et al. 2002). Der optimale Temperaturbereich für juvenile Bachforellen wurde in der Maggia somit ab Someo und flussabwärts deutlich überschritten. Dies betrifft vor allem die Sommermonate Juli, August und September (vgl. Abbildung 4). Hier war die Temperaturheterogenität von besonderer Bedeutung. An den Standorten Bignasco, Someo und Avegno konnten Bereiche gefunden werden, die auch im Sommer immer noch im Bereich der Optimaltemperatur für juvenile Bachforellen lagen. An den Probeorten Maggia FZ und Losone hingegen wurden diese nicht gefunden (vgl. Tabelle 4). Generell deutet der Umstand, dass die juvenilen Bachforellen auf diese Temperaturrefugien angewiesen sind, auf eine mögliche Limitation dieser Habitats hin. An den Standorten Maggia FZ und Losone ist sogar mit einem reduzierten Wachstum der juvenilen Bachforellen zu rechnen. Auch für adulte Bachforellen mit einem Temperaturoptimum bei ca. 14-17 °C (Müller 1997 in Küttel et al. 2002) waren die Standorte Maggia FZ und Losone zum Zeitpunkt der Temperaturheterogenitätsmessungen im August 2015 zu warm. Dort konnten keine Temperaturrefugien nachgewiesen werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass im Sommer 2016 fast täglich das Temperaturoptimum der Bachforellen an den Probeorten Maggia und Losone überschritten wurde. Auch in Someo stieg die Temperatur im Sommer 2016 zeitweise fast täglich in den Bereich um 20 °C. Ab 19 °C beginnt für adulte Bachforellen ein kritischer Bereich, in dem sie ihr Verhalten aufgrund der erhöhten Temperaturen anpassen und versuchen diese zu meiden (Elliott 1981 in Küttel et al. 2002). Festzuhalten ist, dass die zu hohen Wassertemperaturen von Juli bis September wahrscheinlich zu erhöhtem Stress bei den Bachforellen in der Maggia führen. Dies betrifft den Verlauf der Maggia etwa ab Someo bis zur Mündung. Ein stressbedingt reduziertes Wachstum der Fische ist nicht auszuschliessen und besonders juvenile Fische könnten davon betroffen sein, da ihr Temperaturoptimum niedriger liegt, als das von adulten Bachforellen.

Die kritische Maximaltemperatur für juvenile Bachforellen liegt bei ca. 28 °C (Grande & Andersen 1991 in Küttel et al. 2002). Die mittlere Maximaltemperatur für adulte Bachforellen liegt bei 23-27 °C (Alabaster & Lloyd 1980 in Küttel et al. 2002), es werden aber auch Maximaltemperaturen von 30 °C genannt (Bjornn & Reiser 1991 und Beitinger et al. 2000 in Küttel et al. 2002). Generell sind die Maximaltemperaturen, ab denen Bachforellen sterben daher ähnlich für die verschiedenen Altersstadien, für adulte Bachforellen unter Umständen jedoch niedriger.

Ab Someo flussabwärts bis zur Mündung waren die Temperaturen zeitweise im kritischen Bereich, zumindest für adulte Bachforellen. In Someo erreichten die Maximaltemperaturen im Sommer 2015 nicht ganz 23 °C (s. Tabelle 3). Dennoch kann davon ausgegangen werden, dass die Fische in Someo bereits zeitweise Temperaturstress ausgesetzt waren. Für Maggia und Losone lagen die Temperaturmaxima über 23 °C in 2016, für Losone sogar bei über 27 °C in 2015. Leider fehlen entsprechende



Daten für Maggia von 2015. Da die Temperaturverläufe für Maggia und Losone 2016 sehr ähnlich waren, kann davon ausgegangen werden, dass die Temperaturen in Maggia 2015 nochmals höher lagen als 2016. So lag die Minimaltemperatur mit 21.5 °C in Maggia FZ, bei den Temperaturheterogenitätsmessungen im Sommer 2015, sogar über der in Losone (s. Tabelle 4). Die Wassertemperaturen im Sommer sind daher ab Maggia bis Losone als kritisch zu betrachten. In Losone mit 21.79 °C (Mittlw. Juli 2015) bzw. 19.02 °C (Mittlw. Juli 2016) kann dies als ein bedeutender Grund für den geringen oder fehlenden Bachforellenbestand angenommen werden. Losone hatte auch die geringste vorgefundene Temperaturheterogenität und bot daher lokal kaum Temperaturrefugien.

Eine geringfügige Erhöhung der Wassertemperatur (z.B. aufgrund einer reduzierten Restwasserführung im Sommer) könnte ab Someo flussabwärts zu erheblichen Problemen für die Bachforellenpopulation führen und Zustände wie in Losone erzeugen. Die höheren Temperaturheterogenitäten bieten zwar Refugien, generell ist aber davon auszugehen, dass die Produktivität durch die hohen Wassertemperaturen eingeschränkt ist, da die Refugien limitiert sind.

Im Winter waren Someo und Maggia die wärmsten Probeorte, Bignasco und Losone dagegen kälter. Eine Zunahme der Temperatur mit dem Flussverlauf war daher nicht zu erkennen. Ein möglicher Grund dafür ist die Mündung der Melezza oberhalb des Probeortes bei Losone, die kälteres Wasser in die Maggia bringen könnte. Leider liegen zum Vergleich keine Temperaturmessungen in der Melezza vor. Alle Probeorte, mit Ausnahme von Losone (maximale Temperaturdifferenz nur 0.4 °C), boten eine ausreichend hohe Temperaturheterogenität, um Winterrefugien für juvenile Bachforellen zu bieten.

Für Bachforelleneier wurden 2015/2016 kritische Temperaturen an keinem der Probeorte über einen längeren Zeitraum gemessen (vgl. Abbildung 4). Die Wassertemperatur lag von Dezember bis anfangs März immer unter 10 °C und nahe dem Optimum von ca. 7 °C (Jungwirth & Winkler 1984 in Küttel et. al. 2002). Die Entwicklung der Eier sollte daher an keinem der Probeorte durch die Wassertemperatur gestört worden sein (vgl. 6.4).

6.2 Abfluss

Besonders die Eier der Bachforellen können durch Hochwasser zerstört werden. Die geschieht, sobald der Abfluss so gross ist, dass eine Umlagerung der Gewässersohle stattfindet. Derartige Hochwasserereignisse konnten während der Winter 2014/2015 und 2015/2016 nicht beobachtet werden (vgl. Abbildung 5). Eine Schädigung der Gelege der Bachforellen durch Hochwasser scheint daher nicht häufig einzutreten.

Der jährliche Abfluss wurde durch die Erschliessung der Kraftwerke im Jahre 1952 um 75 % reduziert und die sommerlichen Überschwemmungen wurden quasi aufgehoben (Weingartner & Kauzlaric 2015). Eine Besonderheit des Abflusses in der Maggia ist die deutliche Reduktion des Restwassers zum 1. Oktober jeden Jahres und eine Erhöhung ab 16. Juni. Dass die Reduktion vor dem Peak der Laichzeit geschieht ist sinnvoll, da dies verhindert, dass die Bachforellen an Stellen laichen, an denen nach einer Reduktion des Restwassers keine geeigneten Bedingungen mehr herrschen. Die Tatsache an sich, dass eine Reduktion der Wassermenge stattfindet, führt hingegen möglicherweise zu einer Abnahme an potentiellen Laichplätzen, da es Strömungsgeschwindigkeiten und Wassertiefen beeinflussen kann. In Losone kommt hinzu, dass hier eine Schwall-Sunk-Abflussschwankung vorliegt. Dies ist durch die Kraftwerke bei Someo-Giumaglio und Ponte Brolla, sowie möglicherweise durch das Abflussregime der Melezza bedingt. Sie könnte ein zusätzliches Problem für die potentielle Bachforellenpopulation in Losone sein, da Fische vermehrt stranden könnten.



6.3 Substrat

Die Substratzusammensetzung ist ein Schlüsselfaktor für den Erfolg der natürlichen Fortpflanzung. Die beprobten Stellen wiesen meist einen Medianwert von 31 – 40 mm auf. Diese Werte liegen in einem Bereich, der für die Reproduktion geeignet ist. Kondolf & Wolman (1993) nennen für die von Bachforellen in den Laichgruben verwendeten Korngrößen einen Medianwert von 10 – 30 mm. Riedl & Peter (2013) beobachteten Korngrößen von 8 – 64 mm, welche am häufigsten für die Laichablage genutzt werden, der Peak liegt bei 16 – 32 mm. Bei den beiden Stellen Visletto lag der Medianwert bei 51 – 60 mm, resp. 61 – 70 mm. Dies sind deutlich höhere Werte und die Eignung des Substrats für die Reproduktion dürfte kleiner sein. Dasselbe gilt für die Beobachtungen beim Dorf Maggia (Fischzucht), welche ebenfalls höhere Mittelwerte für die Korngrößen aufzeigten. Unterhalb des Dorfes Maggia sowie in Bignasco und Gerascia, wo die Laichaktivitäten deutlich höher waren als an anderen Orten, war jedoch feinerer Kies vorhanden. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass laichende Forellen das Substrat entsprechend ihrer Präferenzen aussuchen. Es kann davon ausgegangen werden, dass das in der Maggia vorhandene Substrat in seiner Zusammensetzung für die Laichaktivität der Bachforelle geeignet ist. An einigen Stellen ist es eher zu grob und die laichenden Tiere müssen sich die bevorzugten Substrate – in Kombination mit anderen Präferenzen wie Tiefe und Fliessgeschwindigkeit – aktiv aussuchen. Dieselbe Aussage trifft ebenfalls für das Ablachen der Äsche zu. Für diese Fischart ist das Substrat in einigen Abschnitten zu grob und laichende Fische müssen das bevorzugte Substrat (8-32 mm Korngrösse, Nykänen 2004) gezielt aussuchen.

6.4 Natürliche Reproduktion

6.4.1 Geschlechtsreife

Der Anteil geschlechtsreifer Fische nahm erwartungsgemäss mit zunehmendem Alter der Fische zu. Insgesamt wurde die Mehrheit der Fische aber erst relativ spät geschlechtsreif, das heisst mit 3+ (vgl. Tabelle 14). In diesem Alter waren etwa 50 % der Fische geschlechtsreif und hätten in der anschließenden Laichperiode an der Fortpflanzung teilgenommen. Dennoch gab es auch Individuen, die mit 1+ Jahren schon geschlechtsreif waren, der Anteil entsprach immerhin 19.1 %. Um zu garantieren, dass 50 % der Fische mindestens in einer Saison laichen könnten, dürften erst Fische ab einem Alter von 4+ entnommen werden. Um diese Ergebnisse zu bekräftigen sollten mehr Fische vor der Laichzeit bezüglich Alter und die Geschlechtsreife untersucht werden.

Unterhalb von 200 mm Totallänge wurden nur wenige Individuen gefangen, die geschlechtsreif waren (vgl. Abbildung 17). Die Totallänge der Fische mit einem Reifegrad von 5 bis 6 lag im Mittel etwas über dem Fangmindestmass von 240 mm mit 271.6 mm für Milchner und 243.8 mm für Rogner. Die Totallängen der wirklich laichbereiten Fische, mit einem Reifegrad von 6, lagen dagegen deutlich über dem Fangmindestmass, mit einem Mittel von 269.3 mm für Milchner und 267.8 mm für Rogner. Die grösseren Individuen waren daher tendenziell früher laichbereit, als die kleineren Individuen.

6.4.2 Laichgrubenkartierungen

Die festgestellte mittlere Wassertiefe der Laichgruben von rund 38 cm Tiefe lag höher als Werte, die von Riedl & Peter (2013) beobachtet wurden. Die bevorzugten Wassertiefen (Usability Index) werden dort zwischen 15 – 25 cm Tiefe angegeben. Es gilt aber zu berücksichtigen, dass die von den Bachforellen verwendeten Tiefen für das Ablachen, keinen Fokus der vorliegenden Arbeit darstellte. Daher wurden lediglich wenige Laichgruben bezüglich Tiefe charakterisiert. In einer umfassenden Übersicht



bezüglich der bevorzugten Tiefen der laichenden Bachforelle stellte Person (2013) einen Peak der Präferenz bei zirka 25 cm Tiefe fest. Diese Übersicht zeigt aber auch Präferenzkurven mit deutlich höheren Gewässertiefen.

Die Beobachtungen der Laichgruben erfassten einen ersten Peak der Laichaktivität vor dem 15.11.2015 sowie einen zweiten Peak vor dem 26.11.2015. Die Hauptlaichzeit in der Maggia fand somit im November 2015 statt, zirka zwischen den 10.11. bis am 27.11.2015.

Eine Strecke von total 10.16 km (ca. 35 % der gesamten Strecke) wurde auf der rund 29 km langen Fließstrecke von der Mündung der Maggia bis Bignasco kartiert. Um den Peak der Laichaktivität zu identifizieren, wurde eine Strecke von vier Kilometern an beiden Erhebungsdaten (15.11. und 26/27.11.2015) kartiert. Die „hot spots“ der natürlichen Fortpflanzung lagen bei Bignasco sowie unterhalb des Dorfes Maggia. Unterhalb von Bignasco wurden im November 2015 pro Kilometer Fließstrecke rund 20 Laichgruben angelegt, beim Dorf Maggia 10 und bei Gordevio 2.6. Auffallend sind die vielen Strecken, in denen keine Laichaktivität erfolgte. Ganz speziell ist hier die Aue bei Someo zu nennen, die ein verzweigtes Gerinne aufwies. Unterhalb des Zuflusses der Melezza liegt ein gravierendes Problem vor. Keine einzige Laichgrube konnte auf der 1.6 km langen Beobachtungsstrecke bis Losone identifiziert werden.

6.4.3 Vorkommen von 0+-Bachforellen

Die 0+-Forellen wurden in ihrem potenziellen Habitat befischt. Das sind vor allem die Randzonen am Ufer, welche die entsprechenden Fließgeschwindigkeiten und Tiefen aufweisen. Die wenige Tage alten Brütlinge bevorzugten idealerweise Fließgeschwindigkeiten von zirka 6 cm/s (Heggnes et al. 2002) und finden in den Randzonen der Ufer Areale mit Fließgeschwindigkeiten deutlich unter 20 cm/s. Dies ist die maximale Fließgeschwindigkeit, welche die Brütlinge nutzen können (Bardonnet & Héland 1994). Die Benutzung von Habitaten mit Fließgeschwindigkeiten um 6 cm/s wird für die Monate im Frühling auch von Louison & Stelzer (2016) bestätigt.

Die erste Befischung der 0+-Fische fand sehr früh statt, am 7.4.2016. Zu diesem Zeitpunkt waren die Brütlinge noch sehr eng mit dem Substrat verbunden und daher schwierig mit dem Elektrofangergerät nachzuweisen. Der zweite Befischungstermin am 19./20.5. war idealer. Zu diesem Zeitpunkt waren die Brütlinge bereits grösser und immer noch – jedoch weniger eng – mit dem Substrat verbunden. Die beiden Strecken Gerascia (unterhalb Bignasco) und Maggia wiesen die höchsten Fischdichten auf (20 – 27 Brütlinge pro 100 m Uferlinie). Die festgestellte Dichte der Brütlinge ist allerdings – im Vergleich zu anderen Fließgewässern mit einem guten Forellenbestand – nicht allzu hoch. Die festgestellten Dichten verdeutlichen aber das Funktionieren der natürlichen Reproduktion in der Maggia, besonders in den wichtigsten „hot spots“ für die natürliche Reproduktion. Die Fangwahrscheinlichkeit der Brütlinge ist gering (< 10 %) und daher können diese Fangzahlen nicht quantitativ interpretiert werden. Allerdings sind Vergleiche mit anderen Strecken möglich. In Gordevio konnten pro 100 m Uferlinie nur vier Brütlinge nachgewiesen werden und in Someo nur fünf. Da in Someo keine Naturverlaichung stattfand, müssen diese beobachteten Brütlinge aus flussab- oder vermutlich eher aus flussaufwärts gelegenen Strecken eingewandert sein. Die Abwanderung von nur wenige Tage alten Brütlingen ist in der Literatur gut dokumentiert, z. B. durch Elliott (1994), Cuinat & Héland (1979), Héland (1980) und Héland (1999). In der Fließstrecke bei Losone wurden keine Bachforellenbrütlinge beobachtet. In dieser Befischungsstrecke wurden auch keine grösseren Forellen gefangen. Aufgrund der fehlenden Laichaktivität im Herbst war dieses Resultat zu erwarten. Bedingt durch die hohen Wassertemperaturen in den Sommertagen ist diese Fließstrecke nicht mehr für Forellen geeignet.

Abbildung 8 zeigt die im Mai 2016 festgestellte Totallänge der Brütlinge. Es ist erkennbar, dass die 0+-Fische in den flussabwärts gefangenen Strecken deutlich grösser waren, als in den oberen Strecken bei



Gerascia (unterhalb Bignasco). Dies war vermutlich vor allem durch die bereits deutlich wärmere Wassertemperatur ab Maggia bedingt.



Abbildung 22: Sehr gute Habitate in den flachen Uferzonen für die wenige Tage alten 0+ Bachforellen bei Maggia.

6.5 Abundanz und Biomasse

Die Fischdichten und die Biomassen in den quantitativ befischten Strecken waren 2016 jeweils gering. Die Biomasse hatte seit den letzten Befischungen 2012/2013 (Polli 2013) stark abgenommen. Die im Folgenden aufgeführten Daten vom Zeitraum vor 2016 stammen aus der Arbeit von Polli (2013).

In Maggia FZ lag die ermittelte Biomasse von Befischungen in den Jahren 1993, 2002 und 2013 bei 34.3, 46.0 und 15.7 kg/ha. Die 2016 ermittelte Biomasse lag dagegen bei 6.9 kg/ha. Das entsprach nur noch 21.6 % des Mittels (32 kg/ha) der aus den Befischungen von Polli (2013) geschätzten Biomasse an Bachforellen. Die Bachforelle stellte bei den Befischungen 1993 und 2002 über 90 % der Biomasse, 2013 noch 54.3 % und 2016 nur noch 34 %.

In Visletto wurde in den Jahren 1993, 2002, 2012 und 2013 eine Biomasse der Bachforellen von 166, 152, 266 und 215 kg/ha geschätzt. Die Biomasse für 2016 lag dagegen bei 39.1 kg/ha. Gegenüber dem Mittel (200 kg/ha) aus den Befischungen von Polli (2013) entsprach die geschätzte Biomasse an Bachforellen hier nur noch 19.6 %. Der Anteil der Bachforellen an der Gesamtbio­masse lag in Visletto in allen Jahren jedoch konstant über 92 %.

Eine mögliche Ursache für die Variabilität der Befischungsergebnisse lag auch bei den unterschiedlich langen Befischungsstrecken. So wurden in dieser Studie Strecken von 210 m (Maggia FZ) bzw. 196 m (Visletto) befischt. In der Studie von Polli 2013 wurde bei Maggia FZ in den Jahren 1993, 2002 und 2013



jeweils eine Strecke zwischen 130 – 150 m befischt und bei Visletto 150 m, 70 m, 85 m und 110 m. Besonders die kurzen Strecken bei Visletto könnten dazu geführt haben, dass nicht die komplette Vielfalt aller Habitate abgedeckt wurde, sondern vor allem produktive Habitate und solche, die von grösseren Forellen bevorzugt werden. Dies könnte dazu geführt haben, dass die Abundanz und die Biomasse überschätzt wurden. Zudem wurden von Polli (2013) nur zwei Befischungsdurchgänge durchgeführt und keine Unterteilung in Grössenklassen vorgenommen, was zu einer ungenaueren Fangwahrscheinlichkeit geführt haben könnte (vgl. Anhang 9.3). Die Befischungen fanden auch nicht exakt zum gleichen Zeitpunkt im Jahr statt. Während die Befischungen von Polli (2013) Ende Juli und anfangs August stattfanden, wurden die quantitativen Befischungen in dieser Studie Mitte Oktober durchgeführt. In diesen 2.5 Monaten könnten weitere Fische, die das Schonmass erreicht hatten, durch Angler entnommen worden sein. Hierzu müsste man die Fangstatistik detailliert abgleichen. Weiter könnten sich die Fische auch anders im Verlauf der Maggia verteilt haben, da z.B. die Wassertemperaturen zwischen August und Oktober um ca. 5 °C unterschiedlich waren (vgl. Abbildung 4) und auch der Abfluss um ca. 30 % reduziert wurde (vgl. 6.2).

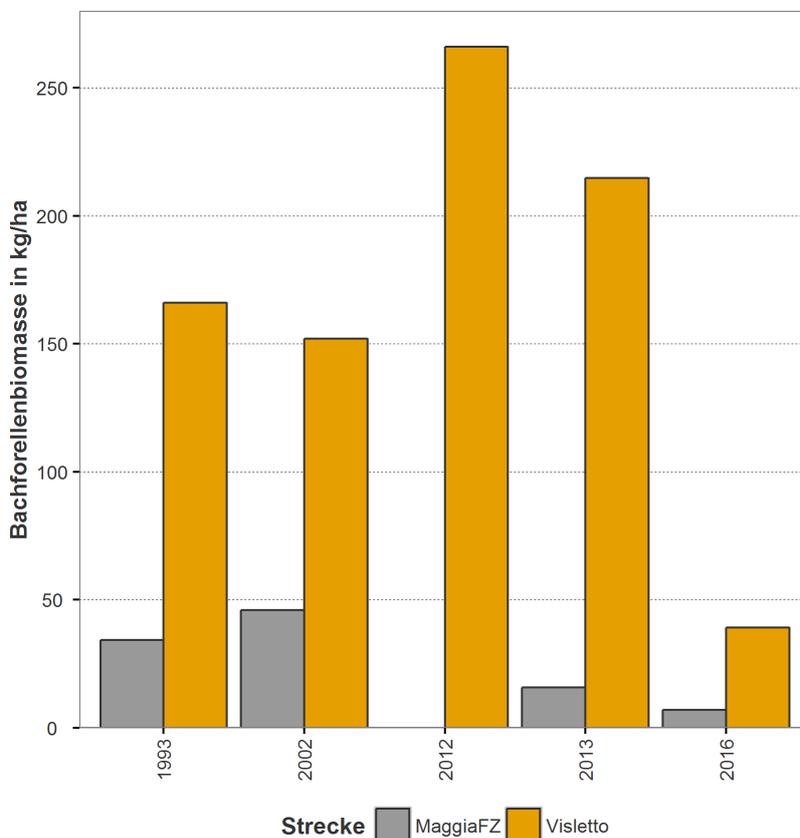


Abbildung 23: Entwicklung der geschätzten Bachforellenbiomasse in den Strecken Maggia FZ und Visletto. Berücksichtigt sind Daten von Polli (2013) und der vorliegenden Studie.

Bei Maggia FZ lag die geschätzte Anzahl Bachforellen je 100 m Fließstrecke bei den Befischungen in den Jahren 1993, 2002 und 2013 bei 129, 171 und 295 Ind./100 m. Die 2016 ermittelte Anzahl lag dagegen bei 59 Ind./100 m. Das entsprach nur noch 29.8 % des Mittels (198 Ind./100 m) der aus den Befischungen von Polli (2013) geschätzten Anzahl. Die Bachforelle stellte bei den Befischungen 1993



bis 2013 über 70 % der Fische und 2016 nur noch 1.6 %, was aber vor allem auf die zahlreichen juvenilen Strigione zurück zu führen war. Die vielen juvenilen Strigione belegten eine erfolgreiche Reproduktion dieser Fischart und ihre hohe Abundanz stand wahrscheinlich im Zusammenhang mit den höheren Wassertemperaturen im Vergleich zu Visletto (vgl. Tabelle 3).

In Visletto wurde in den Jahren 1993, 2002, 2012 und 2013 eine Anzahl an Bachforellen von 290, 275, 595 und 367 Ind./100 m geschätzt (Polli 2013). Die Anzahl für 2016 lag dagegen bei 115 Ind./100 m. Gegenüber dem Mittel (382 Ind./100 m) aus den Befischungen von Polli (2013) entsprach die geschätzte Abundanz der Bachforellen hier nur noch 30.1 %. Der Anteil der Bachforellen an allen Fischen lag in Visletto bis 2013 über 90 %, 2016 nur noch bei 50.4 %.

Bezüglich der kleinen Individuen zeigte die Zusammensetzung der Bachforellenpopulation an beiden Befischungsorten Maggia FZ und Visletto eine vergleichbar hohe Abundanz (vgl. Tabelle 13). Auch die Biomassen der kleinen Bachforellen waren vergleichbar. Das Vorhandensein von juvenilen Individuen deutete auf eine funktionierende natürliche Reproduktion hin, da 2016 bis zur Durchführung der Abfischungen auf den Besatz verzichtet wurde. Ausserdem kann das Vorkommen von passenden Jungfischhabitaten in beiden Strecken (vgl. auch 6.4.3) damit belegt werden.

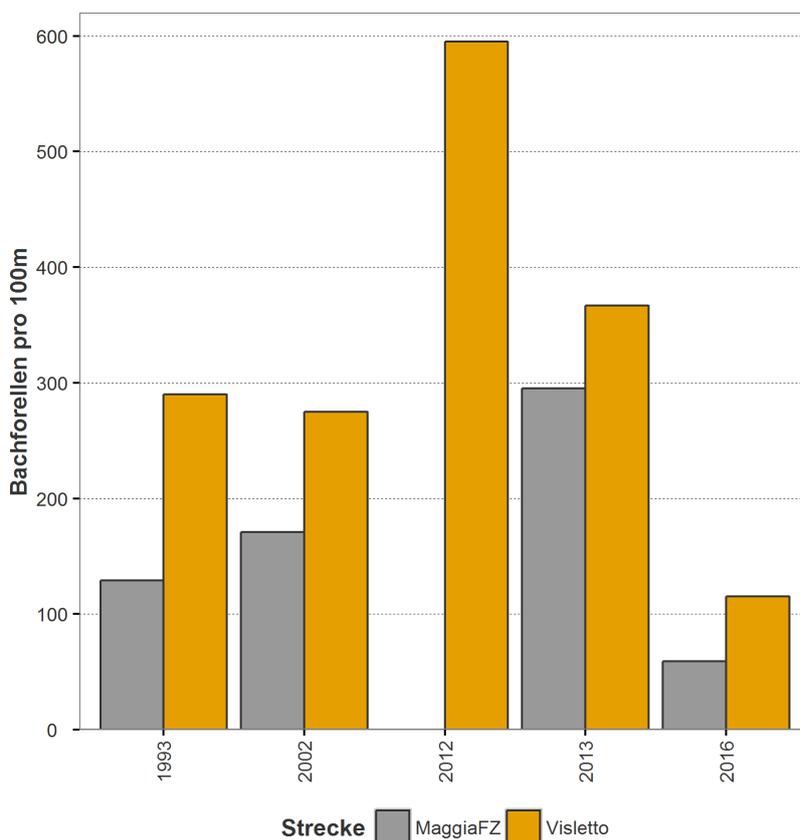


Abbildung 24: Entwicklung der geschätzten Anzahl Bachforellen pro 100 m in den Strecken Maggia FZ und Visletto, berücksichtigt sind Daten von Polli (2013) und der vorliegenden Studie.

Auffällig zum Ende der Fischereisaison war der geringe Bestand an Individuen, die das Fangmass von 240 mm erreichten. In Maggia FZ kamen nur wenige Individuen über 200 mm Totallänge vor (vgl. Ab-



bildung 10). Aus Abbildung 17 geht hervor, dass in beiden Strecken zusammen, nur vereinzelt laichbereite Bachforellen mit einer Totallänge von weniger als 200 mm gefangen werden konnten. Das heisst in Maggia FZ wurden nur 6 potentiell laichbereite Individuen (> 200 mm) auf 210 m Fließstrecke gefangen. In Visletto wurden immerhin 63 Bachforellen über 200 mm Totallänge gefangen. Bessere Habitate für grössere Forellen bei Visletto mögen dafür verantwortlich sein. 21 Fische hatten das Schonmass von 240 mm erreicht und 9 Fische waren über 270 mm lang. Die tatsächliche Anzahl laichbereiter Individuen lag aber wahrscheinlich niedriger als die Anzahl der Individuen über 200 mm Totallänge, da selbst für Fische mit ca. 270 mm Totallänge nur eine Geschlechtsreife von ca. 50 % der Individuen festgestellt werden konnte. Dieser Zusammenhang ergibt sich zum einen aus der in dieser Studie ermittelten Wachstumskurve nach Bertalanffy (vgl. Abbildung 18), die eine mittlere Totallänge von 264 mm für 3+ Fische voraussagt und zum anderen aus der Geschlechtsreife nach Alter (Altersbestimmung über Schuppenanalyse) (vgl. Tabelle 14). Diese Verknüpfung gibt einen deutlichen Hinweis darauf, dass die Anzahl laichbereiter Individuen in beiden quantitativ befischten Strecken gering war, und dass das Schonmass von 240 mm vermutlich nicht ausreicht, um ein Ablaichen für 50 % der Individuen vor dem Erreichen des Fangmasses zu garantieren.

Insgesamt deuten die Ergebnisse auf ein Problem hin, da die Bachforellenbiomasse an beiden Beprobungsorten um ca. 80 % eingebrochen ist (vgl. Abbildung 23) und die Abundanz (aller Grössenklassen zusammen) ebenfalls um je ca. 70 % abgenommen hat. Jährliche Wiederholungen der Abfischungen könnten zum Verständnis dieser beobachteten Veränderungen beitragen. Die Betrachtung des angelfischereilichen Ertrags der Maggia weist auch auf einen Zusammenbruch der Bachforellenpopulation in den untersuchten Abschnitten hin (vgl. Abbildung 19 und 6.7). Der Bachforellenbestand der Maggia, an den beiden befischten Orten Maggia FZ und Visletto, ist daher als stark beeinträchtigt einzustufen. Besonders bei Maggia FZ fehlte ein grosser Anteil der mittleren und grossen Individuen und damit fortpflanzungsfähiger Fische.

Die mittleren Konditionsindizes der Bachforellen lagen für die Befischungen im Oktober sehr nahe bei 1. Sie wiesen auf einen mittleren Ernährungszustand der Fische hin. Schnellwachsende Forellenpopulationen mit guter Nahrungsgrundlage weisen in der Regel auch zwischen Oktober und März höhere Konditionsfaktoren auf. In der Wigger mit schnellem Wachstum betrug die mittleren Minimalwerte im Winter 1.07 (Peter 1987). Der mittlere Konditionsfaktor der durch das Projekt Fischnetz im September 2000 befischten Bachforellenpopulation in der Maggia bei Mogno (1'160 m ü. M.) betrug 0.91 (Schager & Peter 2001).

6.6 Wachstum

Das Wachstum wird als mittel eingestuft. Es ist vergleichbar mit einer mittleren Wachstumskurve einer voralpinen Population in der Buechwigger LU (Peter 1987). Eine Forelle am Ende des zweiten Lebensjahres (1+) erreicht eine durchschnittliche Totallänge von 186 mm, eine Forelle am Ende des dritten Lebensjahres (2+) eine Länge von 213 mm und eine vierjährige Forelle (3+) eine Länge von 264 mm. Die Wachstumskurve deckt die Alter 0+ bis 3+ ausreichend ab, jedoch sind nur 12 Individuen älter als 3+ berücksichtigt. Aus diesem Grund konnte keine L_{inf} mit einem realistischen Wert für die Endlänge berechnet werden. Einige Schuppen liessen sich nicht bestimmen, da lediglich Regenerate entnommen wurden. Der Anteil von Regeneraten bei den Schuppen war auffallend hoch.



6.7 Befischungsintensität und Fangstatistik

Der angelfischereiliche Ertrag in der Maggia ist seit ca. 2002 zusammengebrochen. Dies betraf alle Strecken unterhalb Bignasco gleichermaßen. Dieser Zusammenbruch spiegelte sich auch in den Ergebnissen der quantitativen Befischungen wider (vgl. 6.5). Gleichzeitig mit der Abnahme der Bachforellenbestände nahm auch der von den Fischern betriebene Aufwand ab, das heisst es wurde weniger in der Maggia gefischt (vgl. Abbildung 21). Der Catch per Unit Effort (CPUE) hingegen hat sich im gleichen Zeitraum nur halbiert. Dies zeigt, dass die Bestandsdichte nur schwach mit dem Fangerfolg korrelierte und lässt auf eine mögliche Überfischung durch die Angelfischerei schliessen. Andere Gründe könnten sein, dass sich die Angelmethoden verfeinert oder verändert haben, oder dass die Erfahrung der Angler zugenommen hat. Für eine Überfischung sprach auch die enorm hohe Entnahme von 5'000 -7'000 Individuen in den Jahren 1997 bis 2002. Das entsprach im Abschnitt M1 bis zu 53 Individuen pro 100 m Fließstrecke. Mit 50 % laichreifen Individuen bei einer Durchschnittslänge von ca. 270 mm entsprachen diese etwa 26 laichreifen Individuen, die pro Saison entnommen wurden. 2015 wurden laut Fangstatistik im Abschnitt M1 (ca. 13.11 km Fließstrecke) insgesamt 3.5 Individuen pro 100 m entnommen, mit einer durchschnittlichen Länge von 276 mm. Das entsprach ca. 25 % aller massigen Fische der Strecke in Visletto ($3.5 \cdot 100 / (3.5 + 11)$) (die geangelten Fische werden zu der geschätzten Population addiert (vgl. Tabelle 13), da die quantitativen Befischungen erst gegen Ende der Saison stattfanden). Im Abschnitt M2 der Maggia (ca. 9.15 km Fließstrecke) wurden auf 100 m 4.3 Individuen mit einer durchschnittlichen Totallänge von 282 mm entnommen. Das entsprach einem Anteil von ca. 68 % ($4.3 \cdot 100 / (4.3 + 2)$) der massigen Bachforellen in Maggia FZ und war damit sehr hoch. Auch der entnommene Anteil von 25 % in Visletto war in Anbetracht des Zustandes der Bachforellenpopulation hoch. Natürlich sind die Jahre 2015 und 2016 nicht direkt vergleichbar und die Strecken Maggia FZ und Visletto stellen nur einen kleinen Ausschnitt aus der Maggia dar. Diese Verhältnisse geben dennoch einen Hinweis darauf, dass das Defizit an Laichfischen durch die angelfischereiliche Entnahme mitverursacht sein könnte. Weitere den Bestand negativ beeinflussende Faktoren, wie zum Beispiel die Prädation durch piscivore Vögel sind wahrscheinlich. Die Fischer an der Maggia berichteten in den letzten Jahren von zunehmenden Beständen an Graureihern und Gänsesägern. In hohen Dichten können diese fischfressenden Vögel nachweislich Salmonidenbestände stark beeinträchtigen (Harris et al. 2008). Für exaktere Abklärungen sind jedoch örtliches und zeitliches Vorkommen dieser Vögel zu erfassen. Zusätzlich müssen ihre Aktivität, ihr Nahrungsspektrum, sowie die tägliche Futteraufnahme bekannt sein.

Es empfiehlt sich dringend, diese vorläufigen Erkenntnisse durch weitere quantitative Befischungen an zusätzlichen Stellen der Maggia zu untermauern und die Rolle der Angelfischerei sowie die Bedeutung der Prädation durch Vögel zu diskutieren. Hilfreich könnte auch eine detailliertere Auswertung der Fangstatistik sein, z.B. das Betrachten von Längenfrequenzhistogrammen der geangelten Fische. Im Weiteren wird eine systematische Erhebung der piscivoren Vögel an der unteren Maggia vorgeschlagen.

6.8 Beurteilung des Zustandes der Bachforellenpopulation in der Maggia

6.8.1 Gegenwärtiger Zustand und mögliche Gründe dafür

Unterhalb von Maggia dürfte die starke Erwärmung im Sommer die Forellen wesentlich in negativer Weise beeinflussen. Zusätzlich mag die starke Beanspruchung des Gewässers durch Badende eine Rolle spielen und bei den Forellen Stress auslösen. Jedoch auch der Restwasserabfluss und der schlechte morphologische Zustand der Habitate ab der Einmündung der Melezza können sich auf die Forelle und ihren Bestand auswirken. Der hohe Befischungsdruck von 1997-2002, sowie ein vermutlich zu wenig



angepasstes Schonmass und die hohe Entnahme mögen ebenfalls zum Zusammenbruch des Forellenbestandes beigetragen haben.

6.8.2 Weiteres Vorgehen

Für eine umfassende und sichere Beurteilung der momentanen Situation der Bachforelle sind weitere Untersuchungen an der Maggia nötig. Ganz speziell sollen die hydraulisch-morphologischen Verhältnisse und die Habitatheterogenität in verschiedenen Strecken abgeklärt werden. Der Einfluss des Restwasserregimes auf die Habitate und die Fische in den morphologisch stark verzweigten Strecken ist zu dokumentieren. Der wichtigste Punkt ist das Durchführen einer ausreichenden Anzahl (zirka 12 Strecken) von quantitativen Befischungen, ergänzt mit halbquantitativen Befischungen in zusätzlichen Strecken. Der erste Eintritt der Geschlechtsreife ist für eine möglichst grosse Anzahl von Forellen (300-500) zu dokumentieren. Zusätzlich empfiehlt es sich, das Monitoring der Temperatur während der Untersuchungszeit weiterzuführen. Die Fangstatistiken sollen bezüglich der Grössenverteilung der gefangenen Fische zusätzlich ausgewertet werden, um den aktuellen Einfluss der Sportfischerei besser zu verstehen. Ergänzend wird empfohlen, die Bestände der piscivoren Vögel örtlich und zeitlich zu erfassen.



7 Literatur

- Bardonnet, A. & M. Héland. 1994. The influence of potential predators on the habitat preference of emerging brown trout. *Journal of Fish Biology*, 45, Suppl.A: 131-142.
- Carle, F. L. & M. R Strub. 1978. A new method for estimating population size from removal data. *Biometrics* 34: 621-630.
- Cuinat, R. & M. Héland. 1979. Observation sur la dévalaison d'alevins de truite commune (*Salmo trutta* L.) dans le Lissuraga. *Bull. Fr. Piscic.* 274:1-17.
- Elliott, J. M. 1994 *Quantitative ecology and the brown trout*. Oxford University Press, Oxford: 286 S.
- Fehr, R. 1987. Einfache Bestimmung der Korngrößenverteilung von Geschiebematerial mit Hilfe der Linienzahlanalyse. *Schweizer Ingenieur und Architekt*, 105, 38:1104-1109.
- Gallagher, S.P., P. K. J. Hahn & D. H. Johnson. 2007. Redd Counts. P.197-234. In: Johnson, D.H. et al., Eds., *Salmonid field protocols handbook: Techniques for assessing status and trends in salmon and trout populations*. American Fisheries Society, Bethesda in association with State of the Salmon.
- Harris, C. M., J. R. Calladine, C. V. Wernham & K. J. Park. 2008. Impacts of piscivorous birds on salmonid populations and game fisheries in Scotland: a review. *Wildlife Biology*, 14, 4:395-411.
- Heggenes, J., S. J. Saltveit, B. Bird & R. Grew. 2002. Static habitat partitioning and dynamic selection by sympatric young Atlantic salmon and brown trout in south-west England streams. *Journal of Fish Biology*, 60:72-86.
- Héland, M. 1999. Social organization and territoriality in brown trout juveniles during ontogeny. S. 115-143. In J.L. Baglinière & G. Maisse, editors. *Biology and ecology of the brown and sea trout*. Springer Praxis, Chichester.
- Héland, M. 1980. La dévalaison des alevins de truite commune, *Salmo trutta* L. II. Activité des alevins dévalants comparés aux sédentaires. *Ann. Limnol.*, 16,3:247-254.
- Kondolf, G. MK. & M. G. Wolman. 1993. The sizes of salmonid spawning gravels. *Water Resources Research*. 29,7:2275-2285.
- Küttel, S., A. Peter & A. Wüest. 2002. Temperaturpräferenzen und –limiten von Fischarten schweizerischer Fließgewässer. Publikation Nr. 1, Rhône-Thur Projekt. 41 S.
- Louison, M. J. & R. S. Stelzer. 2016. Use of first-order tributaries by brown trout (*Salmo trutta*) as nursery habitat in cold water stream network. *Ecology of Freshwater Fish*, 25:133-140.
- Nykänen, M. 2004. Habitat selection by riverine grayling, *Thymallus thymallus* L. In: Jyväskylä. *Studies in Biological and Environmental Science*. Vol. 140. University of Jyväskylä. <http://urn.fi/URN>
- Ogle, D.H. 2016. FSA: Fisheries Stock Analysis. R package Version 0.8.10.
- Person, E. 2013. Impact of hydropeaking on fish and their habitat. Thèse no. 5812, EPFL. 139 S.



Peter, A. 1987. Untersuchungen über die Populationsdynamik der Bachforelle (*Salmo trutta fario*) im System der Wigger, mit besonderer Berücksichtigung der Besatzproblematik. Diss. ETH Nr. 8307, ETH Zürich. 246 S.

Polli, B. 2013. Fiume Maggia e affluenti principali. Situazione della popolazione ittica 1992-2013. Ufficio della caccia e dalla pesca. 91 S.

QGIS Development Team. 2017. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. URL <http://www.qgis.org/>

R Core Team. 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>

Riedl C. & A. Peter. 2013. Timing of brown trout spawning in Alpine rivers with special consideration of egg burial depth. *Ecology of Freshwater Fish*, 22, 3:384-397.

RStudio Team. 2015. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>

Schager, E. & A. Peter. 2001. Bachforellensömmerlinge Phase I. Fischnetz-Publikation, Eawag. 315 S.

Smolina, K. 1920. Merkbuch der Binnenfischerei. Fischereiförderung GmbH. Berlin.

Weingartner, R. & M. Kauzlaric. (Eds). 2015. Die Region Valle-Maggia – Locarno aus hydrographischer Perspektive. Bericht zur Fachexkursion des Geographischen Instituts der Universität Bern. Publikation Gewässerkunde Nr. 649. Bern. 34 S.

Wickham, H. 2009. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York.

Woolsey, S., C. Weber, T. Gonser, E. Hoehn, M. Hostmann, B. Junker, C. Roulier, S. Schweizer, S. Tiegs, K. Tockner & A. Peter. 2005. Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fließgewässerrevitalisierungen. Publikation des Rhone-Thur Projektes. Eawag, WSL, LCH-EPFL, VAW-ETHZ. 112 S.



8 Dank

Besten Dank an die Mitarbeiter des „Ufficio della caccia e della pesca“. Ganz besonderen Dank an Herrn Dr. Bruno Polli und Danilo Foresti, welche bei den Feldarbeiten mithalfen und uns bei Fragen und speziellen Wünschen stets unterstützten. Den Fischereiaufsehern des Kantons danken wir für die Durchführung der Abfischungen im Oktober 2016. Ebenso danken wir Michael Schurter, der beim Montieren der Logger mithalf. Ein spezieller Dank geht an Christine Reich. Sie war beim Ablesen der Logger, beim Kartieren der Laichgruben sowie beim Befischen der 0+-Fische mehrmals dabei und half tatkräftig mit.



9 Anhang

9.1 Längenfrequenzhistogramme

Im Folgenden sind die Längenfrequenzhistogramme der gefangenen Groppen und Strigione dargestellt. Von den übrigen Fischarten wurden nur vereinzelte Exemplare gefangen.

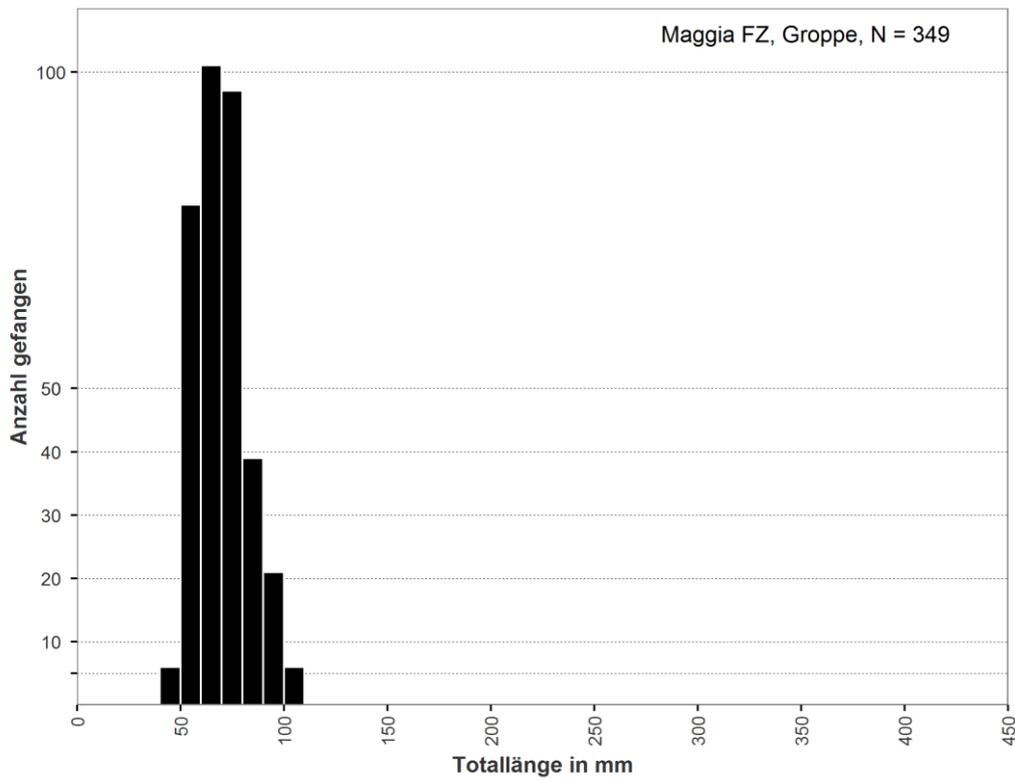


Abbildung 25: Längenfrequenzhistogramm der in den quantitativen Befischungen gefangenen Groppen in der Strecke Maggia Fischzucht.



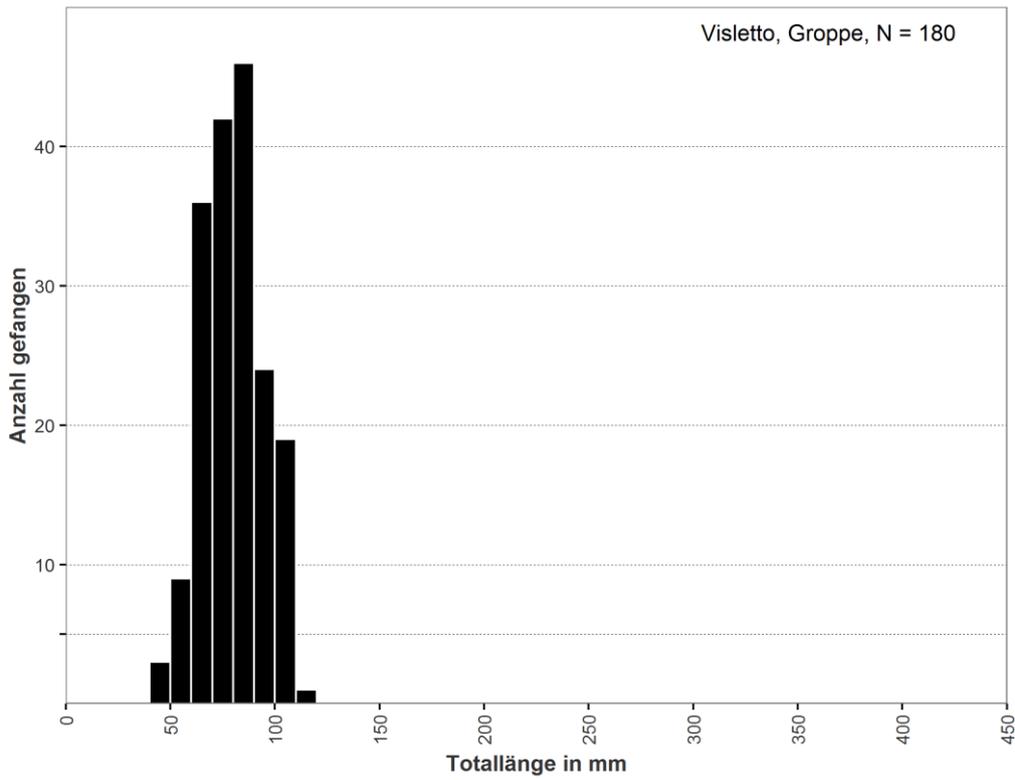


Abbildung 26: Längenfrequenzhistogramm der in den quantitativen Befischungen gefangenen Groppen in der Strecke Visletto.

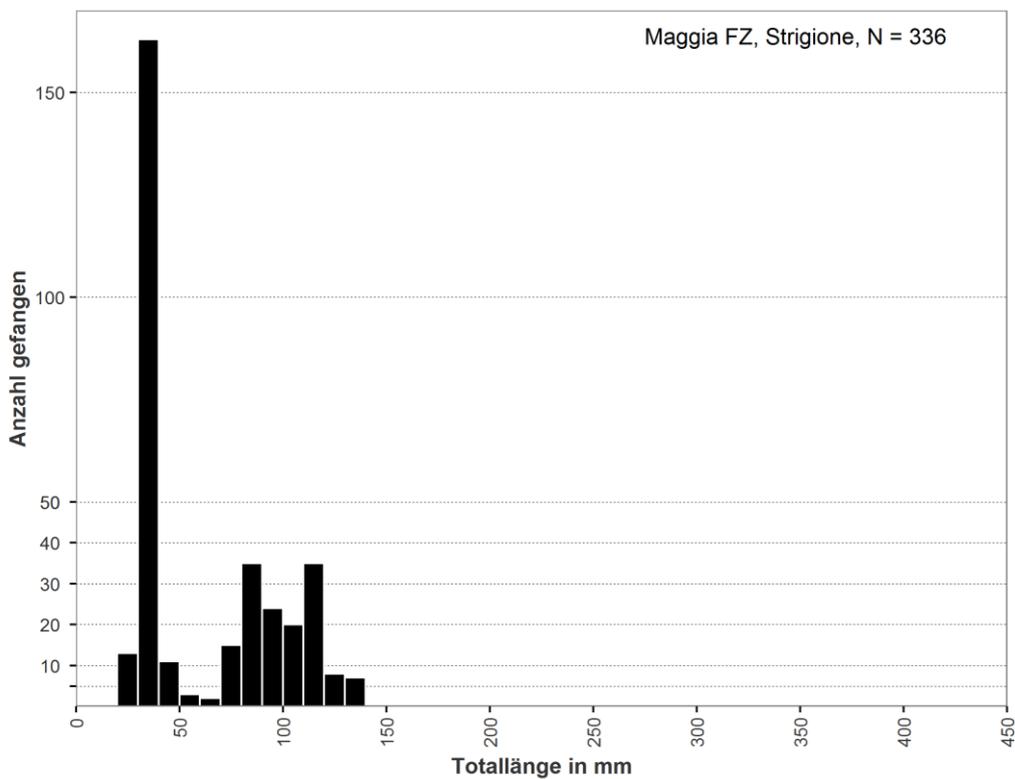


Abbildung 27: Längenfrequenzhistogramm der in den quantitativen Befischungen gefangenen Strigione in der Strecke Maggia FZ.



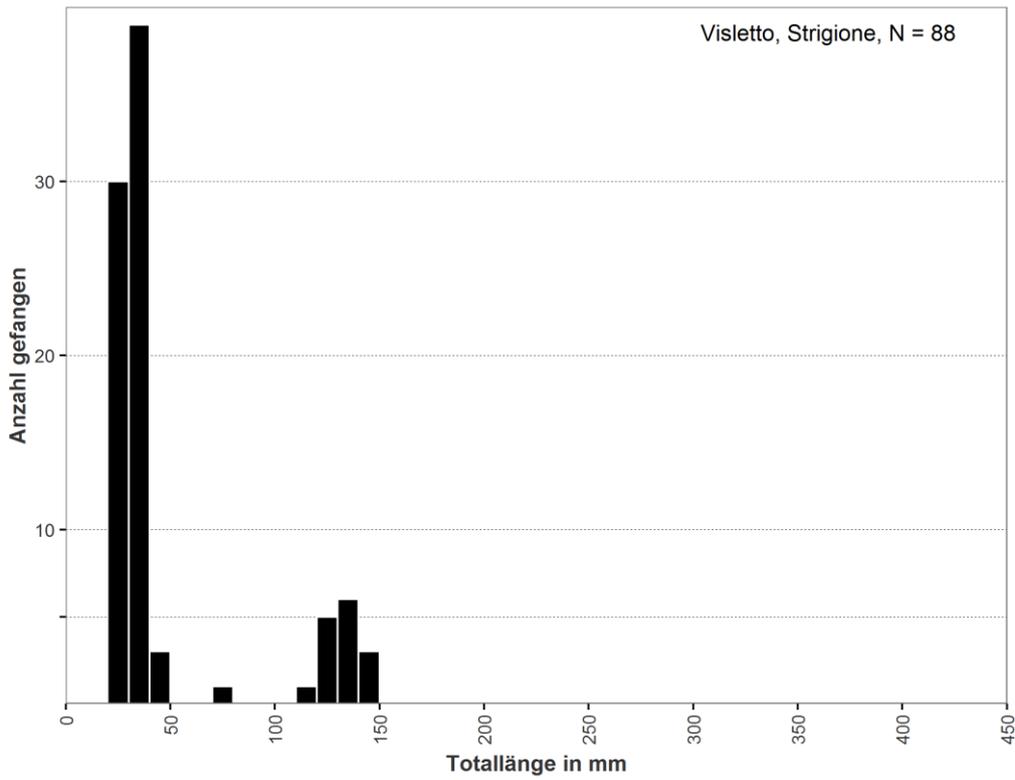


Abbildung 28: Längenfrequenzhistogramm der in den quantitativen Befischungen gefangen Strigione in der Strecke Visletto.



9.2 Längengewichtsbeziehungen

Im Folgenden sind die Längengewichtsbeziehungen der gefangenen Bachforellen, Groppen und Strigione dargestellt. Von den übrigen Fischarten wurden nur vereinzelte Exemplare gefangen.

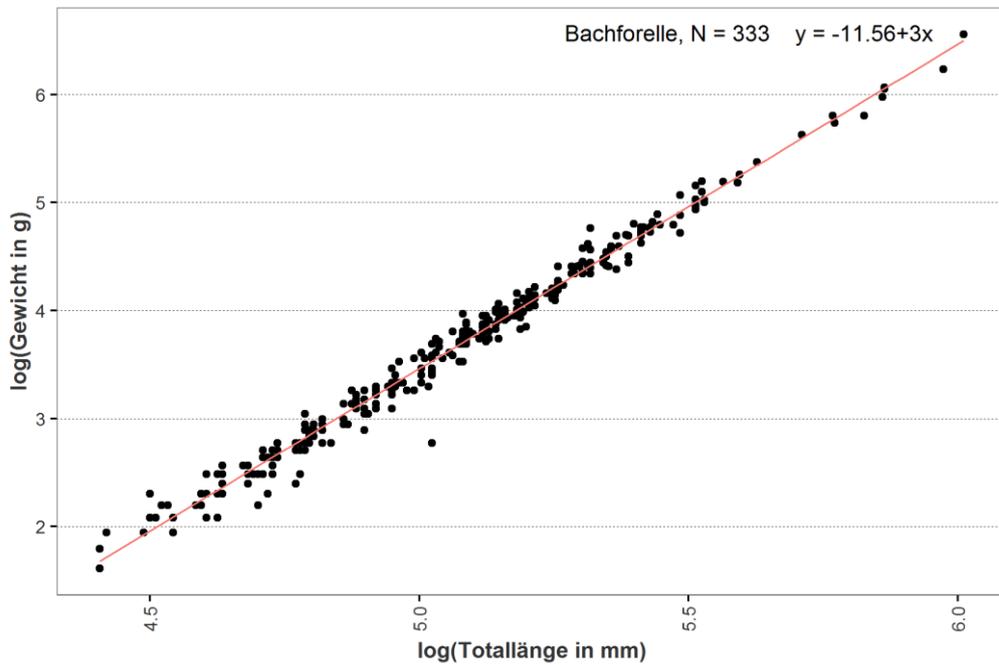


Abbildung 29: Längengewichtsbeziehung der Bachforelle in der Maggia (Daten aus den quantitativen Befischungen).

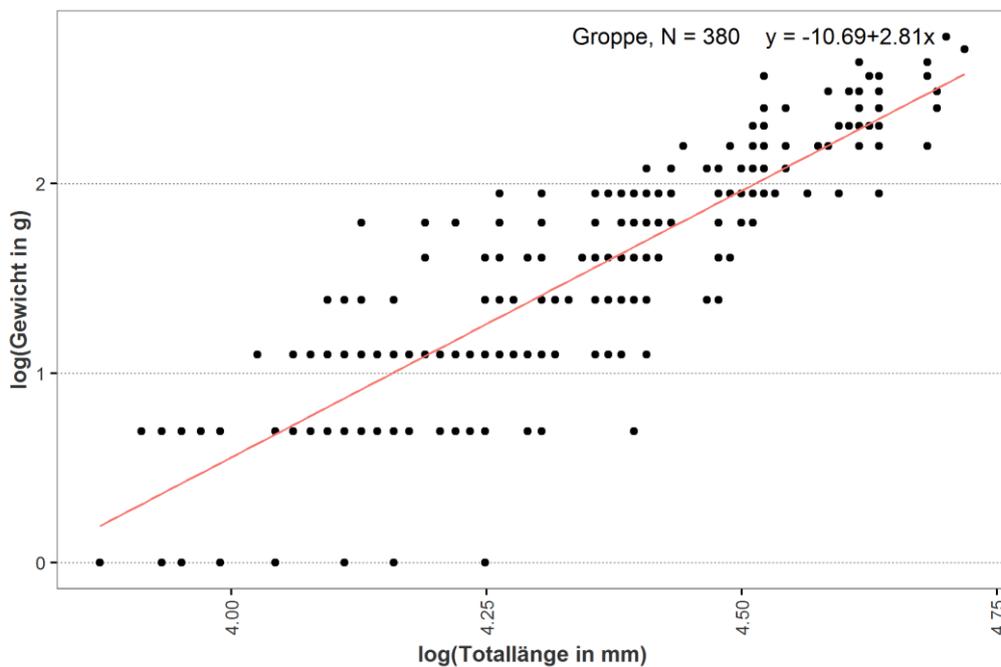


Abbildung 30: Längengewichtsbeziehung der Groppe in der Maggia (Daten aus den quantitativen Befischungen).



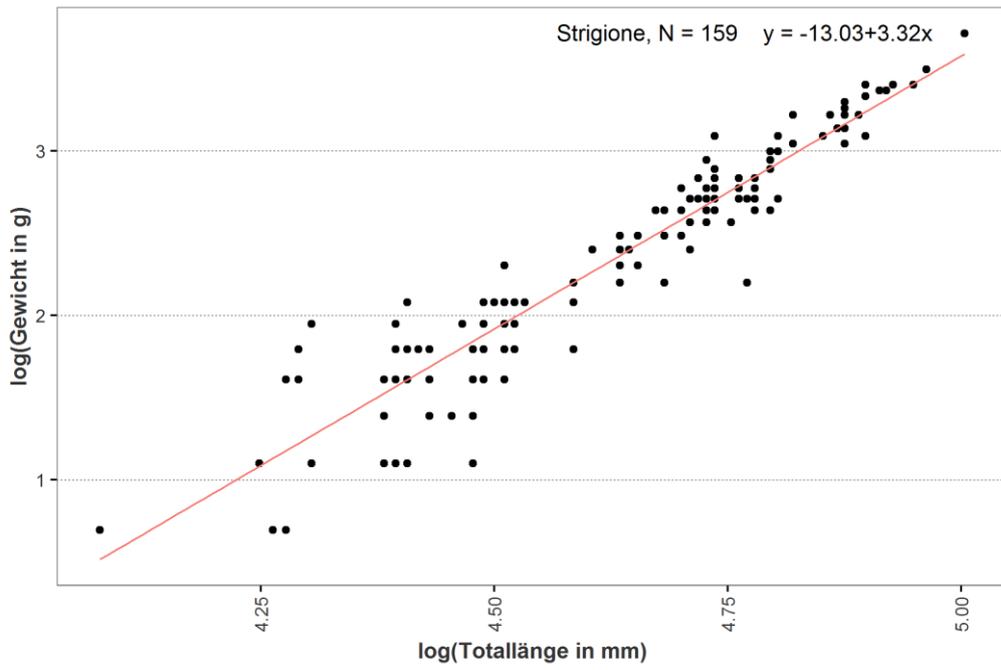


Abbildung 31: Längengewichtsbeziehung der Strigione in der Maggia (Daten aus den quantitativen Befischungen).



9.3 Fangwahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Methodik

Wenn nur die ersten zwei Befischungsdurchgänge dieser Studie ausgewertet werden und keine Abschätzung der Population in verschiedene Grössenklassen erfolgt, ergeben sich abweichende Fangwahrscheinlichkeiten (vgl. Tabelle 16). Bei nur zwei Befischungsdurchgängen ergäbe sich für die Bachforellenpopulation bei Maggia FZ eine leichte Unterschätzung mit 58 anstatt 59 Individuen je 100 m (entspricht ca. -1.7 % Differenz). In Visletto wären es 107 anstatt 115 Individuen je 100 m (entspricht ca. -7 % Differenz). Bei der Schätzung der Biomasse der Bachforellen wären die Unterschiede durch das Auslassen des dritten Durchgangs und die fehlende Unterteilung in Grössenklassen stärker, mit 10.3 zu 6.9 kg/ha bei Maggia FZ (entspricht ca. +49 % Differenz) und 30.9 zu 39.1 kg/ha bei Visletto (entspricht ca. -21 % Differenz). Diese Berechnungen werden hier aufgeführt, um eine bessere Vergleichbarkeit mit der Studie von Polli (2013) zu ermöglichen.

Tabelle 16: Fangwahrscheinlichkeiten der verschiedenen Fischarten für die zwei quantitativen Befischungen. Zusätzlich ist das 95 % Konfidenzintervall angegeben. Teilweise sind die Unsicherheiten so gross, dass sich eine negative Fangwahrscheinlichkeit ergeben würde. Diese fraglichen Fangwahrscheinlichkeiten sind mit einem * gekennzeichnet. Sie sind auf nicht schrittweise abnehmende Fangzahlen für eine Fischart während der drei Befischungsdurchgänge zurückzuführen. Fangwahrscheinlichkeiten von 1 kommen daher, dass bereits alle Fische dieser Art oder Grössenklasse im ersten Befischungsdurchgang gefangen wurden. Ausserdem sind die Fangwahrscheinlichkeiten für die ersten zwei Durchgänge (Ausschluss des dritten Durchgangs) und ohne Unterteilung in Grössenklassen angegeben. Diese dienen der Vergleichbarkeit mit der Arbeit von Polli (2013).

| Art | Fangwahrscheinlichkeit | | Fangwahrscheinlichkeit bei zwei Durchgängen, ohne Unterteilung in Grössenklassen | |
|----------------|------------------------|-------------|--|-------------|
| | Maggia FZ | Visletto | Maggia FZ | Visletto |
| Bachforelle kl | 0.63 ± 0.12 | 0.69 ± 0.14 | | |
| Bachforelle m | 0.43 ± 0.30 | 0.65 ± 0.09 | 0.61 ± 0.16 | 0.72 ± 0.09 |
| Bachforelle gr | 1.00 | 0.70 ± 0.22 | | |
| Regenbogenf. | 1.00 | - | 1 | - |
| Groppe | 0.18 ± 0.11 | 0.35 ± 0.12 | 0.44 ± 0.15 | 0.32 ± 0.23 |
| Strigione kl * | 0.01 ± 0.17 * | 0.71 ± 0.11 | 0.85 ± 0.07 | 0.66 ± 0.17 |
| Strigione gr | 0.27 ± 0.15 | 0.73 ± 0.24 | | |
| Elritze * | 0.60 ± 0.69 * | - | 0.60 ± 1.09* | - |
| Südbarbe * | 0.50 ± 0.83 * | - | 0.66 ± 1.13* | - |
| Hundsbarbe * | 0.33 ± 1.40 * | 1.00 | - | 1.00 |

